Sous la direction de

Mina Kleiche-Dray

LES ANCRAGES NATIONAUX DE LA SCIENCE MONDIALE

XVIIIE-XXIE SIÈCLES

IRD Éditions

éditions des archives contemporaines

Les ancrages nationaux de la science mondiale

XVIIIe-XXIe siècles

Les ancrages nationaux de la science mondiale

XVIIIe-XXIe siècles

Sous la direction de **Mina Kleiche-Dray**

IRD Éditions

éditions des archives contemporaines

Copyright © 2018 Éditions des archives contemporaines, en coédition avec IRD Éditions

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit (électronique, mécanique, photocopie, enregistrement, quelque système de stockage et de récupération d'information) des pages publiées dans le présent ouvrage faite sans autorisation écrite de l'éditeur, est interdite.

Éditions des archives contemporaines
41, rue Barrault
75013 Paris (France)
www.archivescontemporaines.com

Institut de recherche pour le développement (IRD)
Le Sextant
44, boulevard de Dunkerque
CS 90009
13572 Marseille cedex 02 (France)
www.ird.fr

ISBN EAC : 9782813002716

ISBN IRD : 9782709924283

Avertissement : Les textes publiés dans ce volume n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs. Pour faciliter la lecture, la mise en pages a été harmonisée, mais la spécificité de chacun, dans le système des titres, le choix de transcriptions et des abréviations, l'emploi de majuscules, la présentation des références bibliographiques, etc. a été le plus souvent conservée.

Cet ouvrage est le résultat d'un travail collectif réuni régulièrement durant la période 2012-2015, initié dans le cadre du programme « Geoscience » soutenu par l'Agence nationale de la recherche (ANR-09-SSOC-010-GEOSCIENCE), avec les contributions de :

Rigas Arvanitis, Heloisa Maria Bertol Domingues,
Kenneth Bertrams, Ana Cardoso De Matos,
Denis Eckert, Ferruccio Ricciardi,
Jacques Gaillard, Dimitri Gouzevitch,
Irina Gouzevitch, Emmanuel Grégoire,
André Grelon, Michel Grossetti,
Sari Hanafi, Laurent Jégou,
Antonio José Junqueira Botelho, Mina Kleiche-Dray,
Pablo Kreimer, Venni Venkata Krishna,
Kadijatou Marou Sama, Marion Maisonobe,
Darina Martykánová, Kamal Mellakh,
Anne-Marie Moulin, Eric Opigez,
Marina Oulion, Marie-Noëlle Pane,
René Sigrist, Hebe Vessuri,
Dominique Vinck et Roland Waast.

Je souhaite rendre hommage en particulier à René Sigrist, Roland Waast, Dominique Vinck, Denis Eckert et André Grelon pour les discussions et les échanges scientifiques intenses dont nous avons tous bénéficié. Je remercie aussi André Grelon et Michel Grossetti pour leur appui logistique sans faille lors de l'organisation de nos séminaires, respectivement à l'ENS de Paris et à l'Université de Toulouse. Enfin, la cartographie a été supervisée, révisée et dans la majorité des cas entièrement réalisée par Laurent Jegou ; elle a été par ailleurs et pour une grande part homogénéisée pour l'impression par les soins d'Eric Opigez (cartographe IRD, Ceped).

Mina Kleiche-Dray

Préface
Science mondiale, nationale, locale...

Michel Grossetti [1]

Au cours des années 1990, la mondialisation s'est affirmée comme un allant-de-soi qui guide une grande partie des recherches en sciences sociales aussi bien que les politiques publiques. L'accroissement des échanges commerciaux et financiers, des flux de personnes et de communication entre divers lieux de la planète a conduit souvent à considérer que les évolutions en cours ne relèvent pas seulement d'une internationalisation, conçue comme une intensification des échanges entre nations, mais d'une mondialisation (ou globalisation), c'est-à-dire d'un relatif effacement de la consistance de ces nations au profit d'un espace mondial de plus en plus fluide. Dans le même temps, cette fluidité des échanges est censée profiter aux très grandes agglomérations urbaines, parfois qualifiées de villes « globales » (selon l'expression avancée il y une vingtaine d'années par la sociologue Saskia Sassen) ou « mondiales », plus à mêmes que les autres à capter les flux de ressources et de personnes et à créer de la richesse grâce à leur position privilégiée. La captation de ces flux est devenue une préoccupation importante pour les responsables politiques des villes, des régions ou des Etats, qui s'efforcent de les attirer au moyen de multiples actions et dispositifs censés renforcer l'« attractivité » des territoires dont ils ont la charge. Ces allant-de-soi géographiques sont associés à des conceptions économiques, notamment sur les bienfaits généraux de la fluidité des échanges, à des considérations sur les institutions politiques (l'effacement relatif des Etats), et enfin à des hypothèses d'ordre sociologique, par exemple sur l'importance accrue des réseaux interpersonnels relativement aux appartenances collectives ou sur l'émergence d'une nouvelle classe sociale regroupant les professions « créatives ». Ce complexe d'idées, esquissé ici de façon très succincte, qui mériterait une analyse plus détaillée, est présent dans différents secteurs de l'activité sociale, l'économie et l'aménagement du territoire bien sûr, mais également la santé, l'éducation, le droit, etc.

Ces idées sont également présentes dans les réflexions et les politiques relatives à la recherche scientifique. Dans ce domaine aussi, la mondialisation fait figure de toile de

1. Merci à André Grelon pour ses remarques et suggestions sur une première version de ce texte.

fond de beaucoup d'analyses et de décisions. Ainsi, par exemple, Caroline Wagner, une spécialiste des politiques scientifiques, considère que l'on assiste à un effacement des contextes scientifiques nationaux au profit de « nouveaux collèges invisibles » qui prendraient la forme de réseaux internationaux spécialisés. L'hypothèse d'une compétition mondiale favorisant les très grandes agglomérations, défendue d'ailleurs par certains travaux académiques [2], semble avoir encouragé plusieurs gouvernements à entreprendre des politiques de concentration des moyens sur les universités ou laboratoires situés dans ces agglomérations. Cela a été entrepris au Japon, où une réforme effectuée en 2004 a eu pour effet de renforcer les grandes universités « impériales » au détriment des universités plus récentes et modestes [3], ou en France avec les politiques de regroupement d'universités et d'autres établissements d'enseignement supérieur et le financement de projets d'« excellence » généralement situés dans les grandes agglomérations.

Ces analyses et ces politiques prennent place dans un contexte intellectuel où commence seulement à émerger ce que l'on pourrait appeler une géographie des sciences. Alors que l'histoire et la sociologie des sciences sont des domaines bien établis produisant de nombreuses études, la dimension géographique des activités scientifiques n'est abordée qu'à la marge et dans des domaines souvent peu reliés entre eux comme la géographie de l'innovation, les approches économiques des politiques de recherche, ou, récemment, les *sciences studies* elles-mêmes [4].

Le projet « Science locale, nationale, mondiale en transformation. Pour une sociogéographie des activités et des institutions scientifiques académiques » [5] avait pour objectif d'étudier les logiques concrètes de déploiement des activités scientifiques dans l'espace géographique, à différentes échelles, sans tenir pour acquises les considérations énumérées plus haut. Cette recherche collective comprenait à la fois des études historiques sur l'espace scientifique français et d'autres systèmes nationaux, des observations sociologiques sur les mobilités des étudiants et des chercheurs et des analyses bibliométriques portant sur l'ensemble des villes du monde. Cette combinaison d'approches est nécessaire. Les analyses bibliométriques permettent de se faire une idée du déploiement des activités scientifiques dans l'espace géographique. Les études historiques sont indispensables parce que ce déploiement est marqué de fortes inerties relativement à des décisions anciennes de création d'établissements d'enseignement ou de recherche. Les enquêtes sociologiques éclairent les logiques sociales qui sous-tendent les mobilités et les collaborations, qui forment la trame des échanges entre les villes et les pays.

Les résultats de ces travaux ont bousculé plusieurs certitudes bien ancrées, notamment celles concernant la supposée domination croissante des « villes mondiales » (c'est l'in-

2. Matthiessen, C. W., A. W. Schwarz, S. Find (2010), 'World Cities of Scientific Knowledge : Systems, Networks and Potential Dynamics. An Analysis Based on Bibliometric Indicators', *Urban Studies*, 47 (9), 1879-1897.

3. Jun Oba, 2005, « La constitution en société de l'université nationale au Japon – Premières réactions des nouvelles organisations universitaires », *Politiques et gestion de l'enseignement supérieur*, 17, 2, p. 119 139.

4. Michel Grossetti, Béatrice Milard, et Marion Maisonobe. 2015. « Une approche socio-historique pour l'étude spatiale des sciences ». *Histoire de la recherche contemporaine. La revue pour le Comité pour l'histoire du CNRS.* 4 (2), pp. 142-151.

5. ANR-09-SSOC-010.

verse qi se produit) ou le phénomène de mondialisation (qui n'efface pas les contextes nationaux). L'un des aspects les plus intéressants de la recherche consistait à remobiliser les études de grande qualité conduites depuis des années au sein de l'Institut de Recherche pour le Développement autour de problématiques transversales. Il s'agissait en particulier d'éclairer les évolutions de l'espace scientifique mondial à partir d'études sur des pays « non hégémoniques », complétées et mises en perspective par des apports historiques et bibliométriques sur d'autres parties de cet espace. La vision qui émerge de cet examen minutieux est bien loin de se réduire aux quelques thèses trop générales exposées plus haut. D'une forte hégémonie de l'Europe, de l'Amérique du Nord, puis du Japon, on passe progressivement à un espace scientifique plus complexe, où des rééquilibrages importants se produisent, entre les pays aussi bien qu'entre les villes au sein de ces pays. La recherche est devenue une activité de plus en plus importante par le nombre de personnes qui s'y impliquent et elle s'est en quelque sorte banalisée sur le plan de sa diffusion dans l'espace. Naturellement, cela ne va pas sans difficultés, tensions, compétitions et rapports de force dans un contexte où ceux qui se dédient à la recherche doivent composer avec des situations économiques, politiques et sociales plus ou moins favorables ou contraignantes, voire parfois dramatiques. C'est cette réalité complexe et mal connue que cet ouvrage permet d'appréhender, grâce aux efforts coordonnés d'historiens, géographes et sociologues qui auscultent depuis longtemps ses différentes facettes. Espérons qu'il contribuera à ouvrir des réflexions plus nuancées et conduire à des politiques plus pertinentes que celles qui portent actuellement sur les évolutions de la science mondiale.

Introduction
De la science moderne et de son expansion

Mina Kleiche-Dray et Roland Waast

Ce livre traite de deux questions, selon nous liées : *qu'est ce que la « science moderne », et comment se fait-il qu'elle se soit répandue partout et si vite ?* Les auteurs s'entendent en effet sur l'idée que la science devient pleinement moderne en s'institutionnalisant comme « science utile », développée par des professionnels, efficace et fiable dans les domaines de réussite qu'elle se fixe.

Il ne s'agit donc pas d'une histoire des idées scientifiques ; nous nous intéressons aux *institutions* de la science moderne et à sa professionnalisation. Il ne s'agit pas plus d'un panorama des idées et des accomplissements scientifiques de grandes civilisations passées, ni du répertoire des pratiques appuyées sur des savoirs ancestraux. Nous leur consacrons un simple encadré à la fin de cette introduction, mérité car les travaux qui les concernent ont inspiré nos propres approches (voir les encarts « Sciences premières », et « Science chinoise », à la suite de cette introduction).

Il serait évidemment intéressant de faire l'histoire de leur confrontation *in situ* avec la science moderne ; et l'anthropologie de leur articulation, voire de leur position hiérarchiquement privilégiée au sein de diverses populations aujourd'hui. Mais ce serait le sujet d'un autre livre, plus difficile à bâtir. Nous manquons en effet de documentation. Nous ne connaissons que par fragments ce que furent les *luttes idéologiques* autour de l'irruption de la science moderne, avant la colonisation et en première période coloniale (Turin 1970, Raj 2006). Très peu d'études sont actuellement consacrées aux efforts et aux effets de l'articulation (parfois officielle) entre pratiques « modernes » et « ancestrales », au sein par exemple des campagnes d'Amérique latine, du Maghreb ou d'Asie. Hommage soit cependant rendu à quelques articles et ouvrages, qui s'y sont attachés. Un autre programme est en cours précisément sur ce thème.

Notre sujet ici est autre. Il concerne la rupture introduite par la renaissance européenne, intellectuelle puis appliquée, les chemins de son expansion géographique et la confluence en son sein des courants scientifiques nés avant et ailleurs. Notre propos couvre trois siècles (XVIIIe-XXIe). Nous avons fixé une limite temporelle à notre exa-

men : il couvre trois siècles, une durée qui nous a paru indispensable pour comprendre les institutions clé, les pôles majeurs et leur migration, les postures épistémiques qui animent différents courants. Nous considérons que la « marche des sciences » est un long *processus historique* : partant en chaque lieu de noyaux initiaux (acteurs, domaine, institutions phare), puis s'étoffant à partir de nouvelles initiatives, disciplines, activités industrieuses. Ce processus laisse *des traces* qui continuent de modeler le style de chaque science à un niveau local.

Étendre le propos au monde était certes présomptueux. Nous ne prétendons pas avoir réalisé une encyclopédie. L'ouvrage offre simplement *des « éléments d'histoire des sciences »*. Il procède par *coupes*, réalisées de manière approfondie à diverses époques et en certains lieux : du cœur (changeant) des métropoles scientifiques, aux marches et marges lointaines. Ces coupes sont choisies pour faire apparaître des traits typiques de l'institutionnalisation de la science moderne, bien visibles en ces cas parce que plus dosés. Chaque chapitre présente un état et des perspectives actuels, avec des éclairages de plus ou moins grande profondeur historique.

Pour présenter nos analyses nous avons suivi un plan simple. Une première partie expose la problématique (la science moderne comme science utile) et cartographie l'expansion aujourd'hui observable. Les trois parties suivantes *explorent des parcours* qui, s'ils finissent par converger, ont des aléas, des retours en arrière, des voies particulières qui se transforment en spécificités : nous allons du plus général (les grandes régions du monde : 2e partie), en faisant la part des tournants, des choix et des contingences historiques (au Centre, aux Marges, en Périphérie : 3e partie) pour terminer par le plus singulier (des pays aux niveaux de puissance et d'industrialisation très différenciés : 4e partie). Nous échappons enfin à la géopolitique, pour réexaminer l'argument du point de vue des *disciplines* (briques de base de la science moderne, avec leur dynamique propre et leurs particularités ponctuelles : 5e partie illustrée par les sciences biologiques arabes, les sciences de gestion, et les sciences « reines » ou symbole, dans le cas du Brésil notamment).

Avant de détailler les chapitres constitutifs de cette matière, nous attirons l'attention sur quelques thèmes fréquemment croisés dans l'ouvrage.

Nous ne nous attarderons pas sur les problèmes d'organisation des institutions scientifiques (même si les divers chapitres sont prolixes à ce sujet, montrant l'évolution dans le temps et l'invention d'institutions clé : par exemple l'université « humboldtienne », combinant enseignement et recherche chez les professeurs comme chez les étudiants) ou les enseignements d'élite - universités dites de recherche par opposition à un grand nombre d'établissements de pur enseignement -, ou établissements à concours d'entrée national. Aujourd'hui la science moderne s'organise de façon partagée dans le cadre d'universités et d'instituts « à mission », qui emploient des chercheurs à plein temps dans le champ de fonctions régaliennes. On verra dans les chapitres comment cette combinaison se limite à un simple « assemblage d'institutions » (Mouton, 2008), ou fait « système » (« de recherche », ou « d'innovation ») comme on le voudrait actuellement, non sans ajustements, perfectionnements et tâtonnements – on s'intéressera par exemple au cas de la *Chine* cherchant des formules efficaces d'association de sa

recherche de base et de son industrie – l'industrie d'État servant de cheville et de relais.

Nous ne nous attarderons pas non plus sur la production scientifique mesurée. Elle est souvent détaillée dans chaque chapitre, et le chapitre « Les villes de la science contemporaine, entre logiques locales, nationales et globales. Une approche bibliométrique » en donne un bon aperçu, comparatif et mondial (complété en dynamique par quelques tableaux inclus dans le chapitre « Afrique »).

Nous nous attacherons par contre de manière élaborée à trois thèmes privilégiés.

Le premier thème est que la science, en devenant « moderne », s'enferme à l'intersection de trois sphères : politique, productive et idéologique. On peut en dire autant de nombreuses activités et de bien des personnes. L'originalité est que c'est de l'interaction avec ces sphères (les deux premières notamment, « tout contre » lesquelles elle se place) que la science tire un dynamisme sans cesse conquérant. Moderne ou pas, la science est *une activité d'élite*, rarement portée par la population. Elle a besoin du soutien de souverains, de fractions au pouvoir, ou de blocs sociaux estimant y avoir vocation. C'est ensuite que des gouvernements (et leurs administrations rationnelles) vont consolider des institutions de science moderne (avec un effet de cliquet : on revient rarement en arrière) et les multiplier (fût-ce dans le cadre d'alliances politiques de circonstance, pas toujours cohérentes, mais qui se révéleront durables et fructueuses).

Le deuxième thème frappant consiste dans une dialectique intrinsèque du national et de l'international (dès les origines, et non démentie même par les efforts de construction de « sciences nationales »). Les réseaux internationaux ne finiront-ils pas par primer partout sur les communautés locales ? D'aucuns le prédisent, et pas seulement pour *l'Afrique*. Ils y voient l'expression d'une communauté scientifique supranationale, qui a acquis une forte autonomie avec la globalisation, qui s'étend à la planète, qui met à la disposition de tous les connaissances les plus avancées dans ses domaines de prédilection, et dicte aux États les approches scientifiques opportunes, quand ils ne pèsent pas sur leurs politiques (changement climatique...) (Wagner 2008).

Vue *d'Afrique*, cette vision est irénique. Les chercheurs africains ont besoin de coopérations et de bailleurs. Mais ils sont mal acceptés dans les très grands réseaux, volatils, élitistes et hiérarchiques, où ils tiennent des rôles de figurants. Ils trouvent plus de stabilité, et de meilleures occasions de progrès au sein de collaborations suivies avec des laboratoires fidèles, et dans des réseaux restreints de spécialistes. Grands ou petits, les réseaux internationaux de travail sont pour les chercheurs africains comme la langue d'Ésope : « la meilleure et la pire des choses ». La meilleure car au sein de pays indifférents à la science, d'établissements sans vocation de recherche ou de communautés scientifiques distendues les chercheurs ne sauraient longtemps s'acharner seuls à persévérer dans leur activité. C'est notamment le cas des pays très petits producteurs de science (même si leur taille économique et géographique est grande : RD Congo, Angola...). La meilleure chose aussi car c'est par la voie de ces réseaux qu'il est possible de se tenir à jour, d'accéder à des instruments modernes, d'entrete-

nir une vie intellectuelle riche et parfois de se procurer des moyens de fonctionnement supplémentaires.

Le troisième thème a trait à l'autonomie relative de la science. Par-delà l'utopie d'une « République mondiale des savants » (dont on peut néanmoins documenter l'effectivité, en soutien à des figures et cénacles en difficulté par exemple récemment dans de petits pays d'Afrique), et par-delà la geste de scientifiques servant la cause du peuple, ou se portant à son avant-garde (il en est certes des exemples – en Grande Colombie au XVIIIe siècle, en Inde au XIXe, au Brésil il y a peu face au coup d'État militaire de 1980), on saura gré à plusieurs articles d'analyser de façon plus humble mais plus fine « la façon dont les sociétés poursuivent leurs buts propres à travers la recherche », pesant sur les choix de sujet (engouement ou censure), faisant valoir les demandes de la société (transplantation d'utérus, maladies génétiques au Moyen-Orient), influant sur la fabrique de la science (sciences biologiques dans le *monde arabe*).

À la suite, ces trois thèmes sont développés et les termes placés en italiques renvoient à des chapitres de l'ouvrage.

⋆

Reprenons, et **le premier thème** que nous souhaitons souligner est d'abord le rapport entre **science et politique**. Les chapitres qui suivent traitent abondamment du jeu des acteurs, de leurs marges de manœuvre, des contingences, des va-et-vient de l'histoire – et de façon centrale du rôle de l'État.

Et tout d'abord une déception : la science fait rarement meilleur ménage avec la paix et la démocratie. Son essor peut faire écho à un mouvement d'idées (les Lumières chez les libéraux en *Amérique latine*), ou à un mouvement populaire (Révolution française ; lutte contre l'oppression coloniale : *Inde*, *Grande Colombie*, *Amérique latine* aux XVIIIe-XIXe siècles). Il peut tenir aux besoins d'une bourgeoisie nationale naissante (*Inde*, Nigeria). Mais le plus souvent l'initiative en revient à des souverains soucieux de préserver leur régime ou leur territoire (*Égypte et Turquie* du XIXe siècle face à l'avancée des impérialismes ; *empires des marges* européennes), ou à des fractions militaires modernistes et nationalistes (*Égypte* Nassérienne ; *Brésil* : aéronautique et informatique). Et tout simplement à **la guerre** (réaction aux expéditions bonapartistes, à des défaites subies par des empires des marges ; coup de fouet donné à l'industrie par la Deuxième Guerre mondiale ; et surtout **invasions coloniales** : le *Niger* ici traité n'en est qu'un des nombreux exemples). Enfin l'entretien le plus assidu de la science moderne est le fait de dictateurs ou de **régimes autoritaires** (*Chine* – même sous Mao pour les sciences liées à la défense ; *Brésil* des colonels) plutôt que de *leaders* éclairés (Nehru en *Inde*). Tandis que la démocratie se montre souvent distraite, occupée de vues à échéance électorale (au contraire des militaires pour qui le temps et le prix ne comptent pas) et versatile dans son soutien aux sciences (*Niger*, *Colombie*, *Maroc* – l'Afrique du sud et *l'Inde* faisant exception).

L'initiative d'une institutionnalisation revient le plus souvent à ***des souverains***. C'est le cas en Europe où certes (sauf la révolution française, très active en la matière) il n'y a pas d'autre régime en place au XVIIIe siècle ni au début du XIXe. En France

sont par exemple créées les Écoles d'artillerie et des ponts et chaussées (l'École polytechnique et l'École normale par la Révolution), qui serviront de modèle à d'autres empires (*Portugal*, *Espagne*, *Russie*..., mais aussi *Turquie*). Les chapitres suivants apportent nombre de précisions sur les raisons et circonstances de cette première démarche (ou de son « retardement »). ***Les États*** (les gouvernements) n'interviennent que plus tard, pour réguler des institutions devenues nombreuses. Ils introduisent leur rationalité bureaucratique, et sont aussi gages d'un soutien durable, non capricieux. Ils interviennent en outre dans ***l'organisation.*** Les chapitres suivants sont aussi riches d'information à ce sujet. Les premières institutions sont souvent des Écoles, aux effectifs limités et aux ambitions croissantes en matière de sciences de base (*Espagne*, *Portugal*...). Les universités scientifiques ne viennent que plus tard. Mais ni les unes ni les autres ne se préoccupent d'abord de recherche. Des instituts *ad hoc* sont créés lorsqu'il apparaît que des travaux de base sont nécessaires pour maîtriser un problème pratique récurrent (Institut vétérinaire, Institut des pêches en Afrique du Sud, Institut d'Oswaldo Cruz au Brésil) ; et l'université « humboldtienne » créée à Berlin en 1810 et ré-illustrée à Giesen par Liebig au-delà de 1824 est un modèle rare au XIXe siècle. Ces institutions iront se multipliant et se diversifiant. Écoles et universités pour l'enseignement ; instituts et universités pour la recherche. Cette configuration s'est conservée dans les États-nations nés des indépendances coloniales (*Afrique*, *Maroc*, etc.), et se maintient dans la globalisation, qui n'a fait apparaître ni gouvernance planétaire ni soutien de base international (sauf cas très spécifiques : climat, certaines *sciences biologiques* et de la santé, sans exclusive d'un soutien d'État).

Il est aussi des cas où l'initiative est celle de ***figures*** voire d'aventuriers scientifiques tenaces (*Amérique latine* : Mutis, en Grande Colombie ; *Inde* : Raja Rammohan Roy ; Amérique latine, Afrique du Sud : disciples de Linné...). Il peut aussi s'agir de religieux (missionnaires au *Liban*, jésuites en Chine, à la conquête des âmes). Il ne leur faut pas moins l'appui de souverains, de *fractions au pouvoir* (souvent militaires : *Brésil* : informatique, aéronautique) ou de ***blocs sociocognitifs*** (où des scientifiques s'allient durablement à une fraction de la société, les uns et les autres trouvant une homologie entre les causes qu'ils défendent, chacun dans sa sphère) : scientifiques de base et nationalistes en *Inde*.

Très souvent l'initiative est violente, et correspond à ***la conquête coloniale***. Ce sont les institutions du colonisateur qui s'établissent, ou plutôt des systèmes d'institutions *ad hoc*, servant la maîtrise et la mise en valeur de l'empire. Certains auteurs parlent d'un « mode de production » spécifique : excluant les sciences de base, limitant l'activité à l'observation et la collecte d'échantillons (l'interprétation se faisant dans des institutions – souvent dédiées – de la métropole), et reléguant les autochtones dans des positions subalternes (*Inde*, *Afrique*). Nous savons mal quelle fut leur réception par les populations concernées (voir plus bas)

Enfin, on n'omettra pas que ***les bourgeoisies*** ont joué souvent un rôle majeur dans la multiplication, la diversification, la localisation (*Inde*, *Colombie*), voire l'invention d'institutions scientifiques (écoles de commerce et *sciences de gestion*). La nécessité d'accroître *les forces productives* et la confiance en ce sens dans les sciences appliquées (« laborieuses ») en rend compte.

La professionnalisation suit pour sa part un cours principalement lié à **la sphère économique**. Les premières institutions souveraines créent des emplois précaires et peu nombreux (jardinier du roi...). C'est l'essor de l'industrialisation aux XIXe et XXe siècles qui multiplie prodigieusement le recours à la science et aux scientifiques : ingénieurs, et parfois chercheurs (*Inde*, *Colombie*, Afrique du Sud, *Russie*, XXe s.). On prêtera une attention particulière à ce sujet au chapitre qui documente remarquablement le cas *des chimistes*, et à celui qui tire des leçons quant à l'historiographie de la **science « utile »**.

⋆

Le deuxième thème que nous voulons souligner concerne **la dialectique constante du national et de l'international** dans l'essor scientifique. Elle se manifeste ***dès les origines***, et c'est naturel dans les pays qui en découvrent l'intérêt. Les souverains font appel à des savants voyageurs, ou à des expatriés compétents pour en asseoir les premières institutions (par exemple en *sciences biologiques* : Égypte, Instituts Pasteur). Cela se fait très souvent sur un modèle étranger. Le chapitre comparant divers empires aux marches d'une Europe de l'ouest déjà scientifique (fin du XVIIIe siècle) est particulièrement éclairant sur cette démarche. Il montre qu'elle s'effectue à la rencontre de quatre espaces : celui de l'identité propre – le « Nous » dont on a la conscience ; celui des représentations de l'Autre – souvent empruntées à des visiteurs des grandes puissances de l'heure ; celui des rencontres concrètes – éventuellement passagères et conflictuelles – complétant l'image ; et celui de la circulation des personnes – savants voyageurs ou nationaux envoyés pour observer et se former. Les « modèles importés » sont toujours nécessaires. On s'en empare en toutes périodes pour surmonter une impasse institutionnelle : par exemple en Inde avec la création des I.I.T. et des concours « *all India* » pour contourner la création incontrôlée d'universités locales voire communautaires. Mais ces modèles sont en même temps toujours filtrés et transposés.

Les États-nations se sont préoccupés de construire des « ***sciences nationales*** », auxquelles leurs scientifiques ont fortement adhéré sur la base des principes suivants : la science est bien public ; l'État supporte l'essentiel de son financement ; les scientifiques sont pénétrés des valeurs de la science et du souci de servir la nation ; ils sont bien souvent fonctionnaires et ont droit à des carrières. Cela n'a jamais empêché la collaboration avec des collègues étrangers, ni la consolidation d'une science « internationale », qui acquiert ses institutions (associations par discipline, congrès, journaux spécialisés) : la littérature abonde à ce sujet.

C'est que de *nouveaux outils* sollicitent en permanence l'attention des scientifiques de tous pays (*Amérique latine*) et l'acquisition de tours de main *in situ*. C'est aussi que l'échange d'idées, de matériels d'étude font progresser la pensée scientifique, au même titre que la critique (le « scepticisme » de principe). C'est enfin que *de nouveaux domaines*, issus souvent de l'apparition de nouveaux instruments, ou d'une interdisciplinarité, nécessitent de s'y familiariser à la source. Certains très grands instruments (télescopes géants, accélérateurs de particules) sont d'ailleurs parfois co-financés et cogérés par plusieurs pays, et des scientifiques peuvent y être détachés longuement

(comme des ambassadeurs) sans pour autant renoncer à la carrière qu'ils poursuivent chez eux.

Par contre, par endroits, c'est à la ***mondialisation*** récente que l'on doit une dés-institutionalisation des sciences nationales (*Afrique*). Elle est contrebattue par des solidarités de discipline (mathématiques en Afrique), et des *coopérations* d'État à État (*Niger* : laboratoire international du CNRS français). Elle fait aussi l'objet de polémiques et de reprises d'initiative des acteurs – depuis les scientifiques de base (*Niger*) jusqu'à des établissements (*Liban*) voire des partenaires internationaux : *Afrique*.

Certains (Gibbons *et al.*, Sage, 1994) voient pourtant dans la globalisation une donne nouvelle, inaugurant un « mode 2 » de la production scientifique, selon les principes suivants : le métier s'exerce dans le cadre de la commande et de l'intérim, plus que de carrières ; les chercheurs participent à des projets où ils sont cooptés par les bailleurs (nationaux ou internationaux). Leur activité se pratique en réseaux mondiaux. La régulation n'est plus assurée par les pairs mais par la demande. La science produite a généralement valeur appliquée, et mérite rémunération. D'aucuns (Wagner, 2008) en voient la preuve dans les images actuelles des co-signatures d'articles ou de brevets (un écheveau de relations individuelles éphémères et créatives). Nous y lisons au contraire l'inégal développement des capacités lié à des soutiens régionaux et surtout nationaux très différents, témoignant que les compétences scientifiques et techniques restent considérées par ceux qui les abritent comme une *ressource hautement stratégique*. Nous y lisons aussi la tension permanente entre construction de pôles d'excellence, hégémoniques, et « rééquilibrage » par de nouveaux pôles (décentralisés, qui se construisent d'abord au service de leur voisinage [voir le chapitre « Les villes de la science contemporaine, entre logiques locales, nationales et globales. Une approche bibliométrique »]).

⋆

Le troisième trait concerne **le rôle de la sphère idéologique et l'autonomie relative de la science**. Compte tenu de l'encastrement important de la science (ses institutions, ses métiers) dans les sphères économique et politique, on pourrait penser qu'elle n'est guère sensible à son « enfermement » dans la sphère idéologique. Or c'est faire peu de cas des conditions pratiques d'exercice de l'activité. A. Husban (cité par A.-M. Moulin : *sciences biologiques* dans le monde musulman) insiste sur les valeurs ambiantes : en son cas, société dominée par des valeurs patriarcales et par la religion ; obligation pour le scientifique d'y plier prioritairement ses actions.

A. Husban insiste aussi sur la *perception de la science* : dans le cas qu'il décrit celle-ci est source supposée d'argent ou de pouvoir. Mais on doit aussi s'interroger sur la perception qu'ont eue les premiers colonisés ; et jusqu'aujourd'hui les populations de base. Ces aspects sont trop peu documentés. On saura gré à quelques ouvrages qui s'y sont attachés (Y. Turin : luttes idéologiques dans l'Algérie coloniale ; A.-M. Moulin et divers auteurs : perception des campagnes sanitaires notamment vaccinales). On aimerait disposer de plus d'articles sur la succession des recours en matière de santé, et la hiérarchie établie entre « guérisseurs » et médecins ; et sur les effets d'une

intégration des « tradi-praticiens » aux dispositifs de soins de premier recours. De même dans les relations entre agronomes et paysans (Kleiche-Dray & Waast, 2016), comment se concilient les représentations ?

Le lecteur voudra bien prêter une attention particulière au chapitre précité, sur les *sciences biologiques* dans le monde musulman. L'auteure y fait une analyse subtile et informée sur « la façon dont les sociétés poursuivent leurs buts propres à travers la recherche ». Elle fait notamment ressortir des influences sur le choix des sujets de recherche : par exemple une relative réticence aux greffes d'organes (pour raisons religieuses) tempérée par la demande particulière des femmes infertiles (pour qui l'enjeu social est immense). La première greffe d'utérus, réalisée par un chirurgien femme, est ainsi entrée dans le roman national de la science en Égypte comme en Arabie saoudite. Certains axes de travail renvoient clairement à une revendication identitaire (« The Arab Genome Programme », lancé en 2005, en réponse aux études, en cours depuis les années 1990 sur un « Jew Genome » très controversé). Si le projet, un moment caressé, de rebâtir une science islamique authentique aux fondements, méthodes et valeurs spécifiques, a échoué, la « revanche » vient plutôt d'une science « islamique » peut-être plus respectueuse de la Nature et de la Création, attentive en tous cas à de nombreuses questions éthiques. La recherche n'est pas enfermée dans un carcan islamique, s'opposant à l'essor de la raison triomphante. Mais elle doit confronter ses fins propres aux demandes de la société, émanant ici des malades et de leurs familles, de même qu'en d'autres domaines toute société aspire à *un encadrement des pratiques* et à la recevabilité des innovations par ceux qui y sont exposés et qui les absorbent.

Ainsi, la science a toujours besoin, pour fonctionner et pour être admise, d'**un pacte avec la société** (promesses de progrès, réponse à une demande sociale, encadrement des pratiques).

⋆

Les auteurs sont persuadés que pour comprendre la distribution présente des sciences dans le monde et ses virtualités (quantitatives et qualitatives), il faut *historiciser* leur développement. L'évidence majeure est celle d'une *convergence* des corpus de savoirs et des pratiques techniques ; mais nous montrons qu'en même temps il existe une *pluralité de modèles*. L'ouvrage s'attache à explorer des parcours qui, s'ils finissent par converger, ont des aléas, des retours en arrière, des voies particulières qui se transforment en spécificités. Selon les traces du passé, leur place dans la société, mais aussi les changements de régime (industriel ou politique) les hommes posent différemment la question : qu'est ce que science qui vaille, comment connaître la nature, dans quels domaines chercher l'utilité ? La découpe des savoirs, l'orientation des activités scientifiques, les discours de légitimité, les blocs sociocognitifs en soutien, l'organisation et la répartition spatiale des institutions génèrent des systèmes de recherche singuliers, et des domaines d'application d'élection. Nous en proposons des analyses fines.

Ce livre n'est pas fait pour être lu d'un trait et dans l'ordre. Pour permettre au lecteur d'accéder plus vite aux chapitres qu'il peut trouver de particulier intérêt, nous donnons ci-après un bref résumé de chacun de ces « éléments d'histoire ».

Nous les faisons suivre de deux encarts, déjà annoncés, concernant les *sciences premières*, et celles imaginées par de grandes civilisations passées (ici : la science *chinoise*). C'est que leur façon d'être au monde a inspiré certaines de nos analyses, et que leurs principes de réflexion et les pratiques qui en découlent, certes souvent refoulés ou subordonnés, restent aujourd'hui vivaces et susceptibles de reprise de sens en de nombreuses régions.

Références

GIBBONS, M., LIMOGES, C., NOWOTNY, H., SCHWARTZMAN, S. SCOTT, P., TROW M. (1994). *The new production of knowledge : the dynamics of science and research in contemporary societies.* London : Sage.

MOUTON, J. (2008). Regional Report On Sub-Saharan Africa. Study on National Research Systems. Meta-Review. In *Symposium on Comparative Analysis of National Research Systems.* 16-18 Januar, Unesco Headquarters, Paris.

RAJ, K. (200). *Relocating Modern Science. Circulation and the Construction of Knowledge in South Asia and Europe, 1650-1900.* Basingstoke, Palgrave Macmillan 258 p., ISBN 9780230507081, et Delhi, Permanent Black.

TURIN, Y. (1970). *Affrontements culturels dans l'Algérie coloniale. Écoles, médecines, religion, 1830-1880.* Paris : Maspero.

WAGNER, C. (2008). *The New Invisible College. Science for Development.* Washington D.C. : Brookings Institution Press.

Résumés des contributions

De la révolution scientifique à la science-monde. Aperçu historiographique
René Sigrist

Le présent chapitre s'efforce d'établir un panorama de l'historiographie relative à deux thématiques complémentaires, qui sont l'émergence de la science moderne d'une part et son universalisation de l'autre. L'idée que la science moderne serait le fruit d'une Révolution scientifique survenue au cours du XVIIe siècle européen a longtemps fait figure de paradigme dominant. Très critiquée depuis des décennies, cette explication n'a toutefois été remplacée par aucun autre modèle, de sorte qu'elle subsiste comme référence commode. Il n'en va pas de même pour le processus d'universalisation de la science moderne. Le modèle de la diffusion de Basalla, constamment critiqué depuis les années 1980, ne fait en effet plus autorité, notamment pour ceux qui ont montré le rôle de la science dans les processus de domination coloniale et impériale. Les notions mêmes de centre et de périphérie scientifique, pourtant appuyées par de nombreuses études statistiques, ont elles-mêmes été critiquées par nombre de chercheurs. On semble cependant s'orienter, à la suite de Bruno Latour, vers un nouveau modèle dominant qui ferait appel à la notion d'intégration, plus ou moins effective selon les cas, aux réseaux de la science-monde, ou plutôt de l'*international science system.*

Les villes de la science contemporaine, entre logiques locales, nationales et globales. Une approche bibliométrique
Denis Eckert, Michel Grossetti, Laurent Jégou et Marion Maisonobe

Parmi les discours sur la science, ceux qui intègrent la question spatiale sont parfois peu fondés empiriquement ou bien s'appuient sur des analyses dont la résolution géographique est peu questionnée. Étant donné le rôle que ces discours ont pris au cours de la dernière décennie pour légitimer un ensemble de politiques nationales de concentration des moyens de la recherche, il est devenu urgent de mettre au point une méthode d'analyse qui puisse faire émerger des résultats sur la géographie mondiale des activités scientifiques et son évolution. Notre travail répond à ce besoin en mobilisant les données bibliographiques du *Web of Science*, une base américaine de référence. Pour la première fois dans l'histoire de la scientométrie spatiale, le contenu intégral du *Web of Science* à plusieurs dates (1999-2001 et 2006-2008) a été traité au niveau de résolution le plus fin possible à l'échelle mondiale, celui de l'agglomération urbaine. Deux catégories de données sont exploitées : les données de production qui reposent sur le nombre de publications dont on étudie la répartition par ville et par pays et les données de collaboration obtenues à partir du nombre de co-publications dont on extrait des matrices d'échange entre villes qui font l'objet d'une analyse de réseau. Les résultats de ces traitements spatialisés permettent d'une part de mesurer l'évolution du degré de concentration de la production scientifique et du degré d'internationalisation de la production scientifique. Ils permettent d'autre part de faire ressortir les structures territoriales dans lesquelles l'activité scientifique contemporaine s'organise à plusieurs niveaux géographiques, du niveau local au niveau mondial en passant par le niveau national et macro-régional.

L'Afrique entre sciences nationales et marché international du travail scientifique
Roland Waast et Jacques Gaillard

Ce chapitre est consacré à l'état présent des sciences en Afrique. Il porte une attention particulière aux « petits pays scientifiques », rarement étudiés et nombreux en Afrique subsaharienne. La première partie distingue trois régions de puissance scientifique très inégale : la République d'Afrique du Sud (institutions anciennes, industrie, soutien constant à la recherche) ; l'Afrique du Nord, assez proche, où le Maghreb fait preuve depuis une trentaine d'années d'un grand dynamisme ; quant à l'Afrique « médiane », elle ne manque ni de talents ni de professionnels mais l'institutionnalisation de la recherche y est beaucoup plus fragile. La seconde partie s'attache à l'environnement de la recherche chez les plus petits producteurs scientifiques : valeurs ambiantes, dépendance du politique et faible ancrage social. Les données montrent que performance scientifique et richesse ne sont pas parfaitement corrélées et qu'il y a place partout pour des politiques de science. Nous examinons les formes d'organisation et de financement, l'influence des coopérations et celle du mouvement des sciences dans le monde. Nous insistons sur le changement de valeurs des chercheurs, et sur l'apparition de nouvelles figures de la professionnalisation et de la réussite.

La troisième partie s'interroge sur les effets de la globalisation : travail en réseaux et formation d'un marché mondial des cerveaux sont des facteurs de désinstitutionnalisation chez les plus faibles. On observe pourtant de récentes reprises d'initiative de la part d'États, d'établissements, voire de bailleurs de fonds. La recherche reste vibrante en Afrique, mais elle a besoin de communautés scientifiques, et d'une (ré-)

institutionnalisation qui ne sera stable que si la fonction de recherche est reconnue, et la science plus proche de ses publics.

Les sciences en Amérique latine. Tensions du passé et défis du présent
Hebe Vessuri et Pablo Kreimer

Le développement des sciences en Amérique latine pourrait être décrite comme la chronique de pratiques et de représentations qui tournent autour de deux tensions constitutives : premièrement, la lutte, étroitement liée aux structures de pouvoir, pour définir ce qui est une connaissance *légitime*. En principe les connaissances locales sont opposées à l'incorporation acritique des sciences occidentales. Dans la pratique se pose la question d'une hybridation des savoirs, synthèse complexe où entrent en jeu la capacité d'absorption des sciences européennes, le désir d'en contrôler les fins, et le souci d'assimilation et d'intégration des groupes locaux socialement et ethniquement hétérogènes. D'autre part, la tension persistante entre la volonté de construire une science institutionnalisée visant à répondre aux besoins *locaux*, par opposition à une approche plus intégrée à la science *internationale* qui a pour ambition d'échapper à une position « périphérique » pour se propulser au « centre » même des métropoles de science. Cette opposition a souvent été formulée en termes de « science pour le développement » *versus* « science d'excellence ».

Dans la première partie de ce chapitre nous montrons comment ces tensions se sont réalisées au fil du temps, avec des issues instables et susceptibles de retournements, pour aboutir à une institutionnalisation et une professionnalisation variables. Dans la deuxième partie, nous centrons notre attention sur le contexte récent, alors que (depuis vingt-cinq ans) les sciences se globalisent, adoptent de nouveaux modes de production et que les métropoles de sciences se diversifient. Nous analysons également la reconfiguration des domaines de recherche, avec l'apparition de nouveaux sujets (l'environnement et la biodiversité), et de nouveaux champs disciplinaires (les nanosciences, les neurosciences, la biotechnologie et la diffusion des TIC). Nous concluons en soulignant certains défis qui se présentent à l'heure actuelle entre le développement de la connaissance et les dynamiques et besoins des sociétés de la région.

Les sciences en Inde.
Émergence, croissance et développements contemporains
Venni V. Krishna

L'introduction de la science moderne en Inde, la construction de communautés scientifiques au décours d'une institutionnalisation et d'une professionnalisation originales ont conduit dans les soixante dernières années à un essor mouvementé sur des terrains accidentés.

La première partie de ce chapitre retrace l'implantation de la science en période coloniale, son impact et les réactions intellectuelles indiennes à son irruption. Cette phase a eu une grande incidence sur la genèse d'une communauté scientifique indienne embryonnaire, et sur la perception de ses missions.

La deuxième partie fait ressortir le rôle que les convictions et le charisme de Nehru, appuyés par un état major scientifique, eurent sitôt après l'indépendance pour développer établissements d'enseignement supérieur et infrastructures de recherche. On examinera les orientations politiques majeures qui ont régi cet essor. La construction de compétences a été dirigée pour permettre au pays d'atteindre certains buts stratégiques : l'Inde entre dans le club fermé des puissances nucléaires et spatiales, en même temps qu'elle va accomplir les Révolutions « verte » et « blanche ». Ces réussites n'en ont pas moins des contradictions et des coûts sociétaux. Suivent des protestations « contre-hégémoniques » s'opposant à la gouvernance de la S & T et à ses orientations. Elles proviennent d'intellectuels, de défenseurs de l'environnement, et de groupes citoyens plaidant pour les déshérités privés des fruits de la S & T.

La troisième partie expose les réformes économiques introduites à partir de 1991 et leurs effets sur le développement scientifique et technologique. Elle fait aussi ressortir les conséquences structurelles de la globalisation sur l'organisation et les orientations de la science. Elle remet enfin en perspective historique ce qui a été parfois qualifié de nouveaux « miracles » de la S & T indienne (industries du logiciel, de la pharmacie, de l'industrie mécanique. . .).

Le système de recherche chinois.
Entre la politique planifiée du développement et le marché
Marina Oulion et Rigas Arvanitis

Ce chapitre retrace les principales étapes de la formation institutionnelle du système de recherche actuel en Chine, en brossant les grandes étapes de sa mise en place depuis la victoire communiste de 1949 et sa profonde réforme depuis le début des années 1980, après la mise en place de la politique d'ouverture et de réforme. Nous insisterons sur ces deux enjeux majeurs du système de recherche chinois, qui plus sont contradictoires : d'une part, sa capacité à générer une recherche originale dans des domaines « fondamen-

taux » et d'autre part, sa capacité à alimenter le marché en connaissances « utiles » et donc à établir des ponts entre les entreprises responsables de cette croissance « miraculeuse » et les entités responsables de la R & D. Après avoir indiqué les grandes étapes qui ont marqué la construction et la réforme du système de recherche chinois, en montrant la nature duale de ce système, nous décrivons comment cette évolution a eu lieu sous l'influence du marché et de l'État. Finalement, nous concluons sur l'articulation des logiques antagonistes qui traduisent le défi technologique et économique de la Chine.

Aux origines du système scientifique international. Les développements de la chimie en Europe, XVIIe-XIXe siècles
René Sigrist

Le présent chapitre s'efforce de décrire comment, au fil de sa constitution en tant que discipline moderne, la chimie a peu à peu acquis une organisation géographique, articulée à partir d'un nombre limité de centres urbains et de communautés à caractère proto-national. De ses lointaines racines alchimiques jusqu'à la fin du XVIIe siècle, la chimie est d'abord restée l'affaire d'individus peu soutenus institutionnellement, quoique capables à l'occasion de se coordonner en marge des réseaux de la République des lettres. À partir du début du XVIIIe siècle, l'intervention des États, des universités et de différentes corporations va progressivement introduire des facteurs de différenciation institutionnelle et sociale au sein de la communauté universelle des spécialistes. Se mettent alors en place des modèles institutionnels différents, en dépit d'évolutions parallèles des demandes d'expertise tant sur le plan militaire que civil. Le modèle étatiste national de la France, de la Russie et de la Prusse du XVIIIe siècle est le plus caractéristique, qui repose notamment sur la mise en place d'une élite académique et technicienne. Le modèle universitaire de la plus grande partie de l'Allemagne et de l'Italie est lui aussi largement étatiste, mais ne prendra un caractère national qu'au cours du XIXe siècle. Le modèle libéral enfin, qui prévaut notamment en Grande-Bretagne, laisse davantage d'initiatives aux hôpitaux, aux corporations médico-pharmaceutiques, aux sociétés d'utilité publique, aux industriels ou encore à l'élite cultivée de la capitale. Malgré ces différences, un contexte de rivalités croissantes pousse aussi à certains transferts de modèles, les succès des uns tendant à inspirer les réformes institutionnelles des autres.

La Russie, l'Espagne, le Portugal et l'Empire ottoman : deux siècles de politiques technoscientifiques à l'épreuve des approches comparatistes
Irina Gouzévitch, Ana Cardoso de Matos et Darina Martykánová

Le chapitre analyse la mise en place des systèmes d'enseignement technique dans quatre empires situés aux marges de l'Europe, notamment, le Portugal, l'Espagne, la Russie et l'Empire ottoman. Les premières tentatives de mise en comparaison ont révélé des similitudes dans la logique du développement des systèmes d'enseignement technique et dans l'institutionnalisation de la production et circulation des connaissances techniques dans les quatre pays en question. Tous ont lancé les réformes d'enseignement dans le cadre des politiques de modernisation, souvent perçues en terme de *rattrapage* vis-à-vis de leurs voisins. Tous ont visé d'entrée la promotion des institutions, des experts et des savoirs susceptibles d'assurer la meilleure emprise du territoire et sa défense face à l'ennemi extérieur. Tous ont privilégié les structures d'État et tous ont mis du temps à promouvoir les domaines se développant en dehors de son contrôle direct (experts pour l'industrie privée, etc.). Enfin, pour atteindre ces objectifs, tous ont eu recours aux politiques de transfert et de circulation des savoirs en mobilisant à leur profit un ensemble de ressources (hommes, objets, produits ; textes, images, échantillons ; recettes et technologies ; prototypes et modèles de référence. . .). En revanche, cette première tentative de comparaison a soulevé aussi des questions qui concernent à la fois les dimensions spatiale et temporelle de l'étude mais aussi ses dimensions locale et globale. On observe, notamment, des différences dans l'organisation spatiale, géographique de ces systèmes de formation et de recherche, et d'importants décalages dans le temps de leur lancement que seule une analyse rapprochée des conditions locales et du contexte international peut aider à élucider.

Institutionnalisation balbutiante et fragmentation territoriale. Le cas de la Colombie
Dominique Vinck

L'histoire des sciences en Colombie rend compte d'interdépendances fortes entre le développement des sciences et les dynamiques de construction administrative, politique, économique et sociale du pays. Ce développement tient autant à la géographie locale qu'à la science-monde, de façon variable selon les époques (découverte et inventaire des ressources, laïcisation, développement technique, participation à la science-monde). Les différences sociogéographiques du territoire sont périodiquement redéfinies. Les cinq siècles d'histoire sociale et institutionnelle des sciences en Colombie se structurent en trois périodes significatives. Le chapitre met en évidence, pour chacune d'elles, l'intrication des enjeux scientifiques et de société, en particulier la nature des demandes de savoirs. Il révèle les permanences qui traversent les périodes historiques et ouvre sur une géohistoire des sciences, autant qu'il ne rend compte des constructions institutionnelles.

Globalement, la recherche y est plutôt associée au développement de ressources économiques et dépend de la conjoncture politique et sociale, notamment l'alternance de politiques conservatrices et libérales, centralisatrices et fédéralistes. Avec l'Indépendance, elle devient un moyen de construire une identité nationale. Ce développement est loin d'être cumulatif. L'institutionnalisation des sciences est longtemps balbutiante avec des émergences suivies de décompositions institutionnelles. Elle dépend des mouvements politiques et sociaux, notamment des guerres civiles, de la constitution d'un État républicain, du développement de régions portées par des entrepreneurs et des pressions démographiques et sociales (prolifération universitaire). Cette histoire ne confirme pas le paradigme d'un développement progressif et continu.

La Russie : construction et crise d'un système scientifique
Denis Eckert, Dmitri Gouzévitch, Irina Gouzévitch et Marie-Noëlle Pane

L'histoire des structures scientifiques, de l'organisation de la recherche et des origines de la politique scientifique de la Russie soviétique et postsoviétique serait incomplète et mal comprise sans une mise en perspective historique. Rappeler les grandes étapes de l'évolution de ces phénomènes depuis leurs origines, qui remontent essentiellement aux réformes de Pierre Ier (1672-1725) et les débuts de l'Empire russe (1721), nous semble indispensable pour évaluer l'héritage reçu par l'URSS (1922-1991), puis par la Fédération de Russie (1991) dans les domaines concernés (institutions, réseaux, traditions etc.) ; nous pourrons ainsi comprendre la manière dont ces deux formations géopolitiques successives en ont disposé : ce qu'elles ont détruit, adapté, développé, transformé ou réajusté selon les logiques et les impératifs de leur temps.

Enjeux et tensions entre science et développement au Maroc
Mina Kleiche-Dray et Kamal Mellakh

Sans avoir pendant longtemps attiré l'intérêt de l'État, depuis le milieu des années 1990, la structuration et l'évolution de la science pratiquée au Maroc semblent suivre trois mouvements : une recherche *autonome*, une recherche au service de l'enseignement supérieur et une recherche comme *levier de l'économie*. Il en résulte aujourd'hui une dynamique mettant en tension plusieurs processus d'unification des activités et des productions scientifiques engagés par le gouvernement marocain.

Notre chapitre a pour objectif d'analyser l'origine et la succession de ces trois mouvements dans un contexte à la fois de construction nationale et d'internationalisation de la science. Nous présenterons donc dans un premier temps le fonctionnement de la recherche scientifique aujourd'hui au Maroc avec un bref retour sur son histoire, qui nous permettra d'identifier et de caractériser les lieux de production, la communauté scientifique et les styles de science au Maroc. Puis nous analyserons l'origine et l'évolution des trois dynamiques dans un contexte de construction nationale et de globalisation de la gouvernance de la science dans son rapport à l'international. Nous montrerons comment le mouvement de la structuration d'une recherche scientifique marocaine amorcée depuis la fin des années 1990 a été dépassé par deux réformes : celle de l'enseignement et celle de la mise à niveau de l'économie. Ce qui a abouti au développement d'activités scientifiques essentiellement orientées vers une recherche développement et d'innovation soutenue principalement par l'État et prise en charge par le ministère de l'Industrie.

L'internationalisation de la recherche au Liban. Choix ou contrainte ?
Rigas Arvanitis, Sari Hanafi et Jacques Gaillard

Cet article présente l'organisation des institutions de recherche au Liban et les défis que doit affronter la recherche dans ce petit pays du Moyen-Orient. Le pays présente certaines caractéristiques remarquables : une production scientifique importante, une qualité reconnue de ses médecins et de ses hôpitaux et de manière plus générale un système universitaire important et ancien et une recherche établie de longue date. Cependant le pays connaît aussi une forte émigration et un manque d'opportunités de travail que n'arrive pas à compenser une économie tournée prioritairement vers les services. L'article examine successivement les principaux piliers de la recherche dans le pays : la recherche universitaire en s'attardant sur les trois principales universités qui effectuent de la recherche, le Conseil National de la Recherche Scientifique (CNRS) libanais, à la fois dans sa fonction de coordinateur de la recherche dans le pays et dans ses propres centres et enfin l'important contingent de centres de recherche privés, notamment en sciences sociales. Nous utilisons ici toutes les données disponibles à ce jour sur le pays, y compris la dernière enquête sur l'innovation qui a permis de rendre compte pour la première fois de la R & D privée industrielle assez importante et paradoxalement sans lien avec la recherche universitaire et publique. Nous examinons en détail les orientations de la politique de la recherche et l'ouverture des chercheurs à l'international. Nous concluons sur les causes de la fragmentation de la recherche, et le dilemme très présent entre la pertinence de la recherche pour le pays et son ouverture internationale.

Constitution d'une communauté scientifique dans un pays moins avancé (PMA). Le cas du Niger
Emmanuel Gregoire et Kadijatou Marou Sama

Pays sahélien enclavé ayant pour unique ressource ses exportations d'uranium, le Niger est un des pays les plus pauvres de la planète. Aussi, sa communauté scientifique est-elle peu nombreuse et ses moyens matériels très limités.

L'article commence par analyser la politique de l'État à l'égard de l'enseignement supérieur en retraçant la genèse de l'université Abdou-Moumouni de Niamey qui consacre son (maigre) budget principalement à l'enseignement afin de répondre aux besoins de formation du pays. Il examine ensuite la politique nationale de recherche (ou l'absence de politique) et présente les différentes institutions de recherche nationales et étrangères, ces dernières permettant bien souvent aux chercheurs et aux enseignants-chercheurs nigériens de faire de la recherche. Enfin, à partir d'entretiens réalisés auprès d'eux, le texte donne un aperçu des grands traits de la communauté scientifique nigérienne : la structurer et la doter de moyens pour mettre en place des laboratoires et former des jeunes chercheurs de qualité doivent être les premières étapes d'un long processus qui devrait lui conférer une certaine autonomie. Mais, cet objectif est loin d'être atteint car le Niger, en matière de recherche comme dans d'autres domaines, ne peut survivre sans une forte assistance extérieure.

À la recherche de la science arabe. En partant d'un observatoire égyptien des sciences biomédicales
Anne-Marie Moulin

Dans un panorama de la science hors d'Europe, une place est à faire à la science dans le monde « arabe » au sens large, du Maroc à l'Afghanistan, compte tenu à la fois de son importance historique et de sa position actuelle sur l'échiquier politique et économique. Son histoire ne saurait se résumer au saut d'un long Moyen Âge à l'orée du XXe siècle et à l'adoption des méthodes de recherche et des innovations théoriques et techniques occidentales.

En raison de la difficulté d'embrasser une information exhaustive et systématisée, j'ai choisi de partir de l'observatoire offert par l'Égypte au début du XIXe siècle et d'identifier chemin faisant les acteurs, les lieux et les disciplines qui émergent dans un monde arabe divisé et en même temps fortement connecté, en s'attachant particulièrement aux sciences biomédicales.

Le chapitre retrace l'histoire des institutions scientifiques dans ses grandes lignes, identifie les tendances convergentes et divergentes de la production des connaissances en mettant à profit les données scientométriques disponibles, et les complète par des sondages pratiqués dans trois domaines de la biomédecine, avant de conclure sur l'évolution actuelle de la recherche dans les pays de l'ANMO (Afrique du Nord – Moyen-Orient), ou MENA.

Les modes d'institutionnalisation des sciences au Brésil. De l'espace géophysique à l'espace aérien
Heloisa Maria Bertol Domingues et Antonio José Junqueira Botelho

L'espace physique, en tant qu'objet scientifique, a été un élément de structuration de la recherche scientifique nationale et internationale brésilienne. Notre travail analyse les transformations du processus de production des sciences naturelles et physiques ayant pour objet les espaces terrestres et aériens, et leurs imbrications politiques, économiques et sociales. Au XIXe siècle, les sciences pour l'exploitation des ressources naturelles ont été institutionnalisées comme support de la politique économique du pays dont la base était l'agriculture. Plus tard, dans les années 1930-1940, cet intérêt politique pour l'espace physique s'est étendu à l'espace aérien. Et le gouvernement a imposé un contrôle militaire de la recherche scientifique en restructurant les réseaux de transport aérien et de météorologie. De nouvelles institutions scientifiques spécialisées dans la valorisation des ressources naturelles ont été créés notamment pour encourager la production d'énergie. Ainsi le pétrole et l'eau, puis juste après la seconde guerre mondiale, le thorium ou l'uranium dans le domaine atomique sont devenus des ressources stratégiques. La bipolarisation politique du monde dans l'après-guerre a accentué cette militarisation des sciences et remis en question l'autonomie scientifique. Cependant, la création du *Conselho Nacional de Pesquisas* (CNPq) dans la seconde partie du XXe siècle a non seulement permis d'augmenter le nombre de chercheurs, et d'institutions mais aussi de diversifier les domaines de recherche. Cette évolution a eu un impact dans le champ particulier des ressources naturelles qui a pu bénéficier de la recherche spatiale pour établir une cartographie riche et complexe des substances naturelles et un contrôle accru de leurs exploitations aux satellites aérospatiales modernes.

Un espace transnational de l'enseignement et de la recherche ? L'« institutionnalisation » des sciences de gestion en Europe, entre traditions locales et circulations internationales (1850-2010)

Ferruccio Ricciardi et Kenneth Bertrams

Si aujourd'hui, dans le monde de l'enseignement supérieur, il n'y a rien de plus mondialisé que les formations à la gestion (les MBA et les autres programmes en management étant implantés un peu partout), un détour par l'histoire révèle un chemin qui est loin d'être homogène, notamment dans l'espace européen où la légitimation des sciences de gestion a fait l'objet d'un processus d'institutionnalisation à la fois laborieux et pluriel. Ce chapitre est consacré à l'histoire de la codification des sciences de gestion en Europe occidentale entre le milieu du XIXe siècle et le début des années 2000. Science « utile » par excellence, au statut épistémologique controversé, la gestion, depuis sa naissance, tire sa propre légitimité de plusieurs champs, du monde des affaires au monde savant. Loin de présenter une simple juxtaposition de cas nationaux, la contribution interroge l'histoire de la spatialisation du champ de la recherche et de l'enseignement en gestion en suivant les multiples interactions et circulations entre les savoirs, les producteurs et les utilisateurs de ces savoirs, ainsi que les institutions susceptibles de les rendre légitimes. Entre bricolage, pratiques d'accréditation et stratégies d'appropriation, il apparaît que ce processus d'institutionnalisation résulte d'une mise en série d'ajustements conjoncturels qui sont géographiquement situés.

Encart 1.- Le génie des grandes civilisations

De grandes civilisations passées ont fait œuvre éminente de sciences : Babylone, l'Inde, la Chine, la Grèce, le monde arabe... Nombre d'études érudites (historiques, disciplinaires) en ont établi les réalisations, mesuré la portée (théorique et pratique), étudié les sources et la démarche. On peut en tirer leçons sur ce qu'est la science, y compris « moderne » (en particulier en cas de confrontation).

L'étude des sciences passées n'est pas toujours exempte de préjugés ethnocentriques (science grecque fondatrice ? science arabe : créations originales ou développements incrémentaux de traditions importées ?...) et de parti pris philosophiques (la science œuvre de génies isolés ou produit d'environnements favorables ?). Les chauds débats qui les entourent nous ont servi de garde-fou, et ils ont *inspiré notre méthode* historiographique.

Les travaux et réflexions menés par *Joseph Needham*, à propos de ***La science chinoise*** puis de *La science chinoise et l'Occident* sont stimulants de ce double point de vue. Pour faire bref nous nous y tenons. Needham a consacré bonne part de sa vie à documenter les réalisations de la science et de la technologie en ce pays, leurs principes intellectuels, leurs acteurs, leur contexte, leur rayonnement. Il en a montré les raffinements, et l'avance sur le reste du monde pendant plus de quinze siècles (du IIe au XVe).

Pour finir, il se pose deux questions. Comment s'expliquer que *la science « moderne »* ait éclos aux marges du « vieux monde scientifique », *plutôt qu'en son centre* (et notamment qu'en Chine, où le long passé théorique se doublait d'une grande avance technique) ? La seconde question est la suivante : pourquoi la civilisation chinoise s'était elle jusqu'alors montrée beaucoup plus *efficace* que celle occidentale, *pour appliquer* la connaissance de la nature à des besoins pratiques ? Pour Needham, il faut qu'il y ait eu une réunion très particulière de conditions sociales, intellectuelles et économiques dans chaque cas, notamment en Europe au XVIe° siècle. Encore faut-il expliciter de façon convaincante les « rapports très intimes » qui peuvent lier la science nouvelle à des changements économiques et sociaux spécifiques. Needham s'engage donc dans une double enquête, sociale et intellectuelle. Il se concentre sur le moment crucial de la dissolution de la féodalité, qui s'efface en Europe devant l'absolutisme royal et un ordre marchand. Il examine les différences qui existent avec *d'autres types de « féodalités »* (dont celle chinoise, qu'il qualifie de « *bureaucratique* »). Il fait ressortir leurs contrastes (économie, pouvoir, hiérarchies). Il considère la position sociale des hommes de science et des ingénieurs en chaque cas. Il décrit minutieusement l'état très avancé de la S & T en Chine et son évolution, avant d'examiner les facteurs philosophiques orientant l'œuvre de science.

Needham insiste d'abord sur la nature de l'État chinois, qui s'est imposé aux communes paysannes sans intermédiaire, en organisant de *grands travaux hydrauliques* qui coupaient à travers les fiefs et s'étendaient bien au-delà : dispositifs d'irrigation, canaux à longue distance pour les transports. La féodalité guer-

rière s'en est trouvée dissoute, et la grande affaire est devenue l'organisation de l'Empire, confiée à *une bureaucratie lettrée qui se renouvelle* à chaque génération en fonction de la réussite personnelle aux examens impériaux. Cette bureaucratie se préoccupe de « maîtriser » les hommes (beaucoup par la persuasion, car les paysans sont bien armés). Elle bridera tout essor des marchands (au plus bas de l'échelle sociale), d'autant plus que l'Empire est un « homéostat » où sensiblement tout le nécessaire est produit localement. Par contre, la science, la construction d'instruments et la technologie sont encouragées par l'État. Les ateliers impériaux abritent les « artisans de pointe » de tout le pays ; en province, nombre de gouverneurs patronnent un cercle de savants, d'architectes, d'ingénieurs. Les inventeurs les plus nombreux sont des artisans et maîtres-artisans, gens du peuple et parfois de basse extraction, peu lettrés et assez éloignés de la théorie (même si plusieurs ont rédigé ou fait rédiger des traités de technologie restés dans l'histoire). Certains soutiennent la comparaison avec Vinci (Yan Su, vers notre an 1000 : savant, peintre, technicien, ingénieur). On voit les *différences essentielles avec la féodalité européenne, aristocratique et guerrière* qui méprise, sauf exceptions, les savants « mal nés » et les travailleurs manuels.

Needham tient d'autre part à inventorier les facteurs agissant *dans le monde des idées*. Il insiste sur les conceptions variées de la nature, et du rapport que peut y avoir l'homme : notamment en Chine celles de deux courants très influents : le confucianisme et le taoïsme. À grands traits, les taoïstes (qui animeront pendant des siècles la science chinoise), s'intéressent à la nature, mais se méfient des pouvoirs de la raison et de la logique. Ils se préoccupent de mesures et consignent leurs observations, mais dans un esprit *mystique*. Un abîme les sépare des penseurs rationalistes, qui n'ont aucune curiosité pour la nature environnante : seulement pour les comportements humains. Les confucéens notamment s'attachent à les maîtriser, tâche jugée possible par le développement du droit et des sciences morales. Ce sont eux qui inspireront la bureaucratie d'empire. Needham souligne que par contre toutes les philosophies chinoises tiennent pour absurde l'ambition de « maîtriser la Nature ». Tout au plus peut on l'observer, et se servir habilement des forces qui l'animent – sans intervention majeure sur le cours des phénomènes. *La notion de « lois » de la nature, imposées par un ordre divin, est exclue.* C'est une différence essentielle avec l'Occident médiéval, même si la notion tarde à y prendre sa force. Elle plonge ses racines dans l'idée d'un créateur suprême, d'une « loi » qu'il impose à sa création, naturelle ou humaine. Longtemps métaphorique, la notion prend consistance quand la Réforme promeut l'idée d'un Dieu avec lequel entretenir personnellement colloque, et la *rationalisation* en toutes matières. *L'ordre marchand* soutient cette tendance en sciences, désirant tabler sur des mesures précises et des prévisions justes. C'est le passage décisif « de l'ère vincienne à l'ère galiléenne », à la fin du XVIe siècle, avec « l'application réussie d'hypothèses mathématiques à l'étude expérimentale et systématique des phénomènes naturels ». Dans le droit fil de ces conceptions philosophiques, Needham relève *des contrastes théoriques durables* avec l'Occident : matérialisme « organique » chinois, supposant chaque phénomène lié à tous les autres et privilégiant

les théories du champ et des flux plutôt que celles de l'impact direct d'un objet sur un autre ; pensée et pratique essentiellement algébriques, non pas géométriques ; privilège de la théorie ondulatoire sur celle « corpusculaire »...

Certaines thèses peuvent être discutées, mais la méthode est intéressante. Qu'il nous suffise ici d'en retenir quelques leçons toujours valables à propos du développement scientifique :

- Le rôle de l'environnement politico économique.
- L'importance des systèmes de pensée ambiants.
- Le développement de « postures épistémologiques » aiguillant l'imagination scientifique.
- Le rôle de figures scientifiques et politiques, mais aussi de cercles et de petits milieux, denses.

À lire :

NEEDHAM, J. (1973). *La science chinoise et l'Occident*. Paris : Seuil.

NEEDHAM, J. (1945). *Chinese Science*. Cambridge : Cambridge UP.

Encart 2.- Les sciences premières

En 1993, R. Scheps publiait quatorze conférences radiophoniques, parcourant un chemin « des savoirs populaires aux ethnosciences ». Elle y interrogeait des naturalistes et des anthropologues, dont de réputés spécialistes des Pygmées, des Créoles de Guyane, et de divers peuples d'Amazonie. De ces entretiens on retient que ces peuples disposent souvent d'un « artisanat de pointe », qui nécessite la combinaison de connaissances fines dans une variété de domaines. P. Grenand en fait la démonstration détaillée à propos de la fabrication d'une flèche. Ces réalisations reposent sur de longs processus d'acquisition, une accumulation immémoriale d'observations méthodiques, d'essais et d'erreurs, filtrés par des millénaires de survie de l'espèce. On ne saurait dénier qu'elles se fondent sur des « savoirs », dont des savoirs savants, qui ont leurs spécialistes, leurs modes réglés de transmission et *leurs domaines de réussite*. Les savoirs populaires sont moins établis ; mais souligne C. Moretti, ils ont l'avantage d'être ancrés dans les familles, et de les suivre dans les vicissitudes actuelles des déplacements, de l'urbanisation, de la disparition concomitante de nombreux milieux naturels, ainsi que des spécialistes et des savoirs qui pouvaient y être liés.

Les savoirs « ethniques » sont vivants. Nombre d'anthropologues se sont exercés à déchiffrer les principes de pensée qui ont présidé à leur mise en ordre. Certains sont étroitement liés à la nécessité de survivre dans un milieu naturel hostile. D'aucuns relèvent plutôt d'une « religion appliquée ». D'autres, plus « laïques », restent toutefois subordonnés à l'imaginaire qui donne forme aux mythes et aux rites répondant aux grandes questions de l'humanité. Ce qu'il faut bien saisir, c'est que les savoirs ne sont pas ici dissociables de la cosmologie, de la théorie du monde et de la société, et des pratiques qu'elles requièrent. Séparer la « part de vraie science » des pratiques (magiques, rituelles, sociales) où elle est encastrée est une tentative impie, une violence culturelle, comme l'ont récemment expérimenté certains projets de « bio-prospection » à visée botanique ou pharmaceutique (au Mexique en particulier)

Nous retiendrons à propos de ces savoirs :

D'abord qu'*ils subsistent* aujourd'hui (au moins sous la forme de savoirs populaires, parfois sous celle de systèmes savants). Par rapport aux prescriptions de la science moderne, ils jouent un rôle alternatif (ou de premier recours ; en agriculture et médecine par exemple).

La deuxième leçon est qu'il existe des *cadres sociaux de la connaissance*, très visibles dans la construction des savoirs ethniques, mais non moins prégnants dans toutes sortes de sciences – y compris modernes. Nous aurons à les expliciter dans nos propres analyses.

On reconnaîtra enfin que ces savoirs répondent aux lacunes d'une science moderne, par nature incomplète. M. Augé souligne avec force qu'en préalable à toute action et toute construction de savoir s'inscrit *le besoin qu'a l'homme de com-*

prendre sa place dans le monde, ainsi que le sens de chaque événement qui frappe sa personne. Ethnosciences et science moderne ont cette même ambition. Elles *injectent du sens* dans la vie de manière complémentaire ou concurrente. À chacune de trouver les voies pour convaincre de son efficacité, et se faire comprendre du public. On peut se demander si des convergences sont possibles (explorées par quelques rares disciplines : en psychiatrie) et surtout comment gérer la coexistence de la science moderne et de savoirs traditionnels, aux principes différents mais que les nécessités d'action peuvent appeler à coopérer (ex. : la lutte contre le sida).

À lire :

SCHEPS, R. (éd.) (1993). *La science sauvage.* Paris : Seuil.

LEVIS-STRAUSS, C. (1967), *Mythologiques.* Paris : Plon.

Première partie

Vue d'ensemble

De la révolution scientifique à la science-monde

Aperçu historiographique

René Sigrist [1]

Le développement de la science moderne fait l'objet d'au moins deux historiographies différentes. L'une, qui s'intéresse à la naissance, au cœur du XVIIe siècle européen, de la science classique, s'attache à décrire les caractéristiques de la « Révolution scientifique » qui l'a produite. Une autre, qui cherche à comprendre l'extension universelle de cette « nouvelle science », étudie l'intégration des différents pays ou régions du monde à ce qui est peu à peu devenu un système scientifique international [2]. La géographie de ce système ou de cette « science-monde » est plus diversifiée que celle de la science classique [3]. Son objet est aussi plus large, puisque la recherche scientifique et médicale est devenue partie prenante d'une vaste entreprise de développement technico-industriel. Aussi son étude est-elle généralement associée à des problématiques assez larges, telles que la question des politiques de modernisation ou celle du développement économique et social. À l'opposé, l'historiographie de la Révolution scientifique ne s'intéressait, jusqu'à une époque assez récente, qu'à la recherche fondamentale. Il est vrai que l'impact social de la science galiléo-newtonienne était bien moins frappant que sa portée intellectuelle.

En partant de l'idée que la Révolution scientifique n'est que la première étape, purement intellectuelle, de l'entrée dans la modernité scientifique, le présent chapitre entend rapprocher les deux historiographies. Cela nécessite bien entendu de rendre les deux objets comparables. Il convient pour cela d'élargir quelque peu les perspec-

1. Cette recherche a été menée avec l'aide de la *Gerda Henkel Stiftung*, subside n° AZ 30/EU/11 et du Fonds national suisse, subside n° 100.011-137.579.

2. La notion de science classique, empruntée à Michel Blay et Robert Halleux (Blay & Halleux, 1998), est prise ici comme équivalent francophone de « *Early modern science* ». Le terme de nouvelle science renvoie davantage à la perception des contemporains, qui avaient l'impression de créer une astronomie nouvelle (Kepler) ou deux sciences nouvelles (Galilée).

3. La notion de science-monde est empruntée à Xavier Polanco (Polanco, 1990), qui l'a forgée sur le modèle de l'économie-monde de Braudel.

tives sur la science classique en montrant comment elle s'est peu à peu inscrite, à travers la professionnalisation de ses acteurs, dans les différents contextes institutionnels et sociaux de l'Europe des XVIIIe et XIXe siècles. À l'inverse, il est nécessaire de restreindre l'approche de l'énorme complexe recherche et développement (R & D) à ce qui concerne plus particulièrement les sciences fondamentales. La notion de *science moderne*, qui servira de colonne vertébrale à ce double aperçu historiographique, est donc plus large que l'entreprise de mathématisation de la philosophie naturelle qui constitue le cœur même de la science classique. Elle est en même temps plus restreinte que le complexe R & D étudié par les sociologues du phénomène scientifique ou par les historiens du développement.

Par science moderne, nous entendons pour l'essentiel une recherche professionnalisée et intellectuellement structurée autour d'un certain nombre de disciplines fondamentales. Son aboutissement est la *science-monde*, qui désigne l'universalisation de pratiques d'investigation conçues comme objectives. Ce processus d'universalisation est lui-même au cœur même d'un immense débat historiographique. S'agit-il en effet d'une simple extension dans l'espace de pratiques de recherche nées en Europe ? Ou d'un processus de construction collective d'une objectivité scientifique par définition inter- ou trans-culturelle ? Ou encore de diffusion d'un système de production de connaissances indépendant de toute culture, parce que précisément objectif ? Avant de résumer les différentes réponses qui ont été apportées à cette question, il convient de remarquer que la notion de science moderne, ou celle de science-monde, recouvre deux aspects que l'on peut facilement dissocier : 1° le système scientifique international, qui désigne à proprement parler une sorte de méta-réseau intellectuel et institutionnel dont les origines remontent à la République des lettres classique ; 2° les communautés scientifiques nationales, qui ont peu à peu émergé en Europe et dans le reste du monde à partir de la fin du XVIIe siècle.

1 Un récit convenu des origines : la « Révolution scientifique »

Au temps où la science et le monde universitaire présentaient plus de certitudes qu'aujourd'hui, la naissance de la science moderne passait pour un événement assez simple. Elle était issue d'une Révolution scientifique, qui avait établi au cours du XVIIe siècle les fondements conceptuels d'une description mathématique de la nature. En jetant les bases de la mécanique et de l'optique modernes, des génies comme Galilée, Kepler, Descartes et Newton avaient donc mis fin à une forme de science millénaire, fondée sur une interprétation aristotélicienne du sens commun. Ils avaient ruiné une cosmologie fondée sur un univers géo-centré, c'est-à-dire anthropocentré, où le monde céleste n'était pas régi par les mêmes lois que le monde sublunaire. Cette révolution aurait été, dans l'histoire de l'esprit humain, un bouleversement équivalent à ce que le « miracle grec » fut pour la naissance de la rationalité et de la philosophie. Quant, à l'universalisation de la pratique scientifique, elle ne présentait pas davantage de difficultés d'interprétation : elle résultait d'un processus de diffusion comparable à celui de la civilisation elle-même. Ou pour mieux dire, elle était partie intégrante du processus universel de développement des sociétés modernes. À la genèse de la modernité décrite par Alexandre Koyré (1939), Herbert Butterfield (1949) ou A. Rupert Hall

(1954) répondait en somme la notion de diffusion de la civilisation scientifique décrite par George Basalla (1967) et reprise par des historiens des civilisations comme Toby Huff (1993).

Bien que parfois critiquées dès l'origine, ces certitudes un temps dominantes reflétaient le statut de la « civilisation scientifique » à l'époque des Trente Glorieuses. Certes, le modèle de la diffusion a rapidement subi des attaques de la part de ceux qui dénonçaient son européocentrisme, et sa façon de relativiser les rapports de force liés à la colonisation et à l'impérialisme européens. Aujourd'hui, la théorie de diffusion de la science européenne ne subsiste pratiquement plus qu'à travers les attaques incessantes dont elle est l'objet. L'idée de Révolution scientifique en revanche a mieux résisté, peut-être parce qu'à l'image du sinologue Joseph Needham, les historiens des nations émergentes étaient peu soucieux de réviser l'histoire scientifique de l'Europe. Au fil du temps certes, les critiques adressées à cette notion ont presque fini par la réduire au statut de la commodité de langage [4]. Nous vivons désormais une crise généralisée des modèles interprétatifs [5]. La référence constamment négative à la théorie de Basalla et l'appellation convenue de « Révolution scientifique » sont à peu près tout ce qui subsiste pour baliser un champ de recherches dont l'objet serait la naissance et le développement de la science-monde. C'est peu, on en conviendra. Mais l'histoire de la notion de Révolution scientifique, et les tribulations du modèle dit de la diffusion, n'en conservent pas moins tout leur intérêt.

Comme nous l'avons déjà laissé entendre, c'est à Alexandre Koyré qu'il convient d'attribuer l'idée de « Révolution scientifique » comme acte fondateur de la science moderne. Dans ses *Études galiléennes* (1939), Koyré s'attacha en effet à montrer comment la mécanique rationnelle du XVIIe siècle s'est radicalement démarquée de la physique aristotélicienne et scolastique, fondée sur le sens commun et les évidences de l'expérience sensorielle. Auparavant, des philosophes comme Gaston Bachelard ou des historiens comme Edwin A. Burtt avaient déjà souligné, à travers le développement de la philosophie mécaniste et du rationalisme galiléen, la rupture conceptuelle qui sépare la physique mathématique du XVIIe siècle de la philosophie naturelle médiévale et renaissante [6]. D'autres auteurs, comme Pierre Duhem, avaient développé une vision plus continue du passage entre la science médiévale et la science moderne [7]. Encore après Koyré, un certain nombre de spécialistes se sont efforcés de relever la persistance, tout au long du XVIIe siècle, des catégories aristotéliciennes, y compris pour ce qui concerne la notion d'expérience [8]. Ils sont demeurés minoritaires face à la « grande tradition » de l'histoire des sciences [9], attachée à caractériser l'essence même de la Révolution scientifique. Pour la majorité des historiens des années 1940 à 1970, c'est le caractère discontinu du développement scientifique au XVIIe siècle, voire au XVIe siècle déjà, qui marque l'entrée dans la modernité. Pour Herbert Butterfield

4. Caractéristique est la phrase d'ouverture de l'ouvrage de Shapin, 1996 (p. 1) : « *There was no such thing as the Scientific Revolution and this is a book about it.* »

5. Nous suivons ici un point de vue déjà exprimé par Cunningham & Williams, [1993] 2003.

6. Bachelard, [1934] 1983 ; Burtt, [1924] 2003.

7. Duhem, [1908] 2004.

8. Parmi ces spécialistes de la philosophie naturelle médiévale et renaissante, il convient de mentionner Crombie, 1953, Schmitt, 1983 et Baroncini, 1992.

9. L'expression est de Shapin, 1996.

ou A. Rupert Hall comme pour Alexandre Koyré, l'essor du mécanisme et du matérialisme, et surtout la mathématisation de la philosophie naturelle qu'il a permis, constituent en effet des transformations révolutionnaires qui ont bouleversé la façon de pratiquer la science [10]. Pour ces auteurs comme pour bien d'autres [11], la remise en cause galiléenne d'un univers divisé entre un monde céleste de corps parfaits et un monde sub-lunaire soumis à la corruption, puis la mathématisation newtonienne de la philosophie naturelle, constituent les deux aboutissements majeurs d'une véritable révolution de l'esprit humain. Celle-ci fut à l'origine de la science et du monde modernes, par opposition au monde ancien et médiéval, où l'on pratiquait des formes de science presque aussi anciennes que l'humanité elle-même.

Parmi les premiers à critiquer cette interprétation classique figurent des spécialistes de la science anglaise, qui ont relevé la tendance de Koyré à identifier la modernité scientifique à l'idéalisation galiléenne, et par conséquent à sous-estimer le rôle de l'expérimentation et de l'induction telles qu'elles ont été pratiquées, à la suite de Bacon et de Boyle, par les fondateurs de la Royal Society de Londres [12]. Certains auteurs ont par ailleurs cherché à intégrer la science renaissante dans le récit du développement de la science moderne, se rapprochant du même coup d'une interprétation plus « continuiste » de la Révolution scientifique [13]. D'autres ont au contraire considéré qu'il était important d'intégrer la « Révolution chimique » du XVIIIe siècle dans le récit des origines de la science moderne [14]. Dans un cas comme dans l'autre, le caractère soudain de l'événement, impliqué par l'usage du mot révolution, devenait problématique.

2 D'une approche idéaliste à un paradigme constructiviste

S'il a existé un jour, le consensus autour de la notion de Révolution scientifique a volé en éclats au cours des années 1980. Dès 1977, Thomas Kuhn a fait valoir que les changements survenus dans la physique mathématique du XVIIe siècle ne recouvraient pas exactement les débuts de la science moderne, qui comprend également les sciences expérimentales ou empiriques [15]. Constatant que la quantification et la mathématisation de ces disciplines n'étaient intervenues qu'à la fin du XVIIIe siècle et au début du XIXe siècle, Kuhn a ainsi proposé de parler de « Seconde Révolution scientifique » (*Second Scientific Revolution*), définie par lui comme « la quantification réussie des sciences baconiennes, qui avait à peine débuté dans le dernier tiers du XVIIIe siècle et qui n'a réalisé son plein potentiel qu'au XIXe [16] ».

Il est évident que Koyré en particulier a eu tendance à minimiser l'importance de l'expérimentation et de l'induction, qui ont constitué l'essentiel de la science anglaise du XVIIe siècle. Plusieurs sciences empiriques étaient ainsi fondées à réclamer leur

10. Butterfield, [1949] 1965 ; Hall, [1954] 1966.

11. Parmi les ouvrages de référence de ces auteurs classiques, on citera : Gillispie, 1960 ; Cohen, 1960 ; Boas Hall, 1962 ; Westfall, 1971.

12. Hunter, 1989, Boas Hall, 1991.

13. Boas Hall, 1962.

14. Butterfield, [1949] 1965 a parlé à ce propos de « *delayed scientific revolution* ».

15. Kuhn, 1977.

16. Kuhn, 1977, p. 217-218 parle de « *... successful quantification of the Baconian sciences [which] had scarcely begun at the last third of the eighteenth century and only realized its full potential in the nineteenth* ». Et ajoute, p. 220 : « *That realization [...] is one facet of a second scientific revolution no less consequential than the seventeenth-century revolution.* »

place dans une histoire révisée de la Révolution scientifique, en particulier l'anatomie, si remarquablement illustrées par les expériences de William Harvey et des physiologistes d'Oxford, mais aussi la chimie, et peut-être d'autres sciences « baconiennes » comme le magnétisme de William Gilbert ou encore la pathologie de Thomas Sydenham. En centrant trop exclusivement leur attention sur l'astronomie et les sciences physico-mathématiques, les historiens philosophes de l'après-guerre ont projeté sur le XVIIe siècle leur propre conception de la science, postulant ainsi une unité méthodologique qui n'existait pas à l'époque dans la philosophie naturelle, pas plus que dans l'histoire naturelle et les autres champs d'études qui préfigurent la science moderne [17]. Face à la philosophie mécaniste et corpusculaire, considérée comme le noyau conceptuel de la Révolution scientifique, un auteur comme Allen Debus a ainsi fait valoir l'existence d'une « philosophie chimique », qui, de Paracelse à Van Helmont et Boerhaave, aurait conditionné l'émergence de la chimie moderne, tout en transformant les conditions du débat médical et les conceptions mêmes du vivant [18]. Mais réintroduire Paracelse dans le débat revenait à poser la question du rôle de l'alchimie, de la magie naturelle, voire de l'occultisme dans la genèse de la science moderne. On a alors redécouvert que bien des savants de l'âge classique pratiquaient l'astrologie (à l'image de Kepler) ou (comme Newton) se passionnaient pour l'alchimie, la chronologie et l'interprétation de la Bible. La science de l'âge classique (*Early modern science*) était donc partie prenante d'une culture baroque où les phénomènes curieux ou extraordinaires étaient susceptibles de révéler les mystères de la Création. Certains auteurs ont même vu dans l'alchimie, la magie naturelle, voire dans l'occultisme, l'origine de l'ambition moderne de maîtriser la nature [19].

De même, l'étude des lois de la nature était une façon d'observer le Créateur à l'œuvre tout en rationalisant sa déconcertante liberté d'action. Aujourd'hui, l'idée positiviste, ou victorienne, que la religion ne pouvait engendrer qu'un conflit frontal avec la science, et en retarder ainsi les progrès, soulève trop d'objections pour être retenue telle quelle [20]. Déjà Robert K. Merton avait formulé une célèbre thèse, aujourd'hui remise en cause, sur le rôle du puritanisme anglais dans l'essor de la science (expérimentale) au XVIIe siècle [21]. Le cas de l'Église catholique, entachée par les condamnations de Galilée, Campanella et Giordano Bruno, et par le long combat des Jésuites en faveur d'Aristote et d'un univers géocentrique, ou géo-héliocentrique, semble plus délicat à plaider. Les œuvres de Copernic, Kepler, Galilée, Newton et leurs contemporains se développèrent néanmoins à l'intérieur d'un cadre de référence chrétien, et l'on peut admettre avec Cunningham et Williams que la philosophie naturelle du XVIIe siècle avait pour but d'étudier la nature et le monde tels qu'ils ont été créés par Dieu [22]. Au besoin, la science pouvait même servir de rempart contre l'athéisme. D'une manière plus large, Toby Huff a fait valoir que depuis l'introduction

17. Cette forme de « présentisme » (*whiggism*) était lui-même un héritage du positivisme, du positivisme logique de l'École de Vienne, et plus anciennement de la philosophie progressiste des Lumières.

18. Voir entre autres Debus, [1977] 2002 et Debus, 2001.

19. Voir en particulier Webster, 1982.

20. Stevin Shapin remarque que « le caractère constructif des rapports de la science et de la religion au XVIIe siècle semble aujourd'hui tellement évident que rares sont les études modernes, quelle que soit leur sensibilité, qui omettent d'y faire référence d'une façon ou d'une autre » (Shapin, 1996, trad. fr. 1998, « Essai bibliographique », p. 236).

21. Merton, [1938] 1970. Sur l'actualité de cette thèse, voir Shapin, 1988.

22. Cunningham & Williams, [1993] 2003, p. 233-234. Sur le cas de Newton, p. 226.

d'Aristote dans l'université médiévale, au début du XIVe siècle, la position la plus constante de l'Église d'Occident face aux sciences de la nature fut celle d'un *nihil obstat* qui s'explique par l'héritage intellectuel de la philosophie grecque et par la culture juridique héritée du droit romain [23]. Allant plus loin encore, Stephen Gaukroger a fait valoir que le positionnement de la philosophie naturelle au cœur de la culture occidentale classique répondait à une nécessité, ressentie par les théologiens chrétiens du Moyen Âge et de la Renaissance de développer leurs réflexions sur des fondements rationnels afin de faire face au judaïsme, à l'islam, mais aussi à leurs propres divisions internes [24]. Par conséquent, les fondements intellectuels de la Révolution scientifique et de l'intérêt persistant pour les sciences de la nature étaient déjà bien en place dans l'Europe des XVIe et XVIIe siècles [25].

Ces développements historiographiques s'opposent donc à l'image traditionnelle de la Révolution scientifique comme remise en cause des autorités religieuses aussi bien que comme contestation des autorités philosophiques anciennes (Ptolémée, Aristote, Galien). Dans une vision classique, ou positiviste, du progrès des sciences, la religion, la politique et la société ne pouvaient en effet qu'entraver la marche en avant du savoir, une marche rendue possible par le développement de la liberté de pensée et par l'autonomie intellectuelle des chercheurs. Pour leur part, les auteurs marxistes s'étaient efforcés de démontrer l'influence des infrastructures économiques, et particulièrement techniques, sur les développements théoriques et conceptuels de la science [26]. À cela, les représentants de la « grande tradition » libérale répondaient par des protestations indignées sur la nécessaire autonomie intellectuelle de la recherche scientifique. D'où un débat vif, mais quelque peu stérile, entre « internalistes » et « externalistes », débat qui se prolongea alors même que les aspects idéologiques de la controverse s'estompaient. Le clivage fut finalement dépassé lorsque Bruno Latour et Steve Woolgar imaginèrent, en 1979, de considérer les savants eux-mêmes comme une micro-société à part entière, une société dont les valeurs et les rites propres étaient susceptibles d'influer sur la façon dont les « faits » scientifiques sont construits et reconnus [27]. Cette approche micro-sociologique du laboratoire contemporain devait déboucher sur une approche constructiviste, et non plus idéaliste, du savoir scientifique, une approche centrée sur les pratiques de recherche plutôt que sur la philogenèse des idées et des théories [28].

Ce changement de perspective revient à considérer les liens entre science et société non plus en fonction d'improbables influences intellectuelles directes ou indirectes, mais à partir de l'impact des structures de recherche sur les configurations et les pratiques épistémiques. En se focalisant sur la façon dont des demandes sociales, étatiques ou

23. Huff, [1993] 2003.

24. Gaukroger, 2006, chapitre 1.

25. En faisant la synthèse de travaux précédents, en particulier celui de Huff, [1993] 2003, Gaukroger, 2006 a fait remarquer que seul l'Occident a fini par établir la science comme une culture intellectuelle destinée à prévaloir de manière permanente et à contraindre toutes les autres formes d'entreprise intellectuelle à se conformer à son modèle dominant de rationalité. Mais les raisons théologiques et philosophiques qu'il avance pour l'établissement de cette suprématie durable font bon marché des facteurs politiques, économiques et sociaux qui ont conduit à ce résultat.

26. Un fleuron de cette historiographie marxiste est Bernal, [1954] 1971.

27. Latour & Woolgar, 1979.

28. Sur les perspectives d'une approche constructiviste de l'histoire des sciences, voir Golinski, 1998.

idéologiques particulières ont pu configurer les institutions et les réseaux scientifiques, et définir le statut des chercheurs, on peut caractériser différents systèmes d'organisation de la science (académique, universitaire, libéral, militaire, industriel, colonial, etc.) qui se sont succédés et souvent combinés suivant les lieux et les époques. Au XVIIe siècle, ces systèmes n'existaient encore qu'à l'état embryonnaire, de sorte que les principaux acteurs de la Révolution scientifique s'inscrivaient dans des contextes institutionnels qui relevaient de l'Église (Copernic), de l'université et de la cour (Kepler, Galilée), de l'université et de l'administration (Newton) ou de ressources propres (Descartes). Au XVIIIe siècle, les systèmes nationaux se mettent peu à peu en place, selon un modèle étatique (à la fois académique et militaire) en France et en Prusse [29], en suivant un modèle universitaire dans les autres États germaniques et en Italie, ou encore selon un modèle libéral et industriel en Grande-Bretagne. Cette institutionnalisation est l'une des caractéristiques du passage de la philosophie naturelle classique à la science moderne, c'est-à-dire à la science tout court. Selon Cunningham et Williams, celle-ci se différencie de sa devancière par ses finalités laïques, ses préoccupations utilitaristes et la mentalité libérale de ceux qui la pratiquent [30]. Or ces valeurs ne s'imposeront qu'à travers une triple révolution industrielle, politique et intellectuelle survenue au cours de la période 1760-1850, et à l'issue de laquelle le triomphe des classes moyennes en Europe occidentale marquera l'avènement d'une société fondée sur l'utilité professionnelle et le mérite. C'est dans ce cadre-là que s'opérera la définition des finalités de la science moderne, et sa mise en œuvre par des chercheurs professionnels. Ceux-ci deviennent majoritairement des professeurs d'université, dont la carrière dépend en effet des aptitudes scientifiques, mesurées par la capacité à publier des ouvrages et des articles spécialisés.

3 De la science classique à la science positive

De tout ce qui précède, il ressort que la Révolution scientifique n'a pas accouché de la science moderne telle qu'elle a été définie ci-dessus, mais de quelque chose qui pourrait s'appeler la science classique. Il convient d'entendre par là un système de connaissances dominé par les mathématiques pures et appliquées, par la philosophie naturelle et l'astronomie, et au sein duquel l'intégration de domaines comme l'anatomie, la chimie ou l'histoire naturelle demeure très incertaine. Ces sciences empiriques ne connaissent d'ailleurs pas de soudaine transformation par rapport aux pratiques en vigueur à la Renaissance, même si des méthodes plus rigoureuses de validation des savoirs sont fondées sur l'observation et l'expérimentation. Ces méthodes requièrent des environnements de travail spécifiques [31], et parfois l'usage d'instruments nouveaux [32]. Sur un plan plus philosophique, Michel Foucault a proposé l'appellation d'*epistemè* classique pour caractériser une science fondée sur la recherche de l'ordre naturel, dans laquelle l'histoire naturelle tient lieu de biologie, l'analyse des richesses de science

29. Sur le rôle des demandes militaires dans le développement d'une recherche publique en France, voir Bret, 2002.

30. Cunningham & Williams, [1993] 2003.

31. Dès le milieu du XVIe siècle, le théâtre anatomique, l'observatoire, le jardin botanique, et dans une moindre mesure le laboratoire de chimie, le cabinet d'histoire naturelle, voire l'atelier mécanique, deviennent peu à peu des lieux de savoir au même titre que la bibliothèque.

32. Le télescope, le microscope, le thermomètre et le baromètre apparaissent au début du XVIIe siècle, la pompe à vide un peu plus tard.

économique, la philologie et la grammaire de linguistique [33]. Cette science classique, qui se distingue clairement de l'humanisme philologique de la Renaissance, ignore encore le système moderne de disciplines fondamentales, dans lequel les mathématiques, la physique, la chimie, la biologie ou la géologie constituent des éléments essentiels de l'organisation du travail scientifique. L'élaboration de ce système, caractérisé par Auguste Comte comme constitutif de la science positive, se fit pour l'essentiel à la charnière des XVIIIe et XIXe siècles. À la suite de Kuhn, certains historiens ont qualifiée ce processus de « Seconde Révolution scientifique [34] ».

L'une des phases majeures de cette transformation, à savoir la « Révolution chimique » des années 1770-1780, a fait l'objet d'une abondante littérature [35]. L'historiographie est en revanche moins avancée pour ce qui concerne la naissance de la physique, de la biologie, ou même de la géologie modernes. En physique, les progrès de l'instrumentation et de la quantification permettent la mathématisation de nouveaux domaines tels que l'électricité, le magnétisme ou la chaleur, qui jusque-là relevaient plutôt de la philosophie ou de l'histoire naturelles [36]. Deux aboutissements marquants de cette évolution seront la naissance de l'électromagnétisme au début des années 1820, puis de la thermodynamique dix ans plus tard [37]. Dans l'intervalle, l'ancienne opposition entre science des causes (philosophie naturelle ou physique) et science des faits (histoire naturelle) a cédé la place à une opposition entre physique (science de la matière inanimée) et biologie (science de la vie). Comme la physique, la biologie se conçoit désormais comme une science théorique fondée sur des données empiriques [38]. L'histoire naturelle, pratiquement réduite aux règnes animal et végétal, devient justement pourvoyeuse de ces données empiriques, tandis que la minéralogie se rapproche de la chimie et de la physique. Quant à la géologie, elle connaît une émergence en tant que discipline grâce à la combinaison entre un nouveau paradigme théorique et des données empiriques enfin systématisées [39].

En fait, les transformations qui surviennent à la charnière des XVIIIe et XIXe siècles vont bien au-delà d'une reconfiguration de l'architecture des disciplines : elles concernent également les pratiques de recherche, en particulier la systématisation des pratiques empiriques (expérimentation, instrumentation, quantification, analyse chimique) et leur combinaison avec la rationalité mathématique. Ces transformations

33. Foucault, 1966 & 1969. Cette conception de la science classique ignore les distinctions que certains historiens ont tenté d'établir entre science baroque (voir ROGER 1995) et science des Lumières (voir Rousseau & Porter, 1980, ainsi que Clark, Golinski & Schaffer, 1999).

34. Kuhn, 1961, p. 190 (première occurrence) ; Bernal, [1954] 1971 ; Hahn, 1971, p. 275-276 ; Sibum, 2003.

35. Pour une synthèse incisive, qui met d'ailleurs la notion de Révolution chimique dans une perspective de plus longue durée, voir Holmes, 1989. Sur la naissance de la chimie organique, voir Tomic, 2010.

36. Sur les caractéristiques de l'*Early Modern Physics*, particulièrement l'électricité, voir Heilbron, 1982.

37. Malgré de nombreux travaux consacrés à l'émergence de ces deux nouveaux champs, il n'existe apparemment aucune étude d'ensemble sur l'émergence de la physique comme science unifiée combinant la rationalité mathématique et les pratiques expérimentales.

38. On possède plusieurs études sur la naissance, vers 1802, du mot biologie, ainsi que des mises au point sur les transformations de l'histoire naturelle après Buffon (voir en particulier Corsi, [1983] 2001, chapitre 1). Mais il n'existe à notre connaissance aucune vue d'ensemble sur l'évolution des sciences du vivant à l'aube du XIXe siècle.

39. Rudwick, 2005. C'est à l'occasion du grand débat qui s'ouvre dans les années 1780 et 1790 entre Neptunistes, Vulcanistes et Plutonistes que la géologie se constitue comme science de l'histoire de la Terre dotée d'un paradigme théorique. Les données empiriques sur lesquelles elle se fonde proviennent du développement de la géographie physique et de la paléontologie, ainsi que de la généralisation de l'usage des fossiles comme « chronomètres », ce qui permet le passage de la géognosie à la stratigraphie.

vont d'ailleurs de pair avec une réorganisation en profondeur de l'entreprise scientifique, marquée par les phénomènes suivants :

1. l'institutionnalisation de la science (création de laboratoires), sa consécration dans les facultés universitaires et les grandes écoles, qui favorisent la constitution de communautés nationales de chercheurs en France, en Grande-Bretagne, en Suède, en Russie, mais aussi en Allemagne et en Italie ainsi qu'aux États-Unis ;
2. la professionnalisation des chercheurs et la progressive émancipation des expérimentateurs par rapport aux artisans, aux ingénieurs et aux constructeurs d'instruments, ce qui permet leur intégration dans les universités [40] ;
3. le développement de rapports plus étroits entre science, industrie et agriculture.

Tous ces phénomènes relèvent de processus qui s'inscrivent dans la longue durée. Dans le contexte révolutionnaire des années 1760-1850, ils connaissent cependant une accélération qui va de pair avec les bouleversements industriels, politiques et intellectuels de l'époque. Ils sont d'ailleurs liés les uns aux autres. Ainsi, l'essor des applications pratiques de la science entraîne une redéfinition fondamentale de ses finalités, et par conséquent du rôle du savant dans la société. Mais ce rôle correspond aussi à une laïcisation des finalités de la société elle-même. À l'origine de l'essor industriel britannique, Margaret Jacob voit ainsi l'application aux techniques d'une mentalité newtonienne interprétée dans le sens du « *Radical Enlightenment* » de Spinoza [41]. James Watt devient l'exemple même d'une attitude entrepreneuriale marquée par le rationalisme mécaniste, le souci d'efficacité pragmatique, et surtout la foi dans la méthode scientifique, c'est-à-dire l'expérimentation systématique, comme facteur de progrès. On est loin de la philosophie naturelle à finalités théologiques décrite par Cunningham et Williams comme caractéristique de la science anglaise du XVIIe siècle. Dans le domaine de la chimie également, les expériences publiques deviennent, entre 1760 et 1820, une partie intégrante de la culture britannique, que ce soit dans les milieux industriels des Midlands, dans les universités écossaises ou même dans les salons aristocratiques de la capitale [42].

En France, la Révolution va accélérer des transformations institutionnelles et sociales qui ne parvenaient pas à s'opérer dans les structures rigides de l'Ancien Régime. La figure de l'ingénieur civil et militaire, issue des corps de l'artillerie, du génie, des ponts et chaussées et des mines, se trouve consacrée avec la création de Polytechnique et du système des grandes écoles, dont l'enseignement est basé sur les mathématiques. La figure du polytechnicien supplante celle de l'académicien d'Ancien Régime comme idéal du savant accompli, détenteur d'un savoir technique de haut niveau. À travers lui se trouve comblé d'un seul coup le hiatus qui existait entre savants détenteurs d'un savoir théorique et ingénieurs de formation pratique. La professionnalisation

40. Voir en particulier Sibum, 2003 pour le cas allemand.
41. Jacob, 1997.
42. Golinski, 1992. Cette culture expérimentale partagée, fondée sur des méthodes d'analyses plus précises et plus sophistiquées, va marginaliser les philosophes de la nature et faire du chimiste un savant physicien doté d'un programme de recherches empiriques encadré par un appareil théorique nouveau.

des chimistes progresse également grâce à Polytechnique. Lors de la mobilisation de l'an II, ceux-ci ont d'ailleurs fait la preuve de leur utilité dans la production massive de poudre. Même les sciences naturelles ne sont pas oubliées, grâce à la transformation du Jardin du roi en Muséum national d'histoire naturelle [43].

En Allemagne, l'essor de la philosophie semblait a priori moins favorable à la constitution de disciplines scientifiques modernes, surtout celles établies sur des fondements empiriques. En 1810 encore, lorsqu'il s'agira d'établir l'Université de Berlin comme nouveau foyer intellectuel national, Alexander et Wilhelm von Humboldt donneront la priorité à la faculté de philosophie, ce qui retardera d'autant l'intégration des savants expérimentateurs aux universités prussiennes. Influencés par les idées de Schelling, les frères Humboldt croyaient en effet au pouvoir de la raison d'élaborer des sciences a priori, même si le cadet Alexander s'était fait un nom comme savant de terrain. Fort heureusement, les traditions développées par les universités allemandes en médecine, en mathématiques, en astronomie, en chimie et en minéralogie étaient trop enracinées pour être durablement influencées par des systèmes comme la *Naturphilosophie*, d'autant que les carrières des professeurs dépendaient de plus en plus de leur aptitude à publier des manuels et à faire des recherches originales [44]. Aussi l'invention, dans les années 1830, de l'enseignement pratique en laboratoire va-t-elle se diffuser dans les facultés de philosophie, pour la chimie d'abord, puis la physique et la physiologie. Elle va assurer au système universitaire allemand un avantage durable en matière de formation scientifique.

En 1832, la nouvelle British Association for the Advancement of Science, prenant acte des transformations intellectuelles et sociales en cours, exprimera le besoin de définir un nouveau terme pour désigner tous ceux qui, au-delà du « *natural philosopher* », travaillent de concert au développement des sciences de la nature. William Whewell fournira bientôt la réponse : ce sera le « *scientist* ». Le professionnel de la recherche était enfin identifié.

4 Les origines de la science-monde : le modèle de la diffusion

Dans sa forme classique, le modèle de la Révolution scientifique semblait offrir une base assez simple pour expliquer la genèse de la science-monde. Le caractère supposé universel de la « nouvelle science » permettait en effet de l'implanter sans difficultés majeures dans le monde entier. Telle est, dans les années 1950, la position de Joseph Needham, l'historien de la science chinoise. Acceptant l'idée d'une nette séparation entre science antique et médiévale d'une part et science moderne de l'autre, il considère que la première était profondément enracinée dans la culture européenne, mais incapable de définir les règles d'un consensus intellectuel universel. La seconde au contraire, parce qu'elle s'est dotée depuis 1600 environ de méthodes universelles de validation des connaissances, n'avait rien de spécifiquement européen ou occidental. Ses principes et ses caractéristiques pouvaient donc s'appliquer tout aussi bien à la Chine. Et de fait, Needham s'est efforcé d'interpréter l'épisode de la science jésuite en Chine à partir de l'idée qu'il n'y avait pas de distinction essentielle entre science mondiale

43. Dhombres & Dhombres, 1989.
44. Voir Clark, 2006.

(*world science*) et science chinoise (*specifically Chinese science*). Il a tenté à partir de là d'établir un bilan de l'impact (positif et négatif) des Jésuites sur l'astronomie chinoise, puis de caractériser les influences mutuelles entre pensée chinoise et occidentale [45]. Tout cela ne va pas sans engendrer quelques contradictions, la principale étant que les Jésuites eux-mêmes avaient conscience d'exporter un savoir chrétien, tandis que les Chinois, qui en acceptèrent les fruits, ne le firent qu'après avoir été convaincus que ceux-ci étaient issus de leur propre tradition algébrique, ou du moins compatibles avec elle [46]. La science en question n'était donc ni universelle, quoique susceptible de donner lieu à des échanges [47], ni moderne, ce que montre bien le refus commun de la théorie de Copernic. Lorsque la science pratiquée en Europe sera devenue véritablement moderne, la confrontation avec les mathématiques chinoises prendra une toute autre tournure qu'à l'époque des Jésuites. À l'issue de la Première Guerre de l'opium (1839-1842), la supériorité des techniques militaires occidentales devint si évidente qu'elle provoqua un alignement assez brutal des pratiques mathématiques chinoises sur les standards disciplinaires occidentaux. Si les Chinois entendaient maintenir les fondements du savoir issus de la tradition humaniste confucéenne, ils devaient également tenir compte des connaissances techniques occidentales. C'est pourquoi le nouveau Bureau chinois des Affaires étrangères instaura un Collège d'interprètes (1862) qui fut lui-même doté d'un département de mathématiques (1866) [48]. Il apparaissait ainsi clairement que cette science était considérée comme la clef de la puissance militaire. Plus tard, l'enseignement des mathématiques occidentales fut introduit dans les académies militaires de Shanghai, Canton et Fuzhou. Un examen de mathématiques fit partie du curriculum ordinaire à partir de 1887. L'existence de deux systèmes de connaissances, l'un traditionnel et l'autre moderne, ne faisait donc plus de doutes pour les Chinois. L'exemple de la Chine, comme celui du Japon, montre qu'au XIXe siècle, la maîtrise de la science moderne était étroitement liée à des enjeux de pouvoir et de domination. C'est dans ce contexte de rapports de force qu'est apparue la notion de « science coloniale ».

C'est apparemment Donald Fleming qui a le premier mis en avant l'idée de science coloniale, dans un article de 1964 consacré à l'Australie, au Canada et aux États-Unis [49]. Cette notion permettait de caractériser la position de savants qui, au XIXe siècle, se trouvaient dans une situation de dépendance par rapport à leurs collègues métropolitains, tant pour ce qui concerne l'interprétation théorique de leurs données que pour la validation de leurs travaux de terrain. Peu après, George Basalla a fait de la science coloniale une phase normale de l'extension au reste du monde de la science occidentale. Cette *diffusion* – un terme qui devait rester accolé à ce modèle explicatif

45. Needham, 1958, en particulier p. 1-6 et 12-13.

46. Un résultat imprévu de l'intrusion des Jésuites fut de permettre à une partie des savants chinois de redécouvrir la richesse de leur propre tradition scientifique, et notamment algébrique, des XIIe, XIIIe et XIVe siècles. Catherine Jami a montré que le relatif intérêt des érudits chinois pour le savoir scientifique des Jésuites était principalement dû à la volonté de beaucoup d'entre eux de retourner aux sources du confucianisme en insistant sur l'utilité sociale du savoir, et particulièrement des mathématiques (Jami, 1992). À l'image du mathématicien et astronome Mei Wending (1633-1721), ils étaient d'ailleurs convaincus de l'origine chinoise du savoir occidental.

47. Nous n'examinerons pas ici la question de l'influence, *a priori* douteuse, de la Chine sur la science occidentale.

48. Voir Breard, 2004.

49. Fleming, 1964.

– résultait d'un processus en trois phases, qui se recoupent en partie, et sont caractérisées par : 1° l'absence de science moderne ; 2 ° le développement d'une science coloniale ; 3° la mise en place d'une science nationale moderne [50] (fig. 1A). Dans la phase 1, l'activité scientifique est d'origine européenne et consiste essentiellement en un inventaire des ressources disponibles. L'histoire naturelle est donc la science reine. Dans la phase 2, on voit apparaître des savants autochtones (Amérique du Nord et du Sud ainsi que Russie au XVIIIe siècle ; Japon, Australie, Inde et Chine au XIXe ; Afrique au XXe), mais leurs activités continuent de dépendre d'institutions dont le centre se trouve en Europe. La palette des domaines de recherche tend néanmoins à s'élargir. Dans la phase 3, les savants autochtones se battent pour établir une tradition scientifique indépendante : ils établissent leurs propres instituts de formation et de recherche, et développent leurs propres structures de publication et de reconnaissance du mérite scientifique. Basalla accepte pleinement l'idée, alors dominante, selon laquelle la science moderne s'est élaborée au cours des XVIe et XVIIe siècles à travers une Révolution scientifique « qui a fermement établi le point de vue philosophique, l'activité expérimentale et l'institution que l'on identifie désormais comme science moderne [51] ». Il se représente son extension au reste du monde par un processus de diffusion ou de percolation intellectuelle et institutionnelle, dont la science coloniale constitue une phase nécessaire, mais transitoire. Par analogie avec le processus qui mène du sous-développement au développement économique et social, il considère que le développement de la science dans le monde doit être modelé sur l'Europe, ce qui suppose de réunir un certain nombre de conditions qui y prévalent, telles que l'absence de résistances religieuses ou philosophiques à la recherche scientifique, la valorisation sociale des savants, l'indépendance des institutions scientifiques vis-à-vis du gouvernement ou l'existence d'infrastructures techniques suffisantes. On pourrait tout aussi bien parler de transplantation du colonisateur vers le colonisé. Dans tous les cas, cette diffusion s'est faite principalement par contact avec un ou plusieurs pays européen, ce contact pouvant être établi à travers la colonisation, l'impérialisme ou plus généralement par un ensemble de relations commerciales et politiques.

Le modèle de Basalla a immédiatement suscité deux types de critiques, qui d'ailleurs se rejoignent : 1° celle d'ignorer la variété des situations historiques concrètes, notamment la différence entre pays véritablement colonisés et pays soumis à une domination de type impérialiste (Mac Leod, [1982] 1987), ou la différence entre colonies de peuplement récent et colonies marquées par un peuplement dense et par des cultures traditionnelles bien établies (Inkster, 1985) ; 2° celle de banaliser la notion de science coloniale et de sous-estimer les rapports de domination et les conflits qu'elle engendrait.

Bien que son modèle prétende s'appliquer à l'ensemble du monde non européen, et même à l'Europe de l'Est, il est assez évident que Basalla a développé ses réflexions à partir des cas de l'Australie, du Canada et des États-Unis, soit des pays où la construction d'une communauté savante « autochtone » est allée de pair avec celle

50. Basalla, 1967.

51. « *A small circle of Western European nations provided the original home for modern science during the 16th and 17th centuries [...]. The relatively small geographical area covered by these nations was the scene of the Scientific Revolution which firmly established the philosophical viewpoint, experimental activity, and social institutions we now identify as modern science.* » (Basalla, 1967, p. 611.)

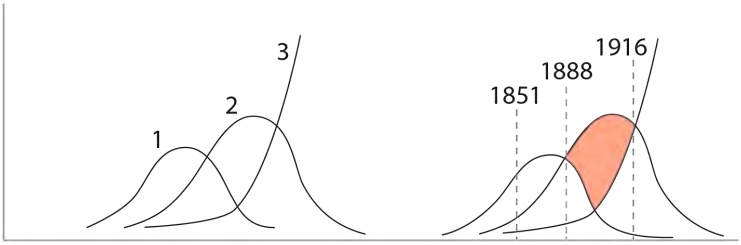

Figure 1 – A (à gauche) – Schéma de développement de la science moderne dans les pays non européens selon George Basalla (1967). Les trois séquences de diffusion de la science occidentale, qui montrent à chaque fois un niveau d'activité scientifique croissant, sont caractérisées par : (1) l'absence de science moderne ; (2) le développement d'une science coloniale ; (3) la mise en place d'une science nationale moderne. B (à droite) – Les points d'inflexion valables pour le cas australien selon Ian Inkster (1985). 1851 marque le début de la science coloniale, soit l'origine du phénomène de transplantation vers la colonie des institutions de la science moderne. 1888 correspond au moment où la science coloniale prend plus d'importance que la science métropolitaine. 1916 désigne le moment où les institutions de la science australienne deviennent plus significatives que celles de la science coloniale. La partie colorée en orange souligne la coïncidence entre la science coloniale et la culture occidentale australienne, coïncidence qui n'existe pas dans des pays comme l'Inde, la Chine ou le Japon

d'une nation. L'écart culturel entre la métropole et la colonie y était minimal, de sorte que le transfert de valeurs, de pratiques et d'institutions censé permettre l'essor de la science moderne dans la colonie n'a guère posé de problèmes. La dynamique scientifique endogène se combine ainsi très bien avec le développement du pays et sa marche vers l'autonomie intellectuelle et politique [52]. Dans le cas de l'Australie, Ian Inkster s'est même amusé à dater les points d'intersection des trois courbes postulées par Basalla, afin de déterminer les dates clefs des différentes phases de son développement scientifique [53] (fig. 1B). Des situations relativement comparables se sont présentées aux XVIIIe et XIXe siècles en Russie et en Amérique du Nord. En Russie en effet, l'acclimatation de la science moderne faisait partie intégrante du projet de Pierre le Grand et de ses successeurs de rompre avec la tradition orthodoxe et de fonder un État et une société modernes. Aux États-Unis également, le développement scientifique, d'abord lié à la découverte et à l'inventaire des ressources d'un territoire en expansion, est longtemps resté associé à l'émergence d'une nation, à l'image d'ailleurs de ce qui se passait dans les États européens du XVIIIe siècle. Ce n'est qu'après 1850 environ que la science américaine, enfin débarrassée de son complexe colonial, sera davantage associée à l'industrialisation et au développement économique du pays [54].

Mais dans le même temps, Ian Inkster prend bien soin de distinguer le cas de pays « neufs » comme l'Australie, où la domination de la science coloniale n'est guère limitée par des traditions scientifiques préexistantes, de celui de pays « anciens » comme l'Inde, la Chine ou le Japon, où l'existence de fortes traditions scientifiques autochtones est capable de sérieusement limiter la place de la science importée de

52. Chambers & Gillespie, 2001, p. 224-226.
53. Inkster, 1985.
54. Sur le rôle de la science dans la pensée politique des pères fondateurs et dans le développement économique des États-Unis, voir Cohen, 1995 et 1961.

l'Occident [55]. Dans un article ultérieur, consacré aux transferts de technologie, il développe l'idée d'un conflit entre le système scientifique et technique autochtone et le système occidental, conflit qui n'existe pas dans le cas de l'Australie, où le développement de la science se fait en suivant le modèle occidental [56].

Pour sa part, Roy Mac Leod a développé toute une réflexion sur l'architecture de la science impériale, par opposition avec la science coloniale proprement dite [57]. Directement issue de la science métropolitaine, dont elle est une forme dérivée, la science coloniale permet à la métropole de fixer l'agenda des recherches des savants coloniaux (qu'ils soient issus ou non de la métropole), circonscrivant ceux-ci à la collecte de faits, notamment en histoire naturelle, en météorologie et en astronomie. Pour l'essentiel, la science coloniale n'est donc qu'une extension de la description géographique et naturaliste de la colonie, qui doit permettre l'identification des ressources dont elle dispose. Du point de vue de la colonie, cela signifie que la science pratiquée sur place est en accord avec les directives de la métropole, même si elle entretient également des liens avec les intérêts agronomiques ou mercantiles locaux. La science impériale témoigne au contraire d'une volonté plus paritaire de la métropole de renforcer les liens avec son empire. Cette version scientifique de l'impérialisme, qui a connu son apogée en Grande-Bretagne dans les années 1870 et 1880, s'est incarnée dans un ensemble d'institutions, de dispositions légales et d'associations professionnelles dont la signification diffère selon qu'on la considère du point de vue de l'Angleterre ou du point de vue des entités politiques sous influence, colonies ou non. Ce système repose néanmoins sur une promotion systématique des idées et des valeurs scientifiques occidentales, soit une tendance à soumettre tous les aspects de la vie intellectuelle et sociale aux normes du développement scientifique et technique moderne [58]. À partir de ce constat, Roy Mac Leod réexamine le cas du développement de la science en Inde et dans l'ensemble de l'empire britannique, où il distingue cinq phases entre le début du second empire britannique (1780), et la proclamation du *Commonwealth of Nations* (1947) [59].

5 Conceptualiser le développement scientifique dans un pays « ancien » : le cas de l'Inde

La seconde critique faite au modèle de la diffusion de Basalla était, rappelons-le, de banaliser la notion de science coloniale. À partir des années 1980, les historiens de la colonisation, de l'impérialisme et du développement ont souligné de plus en plus

55. Inkster, 1985.

56. Inkster, 1995.

57. Mac Leod, [1982] 1987.

58. Mac Leod qualifie cette tendance de « baconienne », par référence au projet scientifique et politique développé dans la *New Atlantis* de Francis Bacon (1627).

59. Ces cinq phases sont : (1) science métropolitaine (1780-1825 / 30), gouvernée par la *Royal Society* de Londres et des compagnies à charte comme l'*East India Company* ; (2) science coloniale (1825 /30-1880) avec l'apparition, à l'instigation de la métropole, des premières institutions scientifiques dans les colonies ; (3) science fédérative (1880-1900), avec tentative de mettre sur pied une coordination scientifique impériale ; (4) période d'« *efficient imperialism* » (1900-1914), où la collaboration scientifique avec les colonies et les dominions apparaît comme une manière de maintenir l'unité de l'empire ; (5) les débuts du Commonwealth (1914-1947), où le développement d'activités scientifiques indigènes est considéré comme un prélude à l'indépendance politique (fondation de l'*Indian Science Congress*, 1914). La science métropolitaine est elle-même vue comme une aide au développement économique des colonies.

nettement le rôle de la science moderne comme outil de contrôle dans les différents États coloniaux européens [60]. Dans le cas de l'Inde en particulier, le rôle crucial de la science dans la construction et dans la légitimation de l'État colonial britannique a été largement documenté [61]. Par conséquent, la construction ultérieure d'une communauté scientifique nationale s'y est faite dans un contexte de tension permanente entre les élites de la métropole et les élites autochtones, ce qui nécessita la mise sur pied de structures parallèles à celles de la science coloniale ou impériale [62]. Ces structures, qui permettront aux savants autochtones de trouver un chemin vers la modernité scientifique, et donc vers la reconnaissance internationale, ont d'ailleurs entretenu un rapport complexe avec la tradition intellectuelle indienne aussi bien qu'avec la science impériale [63]. L'historiographie de la science en Inde porte la trace de ces tensions et de ces contradictions [64].

La plupart des historiens du développement s'accordent désormais à penser que la science moderne s'est avérée incapable de soulager les maux engendrés par la colonisation, en particulier les famines. Les acquis civilisationnels d'avant la colonisation ne sont d'ailleurs plus guère contestés, quelle que soit la civilisation considérée. Par ailleurs, le rôle des élites indigènes, et leur utilisation sélective des institutions d'enseignement coloniales pour assimiler la science moderne, ont été mis en évidence [65]. Les stratégies d'adaptation développées par les techniciens locaux pendant la colonisation ont aussi trouvé leurs historiens [66], de même que l'action, désormais particulièrement valorisée, de nombreux intermédiaires culturels [67]. Mais les divergences d'interprétation demeurent importantes. Certains auteurs ont ainsi souligné les liens entre développement de la recherche scientifique, essor du capitalisme britannique et modernisation de l'Inde. Mais d'autres ont mis ces liens en doute [68], ou ont préféré insister sur les liens entre science moderne, domination et violence [69]. Certains en viennent même à contester l'idée que la science moderne soit un facteur de progrès ou soit supérieure aux savoirs traditionnels, dans lesquels on cherche pourtant à récupérer des éléments de rationalité afin de démontrer leur influence dans l'élaboration de la science moderne [70] ! Pour de nombreux historiens de l'Inde, la rencontre entre savoirs occidentaux et non occidentaux a reconfiguré l'ensemble de la science moderne : cette vision œcuménique de la science, qui se fonde sur la notion de « *cross-cultural*

60. Voir entre autres Mac Leod, 2000 et Stuchtey, 2005 (en général), mais aussi Drayton, 1998 (Empire britannique), et Osborne, 2005 (Empire français). Ce domaine des « *colonial and post-colonial studies* » continue à faire l'objet de nombreuses publications et il semble que le filon soit encore loin de se tarir.

61. Voir entre autres Baber, 1996.

62. Krishna, 1992. Sur l'acceptation par les élites indiennes de la médecine occidentale comme composante de leur propre projet hégémonique, voir Arnold, 1993.

63. Même minoritaire, la position négative d'un Gandhi face à l'industrialisation est symbolique des rapports complexes entre science, tradition et modernité en Inde.

64. Voir l'introduction et les différentes contributions du recueil édité par Habib & Raina, 2007.

65. Raj, 2007, chapitre 1. Le rôle fondamental des institutions indigènes dans l'assimilation de la science occidentale en Inde est désormais bien établi.

66. Voir Mac Leod & Kumar, 1995.

67. Voir Schaffer *et al.*, 2009

68. Dans d'autres contextes (Chine et Japon), certains auteurs ont parlé d'une modernisation sans science (Will, 1995).

69. Nandy, 1988.

70. Cette démarche était déjà celle de Prafulla Chandra Ray (1861-1944), l'un des pères fondateurs de la chimie moderne en Inde (Krishna, 1992, p. 127).

references[71] », recouvre néanmoins des points de vue divergents. Certains pensent que la situation coloniale, et par conséquent les influences mutuelles, demeurent asymétriques : les pratiques sociales et matérielles de la recherche ont en effet un aspect local, mais celui-ci demeure subordonné au processus d'universalisation du savoir, qui fait intervenir un certain nombre de médiations tendant à calibrer et à standardiser les résultats[72]. D'autres historiens, désireux de réagir au discours scientiste et européo-centré, refusent l'idée que la science indigène soit de moindre importance que la science de la métropole, ou lui soit subordonnée[73]. Ils parlent de « *so-called modern science* » et s'attachent volontiers à minimiser les résistances des forces attachées à la tradition. Il existe en effet des cas d'innovations en périphérie, par exemple au niveau de la cartographie et des classifications végétales, ou à travers la mise sur pied d'institutions telles que les collèges techniques[74]. Reste cependant à savoir dans quelle mesure ces innovations ont pu stimuler l'essor de nouvelles traditions de recherche, voire inspirer la recherche ou la création d'institutions scientifiques dans les métropoles européennes elles-mêmes.

Trois décennies de monographies critiques, que l'on peut englober sous le terme de « *colonial and post-colonial studies* » aboutissent ainsi à une sorte de rejet généralisé de tous les modèles, ceux qui postulent une confrontation des savoirs, ou une simple remise en forme des savoirs traditionnels, aussi bien que le classique modèle de la diffusion. Mais si la modernité scientifique ne fait plus l'objet d'aucun consensus quant à sa nature, ses effets ou ses finalités, il devient difficile de situer la participation des savants indiens, ou celle d'autres savants du « Sud », à son élaboration. Or le manque de clarté dans le débat semble résulter en partie d'une absence de consensus sur ce qu'il faut entendre par « science moderne », « transfert de savoirs » ou même « techniques ». Pour ce qui concerne le XIXe siècle, les cas du Japon et de l'Empire ottoman, comme celui déjà évoqué de la Chine, permettent toutefois de rappeler dans quel contexte historique précis – celui d'un déséquilibre militaire évident – est apparue la nécessité de *transférer* certaines techniques et certaines connaissances scientifiques occidentales.

6 Transferts de techniques et de connaissances : les cas du Japon et de l'Empire ottoman

Si l'on pouvait établir une distinction de nature entre sciences fondamentales, sciences de terrain et développements techniques, le débat sur l'élaboration de la science-monde et sur les procédures de transfert des connaissances gagnerait peut-être en clarté. Les sciences de terrain, peut-être parce qu'elles portent sur des données empiriques moins facilement systématisables, semblent les plus sensibles aux contextes culturels dans lesquels elles se développent. Il en va de même pour les techniques instrumentales, industrielles ou agricoles, notamment celles qui ne requièrent pas une formation scientifique supérieure. Dans ces domaines, l'Inde et l'Empire ottoman présentent ainsi des

71. Harding, 1998.
72. Raj, 2001.
73. Prakash, 1999. Cet ouvrage insiste sur le fait que la modernité voulue par les Indiens est à la fois occidentale et indigène.
74. Dionne & Mac Leod, 1979.

exemples d'influences croisées, ainsi que des cas de réinterprétations sélectives de savoirs scientifiques. Pour qui concerne les sciences fondamentales, en particulier les sciences mathématisées, il semble au contraire que les possibilités d'interactions entre cultures scientifiques diminuent à mesure que leurs fondements théoriques et méthodologiques deviennent plus systématiquement ordonnés [75]. Ainsi au XIXe siècle, la possibilité pour les mathématiques chinoises d'influencer la science européenne a disparu, alors qu'elle existait théoriquement encore deux siècles plus tôt, à l'époque des Jésuites. Cela vaut également pour le Japon, où le passage d'un système de connaissance à l'autre fut encore plus brutal qu'en Chine.

Au Japon, la fermeture aux influences étrangères avait été la politique officielle du Shogunat Tokugawa depuis 1639. C'est donc un cas d'école pour l'histoire de l'implantation de la science moderne, conçue dans une optique de transfert. Cette histoire commence au début du XVIIIe siècle, avec la traduction, par l'intermédiaire du néerlandais, de quelques rares ouvrages scientifiques occidentaux. Comme en Chine, un renouveau simultané du confucianisme s'avéra favorable au développement d'études empiriques sur la nature, en particulier l'agronomie, la médecine et l'astronomie. Un certain nombre d'ouvrages scientifiques occidentaux parvinrent également au Japon à travers des traductions chinoises, à une époque où les mathématiques chinoises se répandaient également dans l'empire japonais. Au tournant du XIXe siècle, de nouveaux traités d'anatomie et de médecine occidentales furent traduits [76]. À Nagasaki, unique point de contact toléré avec l'Occident, une clinique moderne fut même établie en 1823 par Franz von Siebold, médecin de la Compagnie néerlandaise des Indes, qui forma un grand nombre de praticiens japonais. Mais ce sont surtout les répercussions de la Première Guerre de l'opium (1842), puis de la démonstration de force du commandant Perry (1853) qui amenèrent le Shogunat à précipiter l'assimilation du savoir occidental, avant même le début de l'ère Meiji (1868). Après 1840, un nombre croissant d'étudiants issus de la classe militaire féodale brisèrent le quasi-monopole du savoir détenu par les médecins. Ils se mirent à étudier le néerlandais, et assimilèrent à partir de là les fondements de la balistique, de la médecine, de la pharmacologie et même de la chimie occidentales. En 1854, le Bureau pour la traduction des ouvrages néerlandais devint une institution séparée : le Bureau pour l'inspection des livres étrangers, qui devait être ultérieurement intégré à l'Université impériale de Tokyo. L'envoi d'étudiants japonais à l'étranger débuta en 1862, en direction des Pays-Bas et en 1866 en direction de l'Angleterre. Itô Hirobumi, le rédacteur de la constitution Meiji et futur premier ministre, fut au nombre de ces premiers étudiants expatriés. Malgré tous les efforts déployés par les Japonais à la fin de l'époque Tokugawa, l'historien Yabuuti Kiyosi pense que leur assimilation de la science occidentale n'aurait pas été possible si leur niveau de connaissances n'avait été préalablement relevé par l'assimilation de la science chinoise [77]. Quoi qu'il en soit, les grands féodaux concevaient l'assimilation de la science occidentale comme un moyen d'assumer la défense des côtes du pays, de surmonter l'infériorité militaire de l'empire, et surtout de préserver leur propre

75. Paradoxalement, ces sciences « dures », ainsi que les techniques qui en dépendent, paraissent pourtant les moins connotées culturellement.

76. Kiyosi, 1965.

77. Kiyosi, 1965.

situation dans l'administration du Shogunat. Ils survivront ainsi à la fin du Shogunat en devenant la classe militaire dominante de la période Meiji.

Le cas du Japon, ou celui de la Chine, s'accommode donc assez mal avec les théories post-coloniales les plus radicales, notamment celles qui tendent à abolir l'idée même que la science moderne ait pu avoir un lieu originel. Qu'en est-il de l'Empire ottoman, qui se trouvait au contact de l'Europe dès le XVe siècle ? Convaincues de leur supériorité culturelle, militaire et religieuse, les élites ottomanes ne montrèrent d'abord que peu d'intérêt pour la science occidentale en dehors de questions liées à la confection de calendriers, et bien entendu des techniques militaires liées à l'artillerie ou aux fortifications. À l'exception des médecins juifs chassés d'Espagne, les transferts de connaissances étaient opérés par des gens peu qualifiés (marchands, marins, voyageurs, prisonniers de guerre, ambassadeurs), et donc limités à des savoirs pratiques ou peu complexes. Dans la première moitié du XVIIIe siècle, des systèmes techniques plus élaborés furent introduits dans l'armée ottomane grâce à l'engagement d'experts européens. Quelques spécialistes des techniques militaires européennes étaient également employés au Palais. Dans la seconde moitié du siècle, des ingénieurs militaires, français pour la plupart, se virent offrir des postes d'enseignement dans des écoles militaires nouvellement créées telles que l'École de mathématiques (1733), l'École du génie naval (1773) ou l'École impériale du génie militaire (1795). Ces experts, incités à rédiger des ouvrages d'artillerie, de navigation et de génie militaire, étaient chargés des sciences appliquées. L'enseignement des matières classiques et de la culture générale demeurait aux mains d'*uleimas* issus des *madrasas* traditionnelles. Après les réformes de 1839 (*Tanzimat*), la proportion des *uleimas* diminua sensiblement au profit des ingénieurs et des officiers formés dans les écoles techniques [78]. Cette combinaison de savoir ottoman et occidental fut étendue avec la création de l'École militaire impériale (1834) et de l'École impériale de médecine (1839). L'envoi d'étudiants en Europe avait débuté sous Mahmud II (1808-1839), mais demeurait pratiquement limité aux officiers, aux médecins et à quelques techniciens qualifiés. Quelques médecins européens furent également engagés dans de nouvelles écoles de médecine. Cependant, aucune tentative sérieuse ne fut entreprise pour systématiser le recrutement de professeurs de science européens. Le rôle des experts étrangers devait se borner à exécuter les tâches qui leur étaient confiées par l'État [79]. En 1869, une commission du Ministère de l'Instruction publique fut chargée d'étudier le système d'éducation français, susceptible d'inspirer de nouveaux principes d'enseignement. La création d'une faculté des sciences au sein de l'Université d'Istanbul fut néanmoins repoussée jusqu'en 1900. Jusqu'à la fin du siècle, les Ottomans ne jugèrent donc pas nécessaire, dans l'ensemble, de s'engager dans une politique soutenue et massive de transfert de savoir scientifique, comme celle entreprise par la Russie et par le Japon [80]. Tout changea avec la prise du pouvoir par les Jeunes Turcs (1908). Le cas de l'Empire ottoman, comme d'ailleurs celui de la Chine confucéenne, montre que les techniques se transfèrent facilement lorsque celles-ci sont conçues de façon pragmatique et qu'elles ne se sont pas susceptibles de remettre en cause la hiérarchie traditionnelle des savoirs. Il en va différemment lorsque

78. Ihsanoglu 1992.

79. La seule exception, dans la seconde moitié du XIXe siècle, fut la création à Beyrouth de nouvelles institutions d'éducation par des missionnaires français et américains.

80. Ihsanoglu, 1992, p. 46.

la science moderne devient la référence par rapport à laquelle sont évaluées toutes les autres formes de culture.

Globalement, les études post-coloniales ont montré l'importance des traditions savantes autochtones, ainsi que le rôle de la pédagogie et des paramètres culturels et sociaux dans la réception et la réinterprétation, forcément sélectives, de la science moderne élaborée en Occident. L'attention accrue accordée aux sciences appliquées, aux transferts de connaissances, à la formation, au développement technique et industriel, ainsi qu'aux influences mutuelles (« *cross-cultural references* »), a sensiblement élargi la conception même qu'on pouvait se faire de la science-monde. À une science occidentale qui s'est peu à peu diffusée dans le reste du monde, les historiens de la colonisation et de l'impérialisme, ainsi que les sociologues du développement, ont généralement préféré l'idée d'une science moderne réinterprétée par chaque culture. Ils ont adhéré à la vision d'une spécialisation régionale des thèmes de recherche, qui permet à chaque société de jouer un rôle original dans l'élaboration d'un savoir commun. Néanmoins, cette vision « œcuménique » de la science n'est pas partagée par tous les spécialistes de la colonisation et du Tiers Monde, et notamment par ceux qui préfèrent insister sur l'impact désastreux de la science occidentale sur les sociétés colonisées, ou plus simplement sur les rapports de domination impliqués par une situation impériale ou coloniale (modèle centre-périphérie). Par ailleurs, la perspective culturaliste, et dans certains cas nationaliste, qui oriente beaucoup d'études impose un relativisme excessif et d'ailleurs sélectif, qui tend à occulter le caractère universel et intellectuellement autonome de la recherche scientifique moderne.

En développant une approche trop exclusivement constructiviste, certains spécialistes de la colonisation et du développement ont fini par perdre de vue que la science moderne se caractérise d'abord par un noyau dur de disciplines fondamentales (astronomie, maths, physique, chimie, biologie, voire géologie) qui forment un système de connaissances doté de sa propre logique intellectuelle. Lewis Pyenson, qui a étudié le développement des sciences dites exactes dans plusieurs contextes coloniaux ou impériaux a ainsi montré qu'elles étaient peu affectées par l'environnement social dans lequel elles étaient pratiquées [81]. Ces travaux n'ont pas convaincu la plupart des spécialistes de la colonisation, qui préfèrent prendre à témoin des sciences de terrain comme la géographie et la géologie, la botanique, l'écologie, l'agriculture tropicale ou la sylviculture. Ils arrivent ainsi à montrer que les sociétés et les environnements coloniaux peuvent avoir un impact important sur des recherches pratiquées dans tel ou tel empire, voire jusqu'en métropole [82]. S. N. Sen est l'un des rares historiens à avoir fait la différence entre les sciences de terrain, encouragées par l'administration coloniale britannique pour des raisons pratiques, et les sciences de laboratoire, beaucoup moins favorisées mais dont l'essor ira de pair avec celui du mouvement d'indépendance nationale [83]. Dans des cas de ce genre, il serait sans doute possible de recourir à des statistiques. On y verrait sans doute que la science coloniale n'a mobilisé qu'une fraction marginale de la communauté savante européenne, même dans un pays aussi engagé dans l'aventure coloniale que le fut la Grande-Bretagne. Il faut

81. Pyenson, 1985, 1989 et 1993.
82. Pour une critique de Pyenson, voir Palladino & Worboys, 1993.
83. Sen, 1966.

par ailleurs considérer qu'une nation, quelle qu'elle soit, n'est pas socialement homogène. Tel groupe social peut ainsi se trouver réceptif à la science moderne (ainsi les *Bhadralok* du Bengale) alors que tel autre s'y montre moins sensible, voire hostile. Le colonisateur lui-même peut chercher à imposer la science moderne, ou au contraire valoriser la culture indigène qu'il rencontre, à l'image des orientalistes de l'Asiatic Society de Calcutta.

7 Le modèle centre-périphérie ou les balbutiements d'une géographie scientifique

Une des conséquences des théories de la dépendance est d'avoir accrédité l'idée que la science moderne a un centre et une périphérie, ou des centres et des périphéries. La liste des civilisations qui ont connu des développements scientifiques remarquables est longue, depuis le monde arabo-musulman des IXe-XIe siècles jusqu'à la Chine des XIIe-XIVe siècles, en passant par la Mésopotamie, l'Égypte, l'Inde, le Japon, les Mayas, sans oublier la Grèce classique et hellénistique, ni même l'Europe occidentale (en particulier Oxford et Paris) des XIIIe et XIVe siècles. Mais ces développements ne se sont jamais étendus au reste du monde de la manière dont la « nouvelle science » a commencé à s'implanter au-delà des mers dès la seconde moitié du XVIe siècle, avec la fondation des Universités de Mexico (1553) et de Bogota (1580), de l'École des mines de Potosi (1557), ou avec la première mission des Jésuites portugais en Chine (1583). La science moderne fut ainsi associée dès son origine avec l'expansion européenne et avec une volonté de domination, ce qui pose en effet la question des centres et des périphéries.

Dès 1971, Joseph Ben David s'est interrogé sur les déplacements du centre de gravité de la science moderne, proposant un schéma de dominations successives qui conduisait de l'Italie de la Renaissance vers l'Angleterre du XVIIe siècle, la France du XVIIIe siècle, l'Allemagne du XIXe siècle, puis les États-Unis du XXe [84]. Ce schéma dépourvu de nuances postulait qu'il n'y avait en somme qu'un centre dominant et que ce centre avait dès l'origine un caractère national, ce qui constitue une double simplification. À partir de données sur le nombre de chercheurs en activité, Robert M. Gascoigne a suggéré davantage de continuité dans l'importance relative des centres scientifiques, tout en démontrant la coexistence, à toutes les époques, de plusieurs centres dominants [85]. Il a ouvert ainsi un champ de recherches qui doit maintenant préciser la localisation des chercheurs ville par ville et reconsidérer ce que peut signifier la notion même de savant pour les périodes antérieures à 1800 et plus encore 1700 [86]. La tâche

84. Ben David, 1971.

85. Gascoigne, 1992, p. 552 (table 2). Ces données sont basées sur les savants qui font l'objet d'une notice dans le *Dictionary of Scientific Biography*. Il en ressort que l'Italie de la seconde moitié du XVe siècle aurait regroupé environ 50 % des « savants » européens, et encore 30 % de ceux-ci au cours du XVIe siècle. À la même époque, les pays germaniques en auraient regroupé entre 20 et 25 %, la France entre 15 et 20 %, l'Angleterre entre 5 et 10 %. Dans la première moitié du XVIIe siècle, la proportion des savants italiens aurait baissé à 20 % et serait ainsi devenue légèrement inférieure à celle de la France, sensiblement égale aux pays germaniques et légèrement supérieure à l'Angleterre. Dans la seconde moitié du XVIIe siècle, la proportion de savants anglais s'établirait à 30 %, celle des savants français à 25 %, celle des savants germaniques aux alentours de 15 % et celle des savants italiens à environ 12 %. Et ainsi de suite.

86. . Dès le XVIIe siècle, le phénomène scientifique donne en Occident l'impression d'une dynamique de croissance exponentielle, notamment au niveau des publications, alors même que le nombre de chercheurs identifiables ne croît en réalité que de façon linéaire, avec un doublement des effectifs tous les soixante à

est relativement aisée pour l'Europe aussi longtemps que l'on dispose d'un système de reconnaissance homogène, comme par exemple le système des grandes académies royales entre 1700 et 1870 ou celui des index et recueils de biographies scientifiques modernes (type *Historical Catalogue* de Gascoigne ou *Dictionary of Scientific Biography* de Gillispie). Il s'annonce autrement plus compliqué à l'échelle d'une science-monde qui recouvre des réalités beaucoup plus hétérogènes.

Théoricien de la science-monde, qu'il conçoit sur le modèle de l'économie-monde de Braudel, Xavier Polanco a voulu souligner à travers cette notion le fait que la science moderne se pratique en réseau, dans le cadre d'une intégration mondiale qui engendre des dépendances [87]. Ceci limite l'autonomie ou le degré d'émancipation des sciences périphériques, même si elles parviennent à se libérer de la colonisation ou de l'impérialisme pour acquérir une dimension nationale [88]. D'ailleurs, la science-monde ne se confond pas avec la communauté scientifique internationale, cet ultime avatar des idéaux égalitaires de la République des lettres et des sciences, car elle recouvre, comme d'ailleurs l'économie-monde, des phénomènes de domination et des hiérarchies. Cela concerne également l'Europe, dont l'intégration provoque aussi des inégalités, et donc des (semi-)périphéries. Aujourd'hui comme hier, écrivait Polanco en 1990, la science-monde demeure une science bien localisée au niveau de la langue, des revues, des institutions, des pays et même des groupes scientifiques. Elle a un espace propre, des limites et une géographie avec un centre dominant (les États-Unis depuis 1945), des semi-périphéries et des périphéries. Ces dominations scientifiques sont plus ou moins complètes, selon que les centrages sont plutôt forts ou faibles.

Cette situation d'hégémonie résulte du fait que la technoscience moderne est peu à peu devenue l'un des opérateurs de l'organisation du monde à partir des métropoles européennes, puis nord-américaines. Le système international de (re)connaissance, qui s'est défini en Europe au cours des XVIe et XVIIe siècles, a pris assez rapidement, à travers la colonisation, la forme d'une science monde en suivant les routes maritimes et les fronts de l'expansion européenne [89]. Ce processus a pris de l'ampleur au XIXe siècle, même s'il est déjà visible au XVIIIe dans le cas de la Russie et des États-Unis. Cette dissémination ou cette propagation se voit, selon Polanco, dans la reproduction d'institutions comme les académies, les observatoires, les jardins botaniques, les laboratoires, les écoles d'ingénieurs et les facultés des sciences. Elle se manifeste aussi par la diffusion d'instruments, de techniques d'observation et de mesure, ainsi qu'à travers la circulation des livres et des revues.

À titre d'exemple, Polanco considère la France des XVIIe et XVIIIe siècles comme un centre, l'Espagne de la même époque comme une semi-périphérie (alors qu'elle était centrale au XVIe siècle), tandis que la Nouvelle-Grenade (Colombie) et la Nouvelle-Espagne (Mexique) apparaissent comme des périphéries. Le schéma des interactions entre science métropolitaine et science coloniale s'inscrit dans une dynamique histo-

soixante-dix ans environ. Dans ce contexte de croissance généralisée, les communautés locales ou « nationales » qui perdent en importance relative (cas de l'Italie) continuent néanmoins à croître en effectifs.

87. Polanco, 1990.

88. À l'opposé, Mac Leod, [1982] 1987 a cru pouvoir tirer argument de la mobilité et de la relativité des métropoles pour remettre en cause les notions de centre et de périphérie.

89. Il est évident qu'avant le XVIIIe siècle, la science ne constituait guère une composante de la puissance des États.

rique, mais celle-ci n'est pas automatiquement positive. Il se peut très bien en effet qu'une science coloniale se transforme en une science nationale sans pour autant quitter sa situation périphérique ou semi-périphérique, ce qui paraît être le cas de la Colombie et du Mexique au XIXe siècle, voire au XXe (fig. 2).

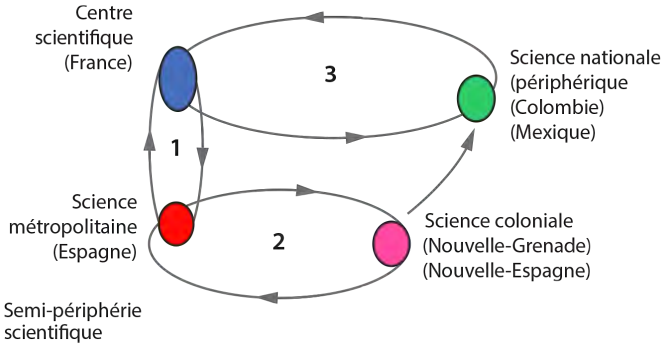

FIGURE 2 – Schéma de Xavier Polanco montrant le passage de la science colombienne et mexicaine d'une situation coloniale au XVIIIe siècle à une situation nationale périphérique au XIXe siècle (Polanco, 1990)

Xavier Polanco remarque aussi que les zones semi-périphériques ou périphériques ne se trouvent pas exclusivement à la marge : dans le cas de l'Europe, elles criblent souvent les régions centrales. Quoi qu'il en soit, les sciences ont en règle générale un fonctionnement tout différent dans les centres que dans les périphéries. Il énumère à ce propos une douzaine de clivages qui concernent notamment le niveau de production scientifique, le choix des domaines de recherche, les façons de collaborer, l'impact des publications, etc. (tab. 1) [90].

Tableau 1 – Caractéristiques des centres et des périphéries scientifiques selon Xavier Polanco (Polanco, 1990)

CENTRES	PÉRIPHÉRIES
• La production scientifique et la productivité par auteur sont élevées.	• Elles sont basses.
• Recherche de pointe.	• Les domaines de recherche sont traditionnels, travail routinier.
• Coopération et collaboration, travail en équipe.	• Individus isolés, travail individuel.
• Les résultats ont un impact élevé.	• Un faible impact.
• Le système de recherche est autonome et autocentré.	• Il est dépendant, hétéronome ou hétérocentré.
• International.	• Local.
• *Lingua franca*.	• Langue locale.
• Actualité des références.	• En retard (*time-lag*).
• Communication et circulation de l'information.	• Manque de communication et cloisonnement.
• Bases de données et contrôle des flux d'information.	• Absence et dépendance.
• Science *mainstream*.	• Science marginale.
• Lien avec les besoins sociaux et économiques (fonction sociale).	• Marginalisation et académisme.

90. Polanco, 1990, p. 49.

8 De la sociologie du développement à l'essor de la bibliométrie : l'exemple de l'Amérique latine

Dans les années 1970 à 1990, de nombreuses études bibliométriques ou fondées sur d'autres indicateurs statistiques ont paru accréditer le modèle centre-périphérie et plus particulièrement les théories de la dépendance. Celles-ci, forgées à la fin des années 1960 à propos de l'Amérique latine [91], ont notamment inspiré une théorie de la marginalisation des activités scientifiques dans cette même partie du monde, marginalisation que Amilcar Herrera a opposée à l'intégration de la science moderne à la culture industrielle et bourgeoise des pays développés [92]. Dans les sociétés d'Amérique latine en effet, les élites consomment des produits manufacturés des pays développés, ce qui rend le développement industriel de leur propre pays plus aléatoire. La recherche scientifique s'en trouve d'autant moins stimulée qu'elle est dissociée des intérêts de l'industrie et confinée à un rôle culturel de légitimation du progrès. Le milieu des chercheurs, qui est déjà périphérique par rapport aux grandes puissances scientifiques, rencontre ainsi des difficultés pour se constituer dans les sociétés d'Amérique latine, et se voit parfois attaqué jusque dans les universités. On remarquera à ce propos que le développement de la science européenne est aussi passé par une phase éminemment culturelle, en particulier au moment de la Révolution scientifique et encore au siècle des Lumières. Sous les aspects de la philosophie naturelle, la science moderne en voie d'élaboration avait en effet peu de connexions avec un quelconque développement industriel. Elle n'était pas non plus pratiquée exclusivement, ni même peut-être majoritairement, par des représentants de la bourgeoisie. Il en ira tout différemment après les révolutions de la fin du XVIIIe siècle et du début du XIXe, qui accoucheront des sociétés européennes modernes.

Parallèlement, les années 1970 et 1980 ont aussi été une période d'essor des recherches bibliométriques, fondées notamment sur les co-citations dans le SCI, ainsi que d'autres études statistiques relatives aux activités de recherche et de développement (R & D). Au-delà des discussions sur la valeur des différents indicateurs possibles [93], et sur la façon de quantifier les liens de dépendance [94], ces données ont souvent interféré avec les débats en cours sur les caractéristiques du développement des sciences. Elles ont d'ailleurs plus souvent confirmé qu'infirmé un certain nombre d'idées répandues à l'époque sur les caractéristiques de l'institution scientifique dans les pays d'Amérique latine, et plus généralement les pays en développement. Selon ces études, les communautés savantes de ces pays apparaissaient ainsi cloisonnées et intellectuellement périphériques [95]. Elles étaient spécialisées dans certains domaines de recherche et par ailleurs dépourvues de la masse critique nécessaire à leur procurer une certaine visibilité [96]. Elles se caractérisaient aussi par une plus grande difficulté à faire reconnaître les travaux de leurs membres [97]. Plus généralement, la participation à la science internationale semblait dépendre de facteurs comme la discipline, la langue ou

91. Gunder Frank, 1967.
92. Herrera, 1972.
93. Garfield, 1979 ; Frame, 1980.
94. Jagodzinski-Sigogneau *et al.*, 1982.
95. Frame, 1979 ; Roche & Freites, 1982.
96. Krauskopf *et al.*, 1986.
97. Garfield, 1983.

le pays d'origine [98]. Dans l'ensemble, ces études chiffrées ont paru confirmer l'existence de multiples dichotomies entre communautés de chercheurs centrales et périphériques. Les notions de centre, de périphérie et de semi-périphéries ont elles-mêmes pu être objectivées à partir des pourcentages de PNB affectés aux activités de recherche (R & D) dans tel ou tel pays, ou à partir du nombre de publications scientifiques et techniques, ou encore du nombre de brevets déposés, par rapport au PNB [99].

Sur la base de données valables pour 1980, Xavier Polanco distinguait ainsi des pays à efforts de R & D *importants*, soit les USA, le Japon, la RFA, la France et la Grande-Bretagne, qui constituaient le « noyau central de la science-monde [100] ». D'autres auteurs, considérant l'Europe comme une entité, ont parlé de « triade dominante » États-Unis, Europe, Japon. Venaient ensuite des pays à efforts de R & D *moyens*, comme l'Italie, le Canada, les Pays-Bas, la Suède, la Suisse, l'Australie, la Belgique, puis des pays à efforts de R & D *réduits* (Autriche, Norvège, Danemark, Yougoslavie, Finlande, Nouvelle-Zélande, Irlande). Se déployait enfin la longue liste des pays qui n'accordaient qu'une très faible priorité à la R & D, des pays d'Afrique ou d'Asie notamment, mais aussi d'Amérique latine et même d'Europe (Espagne, Portugal, Grèce, Islande, Turquie) [101]. De ce point de vue, l'intégration scientifique de l'Europe apparaissait encore comme un projet, sinon une vue de l'esprit.

Au début des années 1980, le nombre de publications par pays donnait également un tableau de la situation favorisant l'image d'une concentration de la recherche dans quelques pays. En 1982, les USA produisaient ainsi 37 % des publications mondiales, la Grande-Bretagne 8,3 %, le Japon 7,3 %, la RFA 6,2 %, la France 5,0 % [102]. De 1981 à 1985, l'Asie n'aurait publié que 3,70 % de la littérature scientifique mondiale, l'Amérique latine 1,15 %, le Moyen-Orient 0,59 %, l'Afrique 0,38 %. Ce vaste ensemble de pays n'aurait donc représenté que 5,8 % de la littérature scientifique mondiale pour 6 % de la dépense en R & D et une communauté rassemblant 10 % des chercheurs [103]. Les situations n'étaient cependant pas figées, à l'image du Mexique, jadis périphérie de l'Espagne, devenu « une semi-périphérie du centre scientifique que sont désormais les États-Unis [104] ». Nombre d'auteurs ont cependant fait remarquer que ces chiffres étaient à considérer avec prudence, la bibliométrie introduisant des distorsions linguistiques fortement tributaires du taux de couverture de la presse scientifique locale. Il est évident que le SCI ne mesure que la littérature *mainstream*, et donc la posi-

98. Frame & Carpenter, 1979.
99. Polanco, 1990.
100. Polanco, 1990, p. 33.
101. D'autres données soulignaient ces contrastes intra-continentaux. Ainsi, pour la période 1973-1983, la France représentait 45,23 % de la littérature scientifique européenne, l'Italie 20,08 %, les Pays-Bas 14,70 %, l'Autriche 4,88 %, l'Espagne 4,16 %, l'Irlande 1,94 %. De la même manière, le Brésil aurait représenté 27 % de la littérature scientifique sud-américaine pour la seule année 1981, l'Argentine 24 %, le Mexique et le Chili 17 %, le Venezuela 6 %, la Colombie 1 % (Polanco, 1990, p. 38).
102. Polanco, 1990, p. 36. Entre 1973 et 1982, les USA représentaient 41,3 % de la littérature scientifique mondiale, le Japon 9,7 %, la Grande-Bretagne 9,4 %, la RFA 9 %, la France 7,7 % (Polanco, 1990, p. 37). La comparaison avec les données pour 1982 montre que le phénomène de déconcentration de la science mondiale était déjà à l'œuvre. Selon d'autres sources, également valables pour la période 1973-1982, la communauté scientifique française aurait produit en moyenne 5,4 % de la littérature scientifique mondiale entre 1973 et 1982 et aurait bénéficié de 4,1 % des citations mondiales. Par comparaison, l'Espagne n'aurait représenté qu'entre 0,5 et 0,7 % de la littérature scientifique mondiale pour la période 1978-1983.
103. Polanco, 1990, p. 36.
104. Polanco, 1990, p. 16.

tion relative des différentes communautés scientifiques nationales dans cette forme de science. Au fil du temps cependant, l'évolution de cette littérature *mainstream* est devenue plus intéressante à considérer, en dépit des imperfections persistantes de l'outil de mesure.

Au-delà de ces généralités statistiques, la conception d'une théorie d'ensemble du développement scientifique, qui soit capable d'intégrer les résultats des multiples monographies nationales, devenait une affaire extrêmement compliquée. Les rares tentatives menées dans ce sens se sont avérées peu convaincantes, en dépit même de leur apparent raffinement [105]. C'est pourquoi bien des auteurs ont préféré s'en tenir à des pétitions de principe sur ce que doit être, ou ne pas être, une interprétation historique du développement des sciences [106]. Pour d'autres, l'idée d'une hybridation des savoirs ouvrait la porte aux études de réseaux.

9 Le système scientifique international et l'approche par les réseaux

L'étude des réseaux scientifiques a été inspirée dès 1987 par un ouvrage de Bruno Latour, dans lequel la science moderne était présentée comme un réseau international d'institutions : *the international science system* [107]. Cette représentation métaphorique a eu jusqu'à aujourd'hui une énorme influence, ce qui témoigne de son pouvoir évocateur, sinon de son potentiel explicatif [108]. Selon cette théorie, c'est l'aptitude des individus, des groupes ou des nations à se connecter au réseau de la science internationale qui détermine leur capacité à participer aux développements de la science moderne, et permet l'extension de celle-ci jusque dans des pays dits « périphériques ». Dans cette perspective, l'histoire de la science coloniale devient celle de l'intégration progressive des chercheurs locaux au système global de communication scientifique, système mis en place et contrôlé à l'origine par les centres métropolitains d'Europe et d'Amérique du Nord [109]. Cette intégration peut s'opérer à travers des infrastructures de recherche locales ou internationales (académies et sociétés savantes, laboratoires, observatoires, jardins botaniques, instruments, musées), à travers des établissements d'enseignement (universités, écoles techniques, cliniques) ou encore des manuels et

105. On peut citer à ce propos le modèle de la rosace développé en 1990 par Latour et Polanco afin de réconcilier l'histoire sociale des sciences avec son histoire intellectuelle, et de surmonter du même coup le « grand Partage » longtemps établi entre histoire interne et histoire externe des sciences (Latour & Polanco, 1990). Ce modèle faisait appel à cinq horizons (1° celui des instruments ; 2° celui des collègues ; 3° celui des alliés ; 4° celui du public ; 5° celui des liens) à partir desquels les auteurs proposaient d'aborder l'étude des échanges entre l'activité de recherche et les facteurs externes, en particulier les facteurs culturels et sociaux.

106. Ainsi, selon Chambers & Gillespie, 2001 (p. 226-227), un modèle d'interprétation du développement de la science doit d'abord être symétrique et interactif, et ce par-delà les grandes fractures traditionnelles entre centre et périphérie, local et global, national et colonial, traditionnel et moderne. Il doit aussi être non-linéaire et ne pas prescrire d'étapes ni de finalités ou de perspectives ultimes. Il doit permettre d'établir un ensemble de paramètres qui autorisent des comparaisons entre pays pour ce qui relève de la production, de la diffusion et de l'application du savoir. Il doit enfin identifier les vecteurs de communication, d'échange et de contrôle, tout en mettant en évidence les infrastructures sociales qui privilégient le savoir dans les contextes traditionnels aussi bien que dans le contexte occidental, sans d'ailleurs favoriser un contexte par rapport à un autre.

107. Latour, 1987.

108. Pour une théorie récente, qui place les réseaux au cœur du développement scientifique, voir Wagner, 2008.

109. Chambers & Gillespie, 2001, p. 231-232. Ce contrôle, qui concerne à l'origine les données d'observation et d'expériences se fait par ce que Latour appelle des « centres de calcul ».

des journaux. Elle suppose concrètement une validation de théories ou de résultats empiriques par des personnes reconnues compétentes par la communauté scientifique internationale. Polanyi a parlé à ce propos de *Republic of science*, par référence à la République des lettres et des sciences de l'âge classique [110].

Cette conception de l'extension de la science-monde à travers l'intégration à ses réseaux internationaux résout bien des difficultés historiographiques. L'une d'elles est la division entre centre et périphéries, qui peuvent se trouver n'importe où, y compris au cœur même des métropoles ou des « centres de calcul », et n'ont donc plus à être localisées géographiquement. Devient en effet périphérique tout individu ou groupe d'individus dont l'intégration au système scientifique global ne peut se faire, ou ne se fait que d'une manière incomplète ou marginale, quelle que soit sa localisation ou sa société d'origine. De ce point de vue, la situation d'un artisan londonien du XVIIIe siècle, celle d'un pharmacien de province ou d'un herboriste alpin du XIXe siècle, ne sont pas sans ressemblance avec celle d'ingénieurs, de médecins ou d'universitaires du tiers-monde au XXe siècle. Fondamentalement, les logiques d'intégration au système scientifique international demeurent, comme les logiques d'exclusion, à peu près les mêmes partout et à toutes les époques. C'est surtout l'évolution de la modernité scientifique qui déplace constamment la nature des seuils à franchir, seuils qui connaissent eux-mêmes des degrés. En fait, plus le système scientifique devient complexe et institutionnalisé et plus les échanges avec les types de connaissances qui ne sont pas reconnues comme scientifiques, modernes ou tout simplement *mainstream*, perdent de leur caractère paritaire. L'une des forces de l'analyse réticulaire, est précisément de relativiser, sinon d'abolir, la hiérarchie entre centre(s) et périphéries, au profit d'une notion de co-production des savoirs (« *cross-cultural references* »). Cela rejoint les préoccupations d'historiens et de sociologues du développement, qui ont mis en évidence la multiplicité des savoirs scientifiques et la diversité des lieux où ils sont produits [111]. Kapil Raj a ainsi montré la façon à la fois active et sélective dont la classe des *Bhadralok* du Bengale s'est approprié la science occidentale, dans une direction d'ailleurs beaucoup plus fondamentale et théoriquement féconde que ce qu'il est convenu d'appeler la science coloniale, et donc avec un intérêt moindre pour l'expérimentation [112]. Une meilleure connaissance du développement de la science moderne en Europe aurait d'ailleurs montré des phénomènes similaires d'acceptation et de rejet dans de nombreux groupes sociaux du Vieux Continent. Tout un courant d'historiographie culturaliste, très en vogue du milieu des années 1960 au début des années 1980, s'était d'ailleurs attaché à déterminer les caractéristiques nationales de différentes pratiques européennes de la science [113]. Des caractéristiques propres à certaines entités religieuses, culturelles ou disciplinaires minoritaires ont également pu être mises en évidence [114].

110. Polanyi, 1962.
111. Potter, 2007. D'autres auteurs ont insisté sur la notion de « *polycentric networks* ».
112. Raj, 1986, 1991 et 2007, chapitre 5.
113. Sur ces « climats intellectuels », ces « matrices culturelles nationales » ou ces « styles scientifiques nationaux », voir entre autres Herivel, 1966-67, Culotta, 1974, Knight, 1975, Olson, 1975, Shinn, 1980. Ces travaux demeurent conditionnés par une perspective idéaliste plutôt que constructiviste.
114. Sur une tradition d'inspiration calviniste en plein siècle des Lumières, voir Sigrist, 2011.

Quoi qu'il en soit, l'analyse du réseau scientifique international fait aujourd'hui figure de paradigme dominant, au point que même des historiens de l'impérialisme se proposent de concevoir l'empire britannique comme un réseau [115]. Il convient cependant de remarquer qu'à défaut de données empiriques, il s'agit pour l'instant encore davantage d'une métaphore que d'une méthode de recherche. De plus, l'analyse réticulaire ne devrait pas conduire à identifier le système scientifique mondial à un vaste réseau de chercheurs dissocié de toute influence des institutions ou des cultures nationales. Une preuve évidente, s'il en fallait une, de l'implication maintenue des États dans la recherche scientifique et technique (R & D) est le budget généralement croissant qu'ils y consacrent, tant en pourcentage du PNB qu'en valeur absolue. Plus fondamentalement, la vision de la science comme un ensemble de savoirs rationnellement établis, mais non réductibles les uns aux autres, semble donner la possibilité à chaque État, ou à chaque société nationale, d'établir des préférences, en fonction de besoins propres ou de ses intérêts réels ou supposés. Le seul fait que la science n'apparaisse plus comme un tout cohérent méthodologiquement déterminé repose la question des relations entre développement scientifique et développement économique et social, et donc du rôle des États dans l'orientation de ces développements.

En guise de conclusion

Une partie des malentendus générés par le développement de la science-monde vient de l'ampleur prise par le phénomène dans les sociétés contemporaines. La complexité du phénomène, la multiplicité des acteurs et des théâtres d'opération ont fragmenté son étude en une multiplicité de spécialités différentes, avec chacune ses paradigmes, ses remises en cause, et souvent aussi ses agendas politiques plus ou moins avoués. Pour tâcher d'y voir plus clair, la présente contribution s'est efforcée de réduire l'entreprise scientifique à sa part fondamentale : la recherche de pointe. Malgré les multiples implications techniques, économiques, sociales ou encore culturelles dont elle s'est peu à peu chargée au cours de son histoire, la science reste d'abord une interrogation sur les lois de la nature. C'est un système de connaissances basé sur un réseau de disciplines fondamentales, évolutives et interdépendantes. Sans doute la recherche fondamentale ne représente-t-elle plus aujourd'hui qu'un pourcentage infime d'un énorme complexe technico-médico-industriel dont l'impact sur nos sociétés est gigantesque. Aussi son histoire relève-t-elle désormais de la politique et de l'économie aussi bien qu'elle dépendait jadis de la philosophie, de la religion ou de la culture.

Du point de vue méthodologique, l'analyse réticulaire du système scientifique international n'a probablement pas épuisé tout son potentiel. Il convient néanmoins de l'insérer dans une perspective historique, qui articule les perspectives individuelles de carrière avec les enjeux collectifs, particulièrement nationaux. Le but ultime d'une telle investigation, fondée sur une collecte systématique de données empiriques, serait de pouvoir étudier l'élaboration de la science moderne en Europe, du XVIe au XXe siècle, d'une manière parallèle à son extension au monde entier, et d'analyser les deux processus, en partie concomitants, avec les mêmes outils conceptuels. Une connaissance même assez superficielle du développement de la science moderne en

115. Hodge, 2011 (p. 3) : « *We argue that a networked conception of empire, if engaged critically, offers much potential for future research endeavours in the field.* »

Europe révèle en effet des mécanismes analogues à celui de son développement dans le reste du monde. Seuls les rapports de force inhérents à la colonisation, ainsi que l'ampleur des différences culturelles, peuvent introduire des différences significatives. C'est pourquoi la situation des pays colonisés, ou sous influence, n'est pas la même selon qu'ils ont reçu un peuplement européen important ou non. Pour le reste, les modernisations forcées, les réalignements plus ou moins spontanés sur les cultures ou les institutions dominantes, mais aussi les réinterprétations spécifiques et les influences mutuelles, sont des phénomènes que l'on retrouve un peu partout, quoique à des degrés divers. Même la disparition de la plupart des cultures savantes traditionnelles peut s'observer en Europe [116].

En fait, le potentiel d'accès à la modernité scientifique est variable selon les groupes sociaux aussi bien que selon les lieux, les époques et les contextes politiques. La dynamique du progrès laisse cependant de côté un nombre croissant d'individus et de groupes sociaux incapables ou peu désireux de suivre l'évolution des normes de la recherche moderne. Certes, le nombre de participants à l'entreprise scientifique universelle n'a cessé de croître au fil du temps, en dépit du caractère de plus en plus technique des disciplines, et du coût croissant des équipements requis. Mais de nombreuses catégories d'acteurs ont aussi disparu en cours de route, depuis l'érudit philologue et le collectionneur de curiosités naturelles jusqu'à l'ingénieur géographe en passant par le philosophe de la nature, l'académicien pensionné, le savant pharmacien, le noble voyageur ou encore le faiseur de calendriers. Ils ont été remplacés par le mathématicien ingénieur, le professeur d'université et le savant entrepreneur, tandis que se modifiait l'architecture des disciplines et des styles de recherche.

Ces transformations intellectuelles ont eu un impact sur la géographie des communautés savantes et des échanges intellectuels, même dans des disciplines comme l'astronomie ou les mathématiques. Dans l'Inde du premier XVIIIe siècle, la tentative de Jai Singh (1685-1743), maharadjah de Rajpoute, pour faire revivre l'astronomie indienne traditionnelle se solda ainsi par un échec, en dépit de l'introduction d'instruments islamiques et européens dans la culture brahmane et de la traduction en sanskrit d'œuvres d'Euclide, de Ptolémée, d'Archimède ainsi que d'auteurs arabes ou persans. Par la suite, la colonisation britannique changea pour toujours les rapports entre culture indienne traditionnelle et science moderne. Le périmètre des « *cross-cultural references* », autrement dit celui de l'apport des cultures hindoue et musulmane à la science-monde, ne fut pas anéanti pour autant : il était simplement déplacé en fonction des attentes des classes sociales intéressées par la science moderne. En renonçant à l'idée de renouer avec la tradition (revivalisme), les savants indiens surent trouver un chemin vers la modernité qui leur permit d'établir une science nationale. Leur succès dans cette voie fut tel qu'on se soucie à présent de la survie des savoirs indigènes [117].

Le cas de la Chine montre également l'évolution des possibles. Au XVIIe siècle, l'arrivée des Jésuites offre théoriquement aux Chinois la possibilité de participer à la

116. Jusqu'au XVIIe siècle, l'Europe connaissait de nombreuses cultures savantes et médicales appelées à disparaître par la suite, sans parler des connaissances agricoles ou herboristiques traditionnelles, des savoir-faire artisanaux, ni des théologies naturelles, notamment protestantes, qui se maintiendront jusqu'au milieu du XIXe siècle.

117. Chambers & Gillespie, 2001.

Révolution scientifique en cours en Europe et, pourquoi pas, d'en modifier le cours. Au XIXe siècle, cette possibilité n'existe plus au même degré. Le destin des mathématiques traditionnelles chinoises paraît scellé et la question est désormais de savoir quel accommodement la tradition humaniste confucéenne peut trouver avec la modernité mathématique occidentale. Cet épisode souligne la clairvoyance d'un Pierre le Grand, qui avait compris dès le début du XVIIIe siècle qu'il ne pouvait y avoir de compromis entre tradition et modernité scientifique, et qu'il valait mieux intégrer celle-ci dans les structures mêmes de l'État impérial que d'en subir ultérieurement les conséquences.

À l'opposé de la Russie, l'Empire ottoman a longtemps cru pouvoir limiter les importations de connaissances occidentales à des questions techniques et militaires [118], tout en maintenant la prédominance des modes de pensée ottomans. Ce n'est qu'au début du XXe siècle que s'est finalement produit un changement radical, qui a conduit à l'acceptation de l'approche occidentale du savoir [119].

Comme l'architecture moderne, la science moderne ne se soucie pas de compromis avec des traditions ou avec des cultures spécifiques. Ses structures disciplinaires et ses méthodes, qui forment une sorte de système, paraissent peu susceptibles de modulations culturelles. Seuls des secteurs nouveaux, ou peu formalisés, peuvent se prêter à de telles variations géographiques et culturelles. Cela concerne davantage des pratiques informelles, de nature empiriques ou technique, que les procédures de standardisation et de formalisation des savoirs [120]. Le cœur des disciplines établies, qui forme une sorte de système, est en revanche moins sujet à de telles modulations culturelles. Le cas de l'Inde montre cependant à quel point le choix des disciplines de prédilection peut être un choix culturel. Kapil Raj a montré le peu de succès rencontré par les cours de science expérimentale auprès des *Bhadralok* du Bengale, et au contraire leur vif intérêt pour les sciences théoriques et les systèmes clos. Cette préférence annonce le développement ultérieur des mathématiques, de l'astronomie, de l'optique ou de l'hydrostatique indiennes [121].

Dans des contextes qui varient de la domination culturelle à l'exploitation coloniale, la question de la participation à la culture scientifique moderne se pose finalement toujours en des termes semblables : formation à acquérir, moyens matériels à réunir, ressources sociales à mobiliser, reconnaissance professionnelle à obtenir. Or la mobilisation de ces moyens est une question à la fois individuelle et collective, dans laquelle interviennent des questions de réseaux et d'institutions, et par conséquent de soutien professionnel et étatique. La culture ambiante peut conduire à des préférences, et parfois à des impasses. En Europe aussi, des impasses théoriques et conceptuelles ont condamné des entreprises telles que l'alchimie, l'astrologie, l'occultisme, la théologie naturelle ou encore différentes formes de médecine plus ou moins traditionnelles.

118. Martykanova, 2010.
119. Ihsanoglu, 1996.
120. Raj, 2000, conclusion. Sur les conditions de possibilité d'une géographie des sciences, voir Livingstone, 2003.
121. Raj, 2007, chapitre 5. Que cette préférence soit liée au non au refus traditionnel des Hindous de se salir les mains est au fond une question secondaire. L'essentiel est que les savants indiens ont ainsi trouvé les éléments de leur propre chemin vers la science moderne.

Finalement, seule une approche méthodologique mixte, combinant la théorie des réseaux et l'analyse des politiques institutionnelles et étatiques, est à notre avis en mesure d'offrir un modèle valable du développement universel de la science moderne. Un tel modèle doit être en effet suffisamment cohérent pour unifier un tel champ d'investigations, et suffisamment souple pour prendre en compte la complexité des variables impliquées ainsi que la diversité des situations locales. En combinant approches monographiques, études de réseaux et données statistiques, ce modèle devrait permettre d'établir des corrélations, de soulever des paradoxes et éventuellement de mettre en évidence des causalités.

Références

ARNOLD, D. (1993), *Colonizing the Body : State Medicine and Epidemic Disease in Nineteenth Century India*, Berkeley, University of Calfornia Press.

BABER, Z. (1996), *The Science of Empire. Scientific Knowledge, Civilization and Colonial Rule in India*, Albany, State University of New York Press, 1996.

BACHELARD, G. (1983), *Le nouvel esprit scientifique* [1934], rééd., Paris, PUF, 1983.

BARONCINI, G. (1992), *Forme di Esperienza e Rivoluzione Scientifica*, Firenze, Leo S. Olschki, 1992.

BASALLA, G. (1967), « The Spread of Western Science », *Science*, 156, 1967, p. 611-622.

BEN DAVID, J. (1971), *The Scientist's Role in Society : A Comparative Study*, Englewood Cliffs (NJ), Prentice Hall Inc., 1971.

BERNAL, J. D. (1971), *Science in history* [1954], Cambridge (Mass.), MIT Press, 1971 (4 vol.).

BLAY, M. & HALLEUX, R. (dir.) (1998), *La science classique,* XVIe-XVIIIe *s. Dictionnaire critique*, Paris, Flammarion, 1998.

BOAS HALL, M. (1962), *The Scientific Renaissance, 1450-1630*, New York, Harper Torchbooks, 1962.

BOAS HALL, M. (1991), *Promoting Experimental Learning. Experiment and the Royal Society, 1660-1727*, Cambridge, Cambridge University Press, 1991.

BREARD, A. (2004), « La traduction d'ouvrages occidentaux de mathématiques en Chine à la fin du XIXe siècle : introduction et intégration », in Pascal Crozet & Annick Horiuchi (éd.), *Traduire, transposer, naturaliser : la formation d'une langue scientifique moderne hors des frontières de l'Europe au* XIXe *siècle*, Paris, L'Harmattan, 2004, p. 123-146.

BRET, P. (2002), *L'État, l'armée, la science. L'invention de la recherche publique en France (1763-1830)*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, 2002.

BURTT, E. A. (2003), *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science* [1924], rééd. New York, Dover Publications, 2003.

BUTTERFIELD, H. (1965), *The Origins of Modern Science, 1300-1800* [1949], New York, Free Press, 1965.

CHAMBERS, D. W. & GILLESPIE, R. (2001) « Locality in the history of science : colonial science, technoscience and indigenous knowledge », *Osiris*, p. 221-240.

CLARK, W. (2006) *Academic Charisma and the Origins of the Research University*, Chicago & London, The University of Chicago Press.

CLARK, W., GOLINSKI, J. & SCHAFFER, S. (eds.) (1999), *The Sciences in Enlightened Europe*, Chicago & London, The University of Chicago Press.

COHEN, I. B. (1960), *The Birth of a New Physics*, New York, W. W. Norton.

COHEN, I. B. (1961) *Science and American Society in the first Century of the Republic*, Columbus, State Ohio State University.

COHEN, I. B. (1995), *Science and the Founding Fathers : Science in the Political Thought of Jefferson, Franklin, Adams and Madison*, New York, W.W. Norton.

CORSI, P. (2001), *Lamarck. Genèse et enjeux du transformisme, 1770-1830* [1983], trad. fr., Paris, CNRS éditions.

CROMBIE, A. C. (1971), *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science, 1100-1700*, Oxford, Clarendon Press, 1953 ; rééd.

CULOTTA, C. A. (1974), « German biophysics, objective knowledge and romanticism », *Historical Studies in the Physical Sciences*, 4, p. 3-38.

CUNNINGHAM, A. & WILLIAMS, P. (2003) « De-centering th « Big Picture » : *The Origins of Modern Science* and the Modern Origins of Science », *British Journal for the History of Science*, 26, 1993, p. 407-432. Republié in Marcus Hellyer (ed.), *The Scientific Revolution. The Essential Readings*, Oxford, Blackwell Publishing, p. 218-246.

DEBUS, A.G. (2002), *The Chemical Philosophy. Paracelsian Science and Medicine in the Sixteenth and Seventeenth Centuries* [1977] 2nd ed. New York, Dover Publications.

DEBUS, A. G. (2001) *Chemistry and Medical Debate. Van Helmont to Boerhaave*, Canton (MA), Science History Publications.

DHOMBRES, N. & DHOMBRES, J. (1989) *Naissance d'un nouveau pouvoir : sciences et savants en France, 1793-1824*, Paris, Payot.

DIONNE, R. & MacLEOD, R. (1979), « Science and Policy in British India, 1858-1914 : Perspectives on a Persisting Belief », in *Proceedings of the 6th European Conference on Modern South Asian Studies*, Paris, Colloques internationaux du CNRS, p. 55-68.

DRAYTON, R. (1998), « Knowledge and Empire », in P. J. Marschall (ed.), *The Oxford History of the British Empire : The Eighteenth Century*, Oxford, Oxford University Press, p. 231-252.

DUHEM, P. (2004), *Essai sur la notion de théorie physique : de Platon à Galilée* [1908], rééd. Paris, Vrin.

FLEMING, D. (1964), « Science in Australia, Canada and the United States : Some Comparative Remarks », in *Proceedings of the 10th International Congress of the History of Science (Ithaca, 1962)*, Paris, Hermann, p. 179-196.

FOUCAULT, M. (1966), *Les mots et les choses. Une archéologie des sciences humaines*, Paris, Gallimard.

FOUCAULT, M. (1969) *L'archéologie du savoir*, Paris, Gallimard.

FRAME, J. D. (1979) « National Economic Resources and the Production of Research in Lesser Developed Countries », *Social Studies of Science*, 9, p. 233-246.

FRAME, J. D. & CARPENTER, M. P. (1979) « International Research Collaboration », *Social Studies of Science*, 9, p. 481-497.

FRAME, J. D. (1980) « Measuring scientific activity in lesser developed countries », *Scientometrics*, 2, p. 133-145.

GARFIELD, E. (1979), « Is citation analysis a legitimate evaluation tool ? », *Scientometrics*, 1, p. 359-375.

GARFIELD, E. (1983), « Science in the Third World. Whether or not a Third World article is highly-cited depends on the recognition it gets from authors in the developed countries », *Science Age*, 1, Oct.-Nov. p. 59-65.

GASCOIGNE, R. (1992), « The Historical Demography of the Scientific Community, 1450-1900 », in *Social Studies of Science*, 22, p. 545-573.

GAUKROGER, S. (2006), *The Emergence of a Scientific Culture. Science and the Shaping of Modernity, 1210-1685*, Oxford, Clarendon Press, .

GILLISPIE, C. C. (1960), *The Edge of Objectivity : An Essay in the History of Scientific Ideas*, Princeton, Princeton University Press.

GOLINSKI, J. (1992), *Science as Public Culture. Chemistry and Enlightenment in Britain, 1760-1820*, Cambridge, Cambridge University Press, 1992.

GOLINSKI, J. (1998), *Making Natural Knowledge. Constructivism and the History of Science*, Cambridge, Cambridge University Press.

GUNDER FRANK, A. (1967), *Capitalism and Underdevelopment in Latin America. Historical Studies of Chile and Brasil*, New York, Monthly Review Press.

HABIB, S. I. & RAINA, D. (eds) (2007), *Social History of Science in Colonial India*, New Delhi, Oxford, Oxford University Press.

HAHN, R. (1971), *The Anatomy of a Scientific Institution. The Paris Academy of Sciences, 1666-1803*, Berkeley, University of California Press.

HALL, A. R. (1954), *The Scientific Revolution, 1500-1800 : The Formation of the Modern Scientific Attitude*, Boston, Beacon Press.

HARDING, S. (1998), *Is Science Multicultural ? Postcolonialisms, Feminisms, and Epistemologies*, Bloomington, Indiana University Press.

HEILBRON, J. H. (1982), *Elements of Early Modern Physics*, Berkeley, University of California Press.

HERIVEL, J. W. (1966-67) « Aspects of French theoretical physics in the 19th century », *British Journal for the History of Science*, 3, p. 109-132.

HERRERA, A. (1972), « Social Determinants of Science Policy in Latin America », *Journal of Development Studies*, 9/1, p. 19-37.

HODGE, J. M. (2011), « Science and Empire : An Overview of the Historical Scholarship », in Brett M. Bennett & Joseph M. Hodge (eds), *Knowledge and Networks of Science across the British Empire, 1800-1970*, Basingstroke, Palgrave Macmillan, p. 3-29.

HOLMES, F. L. (1989), *Eighteenth-Century Chemistry as an Investigative Enterprise*, Berkeley, University of California, 1989.

HUFF, T. E. (2003), *The Rise of Early Modern Science. Islam, China and the West* [1993] 2nd edition, Cambridge, Cambridge University Press, 2003.

HUNTER, M. (1989), *Establishing the new Science : the Experience of the early Royal Society*, Woodbridge, The Boydell Press, 1989.

INKSTER, I. (1985), « Scientific enterprise and the colonial « model » : observations on Australian experience in historical context », *Social Studies of Science*, 15, 1985, p. 677-704.

INKSTER, I. (1995), « Colonial and Neo-Colonial Transfers of Technology : Perspectives on India before 1914 », in Roy MacLeod & Deepak Kumar (eds), *Technology and the Raj. Western Technology and Technical Transfers to India 1700-1947*, New Delhi, Sage Publications, p. 25-50.

IHSANOGLU, E. (1992), « Ottomans and European Science », in Patrick Petitjean, Catherine Jami & Anne-Marie Moulin (eds), *Science and Empires : Historical Studies about Scientific Developments and European Expansion*, Dodrecht, Kluwer Academic Publishers, p. 37-48.

JACOB, M. C. (1997), *Scientific Culture and the Making of the Industrial West*, New York & Oxford, Oxford University Press.

JAGODZINSKI-SIGOGNEAU, M., COURTIAL, J.-P. & LATOUR, B. (1982), « How to measure the degree of independence of a research system ? », *Scientometrics*, 4, p. 119-133.

JAMI, C. (1992), « Western Mathematics in China, Seventeenth Century and Nineteenth Centuries », in Patrick Petitjean, Catherine Jami & Anne-Marie Moulin (eds), *Science and Empires : Historical Studies about Scientific Developments and European Expansion*, Dodrecht, Kluwer Academic Publishers, p. 79-88.

KIYOSI, Y. (1965), « The pre-history of modern science in Japan : the importation of Western science during the Tukugawa period », *Cahiers d'histoire mondiale*, 9, no 2, p. 208-232.

KNIGHT, D. M. (1975), « German science in the romantic period », in M. Crosland (dir.), *The emergence of science in western Europe*, London, Macmillan, 1975, p. 161-178.

KRAUSKOPF, M. PESSOT, R. & VICUNA, R. (1986), « Science in Latin America. How Much and Along What Lines », *Scientometrics*, 10, 1986, p. 199-206.

KRISHNA, V. V. (1992), « L'émergence de la communauté scientifique indienne (1850-1950) », in Roland Waast & A. El Kenz (éd.), *L'industrie et la recherche*, Bondy, ORSTOM, 1992, p. 114-129.

KUHN, T. S. (1961), « The function of measurement in modern physical science », *Isis*, 53, 1961, p. 161-193.

KUHN, T. S. (1977), « Mathematical versus Experimental Traditions in the Development of the Physical Science », in *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Traditions and Change*, Chicago and London, The Chicago University Press, 1977, p. 31-65.

LATOUR, B. (1987), *Science in Action : How to Follow Scientists and Engineers Through Society*, Cambdidge (Mass.), Harvard University Press.

LATOUR, B. & POLANCO, X. (1990), « Quelques remarques à propos de l'histoire sociale des sciences. Le modèle de la rosace », in Xavier Polanco (dir.), *Naissance et développement de la science-monde. Production et reproduction des communautés scientifiques en Europe et en Amérique latine*, La Découverte / Conseil de l'Europe / Unesco, 1990, p. 53-66.

LATOUR, B. & WOOLGAR, S. (1979), *Laboratory Life. The Social Construction of Scientific Facts*, London, Sage, 1979.

LIVINGSTONE, D. N. (2003), *Putting Science in its Place. Geographies of Scientific Knowledge*, Chicago and London, The University of Chicago Press, 2003.

MacLEOD, R. (1987), « On visiting the « moving metropolis » : reflections in the architecture of imperial science », *Historical Records of Australian Science*, 5/3, 1982, p. 1-16. Republié in Nathan Reingold & Marc Rothenberg (eds), *Scientific Colonialism : A Cross-Cultural Comparison*, Washington, Smithsonian Institution Press, p. 217-249.

MacLEOD, R. (2000), *Nature and Empire : Science and the Colonial Enterprise*, Chicago and London, The University of Chicago Press, 2000.

Mac LEOD, R. & KUMAR, D. (1995), *Technology and the Raj : Technical Transfers and Technological Change in British India, 1780-1945*, New Delhi, Sage.

MARTYKANOVA, D. (2010), *Reconstructing Ottoman Engineers. Archaeology of a Profession (1789-1914)*, Pisa, Plus-Pisa University Press.

MERTON, R. K. (1970), *Science, Technology and Society in 17th century England* [1938], New York, Harper.

NANDY, A. (1988), *Science, Hegemony and Violence : A Requiem for Modernity*, Delhi, Oxford University Press.

NEEDHAM, J. (1958), *Chinese astronomy and the Jesuit mission : an encounter of cultures*, London, China Society.

OLSON, R. (1975), *Scottish Philosophy and British Physics, 1750-1880. A study in the foundations of the Victorian scientific style*, Princeton.

OSBORNE, M. (2005), « Science and the French Empire », *Isis*, 96, p. 80-87.

PALLADINO, P. & WORBOYS, M. (1993), « Science and Imperialism », *Isis*, 84, p. 91-102.

POLANCO, X. (1990), « Une science-monde : la mondialisation de la science européenne et la création de traditions scientifiques locales », in Xavier Polanco (dir.), *Naissance et développement de la science-monde. Production et reproduction des communautés scientifiques en Europe et en Amérique latine*, La Découverte / Conseil de l'Europe / Unesco, p. 10-52.

POLANYI, M. (1962), « The Republic of Science : Its Political and Economic Theory », *Minerva*, 1, p. 54-74.

POTTER, S. (2007), « Webs, Networks and Systems : Globalization and the Mass Media in the Nineteenth- and Twentieth-Century British Empire », *Journal of British Studies*, 46, p. 621-646.

PRAKASH, G. (1999), *Another Reason : Science and the Imagination of Modern India*, New Delhi, Princeton University Press.

PYENSON, L. (1985), *Cultural Imperialism and the Exact Sciences : German Expansion Overseas, 1900-1930*, New York, Lang.

PYENSON, L., (1989) *Empire of Reason : Exact Sciences in Indonesia, 1840-1940*, Leiden, Brill.

PYENSON, L., (1993) *Civilizing Missions : Exact Sciences and French Overseas Expansion, 1830-1940*, Baltimore & London, John Hopkins University Press.

RAJ, K. (1986), « Hermeneutics and Cross-Cultural Communication in Science : The Reception of Western Scientific Ideas in 19th-Century India », *Revue de Synthèse*, p. 107-120.

RAJ, K. (1991), « Knowledge, Power and Modern Science : The Brahmins Strike Back », *in* Deepak Kumar (ed.), *Science and Empire : Essays in Indian Context (1700-1947)*, Delhi, Anamika Prakashan, p. 115-125.

RAJ, K. (2001), « Colonial Encounters and the Forging of New Knowlege and National Identities », *Osiris*, 15, p. 113-134.

RAJ, K., (2007) *Relocating Modern Science : Circulation and the Construction of Knowledge in South Asia and Europe, 1650-1900*, Basingstoke & New York, Palgrave Macmillan.

ROCHE, M. & FREITES, Y. (1982), « Producción y flujo de información cientifica en un pais periférico americano (Venezuela) », *Interciencia*, 7, p. 279-290.

ROGER, J. (1995), « Science et littérature à l'âge baroque », in *Pour une histoire des sciences à part entière*, Paris, A. Michel, p. 95-116.

ROUSSEAU, G. S. and PORTER, R. (eds) (1980), *The Ferment of Knowledge. Studies in the Historiography of the 18th century Science*, Cambridge, Cambridge University Press.

RUDWICK, M. (2005), *Bursting the Limits of Time. The Reconstruction of Geohistory in the Age of Revolution*, Chicago & London, The University of Chicago Press.

SCHMITT, C. B. (1983), *Aristotle and the Renaissance*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press.

SCHAFFER, S., ROBERTS, L., RAJ, K. & DELBOURGO, J. (eds) (2009), *The Brokered World : Go-betweens and Global Intelligence, 1770-1820*, Sagamore Beach (MA), Science History Publications.

SEN, S.N. (1966), « The Character of the Introduction of Western Science in India during the Eighteenth and the Nineteenth Centuries », *Indian Journal of History of Science*, 1, p. 112-121.

SHAPIN, S. (1988), « Understanding the Merton thesis », *Isis*, 79, p. 594-605.

SHAPIN, S. (1996), *The Scientific Revolution*, Chicago, The University of Chicago Press.

SHINN, T. (1980), « Orthodoxy and innovation in science : the atomist controversy in French chemistry », *Minerva*, p. 539-555.

SIBUM, H. O. (2003), « Experimentalists in the Republic of Letters », *Science in Context*, 16/ 1-2, p. 89-120.

SIGRIST, R. (2011), *La nature à l'épreuve. Les débuts de l'expérimentation à Genève (1670-1790)*, Paris, Classiques Garnier.

STUCHTEY, B. (ed.) (2005), *Science Across the European Empires, 1800-1950*, Oxford, Oxford University Press.

TOMIC, S. (2010), *Aux origines de la chimie organique. Méthodes et pratiques des pharmaciens et des chimistes (1785-1835)*, Presses universitaires de Rennes.

WAGNER, C. (2008), *The New Invisible College. Science for Development*, Washington, Brookings Institution Press.

WEBSTER, C. (1982), *From Paracelsus to Newton. Magic and the Making of Modern Science*, Cambridge, Cambridge University Press.

WESTFALL, R. S. (1971), *The Construction of Modern Science : Mechanisms and Mechanics*, Cambridge, Cambridge University Press.

WILL, P.-E. (1995), « Modernisation Less Science ? Some Reflections on China and Japan before Westernization », in Hashimoto Keizô', Catherine Jami & Lowell Skar (eds), *East Asian Science : Tradition and Beyond*, Osaka, p. 33-48.

Les villes de la science contemporaine, entre logiques locales, nationales et globales

Une approche bibliométrique

Denis Eckert, Michel Grossetti,
Laurent Jégou et Marion Maisonobe

Dans le cadre de cet ouvrage, qui centre son propos sur la construction des territoires nationaux de la science, en insistant sur les dynamiques de long terme, quelle est l'opportunité et l'apport d'une analyse qui porte, à l'échelle mondiale, sur l'évolution récente de la géographie de l'activité scientifique ? Pourquoi prendre comme objet d'étude l'ensemble des villes qui, dans le monde, participent aux activités de la science académique ?

La réponse à ces questions est largement apportée par les discours contemporains sur la science, discours pas forcément étayés par des données solides. Il se trouve qu'on a un peu vite, au cours des quinze dernières années, annoncé la concentration croissante de l'activité scientifique dans quelques grands pôles scientifiques. C. Matthiessen *et al.* (2010) ont par exemple cru identifier un rôle croissant des grandes métropoles scientifiques, en dénombrant les publications réalisées dans ces centres. Érigé un peu vite en résultat solide, ce type d'analyse a servi à légitimer des politiques de concentration des moyens dans un nombre limité de pôles. Cela a été le cas des tous récents Idex en France, du lancement des clusters d'excellence en Allemagne, ou, au Japon, de la politique favorisant les universités impériales. La concentration de l'activité scientifique dans un nombre limité de lieux serait finalement l'aboutissement des logiques de la science globale ; et toute politique nationale décente et réaliste se devrait d'accompagner et renforcer ce mouvement en soutenant les pôles scientifiques principaux dans chaque pays. Cette représentation forte (et, nous le verrons, pourtant fausse) a été renforcée par des thèses qui présentent la science actuelle comme un espace plastique et mondialisé de collaborations et d'opportunités, où l'importance des structures nationales ne pourrait que régresser. C'est la vision qu'a soutenue la géographe américaine C. Wagner en 2008 dans sa vision d'un « *New Invisible College* » (Wagner 2008).

Ces représentations se nourrissent de la vision d'un monde structuré par les « *global cities* », plus ancrées dans des réseaux mondiaux que dans des territoires nationaux, et par les flux d'individus, d'information et de capitaux qui parcourent le globe, en prenant appui sur quelques points nodaux. Là encore, cette vision a une traduction en termes de politiques scientifiques, puisque l'on voit se multiplier les actions et financements poussant de plus en plus de chercheurs à la mobilité internationale, ou cherchant à attirer des chercheurs étrangers de renom ; cette promotion de la mobilité devenant un but en soi.

Finalement, la concentration en quelques lieux, la déterritorialisation des réseaux et des coopérations, et la circulation généralisée des chercheurs deviendraient une sorte d'horizon ultime de l'activité scientifique, et annonceraient la fin de son histoire. Si l'on en croit les très nombreux porteurs de ces discours, l'objet même d'étude de cet ouvrage est caduc : les politiques scientifiques nationales, les processus de construction, État par État, des systèmes scientifiques et de leurs territoires n'ont plus aucune importance dans un monde de la science où les repères territoriaux et nationaux sont appelés à s'effacer.

C'est cet « air du temps » que l'on voudrait vigoureusement mettre à l'épreuve des faits, en mobilisant les données spatialisées les plus rigoureuses possibles. Une façon de saisir l'organisation spatiale des activités scientifiques dans la période récente est de se fonder sur les données de publication. Cela revient à adopter une entrée spatialisée dans un domaine de recherche bien établi, la bibliométrie (Gingras, 2014). Le recensement des publications dans des bases de données mondiales permet en effet de conduire des analyses statistiques intéressantes, à condition naturellement de tenir compte des limites de ces données. Les spécialistes de bibliométrie, et l'ensemble des *Science Studies*, en sont familiers qui ont longtemps négligé l'entrée spatiale, s'intéressant plus aux évolutions des domaines de recherche, à des mesures de « performance », ou aux carrières des chercheurs, malgré l'existence de travaux pionniers sur l'évolution des contributions des différents pays (et notamment de ceux du Sud) aux publications scientifiques (par exemple ceux de Michel Zitt en France – voir Zitt *et al.* 2000).

Répondre à ces questions est très difficile, car cela implique un travail fin au niveau des villes, ce qui jusque-là a été très peu fait et qui pose beaucoup de problèmes méthodologiques quand on utilise les sources bibliométriques (multiples affiliations, codage géographique cohérent).

Il existe toutefois un mouvement général récent d'analyse de l'organisation spatiale des activités scientifiques (Bonaccorsi et Daraio 2005 ; Bornmann, Leydesdorff, Walch-Solimena et Ettl 2011 ; Leydesdorff et Persson 2010 ; Hoekman, Frenken et Van Oort 2010). Si beaucoup de ces travaux s'intéressent surtout à des thèmes de recherche spécifiques, il en est qui analysent toutes disciplines confondues l'évolution de l'activité scientifique dans un pays, ce qui permet d'examiner les dynamiques urbaines en neutralisant ce qui relève des évolutions des pays. Ainsi, Zhou et Glänzel (2009), ainsi qu'Arvanitis (Arvanitis *et al.* 2012), montrent que la croissance de la Chine s'accompagne d'une déconcentration des activités entre les différentes régions du pays. D'autres travaux, analysant les dépôts de brevets (Hong 2008) montrent également qu'avec le développement de la science chinoise, la concentration géographique initiale

s'atténue. L'exemple de la Chine suggère qu'il est préférable de raisonner en fonction de plusieurs échelles spatiales, au moins celle des pays et celles des villes. Nous avons nous-mêmes contribué à ces recherches en effectuant un travail approfondi de localisation des publications scientifiques, et leur regroupement dans des entités urbaines cohérentes (Grossetti *et al.* 2013a et 2013b).

Ce chapitre reprend et prolonge ce travail d'analyse géographique des publications scientifiques fondé sur un regroupement par agglomérations urbaines. Grâce à un long travail de géocodage réalisé dans le cadre d'un projet soutenu par l'ANR [1], nous disposons de données de publications spatialisées couvrant l'ensemble de la planète. Nous nous appuierons sur ces données pour dresser un état des lieux de l'organisation spatiale des activités scientifiques. Nous commencerons par présenter les méthodes que nous utilisons. Ensuite nous rappellerons succinctement l'existence d'une tendance à la régression de la concentration des publications dans les villes les plus importantes et la diversification des lieux de production de la science, telle qu'elle est visible dans les bases de données internationales. Puis, nous nous centrerons sur les réseaux de collaboration scientifique pour montrer que l'accroissement des publications réalisées par des équipes de pays différents, la tendance à l'internationalisation des activités scientifiques, ne correspond pas à un déclin des cadres nationaux. Au contraire, ceux-ci tendent à se renforcer au même rythme que la tendance à l'internationalisation, dans une croissance plus générale des collaborations entre des équipes de villes différentes. Enfin, nous examinerons de façon plus détaillée des cas de pays qui font par ailleurs l'objet d'études spécifiques dans les autres chapitres.

1 Méthodologie

Notre étude se fonde sur les données de la base de données bibliographique du Web of Science, ou WoS (Thomson Reuters). Cette base recense depuis les années 1960 les publications (articles, notes et revues) parues dans les « principales revues scientifiques et technologiques internationales », c'est-à-dire celles qui sont les plus citées par les chercheurs eux-mêmes.

Cette base de données recense plus d'un million de publications en 2007. Nous avons travaillé sur des données qui courent de 1999 à 2008 ; en comparant deux séries de trois ans (1999-2000-2001 et 2006-2007-2008). Ces données ont fait l'objet d'un lourd travail d'indexation géographique (localisation au niveau le plus fin possible). Le choix de ne pas remonter jusqu'aux années 1960, donc de se priver d'une profondeur historique intéressante, est lié aux limites de la base. Ce n'est que depuis relativement peu de temps (une vingtaine d'années) que, très généralement, les pratiques de publication et de signature des chercheurs ont changé. De plus en plus de chercheurs des sciences expérimentales et formelles, quelque soit leur pays de résidence, publient désormais en anglais et dans des revues répertoriées dans le Web of Science, alors qu'il y a cinquante ans l'importance des publications dans des ouvrages et revues nationales (en français, allemand, russe, etc.) non-répertoriées dans ce type de base était beaucoup plus grande. La « normalisation » des pratiques de publication scientifique

1. Projet « Geoscience », dans le cadre de l'appel à projet « Sciences, technologies et savoirs en sociétés. Enjeux actuels, questions historiques ».

rend donc, depuis les années 1990, de la représentativité de l'information contenue dans le Web of Science meilleure. Par ailleurs, également depuis les années 1990, le nombre de revues indexées par le WoS a considérablement augmenté ; il prend notamment en compte beaucoup plus de revues hors de ses cibles d'origine (pour des raisons commerciales et historiques, l'Institute of Scientific Information visait avant tout les marchés anglophones des disciplines comme les sciences de la vie et la biomédecine). Le WoS représente donc mieux, à partir des années 1990, l'activité de la science « académique », celle qui rend son travail visible à partir des publications dans des revues scientifiques.

Un certain nombre de biais est donc inévitable. La base ne rend pas compte des résultats de recherche qui prennent la forme de brevets, d'applications industrielles, donc de tout ce qui relève de processus d'innovation technique, de transferts recherche-industrie. Par ailleurs, les résultats publiés sous forme d'ouvrages sont peu ou pas pris en compte, et de surcroît la base ne recense qu'une minorité de publications non anglophones. Il faut donc, par exemple, que les chercheurs chinois se mettent à publier massivement en anglais et dans des revues de référence connues du monde anglo-américain pour que la science chinoise devienne réellement visible dans le WoS.

Il n'en reste pas moins que cette approche bibliométrique – et ce type de sources – est la seule qui permette de mettre en évidence à l'échelle mondiale, et de manière comparable entre pays et continents, les structures territoriales de la science. Les évolutions analysées le seront dans les limites chronologiques imposées par la qualité croissante de la base, c'est à dire sur un intervalle d'une dizaine d'années. Cela permet néanmoins déjà de juger de la pertinence des discours dominants sur la déterritorialisation des relations scientifiques et la concentration prétendument inéluctable de l'activité scientifique à l'époque contemporaine.

Établir des statistiques géographiques des publications scientifiques implique deux types de choix, l'un concernant la façon de compter les publications, l'autre le regroupement des adresses en agglomérations urbaines.

1.1 Compter les publications par entités spatiales : le fractionnement des publications

Le choix de l'unité de comptage doit tenir compte du fait que la plupart des publications scientifiques ont plusieurs auteurs, regroupés en affiliations (leur laboratoire ou institution d'appartenance) : les adresses renvoient donc à des villes différentes et souvent à des pays différents. Chaque publication peut ainsi être attribuée à plusieurs espaces géographiques simultanément, ce qui pose des problèmes de comptage et de dédoublement des mêmes publications. Ainsi, si un article comprend un premier groupe d'auteurs d'une commune de la banlieue de Madrid, Leganes, un deuxième groupe d'une autre banlieue de Madrid, Lugo, et un autre de Londres, comment faut-il compter ? Une fois pour le Royaume-Uni et une fois pour l'Espagne ? Ou deux fois pour l'Espagne ? Le comptage à l'échelle des villes pose le même problème. Faut-il compter deux fois l'agglomération de Madrid ou une seule fois ? On voit bien que la méthode de comptage influe sur le résultat final, que l'on parle du total national ou du total pour chaque ville. Par ailleurs, le comptage sans aucune pondération favo-

rise les grandes agglomérations du fait de leur implication plus systématique dans les collaborations interrégionales et internationales.

Pour éviter ces écueils, nous avons opté pour le comptage par publications fractionnées. Il existe plusieurs façons d'opérer ce fractionnement. Dans ce texte nous avons opté pour le « *whole normalized counting* » en prenant les agglomérations comme base (Gauffriau *et al.* 2008). Dans l'exemple que nous avons pris, où nous avions deux agglomérations (Londres et Madrid), chacune d'entre elles se voit attribuer une moitié de la publication. On peut donc simultanément faire toutes sortes de sommes en conservant le rapport avec le nombre réel de publications à l'échelle mondiale (puisque la somme des fractions est bien le nombre total d'articles publiés dans le monde). Le comptage par publications fractionnées nous est apparu comme le plus rigoureux et le plus respectueux de la réalité des activités scientifiques, et permettant le plus de traitements de nature géographique (regroupements spatiaux par agglomération, par région, par pays...). Pour mesurer les collaborations entre villes, nous utilisons également un comptage fractionné par villes, c'est-à-dire que si une publication est cosignée par n villes, chaque paire de villes se voit attribuer une valeur de $2 / n (n - 1)$. La somme des valeurs des paires d'une même publication est ainsi égale à 1.

1.2 Géocoder les adresses et construire des agglomérations : combiner les critères

À partir des dizaines de milliers d'adresses différentes trouvées dans le WoS, nous avons procédé à un géocodage des lieux mentionnés. Nous sommes arrivés à localiser plus de 98 % des publications en exploitant le champ « adresse » des notices d'articles. Les « localités scientifiques » que nous avons déterminées constituent les points de publication les plus précis que notre méthode de codage a permis de situer. Mais le niveau de précision obtenu varie sensiblement suivant les villes et les pays considérés car généralement, l'adresse contenue dans ce champ correspond à la municipalité où se trouve l'organisme de recherche, qui est une entité spatiale dont la taille peut varier considérablement d'un pays à l'autre. Prenons trois exemples : les chercheurs des laboratoires moscovites travaillent dans une municipalité très grande (1 000 km^2), leur adresse renvoie donc à une seule ville : Moscou. En revanche, les chercheurs parisiens travaillent dans un espace très fragmenté : leur adresse professionnelle peut être la commune-centre de l'agglomération, c'est-à-dire Paris (100 km^2 seulement), ou l'une des centaines de municipalités qui font partie de l'agglomération parisienne. Les localités scientifiques les plus importantes autour de Paris-centre sont Orsay, Gif-sur-Yvette, Palaiseau, Villejuif, Créteil, Châtenay-Malabry. En 2008, elles totalisaient 3 426 publications, soit presque la moitié des publications de Paris-centre. Un autre exemple est la région urbaine de Washington. Dans un espace de quelques dizaines de kilomètres carrés, bien plus petit que la municipalité de Moscou, on trouve trois centres majeurs : la ville de Washington DC proprement dite (2 500 publications), mais avant elle le grand centre universitaire de Bethesda dans le Maryland (3 178) et, un peu derrière, College Park (1 236). Il est donc indispensable de construire des entités urbaines à peu près comparables si l'on veut donner une certaine substance à la notion de « villes scientifiques » et analyser l'évolution de leur position dans le système de la science mondiale. Ne prendre en compte que Paris-centre ou le seul

district fédéral de Washington reviendrait à sous-estimer gravement l'importance de ces deux régions urbaines dans la production scientifique mondiale.

Comment faire alors pour regrouper les localités publiantes en entités urbaines, et ce pour l'ensemble des pays du monde ? Notre ambition a été de produire des critères universels, et non pas des découpages correspondant à une juxtaposition de critères nationaux (prendre les aires métropolitaines pour les États-Unis, les aires urbaines pour la France, etc., et finalement faire comme si ces délimitations étaient comparables). Après la confrontation de différents jeux de données mondiaux, nous avons conclu que les meilleures données pour délimiter rapidement l'ensemble des villes du monde étaient celles relatives à la densité de population (données par carroyage très fines), et plus spécifiquement un indicateur de variation locale (indice local de Moran), qui permet de repérer les noyaux de densité urbains significatifs, même dans les régions à forte densité moyenne de population (Eckert *et al.* 2013). Ce traitement permet de trouver un critère de délimitation homogène pour les agglomérations importantes. Pour les entités plus petites, un critère plus simple (un seuil de 40 km entre deux localités productrices de publications) nous a permis de délimiter de « petites » agglomérations scientifiques. Les données relatives à deux « petits » centres scientifiques distants de moins de 40 km ont donc été regroupées.

Nous avons pu ainsi créer des regroupements de localités, en simplifiant et en homogénéisant l'information de départ. De ce fait, nous avons constaté que 95 % de l'activité scientifique mondiale était concentrée, en 2007, dans 1 258 agglomérations ainsi définies.

Tableau 1 – Évolution de la concentration des publications mondiales sur les agglomérations les plus importantes (1999-2008)

Agglomérations	Part du total mondial des publications 1999-2001 (%)*	Part du total mondial des publications 2006-2008 (%)*
10 premières	17,2	15,5
20 premières	25,6	23,4
30 premières	31,4	28,8
50 premières	39,5	37,4
100 premières	53,2	51,3
200 premières	70	68,2
% cumulé des 300 premières	80,3	78,4

Source : Web of Science (totalité)

(*) Comptage par fractions de publications, moyennes mobiles sur trois ans. Les lignes du tableau ne s'additionnent pas

2 La déconcentration des publications dans l'ensemble des agglomérations du monde

Une façon simple d'évaluer la concentration est de calculer la proportion des publications mondiales que l'on peut attribuer aux plus grandes agglomérations scientifiques mondiales (tableau 1). Les résultats sont sans ambiguïté : la tendance à la déconcentration est générale [2].

Sur une période relativement courte (moins d'une décennie), la contribution des principales agglomérations mondiales à la production scientifique diminue. Les dix premières d'entre elles comptent pour un peu plus de 15 % du total, perdant presque deux points par rapport au début de la décennie. La tendance est générale, que l'on considère la barre des trente, cinquante, cent premières agglomérations mondiales, ou plus loin encore dans le classement. Cela signifie que l'activité scientifique est en voie de diffusion générale. Ce processus n'est pas récent : il est lent et continu. Nous avons pu l'observer depuis la fin des années 1980, quand les dix premières agglomérations mondiales pesaient encore 21 % du total. Elles ont donc perdu cinq points en vingt ans, preuve que la théorie de la concentration de la science dans les grandes métropoles ne résiste pas à l'analyse.

Cette déconcentration des publications au niveau des villes va de pair avec une déconcentration au niveau des pays. Les rapports publiés par Thomson Reuters (série des *Global Research Reports*, mis en ligne fin 2010) sur l'évolution des publications des différents pays mettent en évidence un rééquilibrage entre les différentes parties du monde avec un accroissement de la contribution de nombreux pays « émergents » au total des publications scientifiques. Le rapport concernant les États-Unis commence ainsi : « Les États-Unis ne sont plus le colosse de la science qui dominait le paysage de la recherche il y a trente ans par sa production d'articles scientifiques. Il partage son royaume, de manière de plus en plus égale, avec l'Union européenne à vingt-sept et la région Asie-Pacifique. » (Adams et Pendlebury 2010.) Les auteurs de ce rapport observent le même mouvement de rééquilibrage, bien que plus tardif et moindre, en ce qui concerne les citations obtenues par les publications, donc en prenant en compte un critère de visibilité académique des recherches produites.

Le tableau 2 présente nos calculs concernant les trente pays comptabilisant le plus de publications en 2007, calculs qui convergent parfaitement avec les analyses précédentes.

2. Pour une analyse plus complète, utilisant les données restreintes aux sciences de la nature et de la technique, voir Grossetti *et al.* 2013.

.

Tableau 2 – Évolution entre 2000 et 2007 de la part des trente pays les plus « productifs » dans les publications mondiales

Pays	Part pays / monde 2000 (%)*	Part pays / monde 2007 (%)*
États-Unis	35,1	29,7
Chine	2,8	6,9
Royaume-Uni	8,6	6,7
Japon	7,2	5,9
Allemagne	6,7	5,9
France	4,9	4,2
Canada	3,7	3,7
Italie	3,1	3,4
Espagne	2,1	2,5
Inde	1,6	2,2
Australie	2,1	2,2
Corée du Sud	1,3	2,2
Pays-Bas	1,8	1,8
Brésil	1,1	1,7
Russie	2,3	1,6
Taïwan	1	1,5
Turquie	0,6	1,3
Pologne	0,9	1,2
Suède	1,3	1,1
Belgique	0,9	0,9
Israël	0,9	0,8
Suisse	0,8	0,8
Grèce	0,5	0,7
Iran	0,1	0,7
Autriche	0,7	0,7
Danemark	0,7	0,6
Finlande	0,7	0,6

Mexique	0,4	0,5
République tchèque	0,4	0,5
Singapour	0,3	0,5

Source : Web of Science (totalité)

(*) Comptage par fractions de publications, moyennes mobiles sur trois ans

Premier constat : la déconcentration est aussi marquée au niveau des pays. En 2000, trois pays (États-Unis, Royaume-Uni et Japon) produisaient à eux seuls 50 % des publications. Il en fallait dix pour obtenir 75 % des publications et vingt pour atteindre 90 %. La carte ci-dessous (figure 1a) montre, de manière plus détaillée, le poids de la triade Amérique du Nord-Europe-Japon.

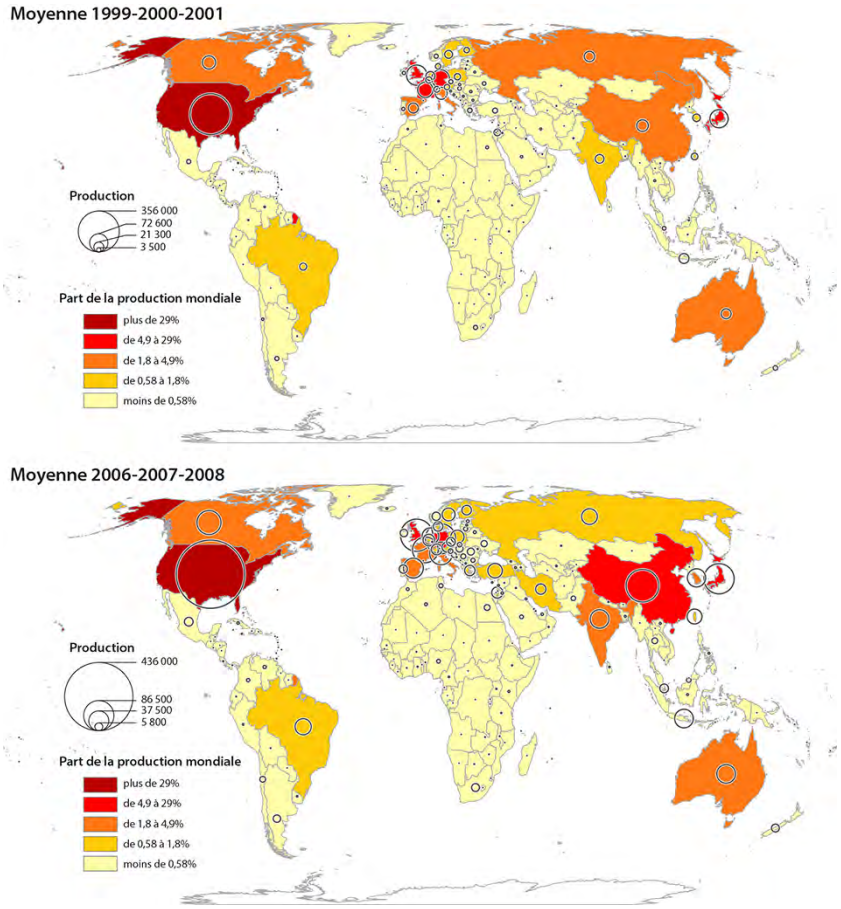

FIGURE 1 – (a) production mondiale d'articles en 2000 ; (b) production mondiale d'articles, évolution 2000-2007 (Cercles valeurs 2007, aplats en évolution)

En 2007, cinq pays (États-Unis, Chine, Royaume-Uni, Japon et Allemagne) produisent 55 % de la science mondiale, douze pour 75 % et 25 pour 90 %. Comme le montre la figure 2b, même si la Triade demeure très importante, la montée rapide d'autres pays d'Asie à côté du Japon (Chine, Corée, Taïwan) ou de pays du Moyen-Orient, de l'Inde, du Brésil, est frappante et contribue à l'élaboration d'une « carte scientifique » multipolaire. Par ailleurs, les évolutions que ces tableaux indiquent peuvent être résumées en deux grandes tendances. La première est l'accroissement de la convergence entre le *Web of Science* et la réalité des pratiques des chercheurs. Cette convergence résulte d'une part de la diversification des revues prises en compte par la base, et d'autre part, de la propension croissante des chercheurs à privilégier des revues indexées dans cette base de données. L'effet spécifique de cette première tendance est la réduction progressive de la surestimation du poids des États-Unis (et dans une moindre mesure du Royaume-Uni), dont les revues étaient initialement surreprésentées. Une partie de la régression apparente du poids des États-Unis est donc probablement un effet de cette meilleure représentativité de la base de données. Une deuxième tendance est l'accroissement et la diffusion des activités scientifiques dans le monde. Tous les indicateurs de cette activité – le nombre de chercheurs académiques, le nombre d'universités, le nombre d'étudiants, etc. – convergent pour mettre en évidence un « équipement » progressif de la plupart des pays en universités et en laboratoires, équipement dont le degré varie en fonction des évolutions économiques. En simplifiant, le nombre des publications tend vers une fonction linéaire du PIB. Les évolutions des rapports de richesse trouvent une traduction dans les activités de recherche : progression des pays émergents, notamment asiatiques, mais aussi de l'Europe du Sud (Grèce, Espagne, Portugal) ; régression relative des pays les plus anciennement présents dans les bases de données (États-Unis, Europe du Nord et de l'Ouest) ; régression dans les anciens pays soviétiques restés en dehors de l'Europe (Russie).

Il y a donc clairement un rééquilibrage des publications scientifiques entre les pays. On pourrait penser que la « centralité » de certains pays se maintient par la notoriété de leurs travaux, que l'on peut mesurer par la quantité de citations dont bénéficient des articles. Mais là encore, des travaux ont montré qu'en même temps que la concentration des publications s'atténue, les citations ont tendance à être moins concentrées que par le passé. Ce constat a été établi aux États-Unis (Adams et Pendlebury 2010), mais plus généralement à l'échelle mondiale (Larivière *et al.* 2009).

Ce processus de déconcentration à l'échelle des pays explique une partie de la déconcentration au niveau des villes. En effet, une analyse réalisée sur un sous-ensemble de pays ayant suffisamment de villes présentes dans les 500 premières montre que la croissance des publications des villes s'explique à 75 % par la dynamique plus générale du pays dans lequel elles sont situées (Grossetti *et al.* 2013a). Il serait donc théoriquement possible que, une fois pris en compte les rééquilibrages entre pays, on observe une concentration croissante dans quelques grandes villes scientifiques, phénomène que Matthiessen et ses coauteurs ont pensé identifier (Matthiessen *et al.* 2010). Pour tester cette hypothèse, nous allons examiner la façon dont évolue la part des grandes agglomérations scientifiques dans le total des publications de leurs pays respectifs (tableau 3).

Tableau 3 – Évolution de la part des grandes agglomérations mondiales dans leur production nationale entre 2000 et 2007

Agglomérations	Part agglomération / pays 2000 (%)*	Part agglomération / pays 2007 (%)*	Évolution agglomération / pays 2000-2007 (%)*
Tokyo	32,5	34,3	1,8
New York	7	6,5	– 0,4
Londres	26,2	25,6	– 0,7
Boston	5,8	5,7	– 0,1
Pékin	25	21,3	– 3,7
Paris	37,2	34,8	– 2,3
Washington-Bethesda	5,1	4,6	– 0,6
Los Angeles	4,3	4,4	0,1
Baie De San Francisco	4,6	4,4	– 0,2
Séoul	55,4	58,3	2,9
Kyoto-Osaka	19,9	19,5	– 0,4
Chicago	3,3	3,1	– 0,2
Philadelphie	3,2	3	– 0,2
Toronto	22,2	21,8	– 0,5
Research Triangle Park (Caroline du Nord)	2,3	2,4	0,1
Shanghai	10,7	10,3	– 0,3
Moscou	45,4	43,9	– 1,5
Taipei	52,7	46,2	– 6,5
Berlin	10	10,6	0,5
Madrid	27	24,3	– 2,7
Sydney	26,3	26,8	0,6
Baltimore	2	2	0
Montréal	15,3	15,1	– 0,2
Melbourne	23,9	24,9	1
Houston	1,7	1,9	0,1
Milan-Pavie	16,7	16,1	– 0,6
Manchester-Liverpool	7,3	8	0,7

Hong Kong	16,9	7,5	– 9,3
Munich	9,1	8,8	– 0,2
San Diego – La Jolla	1,8	1,7	– 0,1

Source : Science Citation Index Expanded (Web of Science)
(*) Comptage par fractions de publications, moyennes mobiles sur trois ans.

Il faut exclure la ville-État de Singapour des trente et une agglomérations les plus importantes en 2007 car sa production scientifique ne peut être déconcentrée. Sur les trente autres, vingt-quatre voient leur part régresser dans leur ensemble national ou se stabiliser et six voient leur part s'accroître. Parmi ces dernières, Séoul est un cas particulier : après une décroissance relative conséquente au cours des années 1990 (politique volontariste en faveur de la ville de Taejon), elle regagne quelques points dans la période récente. Melbourne est dans une situation un peu similaire avec une variation moindre. Certaines agglomérations américaines gagnent quelques points alors que les deux principales (New York et Boston) en perdent un peu, mais là aussi les amplitudes sont très faibles. Berlin est un cas très particulier de ville devenue capitale durant les années 1990 et porteuse des dynamiques de l'Europe de l'Est. Parmi celles dont le poids régresse, Pékin, Paris, Moscou, Madrid et Taipei sont les plus visibles. Pékin, Taipei et Madrid sont dans des pays dont la part mondiale augmente, mais le nombre de leurs publications s'accroît moins vite que celui d'autres villes des mêmes pays. Paris et Moscou sont non seulement dans des pays qui régressent (au moins dans la deuxième période pour la France), mais elles sont aussi confrontées à un phénomène de rééquilibrage au profit d'autres villes. L'amplitude des variations de la carte scientifique des pays est aussi très variable. Si la Chine, la France, l'Espagne, la Russie, le Royaume-Uni (ou même la Corée du Sud ces vingt dernières années) sont engagées dans des processus continus de déconcentration et de dynamisation des villes « secondaires », les autres pays concernés (États-Unis, Japon) connaissent des variations limitées et leur carte scientifique semble stable. L'Italie et l'Allemagne demanderaient un examen plus détaillé : leurs capitales n'étaient pas au départ dans une situation de domination très marquée et ces évolutions que nous observons sont le résultat de tendances distinctes qui se combinent. Nous reviendrons plus loin sur certains des pays concernés. Retenons que la dynamique de déconcentration interne aux pays n'est pas liée à la dynamique globale des équilibres entre les pays et que la plupart des grandes agglomérations scientifiques perdent de leur poids relatif au sein de leurs pays.

3 Les différentes échelles spatiales de coopération scientifique

Nos données sur les villes permettent aussi d'étudier leurs relations, en examinant les réseaux dessinés par les cosignataires d'articles de recherche. Voit-on se développer depuis la fin des années 1990 des réseaux « mondialisés » de collaboration ? Ou bien retrouve-t-on des résultats classiques comme le fait qu'une grande part des collaborations s'effectue dans un cadre national et dans des ensembles régionaux de pays (Frame et Carpenter 1979 ; Schubert et Braun 1990 ; Luukkonen, Persson et Sivertsen

1992 ; Zitt, Bassecoulard et Okubo 2000 ; Glänzel 2001 ; Hoekman, Frenken et Van Oort 2009) ? Les traitements présentés dans le tableau 4 sont une réponse à cette question.

Tableau 4 – Les types de collaborations et leur évolution

Périodes % publications (moyennes mobiles)	% publications signées par des équipes d'une seule ville	% publications signées par des équipes de plusieurs villes d'un même pays	% publications signées par des équipes de plusieurs villes de plusieurs pays	Total (%)
1999-2001	72,51	13,94	13,54	100,00
2006-2008	67,90	16,27	15,83	100,00

Remarquons d'abord la proportion importante de publications signées par des équipes d'une seule agglomération urbaine. Elles représentent les deux tiers du total même si cette proportion a un peu régressé dans la période étudiée. Il apparaît également que les collaborations nationales se sont accrues au même rythme que les collaborations internationales, les deux évolutions s'effectuant au détriment des publications signées par des équipes d'une seule ville. Contrairement à ce que l'on pourrait croire, il n'y pas vraiment eu de tendance des chercheurs à rechercher des collaborations à l'étranger au cours des dix dernières années. La croissance des collaborations internationales est une partie de la croissance générale des collaborations entre agglomérations différentes, qu'elles soient ou non du même pays.

Pour aller plus loin, nous allons plus précisément nous intéresser au réseau des 508 agglomérations mondiales qui publient le plus en 2006-2008. Elles relèvent de 59 pays différents et regroupent environ 86 % des publications. Les deux graphiques suivants représentent pour les années 2000 et 2007, en moyenne mobile sur trois années, les principaux flux de collaborations, ces derniers étant évalués par les cosignataires d'articles. Seuls les flux les plus importants (ceux qui pour chaque période, regroupent 25 % du total des cosignataires) sont représentés dans les figures 2 et 3.

Ces deux graphiques mettent en évidence l'importance des contextes nationaux, les liens les plus forts se trouvent à l'intérieur des frontières nationales. Cela apparaîtrait encore plus nettement en utilisant une mesure d'écart à l'indépendance au lieu du nombre brut de collaborations figurant sur la représentation. Le niveau national est clairement dominant aux deux périodes. Si les États-Unis constituent un réseau dense, ce n'est pas le cas de l'Europe, ou chaque pays est bien distinct. L'espace européen prend davantage la forme d'un regroupement de structures nationales que celle d'un réseau intégré. Cette observation rejoint les résultats d'Hoekman *et al.* à propos des collaborations scientifiques européennes (Hoekman, Frenken et Van Oort 2009).

Par ailleurs, le réseau se densifie entre les deux périodes et la centralité relative des villes les plus importantes régresse légèrement, ce qui suggère qu'une tendance à l'aplatissement des hiérarchies accompagne la tendance à la déconcentration de la production (tableaux 5 et 6). Sur le tableau 5 figurent les mesures globales du réseau

de collaborations aux deux périodes étudiées. Les éléments du tableau confortent l'hypothèse d'une densification du réseau : les villes périphériques ou isolées tendent à s'intégrer davantage au réseau entre les deux périodes.

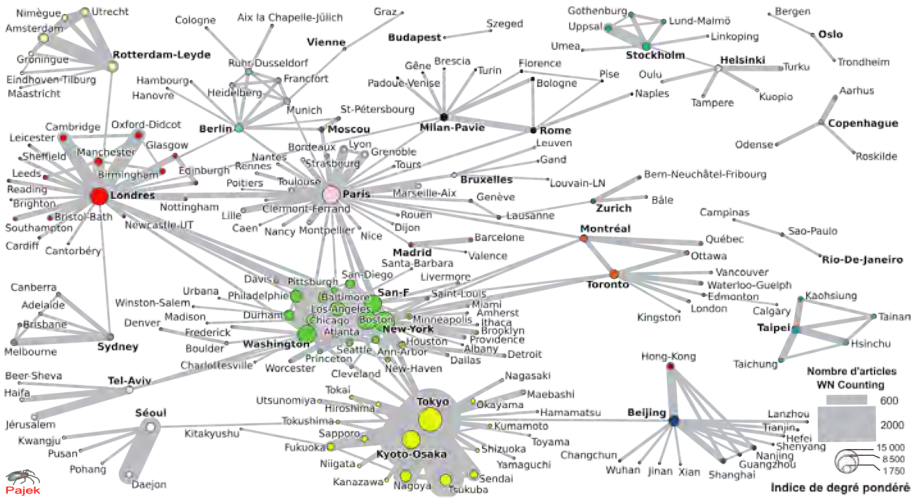

FIGURE 2 – Les principaux flux de collaborations entre les villes en 2000

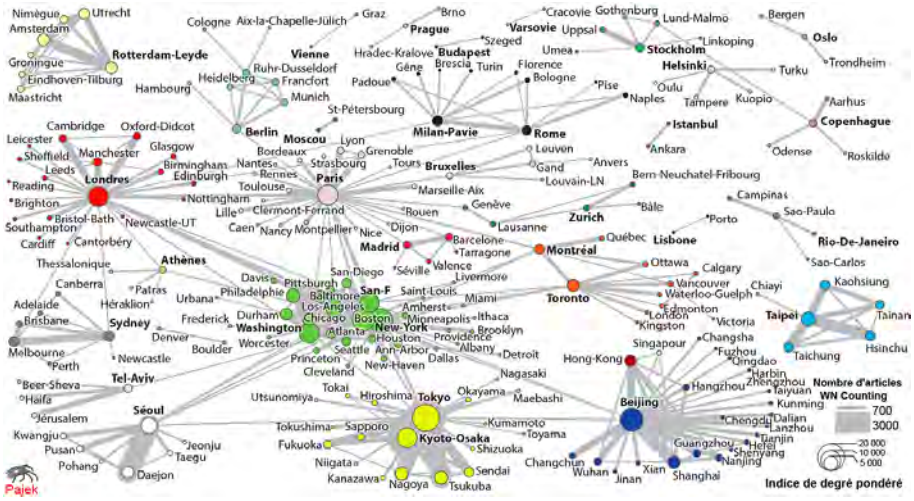

FIGURE 3 – Les principaux flux de collaborations entre les villes en 2007

Tableau 5 – Évolution du réseau de collaborations scientifiques mondiales

Les 508 agglomérations les plus publiantes en 2007*	2000*	2007*	Taux d'évolution
Nombre de liens **	79 500	98 656	0,24
Densité du réseau**	0,617	0,766	0,24
Degré moyen**	312,9	388,4	0,24

(*) Moyennes mobiles sur 3 ans. (**) Les indices ne sont pas pondérés par la valeur des liens

Plus précisément, la connectivité du réseau telle qu'elle est indiquée par les indices de densité et de degré (le premier mesure le nombre de connexions effectuées sur le nombre de connexions possible et le second, le nombre moyen de connexions des villes) augmente de 24 % entre les deux périodes. Ainsi, les trois quarts des connexions possibles entre les 508 villes sont réalisés au cours de la deuxième période. Il faut préciser que les mesures indiquées par le tableau 5 ne tiennent pas compte de la valeur des liens (nombre de cosignataires entre deux villes) mais seulement de leur existence (y a-t-il eu au moins une publication cosignée entre ces deux villes ?).

En 2007, nous ne sommes pas loin d'une situation où toutes les 508 villes sont reliées entre elles par au moins une connexion. Toutefois, il se pourrait que, si l'on tient compte de la valeur des liens (qui indique le nombre total de cosignataires entre chaque couple de villes), nous observions que la tendance à la densification du réseau s'accompagne d'une tendance au renforcement de la centralité des plus grandes villes. Pour tester cette hypothèse, nous avons réalisé le tableau 6 qui indique, au contraire, qu'en part relative, l'intensité des relations dans lesquelles sont engagées les 100 premières villes diminue légèrement au profit du reste de la hiérarchie. Néanmoins, les 100 premières villes sont concernées par la majeure partie des échanges (58,74 %).

Tableau 6 – Distribution de la valeur des collaborations dans le réseau

Part dans le total des collaborations (%)	2000*	2007*
Des 100 premières villes	60,40	58,74
Des villes de 100 à 200	19,17	19,56
Des villes de 200 à 300	10,43	11,04
Des villes de 300 à 400	6,53	6,71
Des villes de 400 à 500	3,47	3,95
Total	100	100

(*) Note manquante

Pour le problème que nous nous posons, les méthodes de partitionnement de type « détection de communauté » sont en mesure d'apporter des réponses instructives. En effet, comme le suggèrent les représentations graphiques, on discerne dans le réseau de collaboration des proximités « régionales » (les pays scandinaves, l'Europe centrale, la connexion entre les États-Unis et le Canada, etc.). Depuis l'article pionnier de Frame et Carpenter paru en 1979, plusieurs travaux en bibliométrie ont mis en avant l'existence de grandes régions cohésives en appliquant des méthodes de partitionnement au réseau des collaborations scientifiques internationales. Cette famille de travaux fait ressortir des « *clusters* », ou groupes cohésifs de pays, c'est-à-dire des ensembles de pays qui collaborent intensément (Frame et Carpenter 1979 ; Schubert et Braun 1990 ; Glänzel 2001). Au cours des années 2000, des chercheurs en informatique et mathématiques ont mis au point et implémenté, dans les logiciels d'analyse de réseaux, des algorithmes nouveaux qui visent justement à délimiter des ensembles cohésifs dans les réseaux (Fortunato 2010). Nous avons choisi de confronter le réseau de collaboration à l'une de ces méthodes appelée « méthode de Louvain » (Blondel *et al.* 2008). L'algorithme sur lequel elle s'appuie consiste à maximiser, pour chaque groupe de villes, la valeur de l'indice de modularité des groupes qui est un indice de cohésion. L'objectif visé est que la densité relationnelle soit plus forte à l'intérieur des groupes qu'entre les groupes. Le résultat est présenté dans la figure 4.

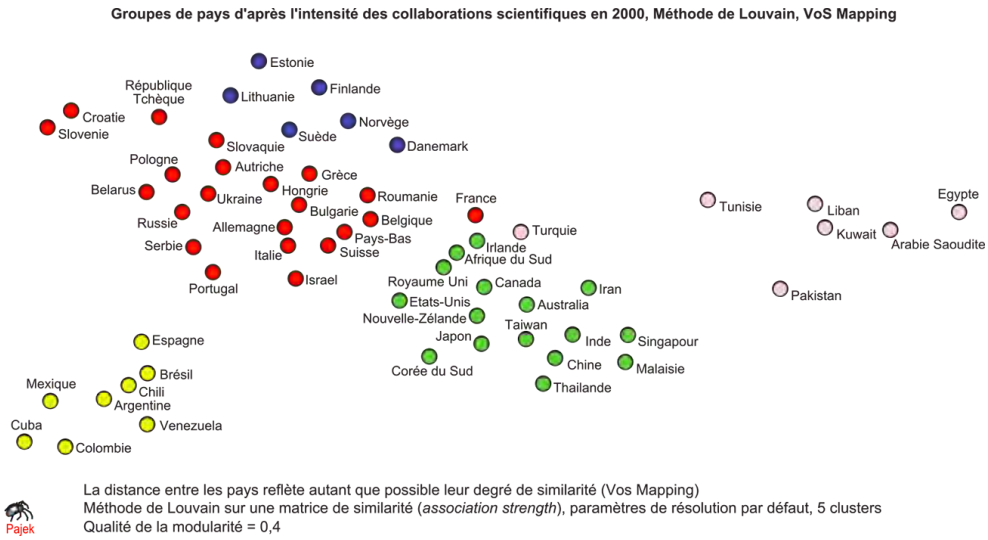

Figure 4 – Clusters de collaboration internationaux

En appliquant cette méthode au réseau des collaborations internationales entre 59 pays en 2000 (les 59 pays qui abritent les 508 agglomérations considérées), nous avons détecté cinq groupes : un groupe scandinave (bleu), un groupe de pays européens (rouge), un groupe de pays hispanophones (jaune), un groupe de pays du Proche et Moyen-Orient (rose), et enfin le groupe comprenant les États-Unis qui inclut le Commonwealth et l'Asie (vert).

Cependant, les groupes ne sont pas isolés les uns des autres, et certains pays ont des relations privilégiées avec des pays à l'extérieur de leur groupe. En effet, la qualité de modularité atteinte par l'algorithme est inférieure à 0,5 ce qui indique que les groupes détectés ne sont pas extrêmement cohésifs. Ce phénomène est visible sur la figure suivante. La distance entre les points sur la figure témoigne de la plus ou moins grande proximité des pays entre eux. Cette distance rend compte de la proximité des pays les uns par rapport aux autres quel que soit leur groupe d'appartenance. Cette représentation a été obtenue avec l'algorithme de visualisation VoS mapping (Van Eck *et al.* 2010). La distance entre les villes dépend de leur indice de similarité, ou « *association strength* » (Van Eck et Waltman 2009). C'est aussi en se fondant sur les matrices de similarité que nous avons détecté les groupes. Pour 2000 et 2007, on obtient des résultats comparables avec une qualité de modularité identique. La seule différence notable, c'est la transition des pays d'Europe de l'Est (Russie, Ukraine, Pologne, Biélorussie) vers le groupe scandinave.

Nous pouvons déduire de cette analyse que si le réseau mondial des collaborations s'est densifié, on observe de moins en moins de membres isolés dans la structure d'ensemble du réseau, telle qu'elle est perceptible à travers les affinités entre les pays et ce d'après l'intensité de leurs relations. Cette structure est par ailleurs restée globalement stable entre 2000 et 2007. L'évolution de la répartition des collaborations souligne une importance toujours majeure des contextes nationaux. Ces résultats suggèrent que la croissance des collaborations ne se fait pas au détriment des collaborations intranationales.

4 Structures nationales et macrorégionales

On est revenu plusieurs fois dans ce texte sur l'importance des contextes nationaux. La science n'est en effet pas détachable des contextes institutionnels (nationaux, supranationaux) dans lesquels elle est organisée. De ce fait, la question de ses structures territoriales peut être interrogée, pays par pays. La série de cartes présentée *infra*, et un tableau de données mesurant le degré de concentration métropolitaine, permettent de décrire plus précisément les structures spatiales de la science, dans chacun des espaces considérés. Le fait le plus marquant est la grande variété des situations (tableau 7 et cartes 5 à 10). Si on se limite aux 11 premiers pays producteurs d'articles répertoriés dans le WoS, on trouve d'impressionnantes différences : 3 pays connaissent un phénomène de primatie très accentué avec plus de la moitié de la production scientifique réalisée dans deux villes seulement (Japon, Australie, Russie). À l'inverse, il faut 8 (Inde), 10 (Allemagne) et surtout 19 villes (États-Unis) pour arriver à ce seuil de 50 %. Les autres pays de la liste sont en position intermédiaire, dont la France, la Chine ou le Royaume-Uni. La conclusion la plus évidente est qu'il n'y a aucun lien entre l'activité d'un système scientifique et son organisation spatiale, la concentration ou dissémination de ses lieux d'activités. Les États-Unis, pays leader, sont de ce point de vue une nation extrêmement polycentrique (il faut cumuler la production des 71 premières villes scientifiques pour arriver à 80 % du total national) alors qu'au Japon on arrive au même seuil avec 9 agglomérations seulement. En Europe, les dissemblances sont nettes aussi : s'opposent, à importance à peu près égale, les concentrations assez fortes du Royaume-Uni ou de la France (une quinzaine de villes

réalisent 80 % de l'activité) à la plus égale répartition en Allemagne (avec 24 centres scientifiques). On voit aussi que l'idée d'une corrélation du dynamisme en termes de publication avec le degré de concentration spatiale est illusoire : parmi les pays les plus concentrés de notre tableau, l'Australie et la Russie ont des dynamiques très différentes : la première progresse en pourcentage du total mondial (2,1 à 2,2 %) tandis que la Russie régresse nettement (2,3 à 1,6 %) entre 1999 et 2007 (tableau 2). La seule corrélation évidente concernerait les pays en croissance forte qui connaissent une montée rapide du nombre de publications associée à une déconcentration géographique notable sur dix ou vingt ans (Grossetti *et al.* 2013a ; Arvanitis *et al.* 2012) : Chine, Brésil, Turquie, Espagne...

Tableau 7 – La concentration métropolitaine de la science dans les onze premières nations scientifiques

Pays	Nombre d'articles moyen	50 %	80 %	95 %
États-Unis	349 335	19	71	173
Chine	101 350	5	15	35
Royaume-Uni	98 905	5	15	30
Japon	86 484	2	9	30
Allemagne	86 091	10	24	41
France	58 917	4	13	32
Canada	54 349	4	10	21
Australie	32 609	2	5	11
Brésil	24 738	4	17	43
Russie	23 835	2	11	36
Inde	15 952	8	34	90

Données : Web of Science 2006-2008 (toutes disciplines confondues)

Tableau 8 – L'évolution de la concentration métropolitaine dans quatre pays européens : France, Espagne, Allemagne, Royaume-Uni (extraction du tableau 3)

Part de la capitale*	2000	2007
Paris	37,2	34,8
Londres	26,2	25,6
Madrid	27,0	24,3
Berlin	10,0	10,6

**En pourcentage du total national*

On peut, pour terminer cette réflexion, mettre un rapide coup de projecteur sur les quatre pays européens et voir comment évolue le poids de leur capitale par rapport au reste du système scientifique national : la France, l'Espagne, l'Allemagne et le Royaume-Uni (tableau 8).

Dans les trois pays historiquement les plus centralisés (France, Espagne, Royaume-Uni), et où la capitale est de loin le producteur scientifique le plus important, on note une légère mais significative déconcentration. Ce mouvement, observé sur la première décennie du siècle actuel, est la suite d'une évolution entamée plus anciennement, entre les années 1980 et 1990 (Grossetti, Losego et Milard, 2009). Tout se passe comme si l'avantage d'être le centre politique et institutionnel majeur pesait moins que par le passé, peut-être du fait d'une décentralisation progressive des institutions scientifiques et du rôle croissant des centres universitaires non liés à la capitale. L'Allemagne est un contre-exemple flagrant de cette tendance, avec une légère augmentation du poids de Berlin. Mais là le poids de la réunification et de la restructuration institutionnelle de l'Est de l'Allemagne a sans doute pesé.

Conclusion générale

Quel peut être l'apport de nos constatations pour la réflexion générale sur la constitution des espaces nationaux de la science ? Cette étude met en évidence des effets de structure sur la distribution de l'activité scientifique, où apparaît l'influence de très long terme des histoires institutionnelles sur la localisation de la recherche. On ne peut en effet comprendre les différences très considérables entre les pays où l'activité est très concentrée en peu de métropoles (Russie, France, Royaume-Uni) et ceux où le système scientifique est beaucoup plus polycentrique (Allemagne, États-Unis) qu'en analysant l'histoire du monde académique dans chacun de ces pays. Les structures présentes sont le résultat de la composition de plusieurs facteurs. La structure des systèmes urbains nationaux en eux-mêmes, dans le cas de l'Australie, du Royaume-Uni, du Japon ou de la France, fait qu'à un système des villes fortement hiérarchisé correspond un niveau de concentration de l'activité élevé. À l'inverse, l'Allemagne au système urbain polycentrique a un système scientifique également assez peu concentré. Les États-Unis sont sans conteste le cas le plus original, avec un décalage entre un système métropolitain très marqué et un réseau de villes scientifiques où le poids des grandes métropoles est finalement assez restreint.

Sur la période récente, nos résultats mettent en évidence deux tendances très importantes qui contredisent les discours les plus courants :

- une tendance à la déconcentration de la géographie de la production scientifique et à la diversification des villes qui y contribuent : de plus en plus de villes participent à la l'activité ;
- le maintien, voire le renforcement, des contextes nationaux pour les collaborations scientifiques.

À rebours des discours sur l'inéluctable concentration et la suprématie croissante des très grands pôles scientifiques, l'analyse bibliométrique menée à l'échelle mondiale pour la première fois et sur la base d'entités urbaines clairement identifiées, démontre

l'aplatissement graduel des hiérarchies entre les villes et la diversification des espaces de production du savoir, tant dans les pays en voie de développement rapide de leur système scientifique que dans ceux dont le système de recherche est plus anciennement établi.

De même, contrairement à la vision d'une science totalement globalisée, l'analyse systématique des réseaux de cosignataires d'articles démontre le maintien et parfois l'accroissement de l'importance des cadres nationaux. Ces réseaux de cosignataires montrent la coexistence d'échelles multiples de collaboration qui vont de l'intra-urbain (collaborations locales) à l'international en passant par le niveau national et macrorégional. Tous ces niveaux progressent aux dépens des articles écrits sans collaboration.

En combinant donc l'analyse de structure (répartition de l'activité) et l'analyse des évolutions récentes, on constate que l'impact des phénomènes d'échelle nationale reste très important, sans que cela bien sûr ne vienne contredire les tendances à l'internationalisation de l'activité scientifique. Logiques nationales, ancrages locaux dans les systèmes urbains et développement tous azimuts des collaborations ne sont donc, dans le paysage actuel, nullement incompatibles.

.

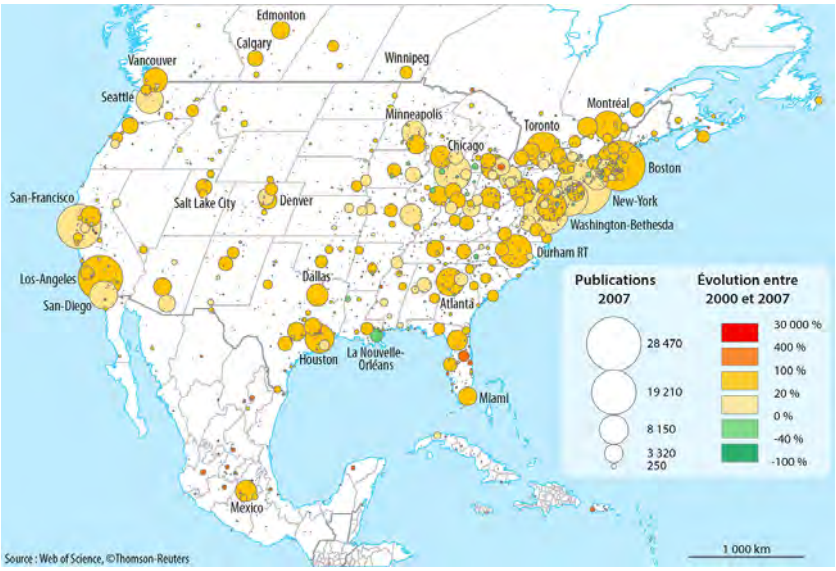

Figure 5 – Amérique du Nord

Commentaire : La carte de l'Amérique du Nord est écrasée par l'importance de la production des villes étasuniennes, qui cumulées pèsent 35 % du total mondial. La carte nous montre (et les statistiques de concentration métropolitaine le confirment) que le maillage du territoire des États-Unis par les villes scientifiques est très serré. Calée bien sûr dans ses grandes masses sur la distribution de la population dans les États (et du poids des villes des villes côtières), cette carte n'est pas néanmoins le reflet des grandes concentrations métropolitaines ou de la carte des universités connues mondialement : de multiples centres petits et moyens apparaissent, bien sûr dans le Centre-Est, mais aussi compris dans des États assez peu peuplés (notamment du Nord-Ouest : Nebraska, Wyoming, Montana. . .). Seul le Nevada a une distribution de la production scientifique réduite à sa plus simple expression et à deux ou trois centres. Le fait majeur est donc le caractère profondément polycentrique de la science américaine, pour de multiples raisons institutionnelles, où le caractère fédéral du pays joue un rôle important.

.

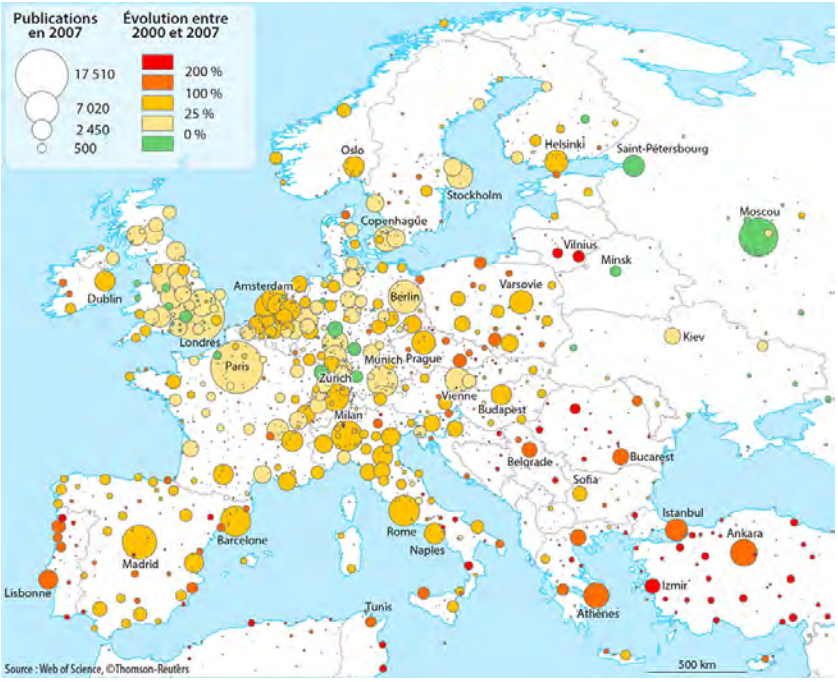

Figure 6 – Europe

Commentaire : La production scientifique en Europe suit largement l'organisation des systèmes urbains. On voit bien, malgré certains effets de concentration métropolitaine dans les grandes villes de quelques pays (France, Grèce, Espagne, surtout Russie), à quel point l'activité scientifique est multipolaire. Du point de vue de l'évolution sur la décennie, le cœur de l'Europe communautaire (avec la Suisse) est caractérisée par une évolution plutôt lente, tandis que les fortes croissances sont plutôt à voir dans les (Portugal, Turquie, nouveaux membres orientaux de l'UE). Ukraine, Russie, Biélorussie restent marquées par des évolutions beaucoup moins positives.

.

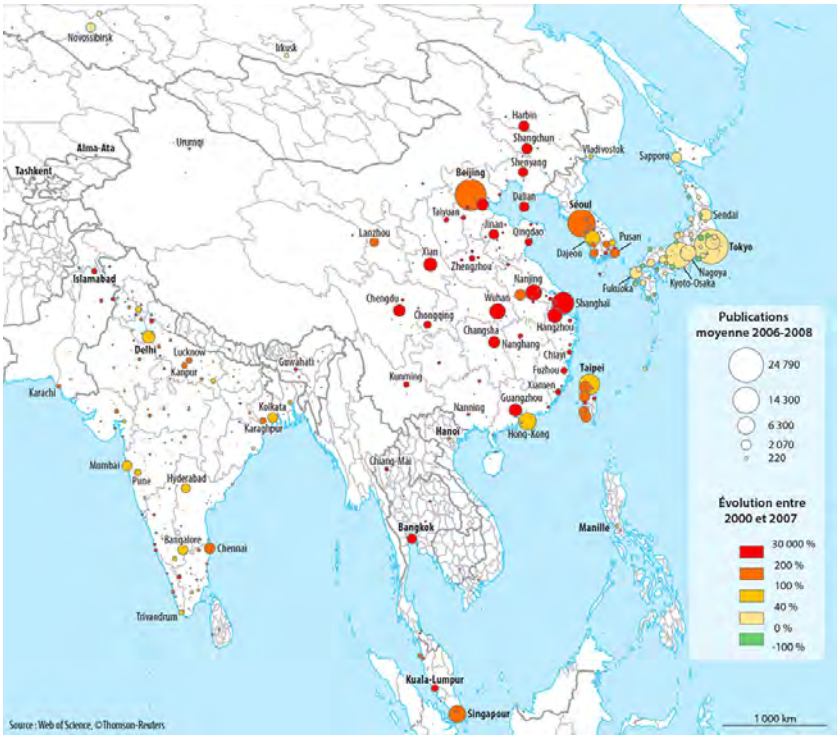

Figure 7 – Inde

Commentaire : L'Inde fait partie des pays asiatiques dont le système universitaire est ancien. Pays aujourd'hui « émergent », la croissance de la science n'y est néanmoins pas aussi rapide que dans quelques autres nations de la zone (Corée du Sud, Chine bien sûr). Ce qui frappe, c'est le caractère multipolaire de la carte scientifique : même si des métropoles connues sont bien identifiables (Delhi – Mumbai – Calcutta), plusieurs grands ensembles denses sont visibles (Penjab, Sud de l'Inde) et le maillage du territoire par des centres à l'activité significative est remarquable.

.

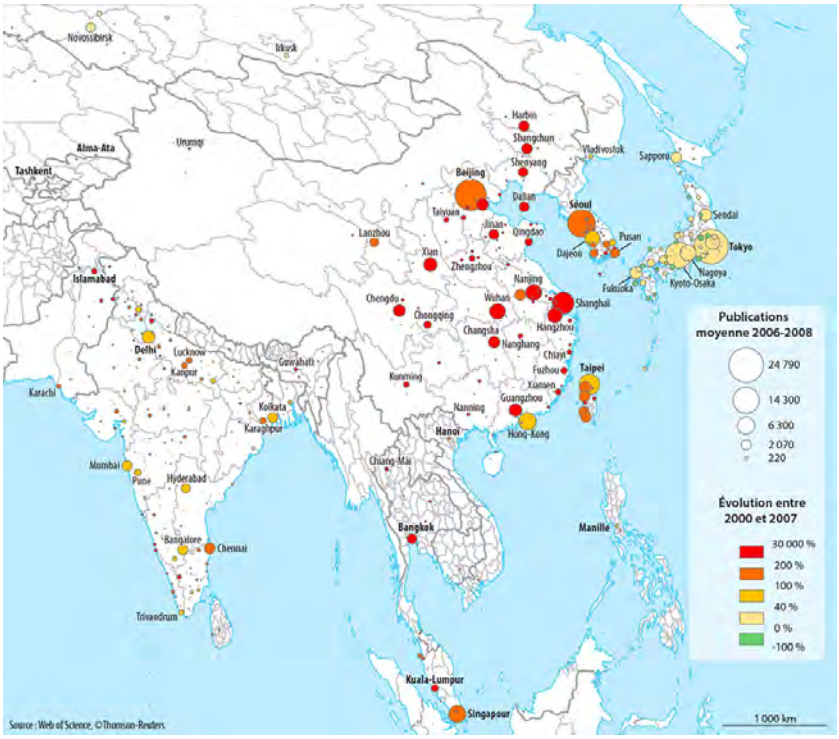

Figure 8 – Chine

Commentaire : On parle abondamment de la Chine, pays dont la croissance en général et singulièrement la croissance scientifique sont spectaculaires depuis plus d'une décennie. Ce que montrent les données de publication, c'est que la croissance des plus grands centres est plus lente que les centres secondaires ou plus petits encore. La répartition des articles chinois publiés dans le Wos, après avoir été très concentrée autour des années 1999-2000 dans 3 grands pôles scientifiques (Beijing, Shanghai, Hong Kong), est beaucoup plus fidèle à la distribution des grands centres métropolitains, le poids des capitales provinciales (qui sont généralement de très grandes villes) est nettement plus fort que 10 ans avant. La croissance et la déconcentration sont donc allées de pair.

.

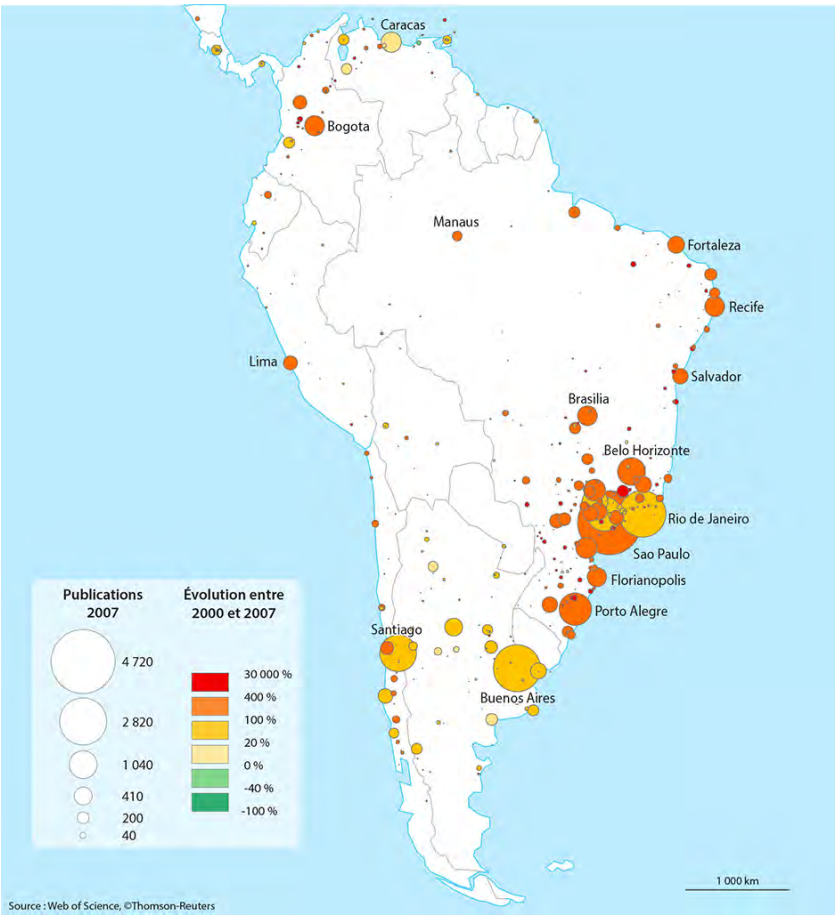

Figure 9 – Amérique du Sud

Commentaire : À l'échelle du continent sud-américain, la carte de la production scientifique est très discriminante, et aboutit à mettre en évidence trois pays : le Brésil, l'Argentine et le Chili, dans une moindre mesure la Colombie. Les systèmes scientifiques les plus développés sont à l'évidence polycentriques : c'est très visible pour le Brésil, où les principales métropoles (le duopôle Rio-Sao Paulo en particulier) voisinent avec un dense semis de centres scientifiques d'importance très diverse.

.

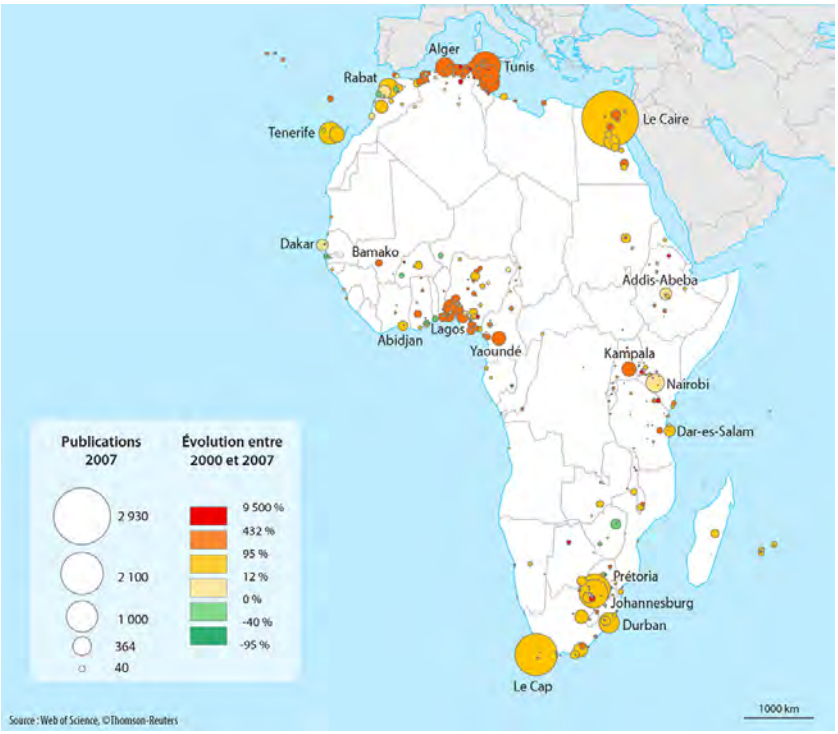

Figure 10 – Afrique

Commentaire : Le continent africain, zone de faible production scientifique dans l'ensemble, est aussi très segmenté entre quelques régions à activité notable (Afrique australe, Égypte, Maghreb, pays anglophones du Golfe de Guinée, dans une moindre mesure l'Afrique de l'Est) et de grands espaces où aucune ville ne se signale par une production scientifique quantitativement significative. La variété des organisations spatiales frappe également : à la situation très polycentrique au Nigeria (ou algérienne) s'oppose la concentration égyptienne.

Références

ADAMS, J., & PENDLEBURY, D. (2010). *Global Research report. United States*, Leeds, Thomson Reuters.

ARVANITIS, R., ECKERT, D., & JEGOU, L. (2012). La science au service de la puissance, in *Mondes émergents. Atlas 2012 du Monde Diplomatique*, p. 70-73

BLONDEL, V., GUILLAUME, J.-L., LAMBIOTTE, R., & LEFEBVRE, E. (2008). Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics*, 2008 (10).

BONACCORSI, A., & DARAIO, C. (2005). Exploring size and agglomeration effects on public research productivity. *Scientometrics*, 63 (1), p. 87-120.

BORNMANN, L., LEYDESDORFF, L., WALCH-SOLIMENA, C., & ETTL, C. (2011). Mapping excellence in the geography of science : An approach based on Scopus data. *Journal of Informetrics*, 5 (4), p. 537-546.

ECKERT, D., BARON, M., & JEGOU, L. (2013). Les villes et la science : apports de la spatialisation des données bibliométriques mondiales. *M@ppemonde*, n° 111.

FORTUNATO, S. (2010). Community detections in graphs. *Physics and Society*, (486), p. 75-174.

FRAME, J. D., & CARPENTER, M. P. (1979). International research collaboration. *Social Studies of Science*, 9 (4), p. 481-497.

GAUFFRIAU, M., OLESEN LARSEN, P., MAYE, I., ROULIN-PERRIARD, A., & VON INS, M. (2008). Comparisons of results of publication counting using different methods. *Scientometrics*, 77/1.

GINGRAS Yves, 2014. *Les dérives de l'évaluation de la recherche. Du bon usage de la bibliométrie*, Paris, raisons d'agir.

GLANZEL, W. (2001). National characteristics in international scientific co-authorship relations. *Scientometrics*, 51 (1), p. 69-115.

GROSSETTI, M., LOSEGO, P. et MILARD B. (2009). La territorialisation comme contrepoint à l'internationalisation des activités scientifiques, in Philippe Laredo, Jean-Philippe Leresche et Karl Weber (dir.), *L'internationalisation des systèmes de recherche en action. Les cas français et suisse*, Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, p. 281-300.

GROSSETTI, M., ECKERT, D., JEGOU, L., GINGRAS, Y., LARIVIERE, V., & MILARD, B. (2013a). Cities and the geographical deconcentration of scientific activity : A multilevel analysis of publications (1987-2007). *Urban Studies*, 51 (10), p. 2219-2234.

GROSSETTI, M., ECKERT, D., JEGOU, L., MAISONOBE, M., GINGRAS, Y., & LARIVIERE, V. (2013b). La diversification des espaces de production du savoir. *Ceriscope*. Sciences-Po CERI : http ://ceris cope.sciences-po.fr/puissance/content/part2/la-diversification-des-espaces-deproduction-du-savoir.

HOEKMAN, J., FRENKEN, K., & OORT, F. (2008). The geography of collaborative knowledge production in Europe. *The Annals of Regional Science*, 43 (3), p. 721-738.

HONG, W. (2008). Decline of the center : The decentralizing process of knowledge transfer of Chinese universities from 1985 to 2004. *Research Policy*, 37 (4), p. 580-595.

LARIVIERE, V, GINGRAS, Y, & ARCHAMBAULT, E. (2009). The decline in the concentration of citations, 1900 – 2007. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60 (4), p. 858-862.

LEYDESDORFF, L., & PERSSON, O. (2010). Mapping the Geography of Science : Distribution Patterns and Networks of Relations among Cities and Institutes.

LUUKKONEN, T., PERSSON, O., & SILVERSTSEN, G. (1992). Understanding Patterns of International Scientific Collaboration. *Science Technology and Human Values*, 17 (1), p. 101-126.

MATTHIESSEN, C. W., SCHWARZ, A. W., & FIND, S. (2010). World Cities of Scientific Knowledge : Systems, Networks and Potential Dynamics. An Analysis Based on Bibliometric Indicators. *Urban Studies*, 47 (9), p. 1879-1897.

SCHUBERT, A., & BRAUN, T. (1990). International collaboration in the sciences 1981 – 1985. *Scientometrics*, 19 (1), p. 3-10.

VAN ECK, N. J., & WALTMAN, L. (2009). How to Normalize Cooccurrence Data ? An Analysis of Some Well-Known Similarity Measures. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60 (8), p. 1635-1651.

WAGNER, C. S. (2008). *The New Invisible College : Science for Development*. Brookings Institution Press.

WALTMAN, L., VAN ECK, N. J., & NOYONS, E. C. M. (2010). A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks. *Journal of Infometrics*, 4 (4), p. 629-635.

ZHOU, P., & GLANZEL, W. (2010). In-depth analysis on China's international cooperation in science. *Scientometrics*, 82 (3), p. 597-612.

ZITT, M., BASSECOULARD, E., & OKUBO, Y. (2000). Shadows of the past in international cooperation : Collaboration profiles of the top five producers of science. *Scientometrics*, 47 (3), p. 627-657.

Deuxième partie

L'institutionnalisation de la science dans les grandes régions du monde entre internationalisation et construction nationale

L'Afrique
Entre sciences nationales et marché international du travail scientifique

Roland Waast et Jacques Gaillard

Ce chapitre est consacré à l'état présent des sciences en Afrique. Il porte une attention particulière aux « petits pays scientifiques », rarement étudiés et nombreux en Afrique subsaharienne

Il comprend trois sections :

- une vue d'ensemble, distinguant plusieurs régions et discutant quelques données chiffrées (investissement en R & D, ressources humaines, production scientifique) ;
- une section consacrée aux évolutions dans les plus petits pays scientifiques ;
- une section consacrée à la globalisation, à ses effets ambigus et aux initiatives qu'elle suscite.

1 Vue d'ensemble

1.1 Les trois Afriques

À grands traits, l'Afrique scientifique se répartit en trois zones bien différenciées.

L'Afrique du Sud est le plus gros producteur du continent (à elle seule : plus d'un tiers des articles indexés dans le *World of Science*). Elle dispose d'un appareil de recherche robuste et performant, composé de « conseils » (ou instituts de recherche spécialisés, en santé, agriculture, sciences de l'ingénieur, technologies de pointe) et d'universités (dont cinq ou six d'excellence et une dizaine de qualité). Née d'une longue histoire (Boshof *et al.*, 2001), puissamment renforcée pendant la Seconde Guerre mondiale, privilégiée sous l'apartheid et soigneusement entretenue par la suite, la recherche sud africaine traverse depuis peu une crise : profession moins attractive

(au regard d'opportunités offertes dans le secteur privé), exigences de productivité accrues (autofinancement des conseils, formation de masse en universités), tensions liées à un changement de générations et de style. Le *brain drain* est intense : interne – notamment les meilleurs étudiants noirs – et externe – vers les pays anglophones les plus développés. Cependant, la communauté scientifique reste fortement structurée, ferme dans ses valeurs, largement appuyée par l'État et soutenue par l'opinion publique. Les performances en termes d'articles publiés tendent à faiblir, mais les résultats pertinents et appliqués restent forts. Le pays est recherché par les coopérations internationales, mais s'intéresse aussi au reste du continent : il ne s'y contente pas d'y occuper une première place indiscutée, mais tâche d'y bâtir un leadership au moyen de collaborations ciblées, patientes et débordant sa région.

L'Afrique du Nord (de l'Égypte au Maghreb) est une zone où la science est en expansion plus rapide qu'ailleurs dans le monde. Ses assises sociales restent cependant fragiles. *L'Égypte* est une terre ancienne [1] du développement des sciences : y compris celui de la science « moderne », dès le XIXe siècle, avec une forte connotation sociale et nationale [2]. Les universités (publiques et privées) y sont aujourd'hui nombreuses, surchargées, chaotiques. Quelques unes dispensent cependant un très bon enseignement de 2e cycle, et malgré leur dénuement budgétaire se flattent de résultats de recherche reconnus (Radi, 2001). Sans véritable budget pour cette activité, leurs laboratoires doivent toutefois conquérir des aides extérieures. Parallèlement, les « Instituts » plus ou moins finalisés occupent un grand nombre de chercheurs à plein temps, reçoivent un meilleur financement du gouvernement, et font preuve d'initiatives et de performances variées (Le Chalony, 2010). Le soutien de l'État est à éclipses, induisant des résultats en dents de scie. Mais le pays est la cible de coopérations internationales indéfectibles (car il est stratégique), et la science en bénéficie significativement [3]. Avec cela l'Égypte se place au 2e rang des producteurs de science en Afrique, avec de remarquables positions de tête en ingénierie non seulement sur le Continent, mais aussi bien parmi les pays arabes.

Le Maghreb fait preuve depuis trois décennies d'un dynamisme exceptionnel. Le Maroc, l'Algérie et la Tunisie sont des pays « intermédiaires » (par leur richesse), très liés à l'Europe, familiers de ses institutions éducatives et scientifiques, dont les responsables ont adopté le modèle après avoir souvent forgé et exercé leurs compétences en leur sein. Les collaborations scientifiques sont intenses et durables (notamment avec la France). Mais ce n'est pas là qu'il faut chercher la clé d'un essor surprenant. Les raisons sont endogènes, et paradoxalement très différentes. La Tunisie, sans ressources naturelles, est le seul des trois pays qui clame sa foi dans la science comme source de lumières et levier de développement. La profession (ingénieurs, enseignants et chercheurs) y est respectée, et le gouvernement a assuré un soutien budgétaire sans faille pendant plus de trente ans. En Algérie, une fraction technocratique issue de la lutte pour l'indépendance est venue un temps au pouvoir. C'est elle qui a développé l'industrialisation, et par ricochet une science nationale nichée dans deux métiers :

1. Antique devrait on dire, et la fierté nationale fait que cela compte.
2. Voir G. Alleaume (1993) ; A. Roussillon (1995) ; Siino (2003).
3. Les coopérations souvent pertinentes des États-Unis (US-AID ou fondations) ont permis à d'excellents laboratoires de s'épanouir, selon des modèles assez différents (Le Chalony, 2010).

enseignement et fonction technique publique. Ceux-ci ont intégré la recherche à leur modèle de professionnalisation. Une vive dynamique en a résulté, liée à des valeurs et qui perdure. Au Maroc, l'essor de la recherche est venu par inadvertance. Il tient à la régulation de la profession d'enseignant supérieur, exigeant pour franchir les grades de réaliser des thèses. Nul financement n'y a été affecté, obligeant à compter sur les apports d'une coopération internationale formelle ou informelle. C'est seulement en 1998 (et pendant quatre ans !) qu'un ministère à la Recherche est créé. Il se montrera très actif, et obtiendra l'identification de budgets significatifs, qui demeurent [4]. Aujourd'hui, au-delà des limites d'un exercice académique et individuel il reste à inventer un nouveau « moteur de la recherche », appelant une politique sur laquelle certains pays hésitent. Malgré les doutes qui agitent leurs gouvernements, distillant des soutiens irréguliers, l'activité de recherche n'en est pas moins bien instituée dans le Maghreb, appuyée sur des établissements convenablement tenus et réalisée par une profession bien traitée.

L'Afrique subsaharienne est un terreau fécond qui a produit nombre d'intellectuels : leur qualité est depuis longtemps connue dans les pays du Nord, où beaucoup sont venus parachever leurs études ou faire carrière. Il leur est malheureusement difficile d'épanouir leur talent à l'égal dans leur patrie. Sous développement et marginalisation s'y conjuguent pour rendre le métier difficile, et les communautés scientifiques sont restreintes. En outre, les années 1990 ont vu le retrait radical des États (qui ne financent plus ni équipement, ni maintenance ni soutien des programmes), et la vertigineuse dévaluation de la profession dont les salaires sont devenus insuffisants pour nourrir une famille. Ce nouveau cours a déterminé le passage des sciences nationales à un *libre marché du travail scientifique* (Waast, 2001). Les 20 % de chercheurs statutaires (plus ou moins 10 %) restant actifs se sont mis à exercer dans le cadre de l'intérim, sur commande d'une demande étrangère (principalement ONG relayant les inquiétudes du Nord à l'égard du Sud : environnement, maladies émergentes, migrations, « gouvernance »...). Cette recherche s'effectue souvent hors les murs des institutions. Selon F. Ndiaye (2000), trois modèles de la réussite se proposent aux chercheurs : celui de la figure *académique* (de plus en plus rarement suivi), celui du *militant* (dans le cadre des syndicats, des oppositions ou des gouvernements eux-mêmes) et celui du *consultant* (le modèle le plus courant, pour partie ou totalité de l'activité, et par nécessité). En ce cas, la recherche est poursuivie pour les bénéfices qu'elle procure, plus que pour l'avancement des connaissances. La hiérarchie des disciplines s'est modifiée (sans demande, les sciences de base sont déconsidérées). La profession est atomisée et les valeurs ont changé. La transition ne va pas sans tensions : entre générations comme entre modèles de professionnalisation [5]. L'agenda est étroit, et la division du travail inégale ; nombre de chercheurs s'estiment réduits au rôle de simples pourvoyeurs de données. Bien qu'ils ne contribuent guère, les gouvernements se plaignent d'être court-circuités par les bailleurs, qui négocient directement avec laboratoires et individus de leur choix.

4. L'action de ce ministère a été multidimensionnelle. Il a surtout réconcilié les chercheurs avec la nation, et avec le gouvernement. (Kleiche et Waast, 2008).

5. Générations : la jeune génération a souvent un statut précaire, le recrutement sur postes étant gelé depuis près de deux décennies. Modèle professionnel : la recherche de base et la science appliquée polémiquent souvent sur leurs mérites respectifs.

Mais il faut nuancer ce diagnostic tranché. Il existe des initiatives de contre courant : personnelles, institutionnelles voire politiques. Dans les plus petits pays on rencontre une poignée de chercheurs de vocation et de qualité. La simple bibliométrie fait ressortir des domaines d'excellence, parfois incongrus et qui trouvent leurs origines dans une histoire singulière [6]. Les figures de proue, les cercles de spécialistes assurent envers et contre tout la maintenance de la recherche et la propagation de son goût. Plusieurs établissements sont robustes et proactifs, dans cette période de dénuement budgétaire. Des changements politiques ont amené certains États à réviser leur comportement et à réinvestir dans les activités de recherche (ainsi au Nigeria). Nombre de pays africains réagissent également en mettant en place, notamment depuis la fin des années 2000, des fonds compétitifs nationaux de financement de la recherche [7]. Les années 2000 ont aussi vu des coopérations du Nord, inquiètes, se mobiliser pour assurer un vrai renouveau de la recherche. Plusieurs ont entrepris des actions de long cours, comme celles de la Suède, de la Norvège, des Pays-Bas, de la Suisse (sans compter la France) (Gaillard, 1999). Les États-Unis n'ont pas été en reste (avec de forts investissements dans le Nepad, et plusieurs pays cible (Ouganda, Ghana, Sénégal...). Des Fondations puissantes sont entrées dans le jeu (Ford, B & M Gates, Rockefeller, Carnegie, Mac Arthur, Kellog's, etc.) (Barro, 2012). Des organisations internationales (l'OMS et l'IFS en particulier) jouent un rôle discret mais décisif pour maintenir à niveau des laboratoires qualifiés, et soutenir sur place de jeunes chercheurs prometteurs. Le modèle professionnel a certes changé : il intègre beaucoup mieux qu'avant le souci de pertinence et d'application (Fauroux, 2010). Ainsi, les « petits pays scientifiques » ne sont pas des déserts de recherche ; mais partout des figures, des cénacles, des môles d'excellence sont ancrés, des idées originales prennent forme et forcent l'attention. Nous reviendrons à loisir plus loin sur ces dynamiques. Il nous faut d'abord donner quelques chiffres pour fixer des ordres de grandeur et amorcer des comparaisons.

1.2 Quelques données chiffrées

Toutes les données nécessaires pour situer les 52 pays africains, et pour établir des comparaisons entre eux sont loin d'être disponibles. On s'en tiendra ici à quelques indicateurs très classiques :

- le nombre d'articles scientifiques annuels publiés pour signifier la production (source : WoS) ;
- la dépense de recherche rapportée au PNB pour signifier l'intérêt du public et de l'État ;
- et le stock de chercheurs « équivalent plein temps » disponible dans le pays (source : UIS) [8].

Ces indicateurs sont sommaires, et parfois trompeurs. Ils nous suffiront pour une vue cavalière. On notera cependant que si la production d'articles indexés dans des

6. Par exemple en physique théorique au Bénin, en mathématiques au Cameroun et au Bénin, etc.

7. Le recensement et l'analyse de ces fonds font l'objet d'une étude en cours financée par le CRDI (Canada) pilotée par le CREST de l'Université de Stellenbosch.

8. Sources : SCI = *Science Citation Index* ; UIS = Institut de statistiques de l'UNESCO. La qualité de ces sources (UIS) et leur sens (SCI) font débat. On en trouvera la discussion in Gaillard (2010a).

revues internationales est partout bien connue, la dépense de recherche et le stock de chercheurs ne le sont que pour moins de la moitié des pays africains.

1.2.1 Situation de la production scientifique africaine dans le monde

L'Afrique compte pour environ 1,8 % de la production mondiale. Cette proportion est relativement stable depuis une trentaine d'années. Mais il faut en voir la composition (inégale) et les évolutions (très variées). Il n'est pas mauvais de faire à ce sujet une comparaison avec d'autres régions. Le tableau ci-après présente le score de publications annuelles indexées par le *Science Citation Index* (WoS) pour les pays d'Afrique, et pour une gamme de pays d'autres continents. Les pays sont classés par ordre décroissant de leurs contributions.

Légende du tableau 1. En jouant sur la taille des polices et leur mise en relief (italiques, gras), nous avons cherché à rendre compte des dynamiques.

Les pays dont la production s'est *multipliée par plus de 2,5* fois au cours des vingt dernières années (1990-2010) sont présentés en italique et police 9, en italique gras si le coefficient multiplicateur est supérieur à 5, en taille 10 et en gras si ce coefficient dépasse 10 (avec couleur verte s'il dépasse les 20 fois).

La norme habituelle est un multiplicateur de 1, 5 à 2,5 fois. À titre d'exemples, les États-Unis ont augmenté leur production indexée de 1,6 fois en 20 ans ; la France et l'Allemagne de 2,2 fois ; et nombre de pays – africains ou pas – sont dans le même cas. Nous leur affectons une police simple de taille 8.

Quelques pays enfin sont au dessous de ces seuils, ou régressent (multiplicateur inférieur à 1). Nous les représentons en police 7 [passés en violet]

Tableau 1 – Distribution des pays selon le nombre de leurs publications (SCI en 2010), et la croissance de leur production en 20 ans (1990-2010). Afrique et pays témoins

	OCDE, et Est de l'Europe	Asie, Pcf, Proche et Moyen-Orient	Amérique latine	Afrique
Plus de 20 000 articles par an	USA (400 000) UK (105 000) Japon (87 000) France (73 000) *+ 12 autres pays*	**Chine** (145 000) Inde (46 000) **Corée S.** (45 000) **Taïwan** (26 000) Turquie (25 000)	**Brésil** (36 000)	
De 5 000 à 20 000	Belgique (19 500) *+ 11 autres pays*	**Iran** (19 000) Israël (13 000) **Singap.** (10 000) *Malaisie* (6 300) ***Thaïlande*** (6 200)	*Mexique* (10 000) Argentine (8 500) *Chili* (5 100)	Rep. Af. Sud (7 800) Égypte (6 100)

De 1000 à 5000	Serbie (4 400) *+ 8 autres pays*	Pakistan (4 800) **Arabie S.** (3 900) ***Vietnam*** (1 300) Jordanie (1 200) Indonésie (1 200) ***Émirats*** (1 100) B. Desh (1 100)	*Colombie* (2 800) Venezuela (1 350)	***Tunisie*** (3 100) *Algérie* (1 750) ***Maroc*** (1 600) **Nigeria** (1 400) Kenya (1 200)
De 500 à 1 000	Islande (900) *+ 4 autres pays*	Philippines (950) *Liban* (850) **Koweït** (700) Sri Lanka (540)	*Cuba* (800) *Uruguay* (700) Pérou (680)	***Ouganda*** (700) ***Cameroun*** (630) *Tanzanie* (590) Éthiopie (540)
De 250 à 500	Bosnie (490) et *5 autres pays*	*Oman* (440) ***Qatar*** (400) Syrie (350) *Népal* (350)	Costa Rica (450) Équateur (330) Panama (330)	***Ghana*** (470) **Soudan** (320) Sénégal (300) *Malawi* (270) *Burkina F.* (260)
De 125 à 250	Albanie (160) et *4 autres pays*	Mongolie (190) Libye (190) **Bahreïn** (150) Cambodge (140) **Yêmen** (120)	**Jamaïque** (200) Bolivie (200) Trinité & T. (180) **Guatemala** (120)	**Zimbabwe** (230) **Côte d'Ivoire** (220) *Bénin* (200) Zambie (200) Madagascar (180) Guinée (150) *Mali* (150)
De 50 à 125	Monaco (90) et *2 autres pays*	Laos (100) Myanmar (50) *et 3 autres pays*	Nicaragua (70) Paraguay (70) *et 4 autres pays*	Botswana (125) Gambie (120) Mozambique (110) Gabon (100) Congo (100) Congo Z (90) Rwanda (90) Maurice (80) Niger (80) Namibie (60) Swaziland (60) Togo (60)
De 3 à 50	12 pays	15 pays	10 pays	17 pays*
Peu de science visible	1/5	1/3	1/3	1/3

** 20 à 30 publications : Angola (30), Centrafrique, S. Leone, Burundi, Seychelles, Guinée B., Lesotho, Mauritanie. De 3 à 20 publications : Erythrée (15), Cap Vert, Tchad, Liberia, Djibouti, Comores, Guinée Equat., S. Tome & P., Somalie (3).*

Un regard à ce tableau montre certes l'avance de la « Triade » (États-Unis / Japon / Europe). Mais il fait aussi ressortir que les plus puissants dynamismes sont désormais

du côté des ex pays « en développement [9] ». L'Afrique n'est pas en reste. On y note la montée en *puissance des pays du Maghreb* (déjà signalée), et la *croissance soutenue de pays subsahariens* (les plus en vue étant le Cameroun, le Ghana, l'Ouganda ; et encore la Tanzanie, le Malawi, et de façon peut être plus inattendue le Burkina ou le Bénin). Beaucoup d'autres pays progressent conformément à la moyenne mondiale (y compris les deux leaders du continent : l'Afrique du Sud et l'Égypte). Quelques pays sont en évidente difficulté : l'Éthiopie, le Soudan, le Zimbabwe, la Côte d'Ivoire qui eurent pourtant de beaux débuts. Il faut enfin mentionner les plus de vingt pays dont la production est infime, irrégulière, et quasi invisible ; cela représente un tiers de l'Afrique ; mais une telle proportion se retrouve sur les autres continents.

1.2.2 Richesse et développement scientifique

La réussite en termes de publications n'est pas exactement liée à la « richesse ». La courbe suivante montre le décalage entre PNB (par habitant) et publication. Elle est établie pour trente pays d'Afrique bien documentés, couvrant les divers types d'économie.

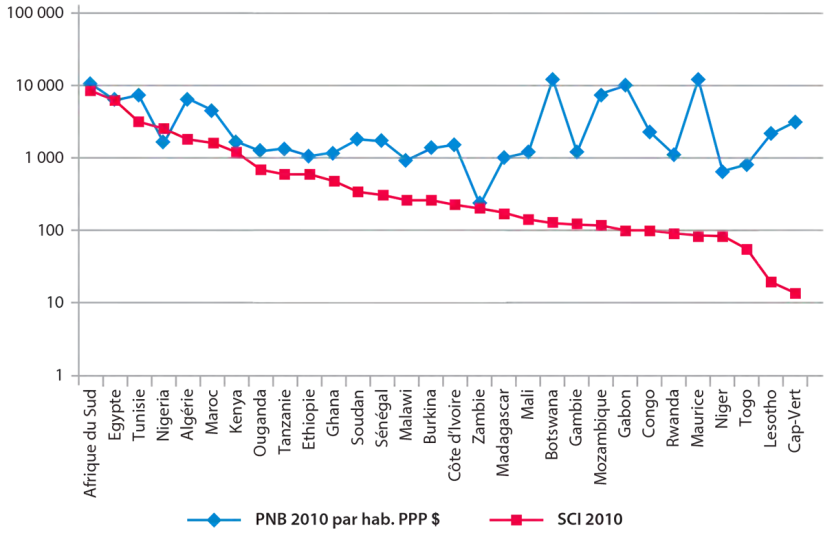

FIGURE 1 – Comparaison du PNB par habitant et du Nombre de Publications par pays.

1.2.3 Investissement dans la recherche et résultats scientifiques

C'est que la production reflète aussi une politique des États à long terme (dépense de recherche, recrutements, valorisation de la fonction). L'UIS établit par exemple pour le monde la carte suivante (Figure 2) [10] :

9. Certains se classent aujourd'hui au niveau des « métropoles ».
10. La carte de la dépense de recherche est assez semblable. Celle-ci reflète mieux les politiques à long terme.

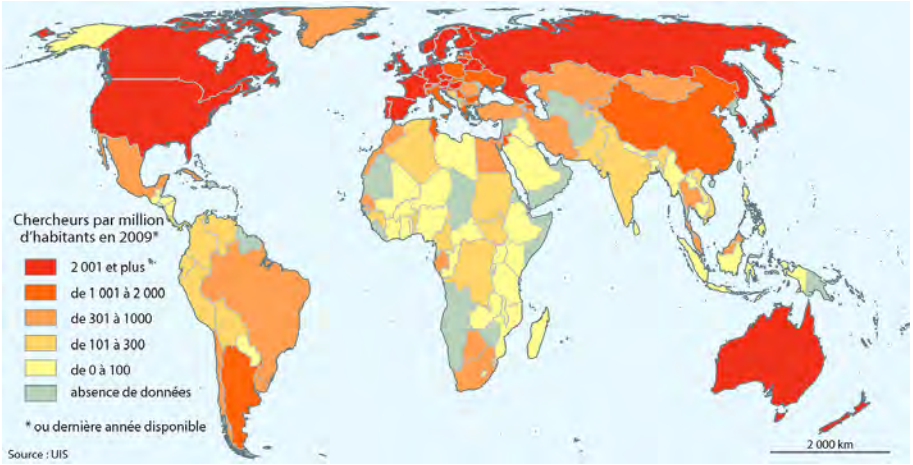

FIGURE 2 – Nombre de chercheurs par million d'habitants,2009 ou la dernière année disponible.

On y voit que l'Afrique manque relativement de chercheurs, avec des exceptions. Les pays peu ou prou *industrialisés* ont étoffé et valorisé la profession : Égypte, Tunisie, Afrique du Sud. Mais ce n'est pas le cas de tous, même riches (Algérie, Maurice...) et notamment de ceux qui ont des économies extractives ou primaires dont ils ne veulent ou ne savent pas se déprendre. Un cas intéressant est celui de pays à revenus *intermédiaires*, à économie variée, qui investissent en recherche de façon croissante et cherchent une stratégie (Maroc, Cameroun, Kenya). Certains pays pauvres font enfin bonne figure : Sénégal, Burkina, Bénin ; et à moindre degré : Éthiopie, Soudan. Il faudrait peut être ici référer à des traditions intellectuelles, et à une institutionnalisation plus ancienne. Mais celle ci reste fragile, très liée encore au soutien précaire du politique et des coopérations internationales [11].

Le chapitre suivant expose les étapes, les voies et les vicissitudes de la construction d'institutions et de communautés scientifiques sur le Continent.

2 Des sciences nationales au marché du travail scientifique

2.1 L'environnement. Valeurs ambiantes. Dépendance du politique et faible ancrage social

Certains pays ont une tradition de respect des intellectuels (comme le Sénégal, le Bénin, le Ghana ou le Cameroun) : ils ne cessent de donner des élites à l'Afrique et au monde. Ailleurs, les années 1960-1980 (postindépendance) avaient fait de la modernisation un maître mot. Les pouvoirs prêtés à la science, le désir de la façonner soi même pour qu'elle soit utile sur place, l'universalité supposée d'un langage que

11. Le Nigeria se reprend lentement après une longue disgrâce de la recherche qui a perdu moitié de sa capacité contributive à la science mondiale au cours des années 1990. Dictatures et guerres civiles ont ravagé une recherche jadis prestigieuse (Zimbabwe, Côte d'Ivoire). Des coopérations (US en particulier) s'emploient à réhabiliter établissements et traditions scientifiques au Ghana, en Ouganda, en Tanzanie... (Barro, 2012).

tous peuvent partager font que la *confiance* ne lui était pas marchandée. Pour « servir le développement », partout des universités se sont établies et les centres de recherche ont fleuri. L'intérêt des gouvernements était affiché et les coopérations étrangères ont apporté de larges contributions. Les populations sont peut être pour leur part moins gagnées à l'idée de recherche, mais le désir des familles de voir leurs enfants s'élever grâce à l'école légitime l'université. Ainsi naissent des « *sciences nationales* », sciences impulsées et soutenues *par l'État*, dont l'appareil est largement *encastré dans le politique.*

C'est cet environnement qui change à partir du milieu des années 1980. Le néolibéralisme porte au reflux d'un État « développementaliste ». La Banque mondiale prône de consacrer les dépenses éducatives à l'école élémentaire – pas à l'université ni à la recherche. Le FMI, souvent appelé, pèse pour un gel des recrutements de fonctionnaires (ce que sont académiques et chercheurs).

Après trente ans, les promesses de la science utile ne semblent pas avoir été tenues. Le temps est à la valorisation de l'entreprise et de l'innovation ; la confiance manifestée à la science institutionnelle s'érode. Cette inversion des signes a pris de cours les principaux intéressés. Leurs salaires ont été dramatiquement amputés, leurs avantages supprimés. S'ils tentent de résister ils sont violemment pris à partie, publiquement traités de « parasites », et désignés à la vindicte publique (Tanzanie : Iliffe, 1998 ; Nigeria : Amuwo K., 2000). L'indignité s'ajoute ainsi à la paupérisation. Une sévère fuite des cerveaux (interne comme externe) ex-sanguine les établissements. Les chercheurs qui restent en poste doivent pratiquer des métiers d'appoint pour vivre et se déqualifient. L'épisode montre que les institutions scientifiques étaient moins autonomes qu'il ne semblait. Elles restent *dépendantes du gouvernement,* ou d'alliances implicites passées avec une fraction de la société (les « blocs sociocognitifs »). Les instituts répondent par vocation à des missions régaliennes, et s'y tiennent. L'université – élitiste – se tient souvent à distance des acteurs de la société civile. Pour ceux-ci, la recherche est ésotérique. Dans des sociétés dominées par les valeurs familiales et religieuses, accessoirement par le souci de pouvoir et de richesse, l'engagement au service de « la science » et la construction de nouveaux savoirs ont des résonances absurdes (Al Husban, 2007). Pour redevenir crédible, une culture de recherche alternative a besoin de se construire, et de conquérir des soutiens sociaux largement à l'extérieur des établissements.

2.2 L'organisation : systèmes de recherche ou assemblage d'institutions ?

Au cas de nos sciences très institutionnalisées, nous parlons volontiers de « *systèmes de recherche* ». Il s'agit le plus souvent de systèmes nationaux, qui ont leur projection dans la science mondiale, mais où l'État joue un rôle directeur et où il assume les responsabilités essentielles (financement, vision du futur et promotion de l'activité en fonction de besoins nationaux). Nous ne réfléchissons guère à ce que l'expression de « système » connote : une *gouvernance* stable entourée d'experts ; un *management* compétent et doté de moyens ; des *établissements* peuplés de chercheurs dédiés, bien et régulièrement budgétés ; des *organes de soutien* : documentation apportée « sur le bureau du chercheur », informatique et moyens de calcul performants, instruments d'expérimentation ; enfin, ce n'est pas le moins : outils de *formation* initiale et conti-

nue, de *popularisation* et de dissémination des savoirs ; de *liaison* avec les usagers et avec le marché. S'ajoute une abondance *d'institutions de communauté scientifique* : associations professionnelles, académies, édition et journaux spécialisés, conférences et séminaires, échanges et rencontres à échelle internationale.

Un trait marquant de tels « systèmes » est que leurs éléments sont interactifs. Chacun a son rôle, et son mode propre pour l'accomplir. S'il faillit, il doit s'auto-corriger ; s'il n'y parvient pas, d'autres organes se substituent à lui. En outre, le « système » est résilient. Il est sensible aux changements extérieurs, s'adapte aux évolutions et survit aux crises.

De ces points de vue, du nord au sud de l'Afrique il n'est pas possible d'imaginer diversité plus grande. On y trouve des systèmes de recherche à la gouvernance rigoureuse, appuyés sur un éventail d'établissements robustes, bien financés et fiers de leur tradition de recherche. Ils sont environnés de multiples institutions informelles, comme en Afrique du Sud ou en Tunisie.

À l'autre bout du spectre, chez la plupart des petits pays producteurs de science nombre des traits « organiques » qui fondent un « système » (même imparfait) sont absents. Le dispositif est segmenté. Les opérateurs relèvent de statuts très divers. Ils sont soumis à des tutelles variées dont la *coordination* est largement factice. En l'absence d'une politique nationale aux contours tranchés, et de *plan d'action* aux moyens assurés, les responsables nominaux (quand ils sont dévoués et compétents) doivent se contenter d'expédients (élaborés en comptant sur l'aide de coopérations étrangères).

Chaque ministère de poids (agriculture, santé, industrie, enseignement supérieur...) possède ses établissements d'enseignement et de recherche et les contrôle au moyen d'une direction qui lui est propre. L'instance qui fait office de tutelle principale n'a que peu d'influence devant eux. L'information sur le fonctionnement du dispositif est incertaine. Les données ne sont collectées et transmises à L'UIS, institut de statistique de l'UNESCO, que par 27 pays subsahariens sur 54. L'Union africaine vient de prendre une « Initiative » (« ASTII ») pour y remédier, construire des indicateurs, et favoriser le pilotage et l'évaluation comparative.

C'est que la fonction recherche est souvent non seulement secondaire mais ancillaire. Elle est subordonnée à l'enseignement dans les universités, aux missions de service public dans les instituts dits « de recherche orientée [12] ». Elle n'a ni autonomie relative ni légitimité propre.

Selon l'heureuse formule de J. Mouton (2009) « beaucoup d'établissements fonctionnent suivant un *mode d'autosubsistance*, luttant pour simplement se reproduire et produisant du savoir à leur propre usage [13] ». Toujours selon Mouton, « on peut se demander si l'on peut ici parler de « système ». L'image qui s'impose est plutôt celle d'une collection d'institutions fragiles, peu connectées et chroniquement sous finan-

12. Certifier et produire des semences, surveiller les stocks de poisson, procéder à une veille sismique...

13. Ainsi, les travaux universitaires sont publiés dans des revues maison et servent d'alibi à la promotion interne.

cées, d'un « *assemblage* » qui ne répond guère de façon systémique à la demande et aux stimuli externes »... J. Mouton continue :

> Mais il faut se garder de généralisations et de simplifications excessives. Il y a des exemples de petits établissements robustes qui ont su résister aux à coups politiques et aux fluctuations économiques et qui maintiennent des niches d'excellence. Et quelques pays (comme le Burkina Faso ou le Ghana) ont fait preuve d'une stabilité politique raisonnable, établi une bonne gouvernance du système de science et priorisé sans discontinuer l'enseignement supérieur, la recherche et les coopérations scientifiques.

2.3 La contrainte budgétaire. Financement local et international

L'effort financier consacré par les pays africains au développement de l'enseignement supérieur et de la recherche a été considérable au cours des trois décennies faisant suite à aux indépendances. Globalement, la croissance des ressources financières a été supérieure à celle du PIB jusqu'à la fin des années 1970. Dans des domaines privilégiés (santé, agriculture) la dépense locale et les résultats de recherche faisaient même bonne figure au niveau mondial (Chatelin et Arvanitis, 1988).

Depuis lors, les effets de la crise économique et financière ont affecté, de façon souvent critique, le financement des systèmes nationaux. Sauf exception [14], les pays africains consacrent en moyenne aujourd'hui seulement 0,2 à 0,3 % de leur richesse nationale à la recherche et au développement scientifique (ce pourcentage moyen n'a guère évolué au cours des dernières décennies) contre 2 à 3 % dans les pays développés, soit dix fois moins proportionnellement. Quelque soit le niveau des ressources, plusieurs traits sont préoccupants, tout particulièrement en Afrique subsaharienne (hors Afrique du Sud) :

- les financements nationaux sont dévolus au paiement des salaires (quand ils sont payés) ;
- les coûts sensibles, relativement faibles, mais directement productifs (réactifs de laboratoire, frais d'accès au terrain, coûts d'expérimentation), et ceux de socialisation scientifique (abonnements, publications, congrès) ne sont plus assurés, ou sont financés avec des fluctuations effarantes.

Il en résulte que le *financement du fonctionnement repose fortement sur l'aide étrangère*. Celle-ci, dans sa part publique, n'a cessé de décroître, diverses Fondations prenant en partie le relais. Ces coopérations tendent à court-circuiter les gouvernements [15], soutenant des établissements ou des laboratoires et chercheurs de leur choix pour mener à bien des Projets (ou bouts de projet), précis.

14. Afrique du Sud et Tunisie y allouent les 1 % qui étaient l'objectif à atteindre selon le Plan de Lagos de 1980 le Maroc déclare 0,73 % pour 2010 et plusieurs autres pays (Botswana, Mozambique et Sénégal) atteignent 0,5 %.

15. Il faut en partie le rapporter au caractère inadapté des procédures budgétaires, calquées sur celles de la fonction publique et caractérisées par un contrôle *a priori* et des catégories inadéquates.

2.4 La contrainte scientifique. Coopération et division du travail dans la communauté internationale

En un demi-siècle, et bien avant la globalisation économique, d'importants changements ont affecté l'exercice de la recherche au niveau mondial (Shinn *et al.*, 2010). Ils ont des conséquences pour la recherche africaine. Retenons en particulier :

(a) Sur le plan cognitif : l'apparition de nouveaux instruments, bouleversant les voies de la découverte ; l'émergence de disciplines inédites ; et le remodelage des domaines de recherche au bénéfice d'une science combinatoire.

(b) Sur le plan de l'organisation : l'entrée en scène de nombreux acteurs (firmes et pays) ; le travail en réseaux ; l'allocation des ressources à des consortiums de laboratoires dans le cadre de « Grands Programmes » ; et la concentration des budgets (notamment internationaux) sur un petit nombre de domaines (génomique, cancer ; océan-atmosphère ; informatique, spatial ; matériaux...).

Ces évolutions rendent plus que jamais nécessaires la mise à jour des connaissances, l'accès à des instruments performants, donc *les coopérations scientifiques*. Ce n'est pas tant l'aide matérielle qui est en jeu qu'un nouveau mode de fonctionnement.

On peut citer quelques réseaux de coopération qui y contribuent de façon durable et très démocratique (par exemple pour l'Afrique : « SARIMA », en informatique et mathématiques appliquées). Ou plus souvent l'association suivie entre deux laboratoires, fidèles partenaires Sud-Sud, ou au Nord et au Sud. Mais il ne faut pas s'illusionner. Une limite importante est que les laboratoires mondiaux engagés dans une compétition à la pointe ne veulent pas s'embarrasser de partenaires qu'un environnement moins propice rend lents et distraits. Et la division du travail est généralement inégale au sein des grands programmes. Les chercheurs du Sud y sont rarement convoqués pour concevoir des projets, les promouvoir auprès des bailleurs et les diriger. On leur facilite la publication, mais ils n'ont guère part aux synthèses et à la valorisation. Ils sont astreints plus souvent à des travaux de terrain et à des tâches parcellaires, au demeurant dévorantes et qui laissent peu de place à un usage pertinent et latéral des connaissances et des instruments acquis.

La triple contrainte, budgétaire, intellectuelle et d'acceptabilité sociale entraîne de profondes modifications de l'exercice professionnel.

2.5 Nouveaux modèles de professionnalisation

Les années pionnières de 1960-1970 avaient fait surgir des figures charismatiques, véritables « chefs d'École », qui firent de leur domaine de recherche des spécialités phares, suscitèrent des vocations et réglèrent le choix des méthodes à utiliser comme celui des sujets à traiter. Les années 1980 virent un passage « de la secte à l'Église », avec l'expansion considérable des universités, l'institution d'instances gouvernantes de la recherche, l'affichage de politiques nationales et la différenciation de nouveaux champs d'étude. Des communautés scientifiques (fussent-elles partielles et imparfaites) apparaissent en certaines branches ou disciplines. Le modèle de comportement reste alors réglé par quelques principes : la science est bien public ; l'État supporte l'essentiel de

son financement ; la science a une valeur culturelle (science de base) ; mais elle est aussi « orientée » par les impératifs du pays ; les chercheurs sont pénétrés de valeurs nationales en même temps que scientifiques. Ils entendent contribuer au développement. Ils sont bien souvent fonctionnaires et ont droit à des carrières.

Puis la crise budgétaire est venue, et par endroits la perte de confiance dans les institutions d'État et dans la science telle qu'elle se pratiquait. En contrepartie de nouvelles modalités de production voient le jour. On peut les rapporter à certains principes contredisant ceux de la précédente « science nationale » : l'État ne finance plus la recherche. Le métier s'exerce dans le cadre de la commande et de l'intérim, plus que de carrières. Les chercheurs participent à des projets où ils sont cooptés par les bailleurs internationaux. Leur activité se pratique en réseaux mondiaux. La régulation n'est plus assurée par les pairs mais par la demande. La science produite a généralement valeur appliquée, et mérite rémunération.

2.6 Valeurs changeantes et figures de la réussite

Ce changement de modèle professionnel modifie les valeurs et les figures de la réussite. Se pliant aux contraintes du métier, les jeunes chercheurs développent *de nouvelles valeurs* (Encart 1).

À coup sûr ces changements créent des tensions au sein même de la communauté scientifique. Les chefs d'École de la première heure, et leurs successeurs attachés aux principes de la science nationale sont souvent toujours actifs, et critiques. Les postes les plus élevés sont d'ailleurs occupés par ces anciens. Les recrutements sont rares, et les vacataires embauchés sont des contractuels à merci. Mais les hiérarchies sont menacées par l'irruption de leurs nouveaux savoirs valorisés. Les jeunes talents sont « loués » par des bailleurs étrangers, ce qui leur confère mérite et prospérité bien au-delà de leur position académique.

Dans ce contexte, les figures de la réussite sont en train de changer. F. Ndiaye (voir encart 2) en décrit trois au Sénégal : *l'académique*, *le militant* et *le consultant*. Le portrait vaudrait d'être enrichi. Il rend mal justice à la cohorte de chercheurs attachés à leur activité, qui n'hésitent pas, à prendre des responsabilités opérationnelles avant de revenir à leur laboratoire [16].

16. En santé par exemple, face à des maladies émergentes, ou à des épidémies dont on leur demande de diriger le soin et la prévention : tuberculose, Sida ; mais aussi en agriculture, en pharmacologie, en chimie des plantes...

.

Encart 1. – Valeurs changeantes

Paroles de chercheurs, recueillies par H. Khelfaoui [2000]

Défense du modèle professionnel « académique »

« L'Université est devenue un temple marchand. Si vous obtenez un financement, c'est que votre recherche est valide. Sinon, on considère qu'elle ne vaut rien. »

« La recherche n'est plus un investissement pour le futur. Il faut qu'elle soit commercialisable... »

« Si vous travaillez sur le "Genre" ou la "Gouvernance", vous aurez tout l'argent voulu. Si vous vous intéressez aux relations de travail : rien ! »

Nouveau modèle professionnel (« prendre des initiatives »)

« La science africaine manque terriblement d'initiatives... Je suis jeune mais j'ai une expérience fabuleuse. J'ai voyagé au Togo, au Burkina, en Guinée... pour expliquer qu'il y a un nouvel outil de compétitivité : la science. »

« Entrer à l'Université, c'est entrer dans une retraite médiocre. Je vais me rouiller à attendre des promotions au compte gouttes... »

« Je suis pour la recherche utilitaire, source d'indépendance financière. C'est le seul moyen de rendre la recherche indépendante. »

« ... Il y a deux sortes de chercheurs : ceux qui se sont servis de la science pour acquérir du pouvoir ; et ceux qui se sont enfermés dans une tour d'ivoire. Les premiers sont devenus serviles, arrogants et dominateurs. Les seconds sont devenus aigris et passifs... Quant à moi, je travaille à l'émergence d'un nouveau genre de chercheur : un chercheur qui va à la rencontre de ses usagers. »

« ... J'ai fait de la recherche neuf ans en Europe. J'y ai vu que l'État ne finance plus guère, que de forts partenariats se sont développés entre la recherche et l'industrie, la société civile, la société au sens large. C'est cette dynamique que je voudrais impulser en Afrique... »

.

Encart 2. – Figures de la réussite

D'après Ndiaye F. (2000), *La condition des universitaires sénégalais*

... L'université est restée assez éloignée de la société et du monde du travail. Mais un noyau d'enseignants et de chercheurs s'est impliqué, à titre individuel, dans la société civile et auprès des travailleurs. Puis il a fait école...

Trois figures de substitution à l'ancien rôle du chercheur s'essayent à renégocier un leadership social.

L'académique est devenu un *mandarin*, mais un mandarin sans pouvoir, un professeur ordinaire, agissant dans les limites de sa discipline, et qui se trouve engagé dans un processus contradictoire de capitalisation intellectuelle et de relégation politique... Il se bat pour maintenir les règles et traditions de sa spécialité, de son institution. Il se satisfait de la reconnaissance de ses pairs (internationaux), mais il est constamment obligé de quêter auprès d'eux afin de poursuivre ses travaux.

La figure, hybride, du *politique* est apparue avec les crises et les grèves à répétition qui ont agité les campus. Elle a d'abord pris les traits du militant syndical, puis ceux de l'activiste voire du leader de parti. Beaucoup de ces derniers sont (ou furent) enseignants du supérieur. On peut voir là une nouvelle façon pour l'université d'exprimer son sens de la responsabilité sociale : ses membres se portent aux avant-postes de la compétition politique, entrent ouvertement dans les arènes publiques, s'impliquent dans la gestion technique et politique de l'État ou s'engageant dans des initiatives sociales.

La troisième figure est celle du *consultant*. Dans un certain nombre de disciplines (au premier chef en médecine, droit, gestion, ingénierie) la tendance est à la pratique non déclarée d'une activité privée de conseil et de consultations. La rémunération de ces services est bien supérieure à celle offerte par l'université, et porte à la réorientation des objectifs de recherche. Des ONG, des bureaux d'étude et des entreprises privées, fondés parfois par les universitaires eux-mêmes, font ainsi concurrence à l'université et reconfigurent le profil idéal de valeurs et de compétences que celle-ci avait mis longtemps à modéliser...

3 Effets de globalisation. Dés-institutionnalisation et reprises d'initiative

3.1 *Brain drain*

Les conditions offertes à domicile induisent la fuite des cerveaux : valeurs ambiantes, dédain ou déni, absence de politique, de priorité, de moyens décents et de soutien local pour y pallier. Ce *brain drain* est préoccupant et mérite quelques mots. Il est clair que les deux dernières décennies l'ont relancé.

Nombre de chercheurs sont restés en place, parce que les statuts qui les gèrent leur confèrent encore des privilèges auxquels bien peu sont prêts à renoncer : la stabilité de l'emploi, une retraite (même maigre) et parfois des avantages corporatifs (logement, soins médicaux, mutuelle...). La plupart cherche à compenser des rémunérations souvent ridicules, et la perte de prestige dans l'opinion publique, en multipliant les activités parallèles de bon rapport (financier ou symbolique : heures supplémentaires, petits commerces, course aux expertises) : au risque de *se déqualifier* et au détriment des obligations de recherche (mal contrôlées et peu évaluées) [Hudu, 2000].

D'autres, se sentant déclassés depuis les années 1990, ont changé de profession (*brain drain* interne)

Beaucoup aussi se sont *expatriés* (*brain drain* externe). En termes d'émigration de populations hautement qualifiées (PHQ) [17], les chiffres de l'OCDE confirment que l'Afrique fait face à un important taux d'émigration de ses élites. De nombreux pays y souffrent d'un pourcentage exorbitant d'émigration de leurs PHQ en termes relatifs et absolus. Par exemple, la moitié de la population très éduquée (CITE niveau 5 et +) des deux grands pays lusophones du Sud de l'Afrique réside dans un des pays de l'OCDE. L'Afrique Anglophone est presque autant touchée avec, pour certains pays, un très gros tiers de leur potentiel de PHQ expatrié. Les pays francophones sont légèrement moins atteints avec pourtant entre un tiers et 10 % d'expatriation de leurs élites. Les « grands » pays scientifiques africains (Afrique du Sud, Nigeria et Égypte) sont, eux, relativement épargnés avec au maximum 10 % de leurs PHQ émigrées (même si en nombre cela correspond bien évidemment à des populations importantes). Cela confirme les observations générales tirées des statistiques de l'OCDE au niveau mondial : ce sont les plus petits pays (principalement aux Antilles et en Afrique) qui sont confrontés au plus fort taux d'émigration de leur population hautement qualifiée (Gaillard et Gaillard, 2006).

Les pays qui perdent leurs scientifiques, lorsqu'ils s'en préoccupent, ont renoncé à vouloir les faire revenir de façon systématique pariant plutôt, selon une formule qui s'est développée concomitamment à l'usage de l'internet parmi les communautés scientifiques, sur l'organisation de liens avec leurs diasporas, espérant tirer ainsi parti des compétences et des réseaux scientifiques, techniques ou industriels créés par ces dernières à l'étranger. Mais la mise en œuvre de tels réseaux a été et reste aléatoire, notamment en Afrique. Bien que demeurant attachés à leur pays d'origine et disposés à contribuer à son développement, les scientifiques émigrés constituent des populations

17. PHQ correspond au niveau 5 et + de la norme CITE 1997 Unesco, ce qui équivaut à un niveau de diplôme de 3e cycle universitaire (ou post-gradué) et plus.

volatiles, même au sein d'associations répertoriées. En outre il est difficile pour eux de faire coexister des engagements volontaires et parfois généreux avec des contraintes professionnelles lourdes surtout quand leurs compétences ne sont ni « absorbables » ni utiles sur place. Cette « option diaspora » (Meyer *et al.*, 1997) montre un certain nombre de forces et de faiblesses. Particulièrement efficace lorsque le pays d'origine atteint un niveau de densification de l'ensemble de son dispositif scientifique (ouvrant des espaces de collaboration et de retour à une diaspora sélectionnée d'abord puis de plus en plus large), l'option reste difficilement applicable lorsque les écarts de développement (non seulement scientifique) sont trop grands entre les pays d'origine et les pays où les scientifiques sont actifs. Par ailleurs, ces réseaux nationaux sont très largement concurrencés aujourd'hui par l'existence de réseaux scientifiques internationaux à forte intensité de connaissance, visibles et sélectifs, au sein desquels les collaborations scientifiques internationales s'organisent. Il est beaucoup plus gratifiant aujourd'hui pour un État de soutenir l'accès de ses scientifiques nationaux à de tels réseaux que de soutenir des réseaux de scientifiques nationaux expatriés (Chaparro, Jaramillo et Quintero, 2004). Mais un réseau mondial, pas plus qu'une diaspora, ne peut se substituer à une communauté scientifique nationale ni assurer sa reproduction. De telles communautés ont un rôle essentiel. Elles conditionnent le développement d'une *tradition* scientifique autonome, la création d'*arènes alternatives,* et la possibilité de conseils avisés aux gouvernements. Elles jouent également un rôle important dans la *professionnalisation* des chercheurs, et dans le *contrôle* du bon aloi permettant d'accéder à la communauté des pairs.

3.2 Réseaux

Pourtant les réseaux internationaux ne finiront-ils pas par primer partout sur les communautés locales ? D'aucuns le prédisent, et pas seulement pour l'Afrique. Ils y voient l'expression d'une communauté scientifique supranationale, qui a acquis une forte autonomie avec la globalisation, qui s'étend à la planète, qui met à la disposition de tous les connaissances les plus avancées dans ses domaines de prédilection, et dicte aux États les approches scientifiques opportunes, quand ils ne pèsent pas sur leurs politiques (changement climatique. . .) (Wagner, 2008).

Vu d'Afrique, cette vision est irénique. Les chercheurs africains on besoin de coopérations et de bailleurs. Mais ils sont mal acceptés dans les très grands réseaux, volatils, élitistes et hiérarchiques, où ils tiennent des rôles de figurants. Ils trouvent plus de stabilité, et de meilleures occasions de progrès au sein de collaborations suivies avec des laboratoires fidèles, et dans des réseaux restreints de spécialistes. Grands ou petits, les réseaux internationaux de travail sont pour les chercheurs africains comme la langue d'Ésope : « la meilleure et la pire des choses ». La meilleure car au sein de pays indifférents à la science, d'établissements sans vocation de recherche ou de communautés scientifiques distendues les chercheurs ne sauraient longtemps s'acharner seuls à persévérer dans leur activité. C'est notamment le cas des pays très petits producteurs de science (même si leur taille économique et géographique est grande : RD Congo, Angola. . .). La meilleure chose aussi car c'est par la voie de ces réseaux qu'il est possible de se tenir à jour, d'accéder à des instruments modernes, d'entrete-

nir une vie intellectuelle riche et parfois de se procurer des moyens de fonctionnement supplémentaires.

Mais les réseaux internationaux sont aussi la pire des choses lorsqu'ils dispensent ou dissuadent de s'investir dans une vie scientifique locale, de créer des laboratoires durables, de soutenir une communauté nationale (et même d'y croire), de faire vivre sur place les institutions entourant la science et qui lui sont nécessaires : associations savantes, discussions en réunion, presse spécialisée, initiatives de vulgarisation et de popularisation des travaux...

3.3 Le marché des cerveaux

C'est aussi dans le maillage des réseaux que l'on trouve des opportunités d'émigration, des aides ou des soutiens dans d'éventuels pays d'accueil, en bref des incitations à l'émigration.

Si des chercheurs (souvent les meilleurs) trouvent à s'employer à l'étranger, et si quelques uns sont financés à domicile, c'est qu'un marché mondial du travail scientifique s'est puissamment développé. Les talents du Sud servent de variable d'ajustement aux inadéquations de la formation professionnelle dans le Nord : on importe des médecins, des informaticiens, des ingénieurs... des candidats docteurs quand les nationaux se détournent des études longues. La captation de talents est aussi un outil de compétitivité pour les firmes. Elles les détectent et les embauchent [18], parfois sur place en délocalisant leur R & D.

Les grands programmes de recherche mondiaux ont aussi besoin de relais locaux pour accéder partout au terrain, disposer de témoins locaux (anthropologie, sciences politiques), de bases logistiques (campagnes océanographiques) ; pour conduire des recherches préliminaires (pharmacopée), mener des travaux de routine (surveillance sismique), d'adaptation des outils ; et pour réaliser des opérations ailleurs plus contrôlées (essais cliniques...). Ils ont aussi parfois d'importants objectifs prosélytes (conservation de l'environnement, expansion des cultures OGM...). L'aide internationale est d'ailleurs souvent confiée au pilotage de grandes institutions spécialisées du Nord (aux USA, en agriculture par exemple : à Michigan ou Iowa State University) ; ou bien elle finance (parfois par bribes infimes) des projets précis convenant à l'agenda des donateurs (migration, maladies émergentes, SIDA, conservation de l'environnement...).

3.4 Facteurs de désinstitutionnalisation

On est alors confronté à une situation d'*anomie* locale qui, lorsqu'elle se prolonge, conduit à une *désinstitutionnalisation* de l'activité scientifique. À la base, certes, les chercheurs ont appris à valoriser leur savoir-faire, soit à titre individuel, soit dans le cadre de bureaux d'études pluridisciplinaires. La démarche est concurrentielle. La plupart des chercheurs gardent jalousement l'exclusivité des relations avec leurs bailleurs, quitte à se créer un vivier de dépendants qui, à tour de rôle, sont admis à collaborer. Nombre de bureaux d'études ne sont que des associations de commodité, permettant de partager les frais de gestion, et de capter une demande variée.

18. Ou les pré-embauchent, s'agissant d'étudiants en écoles réputées : au Maroc par exemple pour les ingénieurs de l'EMI ou de l'INPT (Kleiche et Waast, 2008).

Les institutions perdent alors peu à peu toute emprise sur les activités réelles. Ce sont les organes directeurs qui sombrent les premiers : comités interministériels et ministères *ad hoc* se vident de leur substance, perdent autorité ou y renoncent. Les « visions » et les politiques de science tardent à être produites, ou ce ne sont que documents de pure forme (Khelfaoui, 2009 ; Gaillard, 2011). Plus grave : des établissements dédiés perdent pied à leur tour. Certains d'entre eux ne parviennent pas à imaginer un plan stratégique, et des modalités attractives pour chercheurs et bailleurs. Quant à ce qu'il reste d'autorités de la recherche, y compris universitaires, elles s'irritent de n'avoir pas la haute main sur des projets scientifiques directement négociés entre chercheurs de tous grades et financeurs internationaux. Mais elles n'ont pas de moyens de fonctionnement équivalents à mettre à leur disposition.

Enfin, et c'est l'achèvement de la séquence habituelle, les institutions de communauté scientifique dysfonctionnent ou disparaissent : les associations professionnelles deviennent le tremplin de militants ambitieux, les académies se fossilisent, l'édition et les journaux spécialisés sont réduits à des médias « maison » de complaisance ; les rencontres, échanges et séminaires nationaux souffrent de désaffection. On observe l'atomisation du milieu, et la communauté scientifique se délite.

3.5 Reprise d'initiatives. Vers une ré-institutionnalisation ?

Pourtant, et contrairement à ce qu'on pourrait croire, la vie intellectuelle et scientifique est vibrante en Afrique. L'enthousiasme reste grand chez nombre de chercheurs dédiés (il en est – dont un vivier de doctorants). Et des initiatives significatives voient le jour pour renouer avec des bases institutionnelles solides, laboratoires, instituts, mais aussi institutions de communauté savante.

3.5.1 Initiatives endogènes

La solitude de leur course et la déqualification qui menacent les consultants purs portent quelques uns à créer de façon originale une ONG de recherche en même temps qu'une ONG d'action (Madagascar : GELOSE = environnement côtier ; Sénégal : santé reproductive ; femmes et développement...). Certains chercheurs se sont fait établir un laboratoire privé, dont ils gèrent l'agenda (chimie organique : Ibadan, Nigeria, Antananarivo, Madagascar...) et où ils emploient des étudiants. Divers « projets » s'autonomisent à l'intérieur d'établissements qu'ils régénèrent, en y introduisant de nouveaux standards de production, de nouveaux sujets et des méthodes récentes issues de la recherche internationale (Madagascar : enquêtes d'opinion, enquêtes sur l'éducation, la pauvreté, le vote politique dans le cadre de l'Institut de Statistiques ; Sénégal : ONG liées à des services de CHU, service vétérinaire).

Certains établissements ont su pour leur part faire de leur label un symbole de qualité, attirant les commandes nationales et internationales. Ils fidélisent leurs chercheurs, en leur assurant du travail en continu et le partage des bénéfices (ex. : la Faculté d'ingénierie de Dar es Salam).

Le plus intéressant consiste dans les efforts, d'ampleur variable et de réussite parfois temporaire, pour restaurer des bases de communauté scientifique. La première brique consiste à construire dans la durée quelques laboratoires qui maintiennent des stan-

dards de bon aloi. Ce peut être au sein d'un établissement, ou en dehors et sous forme d'association [19]. Autre initiative : celle de faire vivre un forum, inter disciplinaire, qui se transforme éventuellement en groupe de recherches là où précédemment nul débat ne se tenait : ainsi longtemps du Gidis en sciences sociales, en Côte d'Ivoire.

Avec plus d'ambition voient le jour des associations savantes de discipline, qui peuvent revêtir une forme régionale : ainsi, contre vents et marées perdure l'Association de chimie de l'Ouest africain. Il faut aussi souligner la création de réseaux scientifiques transnationaux, qui se maintiennent avec l'appui de collègues étrangers drainant de petites subventions de leurs propres instituts : comme le Cari en informatique, les Écoles d'été du Cempa, ou le Carma en mathématiques.

De manière plus institutionnelle, d'autres chercheurs ont mis sur pied un réseau régional ou continental, laboratoire de travail conceptuel et d'expérimentation qui a forcé l'intérêt des bailleurs, et qui détient désormais plus de liberté de recherche qu'aucun établissement national ne lui en saurait concéder. Ainsi l'Economic & Social Research Foundation ou l'Eastern and Southern Africa University Research Programme, qui effectuent notamment des travaux de politique comparée en Afrique australe, entretiennent des publications et harmonisent les programmes d'enseignement en sciences politiques. À l'échelle du continent, *le Codesria* a réussi à percer comme Centre indépendant d'animation et de publication de recherches originales, en sciences sociales en Afrique. Il soutient particulièrement de jeunes talents. Témoin d'un âge plus ancien, *le Cames* est une institution extraordinaire. La plupart des États francophones lui ont délégué le rôle de commission scientifique en charge d'évaluer les travaux en vue de promotions au sein de leurs universités. Ce corps académique est si incontesté que sa fonction n'a guère jamais été remise en cause, et que les chercheurs d'instituts « à mission » de plusieurs pays réclament désormais d'être jugés par lui.

Au niveau national enfin, quelques « stratèges », avec la neutralité bienveillante du gouvernement qui les a nommés, reprennent désormais l'initiative : notamment en Afrique francophone, où l'on voit apparaître, certes avec peu de moyens, à l'initiative de secrétariats d'état à la recherche ou de directions des ministères de l'Éducation, des appels d'offre nationaux, des programmes mobilisateurs, ou la création de centres de compétence à vocation régionale (mathématiques au Cameroun).

3.5.2 Initiatives d'État

Peut-être le plus remarquable tient-il à la stratégie de rares États, au gouvernement stable et aux ressources modérées qui parient à long terme sur la R & D et sur l'innovation pour rénover leur industrie et leur société. Jusqu'ici sont concernés sur le continent la Tunisie et l'Afrique du Sud ; un peu l'Égypte en agriculture, le Maroc en aéronautique ; et potentiellement quelques pays subsahariens peu ou prou industrialisés : le Nigeria au premier chef. Il faudrait un volume pour exposer les difficultés réservées à ces « nouveaux entrants », et les finesses que leurs choix doivent revêtir tenant compte à la fois de perspectives marchandes à long terme et des capacités scientifiques installées. Tout cela suppose un plan ferme et durable : bien plus que la simple ouverture de fonds nationaux de financement de la recherche (même si ce

19. Voir un exemple au Niger, dans cet ouvrage.

premier pas est décisif). Renvoyons ici seulement à l'excellent volume *Science and Technology Policy* de l'*Encyclopedia of Life Support Systems* (EOLSS), dirigé par R. Arvanitis, ainsi qu'à son introduction à l'ouvrage (Arvanitis, 2009) [20].

3.5.3 Initiatives internationales

Les bailleurs de leur côté cherchent à restructurer le domaine. Confrontés à la crise des systèmes nationaux de recherche, au délabrement des institutions, et au caractère éphémère et « jetable » de l'aide qu'ils offrent à l'Afrique [21], nombre d'entre eux reconsidèrent leurs stratégies et s'efforcent d'organiser leurs actions dans le cadre d'une programmation plus intégrée et plus holistique, plutôt que de financer des projets isolés visant à trouver des solutions immédiates sur un court terme [22] (M. Barro, 2012). Certaines coopérations s'attachent à réhabiliter le dialogue avec les États en matière d'aide à la science (programmes européens, français, mais aussi hollandais ou scandinaves...). D'autres ont décidé de faire gérer les fonds qu'elles octroient par des institutions *locales* qu'elles choisissent (académies ou conseils de recherche). C'est le cas de la Suède et de la Hollande. Enfin les termes tels que « aide » ont été bannis du vocabulaire pour être remplacés par celui de partenariat.

La Banque mondiale a pour sa part changé de doctrine. Après avoir longtemps dénoncé le gaspillage d'un investissement dans l'enseignement supérieur, elle propose à des universités phare (Ouganda, Nigeria, Ghana, Sénégal) des projets de réhabilitation totale (bibliothèques, œuvres scolaires, laboratoires, mise à jour des scientifiques) solidement financés. Des établissements du Nord proposent quant à eux des transferts de technologie utiles (IRD pour la numérisation et mise sur Web de thèses et mémoires, communications, rapports choisis)

L'innovation devenant un objectif proclamé, la tendance consiste également à développer des synergies entre recherche, usagers et gouvernements. Certains bailleurs (l'US-AID, diverses fondations) travaillent à faire émerger des compagnies privées (notamment dans le domaine de l'énergie solaire...), des filières d'exportation agroalimentaire soutenues par la recherche ou des instituts de recherche non gouvernementaux qui pourraient constituer de nouveaux interlocuteurs institutionnels.

C'est donc tout un mouvement de recomposition d'un milieu scientifique qui est en marche. Reste que la demande sociale a peine à s'exprimer, qu'elle est souvent insolvable, et qu'elle nécessite d'être retraduite en termes scientifiquement abordables.

---

20. On lira aussi avec intérêt les nombreux articles de cet auteur, et ceux régulièrement publiés dans des revues comme *Research Policy*, *RAC*, ou *Science, Technolgy and Society*. Le rôle d'une délocalisation de la R & D de firmes internationales, et celui de partenariats avec elles y est aussi discuté.

21. Widstrand (1992) : « Les aides proposées sont toujours acceptées. Mais tout le monde ferme poliment les yeux sur les frais récurrents, que nulle institution locale n'a l'intention de prendre en charge. On suppose qu'un autre bailleur sera toujours disposé à payer les consommables et à renouveler les équipements non entretenus... »

22. Le « *Partnership for Higher Education in Africa* » (PHEA), 2000-2010 qui a été actif dans neuf pays africains pendant une décennie et qui a associé sept Fondations américaines est un cas exemplaire de cette stratégie.

Conclusion

Remarquablement lancée dans les années 1950-1980, au terme d'efforts conjugués et soutenus des jeunes états et de l'aide internationale, la recherche africaine a été fortement ébranlée (surtout en Afrique subsaharienne) par le retrait de l'État, le désengagement de l'aide extérieure, le naufrage des institutions, la ruine et le déclassement de la profession, le *brain drain* et la « privatisation » des activités.

Pourtant la vie intellectuelle et scientifique reste vibrante. Dans les plus petits pays on rencontre une poignée de chercheurs de vocation et de qualité. Les figures de proue, les cercles de spécialistes assurent envers et contre tout la maintenance de la recherche et la propagation de son goût. Plusieurs établissements sont robustes et proactifs, dans cette période de dénuement budgétaire. Des changements politiques ont amené certains États à réviser leurs réticences (ainsi au Nigeria). Les années 2000 ont aussi vu des coopérations du Nord, inquiètes, se mobiliser pour assurer un renouveau durable de la recherche. Des organisations internationales (l'OMS en particulier) jouent un rôle discret mais décisif pour maintenir à niveau des laboratoires qualifiés, identifier et soutenir les chercheurs remarquables. Le modèle professionnel a certes changé : il intègre beaucoup mieux qu'avant le souci de pertinence et d'application. Ainsi, les « petits pays scientifiques » ne sont pas des déserts de recherche ; mais partout des figures, des cénacles, des môles d'excellence sont ancrés, des idées originales prennent forme et forcent l'attention.

Il existe aussi heureusement *des pays entretenant avec soin* « des institutions scientifiques normales, c'est-à-dire dédiées à la recherche pour le bien commun, et en quête de résultats se rapportant aux objectifs et priorités du pays » : en particulier *en Afrique du Nord et en Afrique du Sud*. Nous n'entrons pas dans leur détail. Mais pour reprendre un avertissement de J. Mouton (2008), soulignons que partout « en dernier ressort l'amélioration – voire la restauration – des capacités de recherche ne peut résulter que de stratégies centrées sur la construction institutionnelle ("*institution building*") – plus que sur la formation de nouvelles compétences individuelles ("*capacity building* ") ». Non pas que la mise à jour et le soutien personnalisés des chercheurs soient dénués d'importance – qu'ils s'adressent à des jeunes prometteurs ou à des scientifiques chevronnés. Mais cette professionnalisation devrait toujours s'entendre dans le cadre d'un effort de recréation institutionnelle. Et les institutions concernées ne se limitent ni aux organes directeurs ni aux établissements et à leur management. Elles incluent, peut-être au premier chef, les organes normaux d'une communauté scientifique (associations savantes, édition, rencontres techniques et débats publics), et les relations de la science avec ses publics.

L'avenir de la recherche en Afrique est à ce prix.

Annexes
Zoom sur des pays petits producteurs de science

Encart 3. – Le Bénin : un petit pays pauvre, excellent dans des niches imprévues

Source : Gaillard, 2010b

Petit et pauvre, le Bénin a de longue date une tradition intellectuelle. L'indépendance a confirmé une soif d'enseignement, notamment supérieur, au point que le pays fut baptisé un temps le « Quartier latin de l'Afrique ». Les artistes et les scientifiques, les professeurs sont ici respectés. La recherche n'est pas abandonnée. La responsabilité en a toujours été confiée, au niveau national comme à l'université, à des chercheurs actifs et convaincus. Malgré un financement public presque nul, ils s'efforcent d'attirer les coopérations internationales, et viennent en soutien au noyau *d'une soixantaine de chercheurs* qui parviennent à publier chacun en moyenne une publication indexée chaque année. Le vivier est évidemment plus large, et se renouvelle – car des étudiants sont séduits par l'activité. Aux productions des Facultés et du CHU, il faut ajouter celles d'instituts nationaux de recherche, hérités (agriculture) ou créés plus récemment (plantes médicinales, mathématiques), voire étrangers ou internationaux (IITA, Centre du riz pour l'Afrique, Biodiversity International et Cirad en agriculture, IRD et OCCGE en santé).

Le résultat est que le Bénin a développé *des niches robustes*, parfois imprévues mais d'excellence reconnue ; et que sa production scientifique (certes modeste) ne cesse d'augmenter. Un cas particulièrement frappant est celui du petit Institut de sciences physiques et de mathématiques (IMSP), fondé en 1988, extrêmement agile en coopérations internationales, reconnu et soutenu d'abord par le prestigieux centre Abdus-Salam de Trieste, puis par les USA et plusieurs pays européens. L'Institut est Centre d'excellence de l'Union mathématique africaine ; il est impliqué dans de nombreux réseaux ; il coopère avec l'Afrique du sud et affiche une vocation régionale. Il vient de se voir attribuer une Chaire de l'Unesco, en physique théorique et mathématiques appliquées. Ses huit enseignants chercheurs publient à eux seuls autant que les 86 qu'abrite l'Institut national de recherche agricole ; en vingt ans ils ont fait soutenir 40 doctorats et 70 DEA réputés de bonne facture – dont moitié à des non-Béninois.

Ce succès a son pendant en plusieurs domaines. Les sciences de la santé sont les plus actives, dans des secteurs précis : pharmacotoxicologie (en lien avec les plantes médicinales) ; maladies infectieuses (y compris sida), où une poignée de brillants biologistes de l'université (CHU) travaillent en lien étroit avec le ministère de la Santé et des organismes internationaux : l'OMS reconnaît plusieurs laboratoires de référence en ce domaine ; et des chercheurs ont mis la main à la pâte en occupant à tour de rôle des fonctions de responsable national de la lutte

contre telle ou telle affection. On ne peut omettre enfin l'activité de gynécologie, liée à des programmes mère-enfant inventifs et réputés.

En agriculture, les principaux succès reviennent à l'IITA, dans le domaine original de la lutte biologique contre les ravageurs des cultures (criquet, mouche blanche et grand capucin ; traitement des cochenilles du maïs et du manioc). Hors ces niches, on ne saurait sous estimer la production plus éparse d'autres contributeurs.

Le niveau faible mais soutenu de la production scientifique dépend pour grande partie des collaborations internationales. Mesurées à l'aune des co-publications internationales (signées avec des auteurs étrangers), elles représentent aujourd'hui plus ou moins 90 % de l'ensemble des publications, alors qu'elles n'en représentaient que 60-70 % à la fin des années 1980. Un tel niveau de co-publications internationales ne se retrouve que dans quelques pays africains (par exemple le Sénégal et Madagascar) ou quelques pays d'Amérique centrale (par exemple, le Costa Rica). Les principaux pays partenaires entre 2001 et 2006 sont présentés dans le tableau 2.

.

Tableau 2 – Les principaux pays partenaires du Bénin (2001-2003 et 2004-2006)

2001-2003		2004-2006	
Pays	Co-signatures	Pays	Co-signatures
USA	47	France	94
France	40	USA	57
Belgique	35	Belgique	39
Nigeria	22	Pays-Bas	30
Royaume-Uni	22	Nigeria	19
Cameroun	21	Royaume-Uni	19
Allemagne	18	Suisse	18
Pays-Bas	16	Allemagne	16
Canada	15	Afrique du Sud	15
Côte d'Ivoire	12	Cameroun	14
Togo	11	Italie	14
Sénégal	10	Togo	14
Burkina Faso	8	Ghana	13
Suisse	8	Burkina Faso	10

Source : WOS

Encart 4. – Madagascar. Naufrage de la recherche publique. Succès des recherches privées

Source : Gaillard, 2011

Madagascar est, malgré des richesses naturelles et un peuple laborieux l'un des pays les plus pauvres du monde. En termes de PIB par habitant il est 168e sur 180 pays classés (en parité de pouvoir d'achat [PPA] – données Banque mondiale). Le dépeçage de l'État par des clans politiques en compétition permanente y est pour beaucoup. Les conséquences s'en font évidemment sentir pour toutes les actions publiques, et notamment dans les domaines de l'enseignement supérieur et de la recherche.

Les cinq établissements supérieurs publics sont asphyxiés par une massification mal maîtrisée, encadrés par un corps professoral vieillissant et mandarinal, des maîtres de conférence aux carrières gelées, et un appoint d'assistants ou de contractuels en situation précaire : tous très mal payés et ne dépassant pas en tout le millier. La plus grande partie ne font pas de recherche. S'ils le peuvent, ils se louent pour des expertises. Le modèle de survie scientifique est ici plus proche du « *consult or perish* » que du « *publish or perish* ».

Quelques établissements publics « à mission » (notamment en agriculture) abritent en outre 240 chercheurs à plein temps et 150 techniciens. Les salaires y sont congrus, l'équipement délabré (à l'exception des rares laboratoires équipés par la coopération étrangère), la gestion rigide et bureaucratique, si bien que grèves, absentéisme et démissions ont fait de nombre d'entre eux des coquilles vides. Les seules recherches donnant lieu à publications sont impulsées par des organismes étrangers, ou conduites en partenariat avec eux.

Très tôt (dès 1985), cette situation a conduit des chercheurs dynamiques à se grouper en petites *ONG de recherche*, hors les murs d'institutions qui se sclérosaient et en recevant le soutien d'ONG internationales intéressées par leurs agendas. Ce mouvement est particulièrement actif dans le domaine des sciences biologiques (conservation, biodiversité, environnement) et dans celui des sciences sociales (histoire, anthropologie, économie verte) – qui s'alignent sur des préoccupations mondiales. Il s'agit principalement de recherche appliquée, d'inventaire et d'action.

Parallèlement, quelques *instituts privés* de bonne taille ont maintenu voire amplifié leurs activités. Les deux principaux sont l'Institut Pasteur – véritable locomotive de la publication et de la recherche en biologie médicale (maladies infectieuses et virales, 40 chercheurs, centre d'excellence OMS) ; et plus modestement l'IMRA, spécialisé sur les molécules bio-actives issues des plantes médicinales malgaches. Ce dernier a été fondé par un chercheur malgache prestigieux, connu pour ses travaux sur des anticancéreux essentiels. Las des obstacles bureaucratiques mis à ses projets en public, il crée en 1977 son Centre privé d'étude des pharmacopées du pays. L'IMRA est aujourd'hui reconnu « ONG d'intérêt public », centre colla-

borateur de l'OMS (et de référence pour la médecine traditionnelle). Il poursuit deux missions : la bio-prospection, et les préparations pharmaceutiques à base de plantes. Celles-ci assurent son autonomie budgétaire, comme le font à Pasteur les services qu'il offre (préparation de vaccins).

Enfin, il faut mentionner l'activité soutenue, en partenariat, d'une poignée d'*instituts étrangers* (l'IRD est le plus visible et multidisciplinaire) ; tandis qu'un certain nombre d'*ONG mondialement puissantes* ont établi des antennes, qui emploient des chercheurs étrangers et des malgaches sous contrat. Elles interviennent activement dans les domaines de l'environnement, de la conservation de la biodiversité, de l'inventaire et de la protection des espèces endémiques (très nombreuses ici). On citera en particulier le World Wildlife Fund (WWF), la Wild Conservation Society (WCS), les WIOLaB ou les International Cooperative Biodiversity Groups (ICBG). Des programmes scientifiques suivis se déroulent par ailleurs avec le Missouri Botanical Garden (USA), l'Université de Braunschweig (Allemagne) et bien d'autres dont les projets indépendants ne sont pas filtrés par les ministères, mais soutenus par de nombreuses coopérations internationales (NSF, US-AID, GTZ, UE...).

Le paradoxe est alors que, malgré la paralysie de l'État et son impéritie en matière de recherche, la production d'articles indexés ne s'effondre pas, et même croît à un rythme modéré.

Un premier survol donne l'impression que l'université (surtout de Tananarive) est un des leaders de la production. Mais sa contribution est faite d'une constellation d'articles, issus de toutes disciplines et imputables à des auteurs essentiellement occasionnels. 90 % d'entre eux ne publient pas plus d'un article en dix ans. Aucun universitaire ne figure dans le « noyau dur » composé d'une cinquantaine de chercheurs, qui publient régulièrement au moins un article indexé par an.

Ce dernier groupe est composé pour moitié d'étrangers, dont certains résident à long terme, et d'autres sont des coopérants de longue haleine. Les chercheurs malgaches visibles sont durablement issus des mêmes institutions : ONG et instituts privés de recherche. Les principaux sont attachés à l'Institut Pasteur et à la WWF ; apparaissent ensuite l'IMRA puis le CNARP (institut public, mais où la publication indexée repose sur un seul chercheur). Le seul domaine où l'université apparaisse comme une source régulière d'information est celui de l'écologie-zoologie, en forte association avec les ONG qui interviennent dans ce domaine. Le CHU de Tananarive est aussi actif en médecine clinique (autour de leaders charismatiques : gynécologie, chirurgie, hépato-gastrique) et surtout en maladies infectieuses, en association avec le ministère de la Santé, Pasteur et l'IRD. Comme dans la plupart des pays africains, ce sont d'ailleurs les sciences de la santé qui se montrent les plus dynamiques. L'absence de sciences « agricoles » visibles proprement malgaches (Fofifa), le rôle majeur que jouent par défaut en ce domaine les intervenants étrangers (organismes internationaux, instituts en coopération) sont à rapporter au *naufrage de la recherche d'État*. Les capacités

nationales se concentrent sur l'écologie et la conservation, portées par des ONG (*cf.* tableau 3).

Les sciences biologiques (qui incluent les ressources biologiques et, notamment, la zoologie, l'écologie...) représentent le seul domaine en progression importante (passant de 12 % en 1996-1997, à plus de 30 % en 2004-2006). C'est dans les sciences biologiques que se retrouvent notamment tous les travaux sur la faune et la flore malgaches (notamment les lémuriens) publiés par les ONG comme WWF et la fondation WCS.

Les responsables d'établissements publics se défendent en arguant de résultats très adaptatifs, et tournés vers les usagers. Mais les revues nationales ont cessé de paraître, et la collection des documents de base (« archives ») également. Les résultats ne font l'objet que de communications à des réunions locales, relativement confidentielles et sans actes publiés. Un intéressant ouvrage vient de sortir néanmoins, qui fait un bilan sympathique des travaux menés depuis vingt ans par l'IRD, et plus généralement par ses partenaires et par la recherche malgache en sciences sociales et naturelles. Il en ressort l'idée que la recherche n'est pas morte, mais qu'elle s'est déplacée vers une recherche-action, ou vers une recherche appliquée, le plus souvent de commande, qui s'enseigne un peu, ne se publie guère, mais se rapproche plus de la sensibilité du public et des besoins locaux.

[Voir Feller et Sandron (éd.) (2010), *Parcours de recherche à Madagascar. L'IRD-orstom et ses partenaires*, Marseille, IRD éditions, 426 p.]

.

Tableau 3 – Spécialisation disciplinaire de quelques institutions, Madagascar : 2001-2003 et 2004-2006

	Pasteur		CHU Ant.		Univ. Ant.		Min. Santé		IRD Ant.		IMRA Ant.		WWF Ant.	
Entomo agricol	9	2							10	1				
Microbiologie	5	7												
Zoologie					7	13			7	4			2	10
Écologie app					3	7								
Pharmaco-Toxico	10	4			8	3					6	7		
Épidémiologie	8	3												
Maladies infectieuses	45	20	12	12			25	3	9	4				
Gynéco & app. génital			5	8										
Clinic Hépato-gastro			5	5										
Chirurgie			6	5										
Total	84	34	66	83	47	59	37	6	28	13	10	10	6	19

Source : base PASCAL. Traitements : P. L. Rossi / IRD, 2007

Références

AL HUSBAN, A. (2007), The State of Research in Social Sciences in Jordan, Irbid (Jordan) : Yarmuk Univ., Anthropology Department, 56 p. : http ://www.estime.ird.fr/

ALLEAUME, G. (1993), *L'école Polytechnique du Caire et ses élèves. La formation d'une élite technique dans l'Égypte du* XIXe *siècle,* Thèse d'État, Univ. Lyon II.

AMUWO, K. (2000), « The Discourse of Political Elites on Higher education in Nigeria », in Lebeau & Ogunsanya eds, *The Dilemma of Post Colonial Universities,* Ibadan (Nigeria), IFRA / ABB, p. 1-26.

ARVANITIS, R. (2009), « Science and Technology Policy », in EOLSS ed : *Knowledge for sustainable development*, Paris-Oxford : Unesco & EOLSS publishers pp 811-847, et Arvanitis A ed, *Science and Technology Policy vol 1* : EOLSS Encyclopedia on line http ://eolss.net.

BARRO, M. (2012), *Development Aid and Higher education in Africa*, CODESRIA Bulletin, N° 1-2, 2012, pp. 20-29.

BOSHOF, SC., GREBE E., MOUTON, J., RAVAT E., RAVIE, N., WAAST R. (2001), *Science in South Africa : History and Institutions*, Paris : IRD, CENIS, 229 p., et sur Horizons Pleins textes : http ://www.documentation.ird.fr.

CHAPARRO F., JARAMILLO H., QUINTERO V., 2004, Role of Diaspora in facilitating Participation in Global Knowledge Networks : Lessons of Red Caldas in Colombia, Report prepared for the Knowledge for Development Program of the World Bank : http ://www.docstoc.com/docs/49353522/Role-of-Diaspora-in-facilitating-Participation-in-Global-Knowledge.

CHATELIN, Y. & ARVANITIS, A. (1988), « National scientific strategies in tropical soil sciences », *Social Sudies of Science*, N° 18 : 113-146

FAUROUX, E. (2010), « L'anthropologie à Madagascar », in Feller C. & Sandron F. eds, *Parcours de recherche à Madagascar : l'IRD-Orstom et ses partenaires*, Marseille : IRD, p. 111-138.

FELLER, C. & SANDRON, F. (eds.sc.) (2010), *Parcours de recherche à Madagascar. L'IRD – ORSTOM et ses partenaires.* Marseille : IRD Éditions, 426 p.

GAILLARD, J. (1999), *La coopération scientifique et technique avec les pays du Sud*, Paris, Karthala, 340 p.

GAILLARD, A.M. et GAILLARD, J. (2006), Fuite des cerveaux, circulation des compétences et développement en Afrique : un défi global, *in* M. Pilon (ed.) Défis du développement en Afrique subsaharienne. L'éducation en jeu, Paris : CEPED, 37-65, 246 pages.

GAILLARD, J. (2010 a), Measuring Research and Development in Developing Countries : Main Characteristics and Implications for the Frascati Manual, *Science, Technology & Society* 15 (1) : 77 – 111.

GAILLARD, J. (2010 b). État des lieux du système national de recherche scientifique et technique au Bénin, Paris : Unesco, 70 p. (http ://horizon.documentation.ird.fr).

GAILLARD, J. (2011). Le système national de recherche scientifique et technique à Madagascar : état des lieux et proposition d'un cadre conceptuel pour l'élaboration d'une politique nationale de recherche et d'innovation. Paris : Unesco (études de politique scientifique), 102 p.

HUDU, A. (2000). « Working and Living Conditions of Academic Staff in Nigeria : Strategies for survival at Ahmadu Bello University », in Lebeau & Ogunsanya eds, *The Dilemma of Post Colonial Universities*

ILIFFE, J. (1998), *East African Doctors*, Cambridge (UK), Cambridge University Press.

KHELFAOUI, H. (2000), *Rapports pays : le Burkina Faso, la Côte d'Ivoire, l'Algérie* [*in* Waast R & Gaillard J. éd. *Les sciences en Afrique,* Paris : IRD, [Accès libre en ligne sur : http ://horizon.documentation.ird.fr/

KHELFAOUI, H. (2009), Bref État des Lieux du Système National de Recherche Scientifique et Technique de la République du Burundi, études de politique scientifique, Paris, Unesco-ASTI, 83 pages.

KLEICHE-DRAY, M. & WAAST, R. (2008), *Le Maroc scientifique*, Paris, Publisud, 312 p.

LEBEAU, Y. & OGUNSANYA, M. (eds) (2000), *The Dilemma of Post Colonial Universities,* Ibadan (Nigeria), IFRA / ABB, 334 p.

LE CHALONY, C. et MOISSERON, J.-Y. (2010). « Research Governance in Egypt : Biotechnology as a case study ». *Science, Technology & Society.* 15 (2), 371-397

MEYER J-B, J. CHARUM, D. BERNAL, J. GAILLARD *et al.* (1997). « Turning Brain Drain into Brain Gain : The Colombian Experience of the Diaspora Option », *in* J. Gaillard (éd.), The International Mobility of Brains in Science and Technology, numéro spécial *Science, Technology & Society*, Vol. 2 (2) : 285-315.

MOUTON, J. (2009) Report on Sub-Saharan Africa, in *Mapping research systems in the developing world*, Paris : Unesco-Higher Education Forum et http ://academic.sun.ac.za/crest/unesco/site.html.

MOUTON, J. (2008). Africa's science decline : The challenge of building scientific institutions. *Harvard International Review*. Volume 30(3) : http ://hir.harvard.edu/index.php ?page=article&id=1798.

NDIAYE, F. (2000), « La condition des universitaires Sénégalais » in Lebeau & Ogunsanya eds, *The Dilemma of Post Colonial Universities*, Ibadan (Nigeria), IFRA / ABB, p. 169-207.

RADI, S. (2001), *Les sciences en Égypte*, Paris : IRD [*in* Waast R & Gaillard J. éd. *Les sciences en Afrique,* Paris : IRD, 29 p. : http ://horizon.documentation.ird.fr/

ROUSSILLON, A. ed (1995), « Entre réforme sociale et mouvement national *: identité et modernisation en Égypte (1882-1962)* », Le Caire, CEDEJ, 600 p

SHINN, T., VELLARD, D. et WAAST, R. (2010), « La recherche au Nord et au Sud : coopérations et division du travail », *Cahiers de la recherche sur l'éducation et les savoirs (CRES)*, N° 9 : 7-31

SIINO, F. (ed.) (2003), Sciences, savoirs modernes et pouvoirs dans le monde musulman, N° 101-102, Revue REMM : http ://remmm.revues.org/40.

WAAST, R. & GAILLARD, J. (éd.) (2000), *Les sciences en Afrique,* Paris : IRD, 15 volumes, 1128 p. : http ://horizon.documentation.ird.fr/ (Recherche avancée : Waast, Littérature grise).

WAAST, R. (2001), « Afrique : vers un libre marché du travail scientifique ? », *Économies et Sociétés*, Série F, n° 39, « Développement » – III, 9-10 /, p. 1361-1413.

WAGNER, C. S. (2008). The New Invisible College, Brookings Institution Press, 157 pages.

WIDSTRAND, C. (1992). Tanzania*, Development of Scientific research : 1977-1991*, Stockholm, SAREC [Documentation : Research Surveys], 154 p.

Les sciences en Amérique latine
Tensions du passé et défis du présent [1]

Hebe Vessuri et Pablo Kreimer [2]

Évoquer « l'Amérique latine », que ce soit à propos de son développement scientifique ou de tout autre aspect, implique une abstraction. Comme O'Gorman le dit dans son texte classique :

> Tout le processus historique de l'idée de la découverte de l'Amérique se base sur le fait d'avoir supposé que ce morceau de matière cosmique, que nous connaissons maintenant comme le Continent américain, a toujours été cela, quand, en réalité, il ne l'a été qu'à partir du moment où on lui a attribué cette signification et ne le sera plus le jour où, en raison d'un changement dans la conception actuelle du monde, cette signification ne lui sera plus attribuée. (O'Gorman, 1995 [1958], p. 49.)

De même, bien que la référence à « l'Amérique latine » comme « unité » se soit révélée une construction politiquement efficace – le terme mettant en exergue un ensemble de représentations et d'intérêts matériels partagés –, la région comporte en fait bien des hétérogénéités. Elle se compose d'une multitude de sociétés influencées par le mouvement de leur propre histoire, de formations nationales et culturelles diverses, et elle accuse de fortes asymétries dans les processus de développement. Aussi dans ce texte ferons-nous ressortir aussi bien certains traits communs que les trajectoires très différenciées caractérisant des sociétés particulières.

1. Bien qu'il soit impossible d'établir clairement les limites précises entre les sciences et les technologies ou les composantes de ce qu'il est convenu d'appeler les « technosciences », dans ce texte nous nous concentrons davantage sur le développement et l'avenir des activités scientifiques que sur les aspects technologiques. Ces derniers sont naturellement évoqués, mais nous avons dû décider de ne pas nous étendre sur la question en raison de l'espace limité de cet article.

2. Cette étude s'inscrit au sein du projet Bekonal (Building and Exchanging Knowledges on Natural Resources in Latin America) (dir. Mina kleiche-dray, IRD) du consortium européen ENGOV (Environmental Governance in Latin America and the Caribbean) (SSH-CT-2010-266710) (2011-2015).

Figure 1 – Carte de l'Amérique latine

De façon générale, nous pourrions définir l'histoire des sciences en Amérique latine comme la chronique de pratiques et de représentations qui tournent autour de deux tensions constitutives. La première concerne la lutte, étroitement liée aux structures de pouvoir, pour définir ce qui est une connaissance *légitime*. En principe les connaissances locales sont opposées à l'incorporation acritique des sciences occidentales. Dans la pratique se pose la question d'une hybridation des savoirs, synthèse complexe où entrent en jeu la capacité d'absorption des sciences européennes, le désir d'en contrôler les fins, et le souci d'assimilation et d'intégration des groupes locaux socialement et ethniquement hétérogènes.

D'autre part, il existe une tension persistante entre la volonté de construire une science institutionnalisée visant à répondre aux besoins *locaux*, par opposition à une approche plus intégrée à la science *internationale* qui a pour ambition (notamment en sciences fondamentales) d'échapper à une position « périphérique » pour se propulser au « centre » même des métropoles de science (Diaz, Texera et Vessuri, 1983). Cette opposition a souvent été formulée en termes de « science pour le développement » versus « science d'excellence » (Rengifo, 2013).

Dans une première partie du chapitre, nous montrerons comment ici et là, ces tensions se sont réalisées au fil du temps, avec des issues instables et susceptibles de retournements, pour aboutir à une institutionnalisation et une professionnalisation variables. Dans la deuxième partie, nous centrerons notre attention sur le contexte récent, alors que (depuis vingt-cinq ans) les sciences se globalisent, adoptent de nouveaux modes de production, que les métropoles de sciences se diversifient, et que les pays émergents, ou aspirant à le devenir, même s'ils ont toujours des problèmes de développement, ne peuvent plus être simplement qualifiés de « périphériques » ou de « nouveaux entrants » (comme le Brésil).

Nous examinerons les transformations profondes subies par l'évaluation du système de recherche et leurs implications pour l'activité scientifique. En outre, nous analyserons la reconfiguration des domaines de la science, avec l'apparition de nouveaux sujets, tels que l'environnement et la biodiversité, et de nouveaux champs disciplinaires, tels les connaissances associées à la nanoscience, la neuroscience, la biotechnologie et les nouveaux matériaux, ainsi que la diffusion des TIC. Concrètement, nous verrons comment la nouvelle compréhension de la dynamique science-technologie (« l'innovation ») met l'accent sur le développement technologique et fait de la science une auxiliaire de la technologie (et *vice-versa*). Nous conclurons en soulignant certains défis qui se présentent à l'heure actuelle entre le développement de la connaissance et les dynamiques et besoins des sociétés de la région.

1 Essai d'historiographie : le développement scientifique en Amérique latine

L'activité scientifique a eu ici ou là, tout au long de l'histoire, une importance et des influences variables selon le moment et le contexte. Pour simplifier, nous pouvons identifier au moins trois groupes de pays : (a) les pays les plus vastes, dans lesquels la dynamique modernisatrice, qui comprenait le déploiement de la recherche scientifique, a connu un développement considérable. Nous incluons dans ce groupe le Brésil, le Mexique et l'Argentine ; (b) dans un second groupe, possédant des caractéristiques sociales similaires mais avec des dimensions plus réduites et – selon l'époque – plus ou moins de dynamisme, nous pouvons situer le Chili, la Colombie, le Venezuela, l'Uruguay et Cuba (voire pour partie, le Pérou et le Costa Rica) ; (c) le troisième groupe se compose de sociétés au développement relativement mineur et où les processus « modernisateurs » ont eu moins de portée, pour des raisons variables selon les cas. En outre, dans le processus d'institutionnalisation et de professionnalisation scientifique, nous distinguons plusieurs étapes, autour desquelles est organisé cet exposé.

Nous considérons que les efforts *d'internationalisation* sont un élément clé pour le développement des sciences dans les différents pays. Nous devrons souligner qu'avec le temps leurs modalités ont changé, tandis que les efforts de *développement « interne »*, y compris ceux issus de mouvements populaires ou les incluant, se sont exprimés de façon temporaire (mais persistante). Le lien avec le politique, et les alliances sociales au sein de « blocs socio-cognitifs », dominants selon les périodes, a imposé une tension permanente qui a fait qu'en général, les conflits de base par rapport au rôle des sciences dans les sociétés latino-américaines ne trouvent pas de solution. Nous suggérons ici que ce qui entre en jeu est le contrôle cognitif et technique des activités de recherche entreprises localement. Ce qui suit est un aperçu des différentes étapes historiques.

1.1 Du XVIIe siècle à 1870, « l'internationalisation fondatrice » : les sciences coloniales et l'invisibilité officielle des connaissances populaires

À l'époque coloniale, la science était réservée à quelques acteurs issus de l'élite culturelle et économique, aussi bien européenne que latino-américaine, dont le principal objectif était d'assurer, directement ou indirectement, l'exploitation des ressources naturelles ainsi que la domination politique et la sécurité des colonies, et plus tard, à partir de la fin du XIXe siècle, de répondre aux besoins croissants d'un capitalisme européen en pleine expansion (Vessuri, 2006).

La rencontre entre les Européens et le monde américain – naturel et social – a posé de nouveaux défis à la science européenne. Les récits de voyageurs et d'explorateurs ont eu de grandes répercussions en Europe et en Amérique, car leurs ouvrages dévoilaient un univers inconnu, décrivant dans un langage familier l'étrange nature du nouveau monde. En Espagne, des institutions telles que le Real Consejo de Indias et la Casa de la Contratación avaient été créées dans le but explicite de mettre en œuvre des instruments efficaces de conquête, recueillant, systématisant et diffusant l'inépuisable source d'information que représentait le Nouveau Monde. L'effort espagnol de description, de dénomination et de classement de la nature et de la géographie de l'Amérique a été colossal, et ses résultats remarquables : débats juridiques et moraux complexes, descriptions ethnographiques détaillées, études linguistiques, encyclopédies d'histoire naturelle, traités de botanique médicale, innombrables cartes, manuels et instruments de navigation, navires, canons et voiles. Nommer et classifier une telle quantité et une telle variété d'animaux et de plantes semblait une tâche impossible, et ce n'est qu'à l'issue d'une longue période qu'un ordre apparent a pu être établi grâce au système linnéen au XVIIIe siècle (Nieto, 2000). On peut mentionner ici le rôle particulièrement intéressant de José Celestino Mutis (médecin et botaniste andalou vivant à Bogota), qui a contribué à enrichir les classements de Linné au fil d'une longue relation épistolaire (de 1760 à 1778), en puisant dans l'extraordinaire biodiversité du territoire de la Colombie actuelle, alors appelée Nouvelle-Grenade (Amaya, 2000).

L'Espagne, caractérisée par un monolithisme religieux et idéologique régissant une société agraire et stratifiée, a fondé à l'époque coloniale un certain nombre d'universités dans le Nouveau Monde, qui avaient vocation à devenir de futurs piliers du système colonial (contrairement à l'Espagne, le Portugal a attendu la fin du XIXe siècle pour créer des institutions d'enseignement supérieur au Brésil). Ancrées dans les modèles

métropolitains du XVIIe siècle, ankylosées par le temps et l'histoire, ces universités se sont avérées être des cadres peu propices à l'innovation et à la modernité. À quelques exceptions près, les principaux lieux de réflexion et d'érudition en Amérique latine étaient les bibliothèques et les réunions de prêtres ou de magistrats. Le conservatisme des universités et l'absence d'autres institutions susceptibles de devenir des centres de diffusion ou de renouvellement du savoir ont eu pour effet de cantonner à la sphère privée l'influence de nouveaux apports philosophiques ou scientifiques (Ten, 1992).

Bien qu'il y ait eu assez tôt – notamment au XVIIIe siècle – une circulation des personnes et des idées entre l'Europe et l'Amérique latine, le contexte qui prévalait jusqu'à la fin de ce XVIIIe siècle faisait de toute innovation une œuvre inévitablement personnelle, et par conséquent vouée à disparaître. C'est alors qu'a commencé une révolution didactique dans l'enseignement des mathématiques, des sciences et des arts dans certains milieux, formant ainsi une jeunesse qui allait propager et soutenir les idées indépendantistes. Ni la grande figure susmentionnée de Mutis ni le procureur Francisco Moreno y Escandón n'étaient parvenus à faire approuver leurs projets de réforme universitaire dans le Royaume de Nouvelle-Grenade ; les professeurs jésuites Benito Riva ou William Faulkner avaient dû se contenter de la formation privée d'élèves à Córdoba del Tucuman ; des figures de premier plan telles qu'Alzate ou Bartolache n'avaient pu obtenir de postes de professeurs au Mexique. Au Pérou, les rares professeurs contribuant activement à l'esprit des Lumières le faisaient en dehors du cadre universitaire. Le *Mercurio Peruano*, organe d'expression de la Société des amis du Pays, à Lima, a été le principal instrument de diffusion des idées des Lumières au sein de la société péruvienne de la fin du XVIIIe siècle. Certains de ses membres éminents tels qu'Unánue et Baquijano, très au fait des derniers progrès de la science européenne, ont contribué à jeter les bases définitives d'une culture propre qui allait mener à la révolution. C'est dans des milieux semblables que se sont formés la plupart des auteurs de l'indépendance de l'Amérique latine. En tant que membres d'une élite instruite – qui ne représentait qu'une toute petite partie de la société de l'époque, et dont allaient surgir, comme on vient de le dire, les leaders des mouvements indépendantistes –, les scientifiques, et particulièrement les médecins, ont alors joué un rôle sans aucune commune mesure avec leur nombre.

Entre 1820 et 1870, la tâche collective consistant à « compléter l'émancipation », pour reprendre le mot de l'historien Halperín Donghi (1967), a pris différentes formes liées à la construction des nouvelles nations américaines. Après la longue période de guerre civile qui a suivi les guerres d'Indépendance, la plupart des pays sont parvenus à établir une organisation nationale définitive. Le rôle de la science et des scientifiques dans le processus de construction des nouvelles nations a varié selon les contextes, mais d'une manière générale la création d'institutions scientifiques s'est avérée difficile et aléatoire. L'une des raisons en est précisément la participation directe de groupes de scientifiques aux guerres d'indépendance, qui a décimé les effectifs de plusieurs centres de production intellectuelle d'Amérique latine.

Au cours de la phase qui a suivi la répression espagnole et abouti à la cristallisation d'États indépendants (1820-1870), la participation des scientifiques a donc été moins importante, d'une part parce qu'ils avaient payé un lourd tribut à la lutte armée et

d'autre part parce que les priorités du moment, pour les survivants, étaient davantage d'ordre politique que scientifique. Dans un souci de cohésion, l'activité scientifique a alors été mise au service d'objectifs nationaux tels que la diffusion de l'enseignement scientifique, la généralisation de l'instruction et le développement du commerce, de l'agriculture, de l'extraction minière et autres secteurs économiques. Les rares ressources humaines qualifiées disponibles ont été mises à l'œuvre pour la formation de commissions d'études chargées de faire l'inventaire des richesses, de définir les caractéristiques géographiques des territoires nationaux, et de résoudre les problèmes aussi bien du gouvernement (frontières) que de la vie quotidienne. Selon Saldaña (1992), il s'agissait d'un processus historique de « double face » : la politisation de la science, d'une part, et la scientifisation de la politique, de l'autre.

Le Brésil est un cas à part. Il a connu une phase impériale de 1808 à 1889, lorsque le siège de la Cour du Portugal a été transféré à Rio de Janeiro en raison des guerres napoléoniennes. C'est donc au tout début du XIXe siècle qu'ont été créées à Rio de Janeiro une académie militaire, deux écoles de médecine et deux autres de droit, ainsi qu'un petit nombre d'instituts de recherche. La quête de nouvelles richesses minérales et la volonté d'adapter au Brésil des productions agricoles connues en Europe et dans d'autres régions du monde se sont traduites par la création de collections minéralogiques et de jardins botaniques (Schwartzman, 1979). Une fois conquise l'indépendance formelle du Brésil en 1822, c'est sous le règne de Pierre II qu'ont été créés le musée d'Histoire naturelle, l'Observatoire astronomique et la Commission géologique impériale, mais le soutien à la recherche semblait davantage destiné à servir les intérêts européens que ceux des milieux locaux.

Du côté du Río de la Plata, le mouvement d'indépendance de mai 1810 était essentiellement mené par les habitants instruits de Buenos Aires, partisans d'une démocratie contrôlée et d'une politique économique libérale permettant d'assurer l'expansion croissante de l'élevage de bétail, afin d'alimenter le trafic commercial du port de Buenos Aires. Ces citadins étaient en effet convaincus du fait que seule la capitale était en mesure de répondre de manière satisfaisante aux besoins du pays. Toutefois, de vastes secteurs des populations des provinces jugeaient cette prétention inacceptable, préférant s'en remettre au pouvoir des caudillos locaux, souvent réfractaires aux idées de progrès et au pouvoir centralisé. Quoi qu'il en soit, la province de Buenos Aires a connu des années de progrès sans précédents. Mais la relative euphorie de la capitale a été de courte durée, sa continuité étant menacée par de nombreux éléments discordants, tels que l'opposition de secteurs liés aux autres provinces par des intérêts économiques, les rivalités entre secteurs et clans au sein de la province, ainsi que les intérêts britanniques et français qui ont constitué un facteur supplémentaire de déstabilisation du processus politique dans la région du Río de la Plata durant ces années de progrès et de turbulences. Au cours des années 1820, d'illustres personnages tels que Bernardino Rivadavia ont exercé une influence importante en contribuant à améliorer l'aménagement urbain de Buenos Aires sur le modèle européen. Rivadavia a fondé l'Université et le Théâtre de Buenos Aires, les académies de géologie et de médecine ainsi que le premier musée de sciences naturelles du sous-continent.

Il y avait au sein des élites créoles une conviction partagée sur la valeur de la science en tant qu'instrument de modernité. L'émergence progressive d'un espace public, même limité, a permis la création de mécanismes de production et de reproduction de connaissances et de pratiques scientifiques, dont témoignent les publications périodiques, l'associationnisme scientifique (Vessuri et Capel, 1992), les nouvelles institutions éducatives, les musées de sciences naturelles (Sheets-Pyenson, 1988 ; Lopes et Podgorny, 2000), et plus tard, à partir du dernier quart du XIXe siècle, la participation de plusieurs pays de la région aux expositions universelles (López Ocón, 2002).

Parallèlement, au cours des siècles de domination coloniale et de vie républicaine, une grande partie de la population avait comme principale – pour ne pas dire unique – source de pratiques « scientifiques » la connaissance autochtone. Cette connaissance, dont les descriptions ont souvent été incorporées dans les chroniques et récits sur le Nouveau Monde, a été et a continué d'être une connaissance vivante, malgré la dénégation officielle la taxant d'irrationnelle, ignorante et fausse. Les autochtones n'ont pas seulement partagé avec les Européens leurs connaissances sur les plantes médicinales, les géographies inconnues et les peuples exotiques, ils ont également su maintenir au fil des siècles un ordre cognitif, souvent fragmenté par les processus d'exploitation et d'extermination, mais d'une incroyable résilience.

1.2 1870-1920, « l'internationalisation civilisatrice » : des sciences coloniales aux « sciences nationales »

Vers la fin du XIXe siècle, plusieurs pays ont entamé un processus de modernisation économique et politique. L'éducation, la science, l'immigration européenne et les capitaux étrangers en ont été les principaux instruments. Les exportations ont fortement augmenté tandis que se consolidait le pouvoir des oligarchies civiles apparues au cours du dernier demi-siècle, notamment grâce aux très rentables activités de l'agriculture et de l'élevage, qui ont connu un grand essor après les processus d'indépendance. Sur le plan des idées, le *positivisme* européen, avec sa foi inébranlable dans le progrès, a été amplement relayé par les élites locales, offrant aux milieux politiques et intellectuels latino-américains un schéma conceptuel qui intégrait les connaissances de l'histoire, de la science et de la société, tout en soulignant l'importance de l'ordre et de la stabilité face au désordre civil endémique qui régnait depuis l'Indépendance. Dans ce contexte, la science faisait partie d'une sorte de « kit de la modernité », car elle correspondait à un ensemble de représentations s'opposant à ce qui était considéré comme « arriéré » ou « traditionnel », telles que le développement de l'enseignement public, l'industrialisation naissante, l'évolution du droit et l'essor du commerce, le tout reposant sur une indéfectible croyance dans le progrès (Zea, 1968, 1980 ; Lins, 1964 ; Dantes, 1992 ; Montserrat, 2000). Cette vision des choses pourrait être résumée par le fameux sous-titre du livre *Facundo*, de Domingo Sarmiento, intellectuel et Président de l'Argentine : *Civilisation et barbarie*. Toutefois, bien que le positivisme ait favorisé l'estime de la société pour la science en tant que source de progrès et de connaissance pratique, cette appréciation relevait dans une bonne mesure de la rhétorique, les réels efforts de recherche restant des cas exceptionnels. Parmi les institutions qui illustrent bien ce processus, on peut mentionner les observatoires astronomiques et le développe-

ment parallèle de l'astronomie en tant que discipline naissante [3]. Ces développements précoces s'expliquent probablement par la nécessité d'observer *in situ* les cieux de ces latitudes, ce qui était par définition impossible depuis les centres hégémoniques européens (Bartolucci, 2000 ; Rieznik, 2011).

Au cours de cette période, de nouveaux domaines scientifiques ont été institutionnalisés : outre l'astronomie, d'autres disciplines ont fait leur apparition telles que la physiologie, la microbiologie et la physique. Dans ce processus d'émergence de nouvelles disciplines, un facteur décisif a été la relation avec des savants européens (et, plus tard, étasuniens) qui dans un premier temps ont fait office de « ponts » entre les secteurs les plus dynamiques situés dans les pays centraux et les institutions et les différents acteurs latino-américains. Aux premiers « voyageurs » scientifiques tels que les Américains Benjamin Gould, John Thome et Charles Perrine, qui ont contribué activement au développement de l'observatoire astronomique de Córdoba (Pyenson, 1985, 2013 ; Kreimer, 2010b), ont succédé des Latino-Américains désireux de se rendre dans les centres de recherche des pays développés. Oswaldo Cruz, médecin brésilien ayant étudié auprès d'Émile Roux à l'Institut Pasteur de Paris, en est un bon exemple (Chagas Filho, 1993). Au-delà de la métaphore de la « diffusion » et de ses étapes (Basalla, 1967), qui ne prend pas en compte les processus culturels et intellectuels en jeu dans le développement de nouveaux espaces de la connaissance, le fait est qu'on a assisté à une expansion systématique de certaines disciplines européennes vers les pays les plus « modernes » d'Amérique latine durant toute cette période (Vessuri, 2006 ; Pyenson, 1985).

Un exemple bien connu est la création en 1909 à Rio de Janeiro de l'Institut Oswaldo-Cruz, une sorte d'Institut Pasteur brésilien qui a vu le jour à la suite des succès de Cruz dans la lutte contre la fièvre jaune (Stepan, 1981 ; Benchimol, 1999). Cette institution, d'abord placée sous la direction de Cruz lui-même puis sous celle de Carlos Chagas, est rapidement devenue une référence continentale dans le domaine de la recherche en santé publique, en médecine tropicale et en bactériologie et, par la suite, de la recherche biomédicale en général, instituant ainsi une véritable « tradition de recherche pasteurienne » en Amérique latine [4]. Cette tradition a ensuite essaimé, notamment sous l'impulsion d'Arthur Neiva, créateur de l'Institut de biologie à São Paulo en 1927, et grâce aux élèves formés dans le cadre du fameux « cours de Manguinhos », qui ont rejoint les institutions de différents pays de la région (Schwartzman, 1979) [5].

Un autre cas exemplaire, au cours de la même période, est celui des premiers développements de la physique à La Plata, en Argentine. En effet, c'est peu après la création

3. L'Observatoire astronomique national de Colombie (OAN), créé en 1803 et réaménagé en 1865, a été le premier observatoire d'Amérique, suivi de l'Observatoire impérial de Rio de Janeiro en 1845, de l'Observatoire de Córdoba (Argentine) en 1871 et de l'Observatoire astronomique national du Mexique en 1878.

4. Carlos Chagas (1879-1934) : médecin brésilien connu pour ses recherches sur les maladies tropicales, notamment la malaria. Au cours de ses recherches, il a découvert chez les singes un parasite potentiellement dangereux pour les humains. Il lui a donné le nom de *Tripanosmoa Cruzi*, en l'honneur de son maître, Oswaldo Cruz. Quelques années plus tard, la maladie a été baptisée, suivant la fameuse éponymie mertonienne, « Maladie de Chagas » (Kropf et Lacerda, 2009).

5. Cukierman (2007) définit cette période d'adoption et d'hybridation des savoirs internationaux en termes de « science débarquée ».

de l'Université nationale de La Plata en 1897 qu'a été institutionnalisée cette discipline, aux côtés d'autres sciences exactes. Le physicien allemand Emil Bose, invité par les autorités argentines, s'est attaché à équiper les premiers laboratoires de cette discipline (les premiers du genre dans le pays) [6] : tout l'équipement a été importé et Bose lui-même s'est rendu en Allemagne pour en faire l'achat, engageant au passage techniciens et experts pour son installation, personne en Argentine n'étant à même d'accomplir une telle tâche (Pyenson, 1985). Par la suite, c'est un autre physicien allemand, Richard Gans, qui lui a succédé, et lorsque celui-ci est retourné en Allemagne, le premier Argentin à être nommé directeur en 1925 a été Ramón Loyarte, l'un des jeunes physiciens disciples de Bose et de Gans (Ortiz *et al.*, 2009). Dans cette lignée, Enrique Gaviola a jeté un pont entre la physique « traditionnelle » et la physique « moderne », en participant à l'organisation du Département de physique de l'Université de Buenos Aires, et aux premiers développements de la physique nucléaire, dans les années 1950 (Feld, 2014).

Ces années ont vu l'émergence au sein des grands pays d'un marché professionnel pour les diplômés en droit, en médecine et en ingénierie, associé à une croissance des classes moyennes urbaines, elle-même liée à l'exode rural (provoqué par la mécanisation de la production agricole et l'attrait de l'industrialisation naissante), mais aussi et surtout, dans les pays du Cône Sud, à l'arrivée en grand nombre d'immigrants européens dès la fin du XIXe siècle (Germani, 1968 ; Medina Echevarría, 1959 ; Oxhorn, 2001). L'immigration a souvent contribué à l'essor de manufactures, grâce aux connaissances techniques et au capital social apportés par les immigrants, comme cela a été le cas pour l'industrie textile argentine à la fin du XIXe siècle. Au Brésil, jusqu'à l'avènement de la République, l'activité scientifique s'était caractérisée par sa grande précarité, en proie à l'instabilité des initiatives impériales et aux carences des écoles professionnelles, bureaucratisées, sans autonomie et utilitaristes dans leurs objectifs. En l'absence d'un secteur social intéressé par des projets éducatifs et scientifiques, ces écoles ont eu un développement très limité tout au long du XIXe siècle. Une exception, à la fin de l'empire portugais, a été la création de l'École des mines à Ouro Preto (Carvalho, 1978), qui a contribué au développement des nouveaux hauts-fourneaux à charbon de bois, promis à une utilisation croissante par l'industrie. Le *boom* de l'économie du café a généré de nouveaux besoins : grandes quantités de fer pour les chemins de fer, équipements militaires, machines et outils nécessaires à la production de café et de sucre. Jusqu'en 1920, la production nationale de fer était concentrée dans une seule entreprise : Queiroz Jr.

L'industrialisation intéressait également les agronomes, qui cherchaient à transposer et à adapter en Amérique latine les succès de l'agriculture scientifique européenne basée sur les progrès de la chimie. Cela s'est notamment traduit par la création d'une génération d'instituts d'agronomie tels que l'Institut d'agronomie de Campinas, fondé en 1887 par l'empereur Pierre II, ou encore la Station expérimentale agricole de Tucumán, ces deux cas liés à la production de canne à sucre démontrant au passage que la création d'instituts de recherche n'était pas cantonnée aux grands centres urbains.

6. Il s'agissait d'acheter les appareils pour réaliser les expériences de courant alternatif et continu, et de monter la batterie d'accumulateurs et les cadres de distribution, ainsi que le compresseur d'air et les liquéfacteurs (Pyenson, 1985).

Par ailleurs, il est important de souligner que même dans le domaine de l'agronomie, discipline souvent considérée dans la littérature comme relativement moins internationalisée que d'autres champs de la connaissance, on trouve déjà à cette époque des réseaux scientifiques et des marchés dynamiques ouverts à la concurrence internationale (Tagashira, s. d.).

1.3 1920-1950, les interactions entre les sciences nationales et l'« internationalisation libérale ». Première phase : les partenariats avec le centre

Dans la première moitié du XXe siècle, les pays du Cône Sud avaient un avantage par rapport aux autres pays latino-américains (à l'exception du Costa Rica en Amérique centrale [7]) : leur population était alphabétisée. En effet, l'Argentine, l'Uruguay et – dans une moindre mesure – le Chili avaient mis en place des programmes d'enseignement primaire et secondaire pour l'ensemble de la population. Les valeurs héritées du positivisme et liées au sécularisme telles que la bonne citoyenneté, le républicanisme et la véracité scientifique étaient au menu des programmes scolaires. Parallèlement, les *migrations massives* en provenance d'Europe (surtout d'Espagne et d'Italie) qu'ont connues ces pays depuis la fin du XIXe et durant la première moitié du XXe siècle se sont traduites par une augmentation des classes moyennes puis par des processus d'incorporation à la citoyenneté. Les descendants de ces immigrants s'intègrent à la société, et à partir des années 1930 et 1940 viennent grossir les rangs des universités argentines, mexicaines et brésiliennes. La période de l'entre-deux-guerres a été marquée par une profonde transformation des sociétés latino-américaines, accompagnée d'une amélioration des conditions de vie de la population dans plusieurs pays de la région [8]. La science expérimentale s'est alors développée dans certains centres de la région, souvent sous la forte influence de professionnels étrangers et avec la coopération de pays développés.

Les premiers précurseurs « nationaux » de certains domaines scientifiques étant parvenus à institutionnaliser leurs disciplines, on peut désormais parler de l'installation de nouvelles « traditions scientifiques » locales. Certains cas paradigmatiques en illustrent bien les modalités, tels que celui de la naissance de la physiologie expérimentale. Il s'agit plus généralement de la recherche biomédicale en Argentine, incarnée par le parcours de Bernardo Houssay (prix Nobel de médecine en 1947), qui a créé les premiers laboratoires de physiologie à l'Université de Buenos Aires en 1917. Houssay a jeté les bases expérimentales d'un modèle de recherche « de laboratoire » (Cueto, 1994) rompant avec les pratiques jusqu'alors dominantes et caractérisées par la recherche bibliographique et la reproduction d'expériences déjà réalisées dans les laboratoires de métropole. Houssay, comme beaucoup d'autres « pionniers », s'était attaché à développer différents réseaux internationaux, particulièrement en Europe (France et

7. Le Mexique constitue quant à lui un cas particulier. Saldaña (1993) souligne le fait que, bien qu'il y ait eu sous la Présidence de Porfirio Diaz (1876-1910) d'indéniables progrès dans la qualité de l'enseignement, *cela n'a pas modifié substantiellement le taux d'alphabétisation*, qui n'a que très peu augmenté au cours de cette période. Il a fallu attendre plusieurs décennies pour que l'alphabétisation massive atteigne effectivement les différentes couches sociales de la population mexicaine.

8. En 1918, Buenos Aires était la deuxième ville de la côte atlantique après New York. À l'exception des centres d'importation et de distribution commerciale tels que la Hollande et la Belgique, aucun autre pays dans le monde n'importait autant de biens par habitant que l'Argentine (Vessuri, 1997).

Angleterre) et aux États-Unis, ce qui lui a permis d'envoyer ses élèves à l'étranger durant des périodes variables et, aspect non négligeable, de faire valoir sa reconnaissance internationale dans son propre pays (Buch, 2006). Au cours des décennies suivantes, ce qu'il était convenu d'appeler la « tradition Houssay » a été perpétuée par ses élèves, au sein de différentes institutions et sous-disciplines (biochimie, bactériologie, biologie cellulaire, etc.), aussi bien en Argentine même (Córdoba, Rosario, Tucumán) que dans d'autres pays.

Un autre cas a retenu l'attention des historiens. C'est celui d'Alfonso Luis Herrera et de son rôle dans le développement de la biologie et la diffusion des idées darwiniennes au Mexique. Herrera a créé en 1917 la Direction des études biologiques (rattachée au ministère du Développement et devenue en 1929 l'Institut de Biologie de l'Université Nationale Autonome du Mexique, UNAM). Toutefois, sous l'impulsion d'Isaac Ochotarena (opposé à Herrera), une perspective plus descriptive et taxonomique qu'expérimentale s'y est finalement imposée (Ledesma, 2009). En revanche, parmi les institutions ayant développé des recherches plus « modernes », dans la lignée de celles de Buenos Aires et Rio de Janeiro, on peut mentionner l'École nationale de sciences biologiques, créée en 1936 par le Président mexicain Lázaro Cárdenas et où se développa la recherche en bactériologie et parasitologie. À partir de 1939, cette école a reçu un grand nombre de scientifiques exilés de la Guerre civile espagnole (Fortes y Lomnitz, 1991). Quelques années plus tôt, en 1916, on avait créé l'Institut de bactériologie de Buenos Aires, rattaché au département national d'Hygiène, véritable précurseur de la recherche biomédicale en Argentine et qui, sous la direction du bactériologue autrichien Rudolf Krauss, a compté dans ses rangs de jeunes chercheurs qui allaient devenir célèbres : Arturo Neiva, issu de l'Institut Oswaldo-Cruz, le biochimiste Alberto Sordelli, l'oncologue Ángel Roffo, et bien sûr Bernardo Houssay (Estébanez, 1996).

Au cours de ces années, le domaine agricole a également eu son lot de créateurs de disciplines qui ont laissé leurs marques. Les travaux de Salomón Horovitz lui ont valu le surnom d'« homme du maïs de l'Argentine » auprès des collègues de la région, car il était considéré comme le pionnier de la génétique moderne et de la phytotechnie du maïs en Argentine, même si l'impact pratique de ses travaux sur la production locale a été amoindri par les circonstances politiques qui l'ont poussé à émigrer, entraînant ainsi la perte d'une grande part des résultats de vingt ans d'efforts continus d'une recherche prolifique [9]. En revanche, au Venezuela, son pays d'adoption, il a fait école et instauré une manière de penser et de travailler dont les succès matériels ont été une source de fierté pour les agronomes vénézuéliens (Vessuri, 2005).

Cela dit, le transfert de connaissances n'a pas toujours été sans poser de problèmes. En ce qui concerne le maïs, par exemple, une controverse fait rage au Mexique depuis plus de soixante ans, opposant d'un côté Edwin Wellhausen et ses hybrides de maïs, soutenu par la fondation Rockefeller, et de l'autre Edmundo Taboada et des col-

9. Lorsque Juan Perón était apparu sur la scène politique nationale, Horovitz avait signé avec d'autres professeurs d'universités argentines (comme Houssay lui-même, parmi tant d'autres) un manifeste contre le gouvernement *de facto*. Suite à l'élection de Perón, il a dû renoncer à ses activités à la faculté des Sciences de l'UBA et à son poste de directeur de l'Institut de Santa Catalina. Dans ces circonstances, il a accepté une invitation du Venezuela, où il s'est installé définitivement et où il a mené une deuxième carrière professionnelle (Vessuri, 2003).

lègues mexicains, dont les variétés sont génétiquement stables et similaires à celles des agriculteurs traditionnels mais dont la sélection est rationalisée (Arellano, 2005) [10].

⋆

Au cours de cette période, les recherches dans les différents domaines étaient surtout pratiquées dans des cénacles, autour de figures scientifiques entourées de leurs collaborateurs. Ils travaillaient selon le modèle du « scientifique bricoleur » : ils fabriquaient souvent leurs propres instruments avec les moyens du bord, et œuvraient avec des ressources limitées. Il s'agissait la plupart du temps de personnes issues de milieux aisés, notamment d'oligarchies de propriétaires terriens – comme Luis Leloir ou Eduardo Braun Menéndez en Argentine –, et dont les revenus ne dépendaient pas exclusivement d'une recherche scientifique encore peu professionnalisée [11]. Les engagements idéologiques n'étaient pas nécessairement absents de leurs entreprises. En 1927, Carlos Monge Medrano a organisé une expédition dans les hautes terres du Pérou, où il a confirmé l'existence de mécanismes physiques et physiologiques ayant permis aux populations andines de s'acclimater, au fil des siècles, à la basse pression en haute altitude. Cette expédition a marqué le début de la physiologie expérimentale au Pérou, une histoire où se mêlaient les idées scientifiques et les motivations nationalistes. Au sein de ce petit groupe de chercheurs qui a réalisé un travail original dans un pays où la tradition scientifique restait marginale par rapport aux centres mondiaux de la connaissance, deux styles se sont imposés : celui de Monge, qui cherchait davantage à démontrer la spécificité andine, et celui d'Alberto Hurtado, plus orthodoxe dans son approche expérimentale (Cueto, 1989).

Un aspect important de cette période est lié à la structure des relations internationales. Les leaders des différents champs de recherche avaient l'habitude d'envoyer leurs élèves étudier un certain temps dans les centres de recherche des pays les plus développés afin d'élargir leurs horizons thématiques, d'apprendre de nouvelles techniques, etc. Ces relations prenaient la forme de contacts individuels et souvent informels, avec de bonnes marges de négociation (en fonction du capital symbolique détenu par le leader local) et un faible – voire nul – soutien financier de la part des autorités politiques du pays de l'étudiant. Ces relations se sont avérées pourtant cruciales pour la consolidation des élites scientifiques locales, qui les ont développées dans la perspective d'un certain cosmopolitisme caractérisant les centres de recherche les plus actifs et « modernes » de la région, avec le soutien des pays les plus avancés.

Quoi qu'il en soit, on peut dire qu'à cette période, la coopération scientifique des pays développés était déjà bien organisée. Entre 1930 et 1960, les sciences agricoles en Amérique latine ont connu une transformation radicale. Un acteur et une institution en particulier ont joué un rôle clé dans ce processus, nous laissant un témoignage

10. Ces derniers temps, étant donné les conditions de production paysanne dans le pays, de nombreux agronomes et écologues en sont venus à réclamer une non-intervention des sciences et des technologies modernes dans le domaine des semences, afin de sauvegarder la richesse génétique du maïs – dans les zones dites de conservation *in situ* (Brush et Chauvet, 2004).

11. Luis F. Leloir, médecin argentin et prix Nobel de médecine en 1970, avait besoin pour mettre sur pied son propre institut d'une centrifugeuse réfrigérée. Il a proposé à ses élèves de la fabriquer à l'aide d'une vieille machine à laver et des chambres à air de pneus remplies de glaçons. Ils ont donc fabriqué eux-mêmes cet appareil, ce dont Leloir était très fier (Leloir, 1983 ; Kreimer, 2010a).

significatif : il s'agit de H. M. Miller Jr., fonctionnaire de la fondation Rockefeller, qui au cours de sa mission d'exploration en 1942 a observé les conditions de pauvreté rurale et le manque de légitimité dont souffrait la profession agronomique au sud du Rio Bravo. Il a conçu l'idée d'une stratégie de développement et obtenu de faire de la région une zone d'action prioritaire de la Fondation. La présence de la Fondation et l'influence du modèle de recherche et de développement agricole nord-américain ont joué un rôle très important en Amérique latine durant cette période. De nombreux acteurs travaillant dans le domaine des sciences agricoles de la région ont participé à différents réseaux de collaboration avec les États-Unis liés à l'enseignement, à la recherche et/ou au commerce (Vessuri, 2005 ; Arellano, 2005).

Ces évolutions n'ont pas seulement modifié les relations des sciences avec l'État, l'industrie et la société ; elles ont également transformé la nature même et l'orientation du travail scientifique, ainsi que les conditions de travail et de vie de nombreux scientifiques. Les valeurs véhiculées au sein de l'appareil scientifique et de l'éthique de la recherche, et qui allaient de pair avec une certaine éthique de vie, ont évolué parallèlement à la notion de public et de privé. On est passé d'une certaine vision de l'État garant du bien collectif à une quête de profit individuelle, et plus généralement à l'individualisation de la réussite et au développement de la concurrence.

1.4 1950-1990, le développementalisme et ses contradictions. Vers la « *Big Science*[12] »

À partir des années d'après-guerre, l'Amérique latine a connu de nouvelles transformations, pour la plupart liées à l'émergence de théories et de gouvernements partisans du développementalisme et à l'étape d'industrialisation par substitution aux importations (ISI). Le grand théoricien de l'économie Hirschman (1968) estime que ce processus a été marqué par quatre caractéristiques : (a) les conséquences de la guerre (pénurie de biens importés) ; (b) les problèmes de balance de paiements ; (c) la croissance des marchés intérieurs (résultat de l'augmentation des exportations de la période antérieure de « développement vers l'extérieur ») ; et (d) les politiques publiques de développement.

Le développement scientifique et technologique a alors été adopté comme un des moteurs du développement économique. Des politiques publiques dans le domaine des sciences et technologies ont été mises en place sous la double forme de « politiques pour les sciences » et de « politiques par les sciences » (Salomon, 1970 ; Velho, 2011 ; Feld, 2015).

Cependant, l'émergence du développementalisme a eu lieu à une époque marquée par de sérieux conflits, dus en grande partie à la radicalisation des projets révolutionnaires et des critiques envers la démocratie formelle, au nom de la démocratie réelle ou effective. De fait, il y avait à l'époque une croyance généralisée dans l'inéluctabilité du socialisme, fortement influencée par la Révolution cubaine de 1959, et partagée non seulement par les intellectuels et sympathisants de gauche, mais aussi par ceux-

12. « *Big Science* » : en histoire des sciences, cette notion désigne les nouveaux modes d'organisation de la recherche scientifique issus de la Seconde Guerre mondiale, reposant sur des projets à grande échelle, financés par un ou plusieurs États. Voir notamment Price (1963).

là mêmes qui craignaient la révolution (c'était notamment le cas d'emblématiques leaders américains tels que Robert Kennedy, ainsi que d'une bonne partie de l'opinion publique) (Gilman, 2003).

Au cours de ces années, on a vu naître en Amérique latine différentes réflexions sur le rôle des sciences et des technologies dans les processus de développement socio-économiques de la région, qui ont eu d'importantes répercussions sur la manière de penser ces questions au cours des décennies suivantes [13]. Ces réflexions s'inscrivaient dans une double perspective : d'un côté, il y avait un certain « malaise », partagé par des mouvements contemporains en Europe et aux États-Unis (généralement qualifiés de mouvements « anti-science »), face au lien évident entre le développement capitaliste et le recours intensif à la connaissance scientifique, au service d'un modèle de développement considéré comme pervers sous bien des aspects [14]. De l'autre, on dénonçait le manque de connexion entre la recherche scientifique et le développement techno-économique comme étant propre aux pays en voie de développement. Pour illustrer les premières conceptions, plus radicalisées, on peut citer les travaux de Varsavsky, qui considérait que :

> L'histoire [des sciences] nous est présentée comme un développement linéaire, sans alternatives voulues ou possibles, avec des étapes qui se seraient succédées dans un ordre naturel et spontané et qui auraient nécessairement débouché sur les sciences actuelles, héritières indiscutables de tout le passé, dont l'évolution future est imprévisible mais certainement grandiose, à condition que personne n'interfère avec leur moteur fondamental : la liberté de la recherche (ceci doit être dit d'un ton solennel). Il est donc naturel que tout aspirant scientifique doive regarder avec révérence vers cette Mecque du Nord… (Varsavsky, 1969.)

Comme alternative, il préconisait une « science politisée » mettant de côté les impératifs d'objectivité et de neutralité :

> La mission du scientifique rebelle est d'étudier, avec le plus grand sérieux et en utilisant toutes les armes de la science, les problèmes du changement de système social, dans toutes ses étapes et dans tous ses aspects, théoriques et pratiques. Voilà ce que j'appelle faire de la « science politisée ». (Varsavsky, 1969.)

D'autres auteurs se sont quant à eux employés à chercher la meilleure manière de mobiliser les sciences pour obtenir un développement autonome des nations latino-

13. On peut parler en gros de l'émergence d'une « pensée latino-américaine en science et en technologie » (Dagnino *et al.*, 1996, Martínez Vidal et Marí, 2002, Feld *et al.*, 2012), représentée par différents auteurs, qui partageaient une préoccupation commune vis-à-vis du rôle des sciences et des technologies, même si leurs approches, diagnostics et modalités d'intervention étaient différentes.

14. Dutch (2002) fait une bonne synthèse des arguments qui ont mobilisé les mouvements anti-science dans les années 1960 et 1970 : (1) *Science and technology are out of control* ; (2) *Science and technology force workers into degrading and monotonous jobs* ; (3) *Technology forces people to consume unnecessary goods and services* ; (4) *Science and technology place decision-making in the hands of a technocratic elite* ; (5) *Science and technology cut man off from the natural world* ; (6) *Science and technology make man superficial* ; (7) *Technology creates worse problems than it solves* ; (8) *Science and technology restrict freedom* ; (9) *The scientific world-view robs the world of mystery and beauty.*

américaines, et combler ainsi la « brèche » qui les séparait des pays les plus développés. L'un des plus connus d'entre eux est sans aucun doute Jorge Sábato, qui proposait, entre autres choses, d'analyser ces questions en fonction du fameux modèle du « triangle » gouvernement – entreprises – infrastructures scientifico-techniques (Sábato et Botana, 1968). Le problème central était alors la désarticulation des sommets du triangle qui, avec les conceptions prédominantes des sciences et des technologies, faisaient que les pays latino-américains restaient extrêmement dépendants des technologies importées tout en continuant à s'efforcer de développer des systèmes scientifiques « non intégrés ». Jorge Sábato, comme beaucoup de ses contemporains (Constantino Vaitsos, Amilcar Herrera, José Leite Lopes, Enrique Oteiza et Francisco Sagasti, Jorge Katz, entre autres), s'est attaché à explorer plusieurs voies pour surmonter ces difficultés. Il dénonçait notamment l'absence de barrières douanières régulant les importations de technologie des pays centraux, la faiblesse de l'acheteur face au vendeur (déterminant l'achat d'« ensembles complets » de technologie), et préconisait la création de véritables « fabriques de technologie » plutôt que de simples laboratoires, ainsi que l'utilisation des entreprises d'État comme outil pour le développement technologique [15].

Parallèlement, deux autres sujets se sont retrouvés au centre des préoccupations de ces années-là. D'un côté, on a commencé à considérer l'émigration de scientifiques et d'ingénieurs comme un fait qui faisait problème (ce qui a alors été désigné comme « la fuite des cerveaux », ou *brain drain*, Oteiza, 1969). De l'autre, on a pris conscience de la nécessité de mettre en place des instruments spécifiques de planification, et des politiques de sciences et technologie (Sagasti, 1972), un sujet que nous allons voir ci-dessous.

⋆

Dans les années 1950 et 1960, l'Amérique latine a vu naître différentes institutions destinées à mettre en œuvre ces politiques de sciences et technologies. C'est ainsi qu'ont notamment été créés le Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) au Brésil en 1951, le Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) en Argentine en 1958, le CONICYT en Uruguay en 1961, le CONICYT au Chili et le CONICIT au Venezuela, tous deux en 1967, et le CONACYT au Mexique en 1971 (avec pour antécédent la création de l'Instituto Nacional de la Investigación Científica [INIC] en 1950).

Plusieurs acteurs ont participé à la création de ces instituts : des groupes d'éminents scientifiques (souvent réunis dans des « Sociétés pour le progrès de la science » ou autres associations similaires), qui souhaitaient pouvoir disposer d'instruments de promotion des activités de recherche dans leurs pays respectifs, à l'image de ce qu'ils avaient observé au cours de leurs séjours ou voyages dans des pays développés, mais

15. Sábato (avec Mackenzie, 1982) souligne le fait que « la technologie n'est pas neutre : elle transmet les valeurs et les rapports de production dominants au sein de la société dont elle est issue. Par conséquent son importation sans la moindre restriction préalable – particulièrement au sein du système actuel de propriété industrielle et sans législation appropriée sur les investissements étrangers – conduit à une concentration du pouvoir économique et politique dans les pays exportateurs et à une aliénation sociale et culturelle des pays importateurs à travers la "reproduction" des valeurs importées ».

aussi des agences internationales, notamment la Division de la politique scientifique de l'UNESCO et le Département des affaires scientifiques de l'OEA, qui ont encouragé l'organisation de réunions et de séminaires périodiques (CACTAL, CASTALA et CACTALAC, entre autres), tout en assurant la diffusion des principaux modèles institutionnels en vigueur dans les pays centraux [16].

En règle générale, il s'agissait d'organismes ayant une conception de la science « neutre mais contrôlée » (Velho, 2011) et poursuivant deux principaux objectifs : d'une part, stimuler la formation de « masses critiques » dans différents domaines de la connaissance encore insuffisamment développés, en mettant l'accent sur l'équipement des laboratoires et sur la participation à des événements internationaux, à l'aide de mécanismes institutionnels de répartition des ressources, basés notamment sur l'évaluation des pairs ; d'autre part, d'une manière plus rhétorique que réelle, encourager le développement de politiques visant à adapter la recherche scientifique au développement local. S'il apparaît évident que le premier objectif a été en partie atteint, comme nous le montrerons plus bas, il n'en va pas de même pour le second, qui n'a pas connu de progrès significatifs, si ce n'est à travers quelques expériences isolées [17]. Bien que la question soit complexe et qu'elle ait fait l'objet de nombreux débats, on peut néanmoins supposer que ces résultats décevants sont essentiellement dus à l'existence d'un modèle basé sur une conception trop « orientée vers l'offre et linéaire », le problème étant qu'une fois certaines conditions réunies pour la production d'une « connaissance d'excellence », il s'avérait difficile de trouver les mécanismes adéquats pour assurer un transfert effectif vers les secteurs productifs.

Les universités publiques étaient la pièce maîtresse du modèle adopté par les politiques nationales de sciences et technologies, pour ne pas dire les seules institutions auxquelles elles semblaient s'appliquer. Bien que le modèle général d'industrialisation (correspondant, on l'a vu, à une « industrialisation par substitution aux importations », ISI) n'ait pas toujours stimulé l'émergence de programmes de R&D dynamiques, l'université et la recherche gouvernementale n'en ont pas moins gagné en importance dans certains domaines, surtout à partir des années 1950. L'objectif était de développer une infrastructure scientifico-technique en supposant, souvent de manière implicite, qu'une fois la masse critique atteinte, la recherche scientifique pourrait automatiquement compter sur l'entreprise locale pour exploiter les matières premières et autres ressources, et ainsi augmenter la production et la productivité. Or cela n'a pas été le cas, bien au contraire : le fossé n'a fait que se creuser entre certains secteurs dynamiques et formalisés, souvent intégrés à des réseaux internationaux, et le gros de la population, laissé pour compte (Vessuri, 1998).

Au cours de cette période, une fracture est également apparue au sein même des communautés scientifiques, entre certaines élites très actives, dotées de moyens consé-

16. Oteiza (1992) a qualifié ce processus de « transfert de modèles institutionnels ». Pour une analyse des différentes réunions latino-américaines organisées dans les années 1960 et 1970, voir Feld (à paraître), et pour le rôle de l'UNESCO, Davyt et Barreiro (1999).

17. Parmi les expériences « réussies » on mentionne souvent le développement de l'aéronautique au Brésil, lié au groupe Embraer, la production nucléaire en Argentine, avec l'expérience de l'INVAP, la salmoniculture et l'industrie du saumon au Chili, ainsi que la synthèse de la cortisone à partir de la diosgénine, un phytostéroïde contenu dans les racines de plantes mexicaines, réalisée par Syntex, SA, une firme pharmaceutique mexicaine qui a rejoint le groupe Roche en 1994.

quents et entretenant des liens étroits avec leurs pairs des pays centraux, et une portion de chercheurs ayant moins de possibilités de développement et décidant souvent, par stratégie, de générer des connaissances orientées vers des activités locales, par exemple dans le domaine des sciences agricoles. Par ailleurs, de plus en plus d'étudiants, surtout dans les grands pays, choisissaient désormais de faire leur doctorat sur place plutôt qu'à l'étranger, s'y rendant plutôt pour le post-doctorat. Les relations internationales des élites scientifiques latino-américaines peuvent être considérées comme une forme d'« intégration subordonnée » (Kreimer, 1998). Selon ce schéma, les chercheurs entament des relations avec leurs pairs des pays développés (où ils ont passé leurs doctorats ou des séjours de post-doctorants), avec lesquels ils travaillent en collaboration, mais leur marge d'autonomie reste limitée, car placés dans une relative position de faiblesse, ils doivent négocier les sujets et les méthodologies avec leurs collègues. Même s'ils parviennent à s'intégrer dans des projets de recherche, leurs activités, malgré un haut degré de sophistication, n'en restent pas moins partielles au regard de la complexité des sujets étudiés, et relativement routinières, voire « hyper-normales » (Lemaine, 1980) [18]. Ainsi, la vision d'ensemble de tout un champ de recherches, et par conséquent le véritable contrôle cognitif de ce champ, restent l'apanage des laboratoires des pays développés qui – et ce n'est pas un détail anodin – sont également ceux qui entretiennent des relations fluides avec les entreprises ayant les capacités d'industrialiser ces connaissances.

Même si les domaines scientifiques sont des espaces hétérogènes dont la logique ne saurait être réduite à une seule rationalité, force est de constater que l'ensemble des pratiques scientifiques ont été sérieusement altérées dans plusieurs pays d'Amérique latine par l'irruption de gouvernements militaires répressifs et autoritaires à partir des années 1960 (au Brésil en 1964, en Argentine en 1966 et 1976, au Guatemala en 1970, en Bolivie en 1971, en Équateur en 1972, au Chili et en Uruguay en 1973, entre autres). Ces régimes ont orchestré la persécution de chercheurs et d'intellectuels, de sorte que beaucoup d'entre eux ont dû s'exiler, générant un type particulier de fuite des cerveaux (Gaillard, 1997 ; Kreimer, 1997 ; Docquier *et al.*, 2007) [19].

Parallèlement aux exils forcés, les chercheurs qui sont restés au pays pour y poursuivre leur travail ont également été soumis à de fortes restrictions. Toutefois, les situations variaient beaucoup d'une discipline à l'autre, et au sein même de chaque discipline. Ainsi, par exemple, alors que de nombreux physiciens étaient pourchassés au Brésil (où l'on a mis en retraite forcée de très prestigieux scientifiques tels que

18. Le cas le plus illustratif est sans doute celui d'un chercheur argentin qui, alors qu'il réalisait son post-doctorat à Oxford, a participé à une découverte cruciale : le « *splicing* alternatif », c'est-à-dire la capacité d'un gène à synthétiser plus d'une protéine, ce qui remet en cause le « dogme central de la biologie moléculaire ». À son retour en Argentine, il a continué à travailler durant des décennies sur cette protéine, devenant une référence mondiale et, depuis les années 1990, le scientifique argentin le plus prestigieux. Toutefois, entre-temps, le laboratoire anglais a découvert une douzaine de protéines similaires ayant la même propriété. Ainsi, bien que ce chercheur ait généré une connaissance « d'excellence » et de précieux apports, le contrôle cognitif du phénomène biologique n'en reste pas moins monopolisé par Oxford (Kreimer, 2010a).

19. Paradoxalement, certains pays latino-américains ont « bénéficié » de la réception de chercheurs expulsés de leurs pays d'origine. C'est notamment le cas du Mexique, où se sont réfugiés de nombreux scientifiques chiliens et argentins, et – dans une moindre mesure – les cas du Venezuela et du Costa Rica, qui ont accueilli des communautés entières au cours de ces années-là (c'est ainsi qu'un important groupe de mathématiciens uruguayens est venu s'installer à Caracas à partir de 1973). En ce qui concerne le cas particulier de l'Uruguay, voir Barreiro y Velho (1997).

Mário Schenberg, José Leite Lopes et Jayme Tiomno, parce qu'ils s'étaient montrés critiques envers le régime), en Argentine et au Chili, bien qu'il y ait eu des scientifiques assassinés et d'autres poussés à l'exil, les autorités ont encouragé et soutenu financièrement le développement de la recherche en physique nucléaire, ce qui n'a pas manqué de générer des conflits entre les chercheurs, certains dénonçant l'utilisation « non pacifique » qui pouvait être faite des développements de ces recherches (Freire Jr., 2007). En Argentine, le président de la Commission nationale de l'énergie atomique (l'amiral Castro Madero) a protégé plusieurs chercheurs des persécutions des militaires, privilégiant leurs activités de recherche, même si cet épisode fait encore l'objet d'une controverse (Hurtado, 2011). De même, dans le domaine de la recherche biomédicale, on observe simultanément des ruptures et des continuités de traditions scientifiques, certains groupes ayant continué à travailler durant ces années en prétendant rester « éloignés » des préoccupations politiques ; de fait, en Argentine, le premier institut consacré à la biologie moléculaire a été créé en 1981, en pleine apogée du gouvernement militaire (Kreimer, 2010a).

Le cas du Brésil est illustratif car dès le début il y a eu une tension entre d'une part, des politiques économiques qui cherchaient à développer le commerce et à attirer les entreprises et les capitaux étrangers, et d'autre part, une volonté d'autosuffisance et un nationalisme présents au sein d'une partie de la communauté technologique, aussi bien civile que militaire (Botelho et Schwartzman, 1997). Ainsi, alors même que le gouvernement retirait son soutien financier à la recherche universitaire en général, les dépenses en sciences et technologies ont augmenté au cours des années 1970 dans les institutions de recherche considérées comme stratégiques, telles que le Centro de Tecnología Aeroespacial da Força Aérea (CTA), l'Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), la Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), l'Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), le Centro de Pesquisas da Petrobras (CENPES), le Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Eletrobras CEPEL) et le Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Telebrás (CPqD) (*ibid.*, p. 348).

Par ailleurs, il ne fait aucun doute que c'est le domaine des sciences sociales qui a été le plus affecté par les dictatures militaires : des programmes entiers ont été démantelés et la plupart des chercheurs ont été taxés de « dangereux » par les différents régimes, ce qui a provoqué une crise profonde au sein de ce champ de recherche dans plusieurs pays, surtout au cours des premières années de gouvernement militaire. La cible principale de ces persécutions étant les universités et les centres publics de recherche, au fil des ans des « mécanismes de défense » se sont mis en place. C'est ainsi que face à la politique répressive en vigueur au Chili, en Uruguay et en Argentine, plusieurs centres indépendants ont été créés – ou consolidés dans certains cas –, une stratégie de préservation qui s'est avérée assez efficace. Il s'agit là, selon Trindade, d'une « situation paradoxale extrême » (Trindade *et al.*, 2007). Certains organismes régionaux ou internationaux tels que le CLACSO (Conseil latino-américain de sciences sociales), le FLACSO (Faculté latino-américaine de sciences sociales) ainsi que des institutions privées ont servi de lieux de refuge pour les sciences sociales [20]. De fait,

20. Parmi les centres de recherche de l'époque, on peut mentionner, pour l'Argentine, le Centro de Estudios sobre el Estado y la Sociedad (CEDES), le Centro de Estudios Urbanos Regionales (CEUR) et le Centro de Investigaciones Sociales sobre el Estado y la Administración (CISEA), pour l'Uruguay le Centro

le CLACSO a développé au cours de ces années un programme spécifique d'aide aux scientifiques persécutés et/ou exilés (Bayle, 2008). Au Brésil aussi, la politique répressive a entraîné l'apparition de différents centres indépendants, même s'ils ont joué un rôle moins important que dans les autres pays de la région. Quoi qu'il en soit, face à une telle situation dans les pays du Cône Sud, une bonne partie du développement des sciences sociales a été transférée au Mexique et, dans une moindre mesure, au Venezuela (Trindade *et al.*, 2007).

Avec le retour des démocraties dans les années 1980, une nouvelle étape a commencé, marquée par le retour de nombreux scientifiques exilés et un essor des activités scientifiques, tandis qu'émergeait, au même moment, le paradigme des politiques d'innovation promu dans le monde entier par l'OCDE et sur le plan régional par la BID et la Banque mondiale, ouvrant la voie à de nouvelles problématiques.

2 L'histoire plus récente : croissance, tensions et enjeux

Dans cette deuxième partie, nous examinerons les problèmes qui se sont posés ces dernières années, et notamment les tensions entre l'apparition d'une nouvelle division internationale du travail scientifique (Kreimer, 2010b) associée à une globalisation croissante, et les perspectives nationalistes (parfois même fondamentalistes) qui s'expriment dans certains pays. Nous analyserons également la reconfiguration des domaines scientifiques émergents face à de nouveaux défis tels que la protection de l'environnement ou les connaissances liées aux nanosciences, aux biotechnologies, aux neurosciences et à la diffusion des TIC. Enfin, nous réfléchirons sur la nature des rapports entre les sciences et la société, sur le rôle des connaissances au sein de ces sociétés et sur les positions de différents secteurs de la population face à la technoscience.

2.1 De l'intégration subordonnée « classique » aux méga-réseaux et à la « globalisation forcée »

L'évaluation de la recherche et la subordination au système international dans la nouvelle gouvernance des systèmes

À mesure que la recherche scientifique s'institutionnalisait en Amérique latine en tant qu'activité d'intérêt national, les systèmes nationaux de recherche se « professionnalisaient », instituant un mécanisme d'évaluation par les pairs au sein des différentes activités, une évaluation de plus en plus souvent basée sur des « normes de références » telles que celle de *Web of Science*, ou *Scopus*, afin de donner une meilleure visibilité internationale à la production locale de connaissances. La plupart des pays ont intégré dans les institutions existantes ces nouveaux modèles d'évaluation, ou créé de nouveaux espaces institutionnels pour s'y appliquer [21]. Cette décision porte aussi

Interdisciplinario de Estudios Sociales del Uruguay (CIESU), le Centro de Investigación y Experimentación Pedagógica (CIEP) et le Centro Latinoamericano de Economía Humana (CLAEH), pour le Brésil le Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (CEBRAP) à São Paulo, et pour le Chili, le Centro de Investigaciones y Estudios de la Planificación (CIEPLAN) et Instituto Chileno de Estudios Humanísticos (ICHEH), parmi d'autres.

21. Parmi les initiatives les plus importantes, on peut mentionner la modernisation de la Capes (*Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior*) au Brésil, une institution créée en 1951, transformée en fondation et entièrement réorganisée en 1992 (Maccari *et al.*, 2008) et la création de la CONEAU (Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria) en Argentine en 1995. Quelques

des conséquences sur la manière dont sont établis les agendas de recherche dans la région.

Une réponse alternative à ce problème est le concept du « libre accès », ou « accès ouvert », qui a d'ores et déjà été intégré aux pratiques de publication des chercheurs de différentes institutions de recherche intensive. La numérisation et l'essor des réseaux ont permis la création de nombreuses revues en ligne qui ont adopté des stratégies de libre accès afin d'augmenter leur visibilité. Cette tendance a par ailleurs stimulé le développement à grande échelle de bases de données régionales non commerciales, telles que SciELO et RedALyC. L'Amérique latine est la région du monde où l'on utilise le plus le modèle de publication en libre accès [22]. Il convient néanmoins de préciser que ces initiatives ont eu un impact beaucoup plus important sur les sciences sociales que sur les sciences exactes ou naturelles, pour lesquelles les normes des grandes maisons d'édition internationales continuent de prédominer et, bien qu'Internet ait ouvert de nouvelles voies à la collaboration et à la diffusion, la publication d'un article dans une revue arbitrée reste le gage de reconnaissance scientifique par excellence [23].

Au cours de la dernière décennie, les classements internationaux ont acquis une grande visibilité. Leur succès repose en bonne partie sur le fait qu'ils donnent aux décideurs et à l'opinion publique l'impression d'offrir une évaluation intégrale, exhaustive et objective de la qualité des institutions [24]. Toutefois, leur utilisation – de même que celle du *Science Citation Index* de Thomson-Reuters et du *SCI Journal Impact Factor* – en tant que norme de référence pour évaluer la qualité et le prestige international d'une revue et mesurer l'impact de ses publications, n'en fait pas moins l'objet d'une controverse.

Par ailleurs, les processus d'internationalisation de la recherche sont devenus une préoccupation, pour ne pas dire une obsession. Ainsi la plupart des pays ont-ils mis en place des mécanismes visant à encourager la coopération internationale dans tous les domaines scientifiques, jetant les bases d'un nouveau type de coopération incluant des régions qui jusqu'alors n'étaient pas considérées comme prioritaires, notamment la Chine et l'Inde, et plus généralement les fondements d'une collaboration Sud-Sud, comme le soulignent Feld *et al.*, qui font cependant remarquer :

---

années plus tôt avaient été créés le SNI (Sistema Nacional de Investigadores) au Mexique (1984) et le PPI au Venezuela (1990).

22. La proportion des publications en libre accès par rapport à l'ensemble des revues indexées d'Amérique latine est élevée et les DOAJ (*Lund's Initiative of the Directory of Open Access Journals*) y enregistrent le plus fort taux de croissance (Brage, 2011 ; Vessuri *et al.*, 2014).

23. Selon ce système, les revues sélectionnées pour être indexées appartiennent essentiellement à de grands groupes d'édition basés dans les pays occidentaux. En 2004, selon l'indice dominant de l'ISI, les quatre principaux pays produisaient 84 % des articles, tandis qu'à l'opposé 163 pays ne représentaient que 2,5 % des articles indexés (King, 2004). Cela aurait moins d'importance si ces indices n'étaient considérés par beaucoup de pays de la région comme étant la référence par excellence dans le monde de la recherche pour déterminer les classements des universités globales, comme celui du *Times Higher Education*, qui prétendent constituer l'instrument de mesure fondamental du succès institutionnel.

24. Il s'agit en réalité de systèmes de classement hiérarchiques et non de systèmes d'information, de sorte qu'ils ne produisent pas d'éléments de jugement valides sur les performances des universités, y compris dans les domaines et les indicateurs qui les composent, et qu'ils permettent encore moins de faire des comparaisons longitudinales sur les progrès et les régressions sur le long terme. Dans le meilleur des cas, ils offrent des comparaisons basées sur les sommes pondérées d'un ensemble limité d'indicateurs, souvent associés à la circulation internationale des produits de recherche. Ces classements d'universités ne prennent pas en compte l'ensemble des contributions ni la performance de chaque institution dans son intégralité.

> On peut se demander si ces changements institutionnels – du moins dans la rhétorique et sur le papier – constituent des transformations durables ou s'ils représentent simplement l'adoption des politiques de S-T par les partis politiques, auparavant dominés par la « scientocratie ». (Feld *et al.*, 2013.)

2.2 La révolution instrumentale

Au cours des deux décennies qui ont suivi la Seconde Guerre mondiale, de nombreux champs disciplinaires ont été profondément transformés par la *révolution instrumentale*, aussi bien dans le domaine de la physique nucléaire que de la chimie et la biologie. Un nombre croissant d'étudiants boursiers partis faire des études avancées à l'étranger dans les années 1960 et 1970 ont œuvré en faveur de l'introduction d'une instrumentation de pointe dans leurs institutions d'origine, afin de pouvoir l'utiliser une fois rentrés au pays et y poursuivre des programmes de recherche compétitifs. C'est ainsi qu'ont été introduits en Amérique latine la spectroscopie ultraviolet et infrarouge, la spectroscopie de masse, la résonance magnétique nucléaire, la diffraction de rayons X et, plus tard, les ordinateurs pour le développement de la catalyse et d'autres disciplines. Parallèlement sont apparus de nouveaux champs de recherche qui allaient devenir prépondérants vers la fin du XXe siècle, tels que la biologie moléculaire, la génétique, la génomique et les biotechnologies ; ces nouvelles disciplines ont affecté de manière transversale des domaines jusqu'alors séparés, tels que les recherches biomédicales, agricoles et pharmaceutiques, pour ne citer que les exemples les plus connus.

Pour mieux observer l'évolution de l'instrumentation, Vessuri et Sánchez (2011) ont étudié sur une période donnée un échantillon de publications de chercheurs vénézuéliens en catalyse afin de déterminer la gamme des instruments et des méthodes expérimentaux dont ils disposaient et qu'ils ont utilisés durant cette période ; cela a permis de mettre en évidence le poids changeant des méthodes et des techniques expérimentaux, tout en soulignant les connexions avec d'autres pays et l'influence du réseau global asymétrique au sein duquel opérait à tout instant la recherche scientifique disciplinaire.

Les recherches sociales sur la technologie ont clairement souligné que lorsqu'on transfère une technologie d'un contexte culturel à un autre, soit elle fonctionne différemment, soit elle cesse de fonctionner [25]. Dans le cas de l'instrumentation scientifique, on constate qu'il existe une sorte de *lingua franca*, les technologies générant ce qu'on pourrait qualifier d'*universalisation pragmatique*, au sein d'une relation dialectique – *via* la standardisation – entre les réseaux nationaux et internationaux de recherche, d'administration et de pouvoir. C'est ainsi que la translocalité de l'instrumentation s'est transformée en un puissant vecteur d'universalisation, engendrant un type d'universalité fondée sur les pratiques. Comme le font remarquer Joerges et Shinn (2001), on peut observer trois sphères d'instrumentation interconnectées : la première dans le monde scientifique, la deuxième dans l'espace de production, et la troisième hors de ces deux champs. Selon ces auteurs, ce qui caractérise avant tout les dynamiques actuelles, c'est l'existence de « communautés de recherche et de technologie » (*research-*

25. Par exemple, J. Katz (1987) ; Bell, M. et Pavitt, K. (1997) ; Kedia et Bhagat (1988) ; Pietrobelli (2000).

technology communities) qui, dans les pays avancés, peut brouiller les frontières entre les différents contextes où se déploient les pratiques, car ce qui compte, c'est davantage l'unité de travail d'un « projet » que l'appartenance à une discipline ou à une institution. Dans les pays latino-américains, en revanche, on observe que ces pratiques d'instrumentation, dans la mesure où elles sont « importées » (et subjectivées par les chercheurs), ne peuvent s'affranchir de contextes fortement diversifiés, conservant la rigidité du régime disciplinaire et des institutions. Ainsi, alors que les espaces se modifient et s'hybrident dans les pays centraux, ils sont reformulés et resignifiés par de fortes structures conservatrices dans les contextes locaux, à quelques exceptions près [26].

2.3 Nouveaux agendas

La Banque interaméricaine de développement (BID) a exercé une influence considérable sur les dynamiques de développement des sciences et technologies depuis les années 1990, opérant comme un puissant *think tank* dont les idées ont d'abord été imposées à la plupart des pays latino-américains bénéficiaires de ses crédits (selon des lignes de travail qui remontent à la fin des années 1970), avant d'être entièrement adoptées à la fin du siècle par les bureaucraties locales chargées des politiques de sciences et technologies et de l'enseignement supérieur (Maldonado, 2000). En effet, en assurant la promotion de politiques d'innovation mettant en œuvre de nouvelles connaissances et modalités à l'échelle internationale, la BID a encouragé de nouvelles formes d'insertion par le biais du développement de nouvelles capacités dans des domaines de pointe tels que la biotechnologie, la biologie moléculaire, l'électronique, les nanotechnologies, la bio-informatique et les nouveaux matériaux, en phase avec les agendas internationaux de recherche de ces années-là. Pour ce faire, elle a signé des contrats en vue de l'octroi de prêts à des conditions spécifiques avec la plupart des organismes nationaux de sciences et technologies des pays de la région, contrats qui dans plusieurs cas ont été renouvelés à trois reprises ou davantage. Jusqu'en 1981, la BID n'avait alloué de crédits qu'aux grands pays (Argentine, Brésil, Mexique), mais à partir de cette année-là elle a commencé à collaborer activement avec la Colombie, le Costa Rica, le Venezuela, le Chili, l'Uruguay et l'Équateur, puis avec le Panama et le Guatemala (Abeledo, 2000). De nouvelles institutions et des fonds spécifiques ont été créés avec le soutien explicite de la BID, tels que le Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR) et le Fondo de Ciencia y Tecnología (FONCYT) en Argentine en 1996 ; au Chili, après le retour de la démocratie, le gouvernement a négocié un emprunt auprès de la BID en poursuivant deux objectifs fondamentaux : (a) la consolidation du FONTEC, un fonds soutenant des projets d'innovation d'entreprises individuelles ou associatives ; et (b) la création du Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF), un fonds affecté aux universités ou instituts technologiques développant des projets en collaboration avec les entreprises (Colodro, 2010).

Les premiers prêts de la BID destinés au secteur des sciences et technologies visaient essentiellement à consolider les infrastructures des instituts de recherche et à assurer

26. Nous avons déjà évoqué les cas emblématiques du constructeur aéronautique Embraer, entreprise publique brésilienne spécialisée dans la production d'avions commerciaux de taille moyenne, et de l'INVAP, entreprise publique argentine qui fabrique des réacteurs nucléaires et des satellites.

la formation de chercheurs par le biais de programmes de bourses, ce qui correspond au paradigme des politiques menées entre les années 1960 et 1980 et s'accorde avec les politiques promues par l'UNESCO. Toutefois, comme le signale l'un de ses anciens fonctionnaires :

> [...] à partir de 1985, la plupart des programmes de sciences et technologies de la BID incluaient des volets visant à financer des activités d'innovation technologique et de recherche et développement au sein d'entreprises privées et à renforcer les liens et les activités conjointes entre les entreprises privées, les universités et les laboratoires de recherche officiels. Dans de nombreux cas, les pays prestataires n'avaient pas d'expérience dans le financement d'activités incluant le secteur privé, de sorte que les programmes financés par la BID ont servi à mettre sur pied de nouveaux programmes pilotes. (Abeledo, 2000.)

Si dans les années 1990 l'une des grandes priorités a été le développement des biotechnologies, fondé sur les compétences acquises par certains pays (Mexique, Argentine, Brésil, Chili et Colombie) en matière de recherche agricole et en biologie moléculaire, héritière de la recherche biomédicale (Kreimer, 2010a), la première décennie du XXIe siècle a quant à elle été marquée par l'accent mis sur les nanotechnologies, sous différentes formes et de manière cependant inégale dans la région. Invernizzi et Foladori (2012) ont mis en évidence le fait que la formation de groupes de recherche internationaux dès les années 2000 a précédé la mise en place de réseaux nationaux, comme en témoigne la grande quantité de publications co-écrites avec des chercheurs de pays industrialisés.

Même s'il s'agit d'un aspect lourd de conséquences pour la région, le changement climatique global n'entraîne pas la convergence des préoccupations chez les responsables politiques latino-américains. Certes les phénomènes climatiques extrêmes occupent une place importante dans les discours des gouvernants en raison des graves conséquences économiques et sociales des éboulements de terrain, tremblements de terre, inondations, etc., mais les priorités varient pourtant d'un pays à l'autre. L'importance géopolitique de la région amazonienne, la biodiversité, l'eau des glaciers, les ressources naturelles du sous-sol sont autant de sujets stimulant la recherche, généralement en fonction d'agendas internationaux préétablis et avec la participation de chercheurs locaux qui fournissent des études sur des aspects observables *in situ* (Future Earth-ICSU, 2013) ; d'autres sujets d'intérêt économique et social sont également étudiés tels que les changements d'occupation des sols, la déforestation ou les inégalités environnementales (Red de Desigualdades, 2011). Dans les pays des Caraïbes, les responsables politiques se préoccupent de plus en plus des tempêtes tropicales et de la hausse du niveau de la mer (Bueno *et al.*, 2008). L'effet du phénomène *El Niño-Oscillation Australe* (ENOS) est un problème de longue date pour les pays situés sur la côte sud du Pacifique, et plus récemment pour le nord-est du Brésil (Collins *et al.*, 2005). Quant aux pays andins, ils s'inquiètent de la fonte des glaciers et de la diminution des ressources en eau nécessaires à l'agriculture, à la consommation humaine et à la génération d'énergie, surtout lors de la saison sèche (Comunidad Andina, 2007).

L'influence des agendas internationaux a d'autres conséquences en termes de recherche et se heurte parfois aux agendas politiques locaux : les pays situés dans la région amazonienne se sont certes engagés dans une série de programmes globaux visant à lutter contre le changement climatique, tels que la « Réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation forestière » (REDD), ou les « Mécanismes de développement propre » (Skutsch, 2011), mais leurs bienfaits sont faibles comparés aux impacts des mégaprojets brésiliens ou vénézuéliens de centrales hydroélectriques, de barrages, d'autoroutes ou de lignes de chemins de fer, par exemple. Par ailleurs, en Argentine, au Brésil et au Paraguay, afin de répondre à la forte demande des marchés internationaux, de nombreuses terres ont été converties à la culture du soja, attirant l'attention des chercheurs, des médias et des décideurs. La demande mondiale de minerais, de pétrole et d'autres sources d'énergie encourage l'expansion des industries d'extraction, déclenchant des conflits socio-environnementaux un peu partout dans la région (Bebbington *et al.*, 2013).

2.4 Les sciences en méga-réseaux

La participation à des réseaux internationaux, indispensable pour assurer l'accès à des équipements sophistiqués et à de nouvelles connaissances, représente un défi pour les nanotechnologies de la région, car elle risque d'orienter le développement scientifique régional vers un agenda exogène. Sur ce plan, trois processus seraient à l'œuvre, avec des résultats inquiétants : tout d'abord, si les politiques nationales privilégient le développement de la compétitivité de l'industrie nationale, elles continuent à mettre l'accent sur les compétences scientifico-techniques, au détriment d'autres ingrédients qui pourraient contribuer à cette compétitivité (politique industrielle, commerciale, de formation de la force de travail industrielle, etc.). Ensuite, dans un contexte d'ouverture des marchés, le développement de la compétitivité vise essentiellement à conquérir des niches du marché extérieur. Enfin, la participation à des équipes de recherche internationales est bien souvent conditionnée au respect d'agendas définis dans d'autres pays. Tous ces facteurs contribuent au maintien et à l'approfondissement de la subordination des agendas de recherche nationaux aux agendas internationaux.

Ces réseaux sont-ils neutres ou encouragent-ils les asymétries ? On observe une croissante collaboration des scientifiques de la région à de grands réseaux internationaux qui se présentent généralement comme étant capables de proposer un remède universel à la plupart des problèmes. Cela mérite une analyse un peu moins superficielle.

De fait, au-delà des changements d'orientation des politiques des pays développés, des mécanismes et de l'ampleur des financements de R&D, l'échelle des recherches a changé substantiellement : si dans les années d'après-guerre on parlait déjà de *Big Science*, ces dernières années ont vu émerger une sorte de méga-science, dotée de gigantesques réseaux de réseaux (Kreimer, 2010b ; Wagner, 2009). La participation active à ces réseaux de groupes et de chercheurs des pays en développement, loin d'être limitée, a au contraire été fortement stimulée, au point d'être explicitement mentionnée dans les documents institutionnels, sans être nécessairement associée à

des équipes européennes [27]. Mais dans la pratique, ceux qui prennent l'initiative de formuler, coordonner et proposer la création de réseaux d'excellence et de projets intégrés (nommés « *project leaders* ») sont presque toujours des groupes situés dans les pays centraux, même si on observe dans la plupart des réseaux une participation active d'équipes de recherche latino-américaines.

On peut d'ailleurs noter une participation croissante des chercheurs latino-américains à ces grands réseaux internationaux. Par exemple, en ce qui concerne les projets européens financés par les Sixième et Septième programmes-cadres, Kreimer et Levin (2013) ont montré que des scientifiques argentins, brésiliens et mexicains ont participé à 25 % de l'ensemble des projets, et ce de manière croissante. En outre, tout cela est encouragé par les institutions politiques locales, qui cofinancent une partie de ces projets sans avoir pour autant voix au chapitre lorsqu'il s'agit de déterminer les agendas, les sujets de recherche ou les méthodologies employées par ces réseaux. Ainsi, dans le domaine de ce que certains auteurs ont qualifié de « disciplines à priorité géographique », on observe que des régions qui présentent certaines caractéristiques singulières, comme la Terre de Feu ou l'Amazonie (Albarracín, 2013 ; Velho, 1996), font l'objet de grands projets internationaux utilisant les connaissances accumulées localement comme un « point de passage obligé » pour accéder aux ressources naturelles et cognitives locales, ou encore pour générer des cadres interprétatifs dont les « cerveaux » (par exemple la capacité de traitement et d'organisation des grandes bases de données) sont néanmoins situés dans les centres de recherche des pays centraux.

D'autres auteurs, notamment Leydesdorff et Wagner (2008), font remarquer qu'« effectivement, les opportunités de diffusion des connaissances se sont multipliées à l'échelle globale, ce dont bénéficient probablement les scientifiques de la périphérie en termes d'accès au "groupe central" (*core group*) ». Mais en même temps, « la capacité du groupe central à absorber et utiliser la participation des pays périphériques n'en est que plus grande ». La solution proposée par ces auteurs pour que les pays périphériques puissent tirer meilleur parti de leur participation semble contradictoire : ils affirment en effet que « cela exigerait des actions politiques délibérées de la part des pays centraux », alors qu'il semble évident que ce qui manque cruellement, ce sont plutôt des actions politiques émanant des pays périphériques qui, comme en Amérique latine, contribuent à la génération de ces connaissances globales sans obtenir de bénéfices proportionnels pour leurs sociétés, car non seulement ils ne remettent pas en cause cette asymétrie, mais ils encouragent (et même cofinancent) la participation de leurs chercheurs au développement des réseaux de recherche internationaux.

Conclusion

Pour mieux comprendre le rôle des sciences en tant que composante centrale du concept de modernité en Amérique latine, il faut reconnaître que la forme prédominante d'organisation sociale jusqu'au dernier quart du XXe siècle, avec des évolutions et des nuances différentes selon les pays, repose sur une matrice étatique-nationale-populaire, un modèle de « développement vers l'intérieur », un « État-providence »

27. Un document récent de l'UE (2012) souligne que « *"science diplomacy" will use international cooperation in research and innovation as an instrument of soft power and a mechanism for improving relations with key countries and regions* ».

(qui correspond à un ensemble de compromis instables entre les classes moyennes, les classes ouvrières organisées et les classes dominantes, composées de la bourgeoisie et de l'oligarchie), ainsi que sur des mouvements sociaux orientés politiquement vers l'État et l'intégration sociale, et l'exclusion ou l'inclusion partielles des paysans et des populations urbaines pauvres (Garretón, 2010) [28].

Ces dernières années ont vu émerger plusieurs modèles visant à recomposer les relations entre l'État et la société, comme autant de réponses locales et régionales à la globalisation. Or l'activité scientifique fait partie des stratégies de ces différents modèles. Le premier d'entre eux repose sur une mobilisation politique permanente menée par un « *caudillo* » dans le cadre d'une démocratie plébiscitaire, une fois détruites les organisations politiques de médiation telles que les partis, comme cela semble être le cas au Venezuela et, partiellement, en Argentine. Qu'est-il advenu des sciences dans ces pays ? Dans le cas vénézuélien, on a vu surgir une nouvelle institutionnalité, avec des avancées et des régressions dans l'activité éducative et scientifico-technique : d'un côté, un meilleur accès des classes populaires à l'enseignement supérieur et à la recherche et le développement de nouveaux champs de recherche liés à une plus grande participation sociale, et de l'autre, un déclin des sciences institutionnalisées, avec le démantèlement d'équipes académiques, la fermeture d'une partie non négligeable des industries et l'émigration de nombreux chercheurs qualifiés. Dans l'état actuel des choses, il est difficile de savoir si le Venezuela parviendra à renouveler le panorama scientifico-technique sur d'autres bases, au vu de la situation très polarisée et de la crise économique et sociale de plus en plus aiguë que traverse le pays. En Argentine, après la profonde crise économique et sociale de 2001-2002, l'activité scientifique a commencé à bénéficier d'un soutien – en termes de ressources financières et de consolidation des institutions – tel qu'elle n'en avait pas connu depuis des décennies. Toutefois, malgré les rhétoriques sur la mobilisation des sciences « au service du développement » et des besoins de la société argentine, les critères dictés par les élites scientifiques internationalisées continuent de prévaloir, le gouvernement ayant même encouragé la création d'enclaves (comme l'installation de laboratoires de l'Institut Max-Planck à Buenos Aires), de même qu'une subordination aux agendas internationaux acritique sur les bénéfices d'une telle internationalisation, comme le soulignent Leydesdorff et Wagner.

Le deuxième modèle est davantage axé sur l'aspect ethnique, qui identifie le « nous » d'une nation pluriethnique, comme dans le cas bolivien. Dans ce pays, on observe un meilleur accès de la population aux sciences et une récupération des savoirs traditionnels, une situation similaire à celle de l'Équateur, autre nation pluriethnique d'Amérique latine. Au fil du temps, l'institution scientifique s'est nourrie d'autres formes de connaissance, même si les sciences ont souvent tenté d'en effacer l'origine

28. La formule populiste a entraîné une massification des services publics et permis un début de démocratisation sociale, à travers l'accès à certains biens et services. Ces politiques sociales revêtaient un caractère universaliste et s'inscrivaient dans un processus expansif : d'abord l'éducation publique, puis l'université publique et enfin l'institutionnalisation de la recherche scientifique et technique. La crise du développement s'est traduite par une série d'ajustements structurels au cours des années 1980, marquant une transition problématique vers un autre modèle de développement et des politiques économiques alignées sur celles du « Consensus de Washington » et mises en œuvre par des organismes internationaux comme le FMI et la Banque mondiale. Dans tous les cas, cela s'est traduit par une augmentation de la pauvreté et des inégalités et par la désarticulation des anciennes formes de relations entre l'État et les acteurs sociaux, affaiblissant leur capacité organisationnelle et idéologique.

non scientifique de leur mémoire. Parmi ces domaines qui permettent d'apprécier en parallèle la valeur sociale des sciences et celle d'autres savoirs non scientifiques, on peut mentionner la santé, l'alimentation et l'environnement, autant de prismes qui mettent en évidence la multidimensionnalité des inégalités sociocognitives et donnent une idée des potentialités de la contribution de ces savoirs pour relever les défis de plus en plus nombreux qui se posent à l'humanité. Le Plan de Salud Intercultural Andino, également connu sous le nom de Organización de Salud Andina-Convención Hipólito Unánue, est le fruit d'un traité regroupant six ministères de la Santé de la région andine (Bolivie, Chili, Colombie, Équateur, Pérou et Venezuela). Toutefois, si on ne peut que saluer cette initiative visant à intégrer les médecines traditionnelle et moderne, il reste encore beaucoup à faire. Les unités de santé faisant appel à des pratiques autochtones restent peu nombreuses et dispersées, tandis que les ministères continuent à se focaliser sur un modèle reposant uniquement sur la médecine moderne. En effet, l'inclusion ou l'exclusion des savoirs autochtones est l'objet de plusieurs tensions dans d'autres pays, comme le montrent Guzmán-Rosas *et al.* (2015) pour le cas de la formation de médecins au Mexique.

Un troisième modèle est celui du Chili et de l'Uruguay, où la société se reconstruit à travers le système des partis. Les sciences jouent ici un rôle plus classique, en phase avec la modernité de la globalisation, essentiellement axé sur la création de compétences et la quête de compétitivité.

Le quatrième modèle est technocratique, semblable à celui défendu par la Banque mondiale, où ce qui compte, c'est l'efficacité de l'État dans la mise en œuvre de politiques publiques visant à compléter le marché, considéré comme le principal agent du développement. Ce modèle en vigueur dans les pays les plus grands, au Brésil, au Mexique et – partiellement, encore une fois – en Argentine, allie certains aspects technocratiques basés sur des compétences accumulées au fil du temps, et un engagement discursif orienté vers les questions sociales. La quête de compétitivité reste un aspect central de la mobilisation de la connaissance, si on la considère comme une politique implicite (dans le sens de Herrera, 1971), où l'État s'emploie en définitive à améliorer la rentabilité des entreprises. Comme le souligne Dagnino (2003) lorsqu'il critique les « fonds sectoriels », l'État va parfois jusqu'à financer la R&D au sein de multinationales. Au Brésil, le plus grand pays de la région, le modèle d'intervention de l'État sur les sciences et les technologies est complexe et contradictoire, mêlant deux approches : d'une part, la promotion de politiques orientées vers une utilisation des sciences et des technologies au service du développement social [29], à l'aide d'instruments « classiques » visant à améliorer la visibilité de l'élite scientifique du pays, et d'autre part une approche technocratique prônant l'utilisation des connaissances par les entreprises pour réaliser des gains de productivité, par le biais des fameux fonds sectoriels. Le modèle argentin est très semblable, visant également à la production des connaissances scientifique « d'excellence » et à tenter d'impulser les « *cluster* »

29. Pour ce faire, le gouvernement a mis en œuvre un ambitieux programme de technologies au service du développement social, dont les objectifs sont les suivants : « *Articular, fomentar e promover ações para a produção, a difusão, a apropriação e a aplicação do conhecimento científico, tecnológico e de inovação como instrumento de desenvolvimento social, econômico e regional do país, bem como mecanismo de inclusão digital, mediante o desenvolvimento de P, D & I voltados para as tecnologias sociais e de inclusão, por meio de processos metodológicos participativos.* » (MCTI.)

innovateurs (*software*, agroalimentaire), tout en exprimant un discours public sur les savoirs orientés ver l'inclusion sociale.

Enfin, il existe également un modèle altermondialiste, qui s'exprime dans les propositions des forums sociaux et s'apparente davantage à une critique de la globalisation qu'à un modèle de restructuration des relations entre l'État et la société. Dans cette approche, les sciences sont essentiellement conçues comme un outil intellectuel permettant qu'une utopie égalitaire et démocratique devienne réalité, au sein d'une « société de la connaissance » (Sörlin et Vessuri, 2007).

Les sciences et les technologies font assurément partie intégrante de l'évolution particulière de la plupart des sociétés de la région. Cependant, aucun pays n'est vraiment parvenu à mettre sur pied un modèle de développement qui, en plus d'assurer la croissance, permette une réduction des inégalités et une meilleure intégration sociale, et où les connaissances scientifiques et technologiques jouent un rôle de premier plan. Malgré les efforts déployés ces dernières années pour mettre en œuvre des politiques publiques en matière de sciences et technologies favorisant l'inclusion et la préservation du contrat social, la nouvelle division internationale du travail accentue et redéfinit une fois de plus le panorama des inégalités en Amérique latine, aussi bien en termes scientifiques qu'au sein des sociétés en général.

Références

ABELEDO, C. R. (2000) Análisis del financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo para ciencia y tecnología. *Taller de Innovación Tecnológica para el Desarrollo Económico de la Región*, págs. 56-68.

ALBARRACIN, D. (2013) *Colaboraciones científicas internacionales en el extremo sur. El caso del CADIC de Tierra del Fuego*, Tesis de Maestría en Ciencia, Tecnología y Sociedad. Bernal, Universidad Nacional de Quilmes.

AMAYA, J. A. (2000) *Mutis, Apôtre de Linné en Nouvelle-Grenade : Histoire de la Botanique dans la vice-royauté de la Nouvelle-Grenade, 1760-1783.* Barcelona, Ed. Trebals de l´Institut Botánic de Barcelona.

ARELLANO H., A. (2005) La genética de Edwin Wellhausen y la irreproducibilidad en México de la hibridación norteamericana del maíz. Arellano, A., P. Kreimer, J. Ocampo L. y H. Vessuri (eds.) *Ciencias agrícolas y cultura científica en América Latina,* Buenos Aires, Prometeo Libros, pp. 45-84.

BARREIRO, A., y L. VELHO (1997) The Uruguayan Basic Scientists' Migrations and Their Academic Articulation around the PEDECIBA. *Science Technology & Society*, 2 (2), pp. 261-284.

BARTOLUCCI, J. (2000) *La modernización de la ciencia en México. El caso de los astrónomos.* Mexico, UNAM-Plaza y Valdés.

BASALLA, G. (1967) The spread of western science. *Science* 156 (3775) : 611-22.

BEBBINGTON, A. (org.) (2013) *Industrias extractivas, conflicto y dinámicas institucionales en la region andina.* Lima, Centro Peruano de Estudios Sociales (Cepes), el Grupo Propuesta Ciudadana e IEP.

BHATTARAI, M. and M. HAMMING (2001) Institutions and the Environmental Kuznets Curve for Deforestation : A Crosscountry Analysis for Latin America, Africa and Asia. *World Development*, vol. 29, No. 6, p. 995-1010.

BAYLE, P. (2008) Emergencia académica en el Cono Sur : el programa de reubicación de cientistas sociales (1973-1975) *Iconos. Revista de Ciencias Sociales*, nº 30, janvier 2008, págs. 51-63.

BELL, M., and K. PAVITT (1997) Technological accumulation and industrial growth : contrasts between developed and developing countries. *Technology, globalisation and economic performance*, pags.83-137.

BENCHIMOL, J. (1999) *Dos microbios aos mosquitos : fibre amarela e a revolucao pasteuriana no Brasil.* Rio de Janeiro, EditorasFiocruz / UFRJ.

BRAGE, S. (2011) Directory of Open Access Journals and its Impact on the Open Access Movement with a Special Perspective on Latin America. In : Cetto, A.M and J.O. Alonso G. (2011) (comps.) *Calidad e Impacto de la revista Iberoamericana* [Online]. First edition [México] : Facultad de Ciencias, UNAM. Available at : http ://www.latindex.unam.mx/librociri/ (consulted on June 15th, 2013).

BRUSH, S. B., and M. CHAUVET (2004) Assessment of social and cultural effects associated with transgenic maize production. *Maize and Biodiversity : The Effects of Transgenic Maize in Mexico*, Commission for Environmental Cooperation Secretariat.

BUCH, A. (2006) *Forma y función de un sujeto moderno. Bernardo Houssay y la fisiología argentina (1900-1943),* Buenos Aires, Editorial de la Universidad de Quilmes.

BUENO, R. *et al.* (2008) *El Caribe y el cambio climático. Los costos de la inacción.* Stockholm Environment Institute – US Center, Global Development and Environment Institute, Tufts University : http ://www.gdae.org/CaribbeanClimate.html.

CARVALHO, J. M. de (1978) *A Escola de Minas de Ouro Preto : o Peso da Glória.* Cía. Editora Nacional.

CEPAL (2010) *La hora de la igualdad. Brechas por cerrar, caminos por abrir.* Trigésimo primer period de sesiones de la CEPAL, Brasilia, 30 de mayo a 01 de junio.

CHAGAS FILHO, C. (1993) *Meu Pai*, Casa de Oswaldo Cruz, Fiocruz, Rio de Janeiro.

COLLINS*et al.* (2005) El Niño- or La Niña- like climate change ? *Climate Dynamics*, 24, 89-104.

COLODRO, E. (2010) El aporte de la OCDE a la estrategia nacional de innovación de Chile. En VV. AA. *Chile en el club de los países desarrollados.* Santiago, AECI, Pontificia Universidad católica de Chile.

COMUNIDAD ANDINA (2007) *¿El fin de las Cumbres Nevadas ? Glaciares y Cambio Climático en la Comunidad Andina.* Secretaría General de la Comunidad Andina, PNUMA, IRD, AECI.

CUETO, M. (1989) Andean Biology in Peru. Scientific Styles on the Periphery *Isis,* 80, 640-658.

CUETO, M. (1994) Laboratory styles in Argentine physiology. Isis, 85 (2), 228-246.

CUKIERMAN, H. (2007) *Yes, nós temos Pasteur. Manguinhos, Oswaldo Cruz e a História da ciencia no Brasil. Rio de Janeiro.* FAPERJ / Relume Dumará.

DAGNINO, R. (2003) A Relação Universidade-Empresa no Brasil e o "Argumento da Hélice Tripla". *Revista Brasileira de Inovação* [s.l.], v. 2, n. 2 jul / dez, p. 267-307.

DAGNINO, R., THOMAS, H., y Davyt, A. (1996) El pensamiento en ciencia, tecnología y sociedad en Latinoamérica : una interpretación política de su trayectoria. *Redes*, 3 (7), 13-52.

DANTES, M.A.M. (1992) Positivisme et science au Brésil. En P.Petitjean, C. Jamiet A.M. Moulin (orgs.) *Science and Empire.*1ª ed. Dordrecht / Boston / Londres, Kluwer Academic Press, vol. V, p. p. 165-172.

DAVYT, A. y A. Barreiro (1999) *Cincuenta años de la Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de la Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (RRCYT / Unesco). Un análisis histórico de la cooperación en la región.* Montevideo. Unesco / ORCYT.

DesiguALdades. Net (2011) Área de investigación III : Desigualdades socio-ecológicas. Red Internacional de Desigualdades Interdependientes en América Latina. Universidad Libre de Berlin.

DIAZ, E., Y. TEXERA y H. VESSURI (1983) *La ciencia periférica. Ciencia y sociedad en Venezuela.* Monte Avila Editores, Caracas.

DOCQUIER, F., O. LOHEST and A. MARFOUK (2007) Brain drain in developing countries. *World Bank Economic Review*, 21, 2 : 193-218.

DUTCH, S. (2002) http ://www.uwgb.edu/dutchs/PSEUDOSC/AntiSci70.HTM

FELD, A. CASAS, R. ; LOPEZ, M.S., and VESSURI, H. (2013) Policies to Promote International Scientific Cooperation in Latin America : Evolution and Current Situation. In Gaillard, G. y Arvanitis, R. (eds.) *Mapping and understanding Science and technology collaboration between Europe and Latin America.*

FELD, A. (2015) *Ciencia y política en la Argentina. Actores y modelos institucionales 1943-1983.* Buenos Aires, editorial de la Universidad Nacional de Quilmes.

FORTES, J., y de LOMNITZ, L. A. (1991) *La formación del científico en México : adquiriendo una nueva identidad.* México, Siglo XXI.

FREIRE Jr., D. (2007) Sobre a relação entre regimes políticos e desenvolvimento científico : apontamentos para um estudo sobre a história da C & T durante o regime militar brasileiro. *Fênix – Revista de História e Estudos Culturais* Julho / Agosto / Setembro de 2007 Vol. 4 Ano IV nº 3.

FUTURE EARTH (2013) Research for Sustainability. A Framework Document. The Future Earth Transition Team, February. ICSU. Paris. http ://www.icsu.org

GAILLARD, J. and GAILLARD, A.M. (1997) The international mobility of brains : exodus or circulation ? *Science Technology and Society*, 2, 2 : 195-228

GARRETON, M. A., y GARRETON, R. (2010) La democracia incompleta en Chile : La realidad tras los rankings internacionales. *Revista de ciencia política* (Santiago), 30 (1), 115-148.

GERMANI, G. (1968) *Política y sociedad en una época de transición : de la sociedad tradicional a la sociedad de masas.* Buenos Aires, Paidós.

GILMAN, C. (2003) *Entre la pluma y el fusil. Debates y dilemas del escritor revolucionario en América Latina. Buenos Aires*, Siglo XXI Editores.

GUZMAN-ROSAS, S. C., KLEICHE-DRAY, M., ZOLLA, C. et SUASTE-GOMEZ, E. (2015) The Exclusion of Indigenous Traditional Knowledge in the Higher Education : The Case of Traditional Medicine and the Mexican Medical Education. *Creative Education, 2015, 6*

HALPERIND., T. (1967) *Historia Contemporánea de América Latina.* Madrid, Alianza.

HERRERA, A. (1971) *Ciencia y política en America Latina.* Buenos Aires, Siglo XXI Editores.

HIRSCHMAN, A. (1968) "The Political Economy of Import-Substituting Industrialization in Latin America". *The Quarterly Journal of Economics* 82, no. 1 : 1-32.

HURTADO, D. (2011) *La Ciencia Argentina. Un proyecto inconcluso 1930 – 2000.* Buenos Aires, Editorial EDHASA.

INVERNIZZI, N. y G. FOLADORI (2012) Hacia dónde van las nanotecnologías en América Latina ? En : Foladori, G., N. Invernizzi, E. Záyago Lau (cords.) *Perspectivas sobre el Desarrollo de las Nanotecnologías en América Latina.* Univ. Autónoma de Zacatecas / Relans / Porrúa. México.

JOERGES, B., and SHINN, T. (2001) "A Fresh Look at Instrumentation an Introduction". In Joerges, B., & Shinn, T. (eds.) *Instrumentation between Science, State and Industry.* Dordrecht, Springer.

KATZ, J. (1987) *Technology Generation in Latin American manufacturing Industries*, Macmillan, London.

KEDIA, B. L., and BHAGAT, R. S. (1988) Cultural constraints on transfer of technology across nations : Implications for research in international and comparative management. *Academy of Management Review*, vol. 13, no 4, págs. 559-571.

KING, D. A. (2004) The scientific impact of nations. *Nature,* 430 (6997), 311-316.

KREIMER, P. (1997) Migration of Scientists and Scientific Community in Argentina. *Science, Techhnology and Society N° 2, Vol. 2.*

KREIMER, P. (1998) Understanding Scientific Research on the Periphery : Towards a new sociological approach ? *EASST Review*, vol. 17, N° 4.

KREIMER, P. (2010a) *Ciencia y Periferia. Nacimiento, muerte y resurrección de la biología molecular en la Argentina. Aspectos sociales, políticos y cognitivos.* Buenos Aires. EUDEBA.

KREIMER, P. (2010b) La recherche en Argentine : entre l'isolement et la dépendance, *Cahiers de la recherche sur l'éducation et les savoirs*, No. 9.

KREIMER, P. and LEVIN, L. (2013) Mapping trends and patterns in S & T Cooperation between the European union and Latin American countries based on FP6 and FP7 projects. J. Gaillard y R. Arvanitis (eds.) *Mapping and understanding Science and technology collaboration between Europe and Latin America.*

LEDESMA, I. (2009) *Biología, institución y profesión : centros y periferias.* México, Ediciones de Educación y Cultura.

LELOIR, L. F. (1983) Allá lejos y hace tiempo, *Papiro*, vol. 8, Nº 25, pp. 40-44,

LEYDESDORFF, L. and WAGNER, C. (2008) International collaboration in science and the formation of a core group, *Journal of Informetrics* 2 (4) (2008) 317-325

LINS, I. M. (1964) *História do positivismo no Brasil* (Vol. 322). Companhia Editora Nacional.

LOPES, M. e I. PODGORNY (2000) The shaping of Latin American museums. *Osiris Nature and Empire. Science and the Colonial Enterprise*, 15 : 108-118.

LOPEZ OCON, L. (2002) La América Latina en el escenario de las Exposiciones Universales del siglo XIX. En *Procesos*, Revista Ecuatoriana de Historia, No. 18, Corporación Editora Nacional.

MACCARI, E. A., RODRIGUES, L. ALESSIO, E. y QUONIAM, L. M. (2008) Sistema de avaliação da pós-graduação da Capes : pesquisa-ação em um programa de pós-graduação em Administração. *RBPG*, Brasília, v. 5, n. 9, p. 171-205.

MALDONADO, A. (2000) Los organismos internacionales y la educación en México. El caso de la educación superior y el Banco Mundial. *Perfiles Educativos,* (87).

MARISCOTTI, M. (1985) *El secreto atómico de Huemul.* Buenos Aires, Sudamericana / Planeta.

MARTIN-FRECHILLA, J. J. (2008) El dispositivo venezolano de sanidad y la incorporación de los médicos exilados de la Guerra Civil española. *História, Ciencias, Saúde – Manguinhos*, 15 (2), 519-541.

MARTINEZ VIDAL, C. y M. MARI (2002), La escuela latinoamericana de pensamiento en ciencia, tecnología y desarrollo : notas de un proyecto de investigación. *CTS + I : Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación,* (4), 5.

MCTI (Ministerio de Ciência, Tecnología e Innovaçao), (2013) http ://www.mcti.gov.br/index.php/content /view/73434/21_Tecnologias_para_o_Desenvolvimento_Social.html.

MEDINA ECHEVARRIA, J. (1959) *Aspectos sociales del desarrollo económico.* Santiago de Chile, Editorial Andrés Bello.

MONTSERRAT, M. (2000) La sensibilidad evolucionista en la Argentina decimonónica, En Montserrat (comp.*) La ciencia en la Argentina entre siglos. Textos, contextos e instituciones.* Buenos Aires, Editorial Manantial.

NIETO., M. (2000), *Remedios para el imperio : historia natural y la apropiación del Nuevo Mundo.* Bogotá, Instituto Colombiano de Antropología e Historia.

O'GORMAN, E. (1995 [1958]) *La invención de América : investigación acerca de la estructura histórica del Nuevo Mundo y del sentido de su devenir.* México, Fondo de Cultura Económica.

ORTIZ, E. L., y RUBINSTEIN, H. (2009) La Física en la Argentina en los dos primeros tercios del siglo veinte : algunos condicionantes exteriores a su desarrollo. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 2 (1), 40-81.

OTEIZA, E. (1969) *La emigracíon de ingenieros de la Argentina : un caso de "braindrain" latinoamericano.* Buenos Aires, Centro de Investigaciones Económicas, Instituto Torcuato Di Tella.

OTEIZA, E. (1992) El complejo científico y tecnológico argentino en la segunda mitad del siglo XX : la transferencia de modelos institucionales. En Oteiza (coord.) *La política de investigación cientofica y tecnológica argentina. Historia y perspectivas.* Centro Editor de América Latina, Buenos Aires.

OXHORN, P. (2001) Desigualdad social, sociedad civil y los límites de la ciudadanía en América Latina. *EconomÌa, Sociedad y Territorio*, vol. III nº 9.

PIETROBELLI, C. (2000) The role of international technology transfer in the industrialisation of developing countries, in : M. Elena, D. Schroeer (Eds.), *Technology Transfer*, Ashgate, Aldershot.

PRICE, D. de Solla (1963) *Little science, big science.* New York : Columbia University Press.

PROPECK-ZIMMERMANN E., SAINT-GÉRAND T., BONNET E. (2007). Probabilités, risques et gestion territoriale : champs d'action des PPRT. *Géocarrefour*, vol. 82, n° 1-2, p. 65-76.

PYENSON, L. (1985) *Cultural imperialism and exact sciences : German expansion overseas, 1900-1930.* New York, P. Lang.

PYENSON, L. (2013) Ciencia en Córdoba en el siglo diecinueve, *Universidad Nacional de Córdoba. Cuatrocientos años de historia*, Daniel Saur etAlicia Servetto, ed. (Córdoba, Editorial de la Universidad Nacional de Córdoba, 2013 ; 2 vols), 1 : 251-81.

RIEZNIK, M. (2011) *Los cielos del sur. Los observatorios astronómicos de Córdoba y de La Plata, 1870-1920.* Rosario, Prohistoria

SABATO, J. y MACKENZIE, M. (1982) *La producción de tecnología. Autónoma o transnacional.* México, Editorial Nueva Imagen.

SABATO, J. y BOTANA, N. (1968) La ciencia y la tecnología en el desarrollo de América Latina, en Herrera, A. (comp.) *América Latina : ciencia y tecnología en el desarrollo de la sociedad*, Santiago de Chile, Editorial Universitaria.

SAGASTI, F. (1972) Hacia un nuevo enfoque para la planificación científica y tecnológica, *Estudios sobre el desarrollo científico y tecnológico No. 13,* Departamento de Asuntos científicos, Washington D.C., Organización de Estados Americanos.

SALDAÑA, J. J. (1992) Acerca de la historia de la ciencia nacional, dans Saldaña, J. J. (Ed.), *Los orígenes de la ciencia nacional, Colección Cuadernos de Quipu, núm. 4*, Mexico, SLHCT / FFyL-UNAM

SALDAÑA, M. B. de (1993) *Historia de la educación durante el porfiriato.* Mexico, El Colegio de México.

SALOMON, J. J. (1970) *Science et Politique.* Paris, Economica.

SCHWARTZMAN, S. (1979) *Um Espaço para a Ciência - a formação da comunidade científica no Brasil.* FINEP. Rio de Janeiro.

SHEETS-PYENSON, S. (1988) *Cathedrals of science : the development of colonial natural history museums during the late nineteenth century.* Montreal, McGill-Queen's University Press.

SHILS, E. (1987) Center and Periphy : an idea and its career, 1935-1987. En Greenfeld, L. y M. Martin (eds.) Center : *Ideas and Institutions.* Chicago, The University of Chicago Press.

SKUTSCH, M. (ed.) (2011) *Community Forest Monitoring for the Carbon Market. Opportunities under REDD.* Londres / Washington, D.C. Earthscan.

SORLIN, S. and VESSURI, H. (editors) (2007) *Knowledge Society vs. Knowledge Economy : Knowledge, Power, and Politics.* IAU / Unesco / Palgrave.

STEPAN, N. (1981) *Beginnings of Brazilian Science.* Watson Pub. Intl.

TAGASHIRA, R. (s.f.) La Universidad Nacional de Tucumán y la Estación Experimental Agrícola. Los modelos institucionales para la investigación científica en el NOA, desde el despegue azucarero hasta 1930. http ://www.archivo.unt.edu.ar/attachments/059_tagashira.pdf

THÉRY H. (2010). Palmarès des universités mondiales, Shanghai et les autres. Mappemonde, no 96 (4-2009).

TUNNERMANN, C. (1991) Historia de la Universidad en América Latina. De la época colonial a la Reforma de Córdoba. San José, Costa Rica : Educa.

U.E. (2012) *Enhancing and focusing EU international cooperation in research and innovation : A strategic approach.* Bruselas, ComisiónEuropea.

VARSAVSKY, O. (1969) *Ciencia, Política, Cientificismo.* Buenos Aires, Centro Editor de América Latina.

VELHO, L. (1996) Assessment of International Scientific Collaboration in Brazilian Amazonia. In : Gaillard, J. (Org.). *International Scientific Cooperation, 20th Century Science : Beyond the Metropolis.* Paris : ORSTOM Editions, v. 7.

VELHO, L. (2011) La ciencia y los paradigmas de la política científica, tecnológica y de innovación. Arellano et Kreimer (eds.), *Estudio social de la ciencia y la tecnología desde América Latina.* Bogotá, Siglo del Hombre.

VESSURI, H. y H. CAPEL (editores) (1992b) Número especial sobre "Las Asociaciones Científicas en América Latina Siglo XIX" *Interciencia*, 17 (3), marzo-junio, Caracas.

VESSURI, H. (1997) Science in Latin America. En J. Krige y D. Pestre (eds.) *Science in the Twentieth Century.* Harwood Academic Publishers, pags. 839-858.

VESSURI, H. (1998) La I + D en la Universidad latinoamericana. En ; H. Vessuri (coordinadora) *La Investigación y Desarrollo (I + D) en las universidades de América Latina*, Fondo Editorial FINTEC, Caracas.

VESSURI, H. (2005) La tecnología de la investigación en la temprana Fitotecnia Sudamericana : Horovitz, el maíz y la investigación agrícola. Arellano, A., P. Kreimer, J. Ocampo L. y H.Vessuri (eds.) *Ciencias agrícolas y cultura científica en América Latina,* Buenos Aires, Prometeo Libros, pp. 9-44.

VESSURI, H. (2006) *"O inventamos o erramos". La ciencia como idea-fuerza en América Latina.* Buenos Aires, Univ. Nacional de Quilmes Editora.

VESSURI, H. and I. SANCHEZ-ROSE (2011) Late adoption of the "Instrumental Revolution". Historically Contingent Understanding of Instrumentation in Venezuelan Catalysis in the last third of the 20th Cen-

tury. Trabajo presentado en la 8va Conferencia Internacional sobre Historia de la Química Pathways of Knowledge, Rostock, 14-16 septiembre.

VESSURI, H., J.-C. GUEDONET A. M. CETTO (2014) Excellence or quality ? Impact of the current competition regime on science and scientific publishing in Latin America and its implications for development. *Current So*ciology.

VILAR, J. L. B. (Ed.). (2011) El exilio científico republicano. Universitat de Valencia.

WAGNER, C. (2009) The New Invisible College. Science for Development. Washington, Brookings Institution Press

ZEA, L. (1968) *El positivismo en México : nacimiento, apogeo y decadencia,* Fondo de Cultura Económica, México.

ZEA, L. (1980), Pensamiento positivista latinoamericano (selección y prólogo), Biblioteca Ayacucho, Caracas, 1980.

Période	Événements politiques	Économie	Sociétés	Idées et sciences
Pré-indépendance (avant 1810)	Brésil : Depuis 1529 et via le système des capitaineries héréditaires, le Brésil est divisé en lots de terres distribués aux membres de la noblesse	Exploitation des mines d'argent au Mexique et dans le Haut-Pérou (Potosí). Production de matières premières, plantations : canne à sucre, coton, tabac, cacao, café et produits dérivés (rhum). La transition des Habsbourg aux Bourbon (en 1700) conduit les Espagnols à tenter de s'aligner sur l'organisation économique des possessions américaines et sur les politiques mercantilistes du Royaume-Uni, des Pays-Bas, de la France et du Portugal. Dans le cas du cacao vénézuélien, la «Compañía Guipuzcoana» est fondée en 1728 avec pour objet de monopoliser le commerce de «Tierra Firme» et de traiter notamment la culture du cacao comme une marchandise coloniale dont la vente doit rapporter de gros profits. Avec des acteurs et des bénéficiaires qui peuvent varier, ce processus s'installe	Domination espagnole partout excepté au Brésil (Portugal) Elites créoles. Encomiendas, repartimientos et haciendas. Esclaves africains dès le milieu du XVIe siècle. Mexique : Droit colonial inspiré du droit espagnol mélangé aux coutumes indigènes, qui se traduit par un équilibre entre la juridiction locale (les Cabildos) et la Couronne. Les métiers de la haute administration sont interdits aux naturels, y compris à ceux qui sont de sang espagnol. L'administration repose sur une division raciale de la population	Libéralisme, modernisme, évangélisme européens (dès le XVe siècle). Expéditions scientifiques européennes au XVIe siècle, comme celles d' Alvar Nuñez Cabeza de Vaca, Hernán Cortés, Fernand de Magellan, Francisco Pizarro, Juan Sebastián Elcano ou Vasco de Gama ; explorations de cartographes comme Juan de la Cosa ou Waldseemüller, de naturalistes comme Fernández de Oviedo y Acosta, suivis au cours des siècles suivants par des expéditions comme celles des Français Charles Marie de la Condamine et Alcide d'Orbigny, de l'Allemand Alexander von Humboldt et de l'Italien Alessandro Malaspina, parmi bien d'autres.

portugaise. Les bénéficiaires sont chargés de l'occupation et de la gestion des terres et doivent en répondre directement devant le roi. Ce système est un échec – seuls quatre lots sont occupés avec succès : Pernambuco, Sao Paulo, Ilheus et Porto Seguro. Les capitaineries sont progressivement restituées à la Couronne pour devenir des provinces et, plus tard, des États fédérés.

Mexique : Après la chute de Tenochtitlan, capitale de l'Empire aztèque, il faudra deux siècles à l'Espagne pour parachever la conquête : des soulèvements se font jour au sein du vieil empire tandis que les guerres se poursuivent contre d'autres peuples indigènes. Le Mexique fait alors à la fin du XVIIIe siècle et perdure pendant une grande partie du XIXe siècle dans la plupart des pays latino-américains qui ont une façade atlantique.

Brésil : Depuis le XVIe siècle, la canne à sucre, cultivée dans des plantations, appelées engenhos dans la région du Nordeste, est la base de l'économie et de la société brésilienne, et repose sur l'exploitation d'esclaves dans les grandes plantations dont le produit est destiné à l'exportation. Au début, les colons essayent de réduire les indigènes en esclavage et de les faire travailler dans les champs. Les premiers explorateurs du Brésil sont en grande partie des aventuriers paramilitaires, les bandeirantes, qui pénètrent dans la forêt amazonienne à la recherche d'or et d'esclaves. Toujours est-il que les indigènes s'avèrent inexploitables, raison pour laquelle les propriétaires en Républiques des Espagnols, Indiens et métis "autonomes" et personnes dépendant directement du roi.

L'Espagne multiplie les universités dans ses possessions en Amérique espagnole. Au XVIe siècle, elle crée notamment les universités de Lima et de Mexico (1551), au XVIIe siècle, celle de Notre-Dame du Rosaire à Santiago du Chili (1619), l'Université de Córdoba en Argentine (1621), celle de San Gregorio Magno de Quito (1621), de San Ignacio de Loyola à Cuzco (1621), celle de Mérida au Yucatán (Mexique) et celle de San Carlos de Guatemala (1676). Au XVIIIe siècle, création des universités San Jerónimo à la Havane (Cuba, 1721), de Caracas (Venezuela, 1721), de San Felipe à Santiago du Chili (Chili, 1738), de Buenos Aires (Argentine), de Popayán (Colombie), San Francisco Xavier au Panama (1749),

partie d'une plus grande vice-royauté, la Nouvelle-Espagne, qui englobe Cuba, Puerto Rico et l'Amérique centrale jusqu'au Costa Rica, le sud-ouest américain et la Floride, ainsi que les Philippines.
Le conquistador espagnol Hernán Cortés a réussi à conquérir le grand empire des Aztèques et à établir la plus grande colonie espagnole : la Nouvelle-Espagne.

terriens portugais vont se tourner vers l'Afrique, d'où ils importeront des millions d'esclaves.

Chili : C'est le fleuron le moins riche de la Couronne d'Espagne pendant la plus grande partie de son histoire coloniale. En 1687, début des exportations vers le Pérou de céréales cultivées dans la vallée centrale (La Serena et Concepción).

de Guadalajara (Mexique) (1791). Au XIXe siècle, création des universités de Mérida (Venezuela) (1806) et de León (Nicaragua) (1812). Ces universités forment des théologiens, des avocats et quelques médecins suivant les paradigmes néo-scolastiques qui servent de base à la société organisée selon les principes corporatistes et la hiérarchie due au statut social et racial.
Les bibliothèques privées, les drogueries et les cloîtres deviennent souvent des alternatives institutionnelles aux universités et contribuent à diffuser des pratiques scientifiques plus modernes.

Techniciens importés (médecins, etc.)

Les sciences en Inde

Émergence, croissance et développements contemporains

Venni V. Krishna

L'introduction en Inde des sciences modernes, leur institutionnalisation et leur professionnalisation, avec pour résultat le développement d'une communauté scientifique, a connu de nombreuses difficultés au cours des soixante dernières années : d'abord, l'affrontement avec les politiques coloniales des sciences, puis après l'indépendance les efforts de création d'une infrastructure scientifique visant la modernisation et l'industrialisation de l'Inde. L'objet principal de notre chapitre est d'analyser comment différents groupes d'acteurs et d'institutions ont joué un rôle important et/ou ont été à la base du développement des sciences et des techniques en Inde aussi bien pendant les périodes coloniale, postcoloniale que contemporaine. La première partie du présent article retracera le développement des sciences au cours de la période coloniale, son impact et la réponse des intellectuels indiens à ces développements. Nous y soulignerons la façon dont la réponse de l'intelligentsia scientifique émerge largement appuyée par le mouvement national. Celui-ci réunissant alors les conditions qui ont permis la création de sciences indiennes et faisant déjà apparaître sous sa forme embryonnaire une communauté scientifique nationale. (Voir synopsis en annexe 8 et dernière.)

La seconde partie suivra la façon dont l'influence du leadership politique de Nehru a permis, après l'indépendance, le développement des infrastructures scientifiques et techniques, ainsi que des institutions d'enseignement supérieur. Seront explorées en particulier les principales politiques à l'origine du développement des institutions scientifiques en lien étroit avec les objectifs stratégiques nationaux. L'Inde se joint aux « clubs » scientifique et nucléaire [1], en même temps qu'elle accomplit ses Révo-

1. L'Inde envoie dans l'espace en 1979 le premier lanceur de satellite construit par elle. De nouveaux lancements suivent en 1980, 1981 et 1983. En 1974, elle procède à son premier essai nucléaire à Pokran (Rajasthan).

Figure 1 – Carte de l'Inde

lutions « blanche » et « verte » [2]. L'étroite alliance tissée par Nehru avec une petite élite de scientifiques indiens permet à son pays de se lancer dans un massif programme de création d'institutions scientifiques et technologiques pendant les trois décennies

2. Dans les années 1970, l'Inde accède à l'autosuffisance alimentaire, dans une grande mesure grâce à la Révolution verte qui la libère de sa dépendance par rapport à l'étranger. Les critiques parlent de révolution « céréalière », et de nombreuses études ont démontré comment les agriculteurs marginaux qui ne possèdent que peu de terre ne peuvent pas tirer profit des apports scientifiques et technologiques associés à la Révolution verte, qui a pour effet leur appauvrissement. Certains de ces agriculteurs sont devenus des travailleurs agricoles sans terre dans des régions où les techniques de la Révolution verte ont été introduites. La Révolution blanche est associée à la réussite des coopératives laitières du Gujarat, grâce auxquelles l'Inde rattrape la production laitière des USA en 2000.

suivant l'indépendance [3]. Doter le pays de capacités scientifiques et techniques solides dans le domaine de l'agronomie devait permettre d'atteindre l'autosuffisance alimentaire. Ces réalisations ne sont cependant pas sans coûts sociaux et contradictions sociétales. Tandis que les sciences et la technologie contribuent à améliorer les conditions de vie de millions d'Indiens, le pays n'est cependant pas en mesure de diminuer la pauvreté de façon significative. Cependant jusqu'au début des années 1970, l'Inde est portée par un optimisme scientifique et technique considéré comme à la base de la croissance économique et du développement social. En même temps, des voix opposées à cette orientation politique et scientifique se font entendre – celles des mouvements écologistes, de la société civile et de groupes de citoyens défenseurs de la cause des groupes défavorisés privés des bénéfices de la science et de la technologie. Plus tard dans les années 1980 et 1990, le contexte de mondialisation, poussera le pays vers la réappropriation de technologies nouvelles dans un contexte d'économie libérale. Celle-ci n'est pas sans conséquence sur la structure, l'organisation et l'orientation des sciences et des technologies. Aussi la dernière partie, analysera les nouvelles réformes économiques introduites en 1991 ainsi que leur impact sur l'évolution scientifique et technique.

1 Les sciences à l'ère coloniale

« La création d'une école sanskritique dirigée par des pandits hindous... meublera l'esprit de la jeunesse de subtilités grammaticales et métaphysiques d'une utilité pratique médiocre, ou même nulle... Cependant, l'éducation de la population autochtone relève de la responsabilité du gouvernement, qui mettra donc en place un système d'instruction plus libéral et éclairé. Les disciplines enseignées seront les mathématiques, la philosophie naturelle, la chimie, l'anatomie ainsi que d'autres sciences utiles, ce qui sera réalisé grâce au financement proposé et au concours d'hommes de talent, cultivés, éduqués en Europe ainsi qu'à l'ouverture d'un collège disposant des livres, instruments et autres matériels nécessaires. »

Raja Rammohan Roy – Lettre au gouverneur général (1823)

« Les Indiens sont incapables de production originale dans le domaine des sciences naturelles... à supposer que cette discipline existe déjà dans cette partie du monde... Il convient donc de nous montrer modérés vis-à-vis de nos frères inférieurs et de ne pas nous attendre à les voir courir avant même de pouvoir marcher. »

H. B. Medlicott (1880)

En Inde, le rôle joué par l'État dans l'évolution des politiques des sciences, des technologies et de l'innovation et de leur institutionnalisation est étroitement lié au contexte colonial. En règle générale, les historiens indiens considèrent que la colonisation britannique a influencé la politique, l'économie et la société indiennes de manière à la fois constructive et destructive ou dysfonctionnelle. L'élite intellectuelle indienne a très souvent pris position en faveur de l'introduction de cours de sciences et de technologie modernes dans les collèges. Par exemple, le mouvement réformiste de l'indouisme, Brahmo Samaj, fondé par Raja Rammohan Roy (1772-1833), insiste dès 1820 sur la nécessité d'utiliser l'anglais plutôt que les langues indiennes classiques (voir la citation ci-dessus).

3. Ces scientifiques d'élite sont Homi Bhabha pour l'énergie atomique, S. S. Bhatnagar pour la recherche industrielle, P. C. Mahalanobis pour la planification économique, entre autres. Voir aussi Krishna (1997).

Dès 1857, les premières universités modernes instituant l'enseignement de l'anglais en Inde sont fondées à Madras, Calcutta et Bombay. Par ailleurs les Britanniques se lancent dans des entreprises [4] de construction de chemins de fer, de grands travaux publics, de recherche en géologie, en trigonométrie, de mise en place de jardins botaniques, entre autres secteurs, dont l'organisation et les fonctions sont qualifiées de « sciences coloniales ». Une division du travail scientifique s'instaure entre le centre (la Grande-Bretagne) et la périphérie (l'Inde en tant que colonie) [5]. Au premier, revient la recherche scientifique fondamentale, à la seconde la collecte de données et la recherche appliquée. L'élément le plus remarquable est la discrimination, considérable, affectant l'organisation et le recrutement de scientifiques à des postes importants, comme le montre la citation de H. B. Medlicott, directeur de l'étude géologique des années 1880 (voir ci-dessus). Ce système n'accorde pas de place aux scientifiques indiens, titulaires de doctorats quand ils reviennent en Inde alors que bien souvent leur réputation de chercheurs est déjà bien établie dans des institutions scientifiques et des universités britanniques et européennes. En effet, les institutions scientifiques et académiques coloniales ne leur accordent ni l'appui ni l'autonomie nécessaires à la poursuite de leurs recherches scientifiques. Dans ce contexte colonial et dès le dernier quart du XIXe siècle, ces scientifiques indiens entreprennent de mener une « lutte intellectuelle », pour l'institutionnalisation et la professionnalisation de la science. Leurs activités commencent par la création d'une série de structures d'appui scientifiques et technologiques, allant de la traduction dans des langues locales d'ouvrages spécialisés et plus généralement de littérature, au développement de l'éducation scientifique, à la vulgarisation des sciences et à la création de diverses institutions spécialisées ainsi que de départements scientifiques au sein d'institutions d'enseignement supérieur.

1.1 Les efforts institutionnels précoces de l'ère coloniale

Dans les écrits sur l'histoire des sciences, la création de l'Asiatic Society of Bengal (« Société asiatique du Bengale ») en 1784 est considérée comme l'événement marquant l'institutionnalisation de la science occidentale en Inde. Dans une perspective indienne, l'inauguration de *l'Indian Association of Cultivation of Science* (IACS) (« Association indienne pour le rayonnement de la science »), le 29 juillet 1876, marque le début de ce qui sera ultérieurement connu comme la « science nationale [6] ». Derrière cette institution il y a un homme, Mahender Lal Sircar (1833-1904), médecin allopathe et néanmoins partisan enthousiaste de l'homéopathie. La singularité de cette institution est sa vision nationaliste et son autonomie par rapport au régime colonial. Pour Sircar :

4. Les principales entreprises scientifiques sont l'Étude géologique de l'Inde, l'Étude botanique de l'Inde, l'Étude trigonométrique de l'Inde, l'Étude zoologique de l'Inde, le Département météorologique, le Conseil indien des munitions, le Département vétérinaire, le Service forestier, le Service médical et bactériologique, les Services éducatifs, etc.

5. L'image des sciences dans les pays périphériques ou coloniaux comme l'Inde, l'Afrique et d'autres régions est définie ou mentionnée comme une sorte d'activité essentiellement réduite à des enquêtes et levés, des activités de collecte de données, à une science « inférieure » non associée au progrès du savoir scientifique mais principalement à l'application de la science en lien direct avec le monde économique ou politique.

6. Les termes « science nationale » sont utilisés ici dans le but de véhiculer un sens, signifiant que les scientifiques indiens visent la professionnalisation et le progrès de la science en Inde, de façon à donner une identité distincte à la science pratiquée en Inde dans le monde scientifique.

> L'objet de l'Association consiste à permettre aux personnes originaires d'Inde de cultiver la science dans tous ses départements, dans la perspective d'un progrès consécutif à une recherche originale, et (comme cela s'en suivra naturellement) à des applications diverses aux arts et au confort de la vie moderne [7].

Malgré la modicité de la somme collectée en 1875 (61 000 roupies) en vue de la fondation de l'IACS, Sircar [8] soutient la position suivante : « Nous devrions poursuivre nous-mêmes cette tâche, sans l'aide de l'administration. Je veux que cette entreprise soit locale et exclusivement nationale », avec pour modèles la Royal Institution of London (« Institution royale de Londres ») et la British Association for the Advancement of Science (BAAS) (« Association britannique pour l'avancement de la science »). Au cours d'une première période (1876-1901), sept départements y sont créés : physique générale, chimie, astronomie, botanique et zoologie systématiques, physiologie et géologie. Sircar, Lafont, Tara Prasanna Roy, Nilratan Sarkar, Chunnilal Bose, J. C. Bose, Ashutosh Mukherjee et P. N. Bose figurent parmi les noms de scientifiques indiens enseignant à l'IACS. Même si les efforts de ces personnes pour susciter l'intérêt des masses bengalaises pour la science remontent très loin, il faut attendre l'association de C. V. Raman avec l'IACS en 1907 pour la mise en place de recherches scientifiques originales. Aussi la plus importante des contributions de l'IACS au cours de cette période est d'associer le nationalisme au rayonnement de la science. Ces efforts ont abouti à la création de plusieurs institutions promouvant une éducation technique nationale.

C'est d'abord Pararnnath Bose, membre de l'IACS, qui fonde en 1891 l'Indian Industrial Association (« Association industrielle indienne ») dédiée à la recherche sur les matières premières locales et proposant des conférences publiques sur le charbon et les fibres. L'Association for the Advancement of Scientific and Industrial Education (AASIE) (« Association pour le progrès de l'éducation scientifique et industrielle »), fondée en 1904 par Jogendranath Ghosh, soutient quant à elle la mobilité des étudiants indiens à l'étranger dans le cadre du « Mouvement swadeshi ». Satishchandra Mukherjee, pédagogue bengalais de premier plan, crée la Dawn Society (« Société de l'aube »), en 1902, afin de promouvoir l'idée d'éducation nationale. À travers le magazine de la société, *The Dawn* (*L'Aube*), la publication des sciences appliquées et vulgarisation scientifique sont soutenues [9]. La Dawn Society devient en 1906, la National Council of Education (NCE) (« Conseil national de l'éducation ») avec pour mission l'organisation d'institutions éducatives « selon des schémas nationaux et sous contrôle national [10] ». La même année, Tarak Nath Palit et Nilratan Sarkar (NCE) fondent la Society for the Promotion of Technical Education (« Société pour la promotion de l'éducation technique ») qui met en place le Bengal Technical Institute (« Institut technique du Bengale »).

7. *Un siècle : IACS* (volume du centenaire de l'IACS), Calcutta, IACS, 1976, p. 9.
8. *Id.*
9. Pour davantage d'informations sur les associations, voir Sumit Sarkar, *The Swadeshi Movement in Bengal 1903-1908*, New Delhi, People's Publishing House, 1977.
10. *Ibid.*

En même temps, un autre groupe du NCE (dont font parti Satish Mukherjee, Goorudas Banerjee et Aurobindo Ghosh) crée le Bengal National College and School pour promouvoir les disciplines scientifiques et littéraires dans les universités. En 1907, ces deux groupes fusionnent [11], et 2,4 millions de roupies y sont apportées par Taraknath Palit et Rash Behari Ghosh puis en 1914, ils sont rejoints par le Bengal Technical Institute (« Institut technique du Bengale »). Notons que dès 1890, dans l'élan du mouvement national en faveur de l'éducation, P. K. Roy et M. L. Sircar mettent en place des cours de physique, de chimie, de botanique et de mathématiques à l'Université de Calcutta. Et Ashutosh Mukherjee, devenu vice-chancelier de l'Université de Calcutta en 1912, donne une nouvelle impulsion aux sciences en se lançant dans la recherche avancée tout en enseignant à l'Université de Calcutta [12].

Mais ces efforts ne se limitent pas au Bengale. Dès 1882, L'organisation « Poona Sarvajenik Sabhas » (Présidence de Bombay, Maharastra), demande aussi le renforcement de l'éducation technique. Demande relayée après 1885 par l'Indian National Congress (« Congrès national indien »). De leur côté, les États princiers de Baroda et de Travancore créent dans les années 1880 des instituts techniques, parmi lesquels le Kala Bhavan Technical Institute de Baroda est le premier et le plus important des instituts fondés par les États locaux indiens. Ainsi les origines de l'actuelle Faculté de technologie et d'ingénierie de M. S. University (Baroda) remontent à Kala Bhavan [13]. Entre 1880 et 1919, les contributions indiennes locale et missionnaire à la création de collèges et d'institutions d'enseignement scientifique progressent en même temps que la contribution britannique. En collaboration avec les milieux d'affaires aisés, les dirigeants locaux et les propriétaires fonciers, des scientifiques indiens de premier plan participent à la création des universités d'Allahabad (1887), de Bénarès (1916), de Mysore (1916), de Patna (1917) et d'Hyderabad (1918) [14]. Pour s'opposer au parti-pris littéraire de la politique éducative britannique et pour motiver les étudiants indiens à étudier les sciences et l'ingénierie, les élites indiennes aisées créent diverses bourses et dotations [15].

11. Il subsiste de ce mouvement national en faveur de l'éducation le noyau de l'actuelle université de Jadavpur ainsi que le Collège universitaire scientifique de l'Université de Calcutta.

12. Le gouvernement colonial s'oppose à cette recherche au département et refuse de financer une formation supérieure qui y soit liée. C'est à ce stade que la donation de Palit et Ghosh permet l'organisation d'une recherche scientifique avancée à l'Université de Calcutta.

13. La croissance phénoménale de l'État de Baroda comme centre manufacturier et industriel, entre 1890 et 1910 est associée aux écoles d'ingénieurs de Kala Bhavan. Sous l'impulsion de l'État de Baroda, 57 « écoles industrielles et artistiques » ou « instituts techniques » sont créés par des Indiens et des missionnaires dans les États de Baroda, Mysore et Travancore.

14. Dans les trois régions de la Présidence (Bombay, Calcutta et Madras) ainsi que le Punjab, 45 collèges affiliés sont créés, avec 91 enseignants, la plupart d'origine indienne, enseignant dans les domaines des sciences et de l'ingénierie aux niveaux du premier cycle universitaire et au-delà. Une grande partie de cette contribution est fournie par des Indiens et leurs partisans en dehors du contrôle direct de l'administration coloniale.

15. Le fameux Premchand Roychand offre cinq bourses de 1 400 roupies par an sur la donation de 200 000 roupies faite en 1879 à l'Université de Calcutta. La tour Rajabhai et la bibliothèque de l'Université de Bombay sont édifiées grâce à la généreuse donation de 400 000 roupies consentie par Roychand. Dadabhai Naroaji offre 50 000 roupies et en collecte 175 000 pour les bourses Canning de l'Université de Bombay. La contribution de J. N. Tata (3 millions) et la donation de 500 000 roupies de SheshadriIyer, Dewan du Maharaja de Mysore, en même temps que l'offre de 300 acres de terrain en vue de la construction de l'Indian Institute of Science (Institut indien des sciences) reste inégalée en 1910. L'AASIE fondée en 1904 par J. Ghosh collecte 100 000 roupies par an afin de financer les bourses de jeunes Indiens se rendant à l'étranger pour y acquérir une formation technique. De 1905 à 1908, l'Association offre 236 bourses d'études à l'étranger. Au Bengale, dès 1878 l'aide privée à l'éducation dépasse de beaucoup celle fournie

Rôle des sociétés scientifiques

Entre les départements universitaires de Science et d'Ingénierie et des institutions spécialisées comme l'IACS et le Kala Bhavan, on compte alors une demi-douzaine de sociétés ayant pour principal objectif la vulgarisation scientifique et la création d'une base indienne de la science moderne. Outre la Dawn Society (1904) et l'Association pour le progrès de l'enseignement scientifique et industriel (AASIE) (1904), l'Aligarh Scientific Society fondée par Syed Ahmad en 1864, la Bihar Scientific Society (Muzaffarpur), fondée par Syed Imdad Ali en 1868, et le Punjab Science Institute (Lahore) créé en 1886 sont les principales sociétés scientifiques de cette époque. Ces sociétés ont pour vocation des activités posant les bases pour le développement de la science moderne en langue vernaculaire. Elles entreprennent donc de faire traduire des ouvrages scientifiques et de créer des journaux. L'Aligarh Society fait traduire une quarantaine de livres (algèbre, arithmétique, agriculture et sciences sociales). La Bihar Society lance un bimensuel, *Akhbar-ul-Akhyar*, et crée cinq écoles dans les années 1870 afin de diffuser la science occidentale. C'est à des missionnaires de Serampore comme William Carey et Marshman que l'on doit la toute première introduction de la science dans la littérature bengalie. Dès la fin du XIXe siècle, le Bengale a donné l'exemple concernant les magazines et ouvrages scientifiques en langue vernaculaire [16]. Cinq provinces indiennes produisent entre 1875 et 1896 un total de 2 124 traductions, dont 1 145 dans le domaine médical, 673 dans celui des mathématiques et 306 dans celui des sciences naturelles [17].

1.2 Émergence d'une communauté scientifique indienne, 1880-1940

Les efforts institutionnels précoces, commencés dès la fin du XIXe siècle et poursuivis pendant environ vingt-cinq ans, jusqu'au début du XXe siècle, impulsent différentes branches des sciences et l'apparition de groupes de recherche et de réseaux spécialisés liés à des institutions, principalement en dehors de la douzaine d'institutions coloniales préexistantes. En effet, lorsque J. C. Bose et P. C. Ray rejoignent le Presidency College de l'Université de Calcutta en 1885, suivis de C. V. Raman à l'IACS en 1907, le « rayonnement de la science » a atteint une nouvelle dimension. À Bangalore, est créé l'Indian Institute of Science (IIS) en 1909, puis à Calcutta, l'University College of Science de l'Université en 1914 et le Bose Research Institute en 1917. Ces institutions donnent une nouvelle « identité » à la science indienne certes composée d'une élite scientifique, produit de l'éducation occidentale, mais qui n'entend pas faire avancer la science par une imitation passive de l'Occident, comme le déclare J. C. Bose [18] :

par le gouvernement. Ces données et informations sont empruntées à D. Kumar, *Science Policy of the Raj, 1857-1905*, PhD thesis, Delhi University, 1986.

16. Entre 1868 et 1900, 10 journaux et magazines du seul secteur scientifique et 47 pour la technologie sont édités au Bengale, *Vigyan Rahasya* (1871), *Vigyan Vikas* (1873), *Vigyan Darpan* (1876), *Sachitra Vigyan Darpan* (1882), *Chikitsa Darshan* (1887), *Tatvabodhini Patrika* et *Bengal Spectator* figurant parmi les importants périodiques bengalis publiés dans les secteurs de la science et de la technologie.

17. D. P. Bhattacharya, R. Chakravarty et R. D. Roy, « A Survey of Bengali writings on Science and Technology », *Indian Journal of History of Science*, 24(1) p. 8-66, 1989. En 1875, la Calcutta School Book Society publie un catalogue de titres bengalis. Sur ces 1 544 titres, 333 concernent la science et la technologie.

18. J. C. Bose, « The History of a Failure that was Great », *in* DibakarSen et A. K. Chakrabarty (eds.), *J. C. Bose Speaks*, Calcutta, Puthipatra, 1986, p. 97-105.

> L'impulsion extérieure produit deux sortes d'effets sur des corps impressionnables, de sorte que la première impulsion imprimée par l'éducation occidentale ne se traduit pour certains que par la monotone imitation de l'Occident, tandis que chez d'autres elle réveille ce qu'il y a de plus grand dans la mémoire nationale.

J. C. Bose dit souvent que son intention ne se limite pas à introduire la science, mais qu'il veut faire revivre la science indienne, ce qui signifie réactiver la tradition expérimentale – et non la tradition spéculative. J. C. Bose est opposé à l'affirmation d'après laquelle la méthode scientifique serait occidentale, et donc étrangère à la culture nationale. Pour ce qui concerne les récepteurs radio, Patrick Geddes, son biographe, considère que ses travaux lui donnent la priorité sur Marconi qui les a brevetés. Entre 1900 et 1920, J. C. Bose met en place un groupe de recherche en physiologie. Dans la ligne de son article de 1900 sur la généralité des phénomènes moléculaires produits électriquement dans la matière vivante et non vivante, il publie quatre monographies (Orient Longmans) présentant le détail de 650 expériences de physiologie végétale. À partir de cette base, J. C. Bose organise un groupe de recherche actif dans son *Bose Research Institute* dès 1917. Il est en effet rejoint par N. N. Neogi, S. C. Das, Gurupudaswamy Das, Jyotiprakash Sircar, S. C. Guha et Lalit Mohan Mukherji. J. C. Bose publie alors une vingtaine d'articles sur les mouvements vitaux dans les plantes, ce qui lui vaut une réputation mondiale. Ses travaux sur les micro-ondes (1895) et sur la physiologie végétale (1900) lui valent une reconnaissance mondiale. Et en 1920, il est élu membre de la Royal Society.

En 1920, une école de chimie voit le jour sous la direction de Prafulla Chandra Ray qui découvre le nitrate de mercure en 1896. Ses articles originaux touchent toutes les branches de la chimie. En 1920 il a publié environ 107 articles en collaboration et il est élu vice-président de la Société de chimie de l'Université d'Edinburgh dès 1888. Sous la direction de P. C. Ray, l'École indienne de chimie (Indian School of Chemistry) encourage et forme une génération d'étudiants qui contribuent décisivement au développement des départements de chimie des universités et produisent au moins quatre générations de chimistes. En outre, ce sont les étudiants de P. C. Ray qui sont à l'origine de l'Indian Chemical Society (1924).

Au même moment apparaît à Calcutta l'Indian School of Physics, fondée par C. V. Raman, J. C. Bose et M. N. Saha pour travailler dans les domaines du son et de la vibration, de la théorie des instruments musicaux, de la viscosité, des colloïdes, de l'optique ondulatoire et de la dispersion moléculaire de la lumière. C. V. Raman entre à l'IACS en 1907. Jusqu'en 1920 il publie environ trente-cinq articles sur ces sujets au niveau fondamental, ce qui lui vaut en 1930, l'attribution du Prix Nobel de physique et le titre de « *fellow* » de la Royal Society.

D'autres groupes se forment, notamment dans le domaine des mathématiques dès 1900. D'abord dans le droit fil de la tradition indienne, la Calcutta Mathematical Society, est créée en 1908. Elle est présidée par Ashutosh Mukherjee, connu comme avocat et vice-chancelier de l'Université de Calcutta, il publie seize articles originaux sur les équations différentielles. Grâce aux efforts de V. RamaswarniIyer, l'Analytical Club de Fergusson College (Pune) devient en 1911 l'Indian Mathematical Society.

Ganesh Prasad à la tête d'un groupe de travail mathématique à Banaras Hindu University, fonde la Banaras Mathematical Society en 1918. Il faut aussi souligner la contribution à la théorie des nombres de S. Ramanujan cité aujourd'hui comme « un génie » par les plus grands mathématiciens alors qu'il n'a jamais fréquenté l'université. Invité par Thomas Hardy à Cambridge il obtient en 1918 aussi le titre *fellow* de la Royal Society. Il est important aussi de souligner la création du groupe d'exploration spectro-télescopique de Saint-Xavier's College, par le Père Lafont, ainsi que d'autres sociétés, comme la Bihar et l'Orissa Research Societies (1915), et l'Institution of Engineers créée en 1920.

Ces groupes de recherche indiens sont donc les premiers à avoir fondé des écoles de physique et de chimie, des « groupes spécialisés » et des organismes professionnels dans les domaines de la physiologie végétale, de la chimie, de la physique et des mathématiques. Tous sont constitués de scientifiques de différentes régions et sont à l'origine de l'Indian Science Congress fondé en 1914 afin de mettre en place une plateforme commune pour les scientifiques de tout le pays. Ainsi la résistance des intellectuels indiens au régime colonial est aussi passée par la création, à côté des institutions coloniales, d'institutions scientifiques locales qui ont joué un rôle majeur dans la formation d'une communauté scientifique nationale dès le début du XXe siècle.

2 La science postcoloniale : les trois phases de la croissance des sciences et des techniques, années 1940-1990

La lutte contre le colonialisme et la science coloniale débouchent sur différents cadres et visions conceptuelles, comme le rôle de la science et de la technologie dans la construction nationale, l'autonomie scientifique et technologique et, par dessus tout, l'importance de la science moderne et des institutions technologiques dans le développement du pays. À l'indépendance, Jawaharlal Nehru – premier Premier ministre de l'Inde après 1947 –, s'appuie sur ces structures et visions pour organiser la science et la technologie considérée alors comme levier du développement. En effet, Nehru joue un rôle déterminant dans le développement de la science et de la technologie modernes en Inde, spécialement en en faisant le principal instrument de développement du pays après l'indépendance. Son modèle de développement, dans lequel la science et la technologie ainsi que l'enseignement supérieur jouent un rôle central, imprime sur tout le pays une marque durable, et toujours sensible.

Les vues de Nehru, associées au cadre de la politique scientifique élaborée dans la période précédant l'indépendance, nimbent d'un optimisme sans limite l'essor scientifique et le développement qui y est lié, comme en témoigne cette citation extraite d'une allocution devant l'Indian Science Congress en 1938 [19] :

> Seule la science pourra résoudre les problèmes de la faim et de la pauvreté, de l'insalubrité et de l'analphabétisme, de la superstition et de l'abrutissement de la coutume et de la tradition, du gaspillage des immenses ressources d'un pays riche mais dont la population meurt de faim.

19. Voir Krishna (1997 : 237).

Le manifeste du Parti du Congrès, publié lors de l'accession au pouvoir du premier gouvernement national, proclamé en 1945, souligne le rôle central de l'État concernant la science et le développement nationaux [20] :

> La science [...] a contribué toujours davantage à influencer et modeler la vie humaine... Le progrès industriel, agricole et culturel, tout comme la défense nationale, en dépendent. La recherche scientifique est donc une activité de base, essentielle, de l'État, qu'il convient d'organiser et d'encourager à la plus grande échelle possible.

À l'encontre de l'orientation religieuse de Gandhi qui privilégie un développement décentralisé, l'image moderne et libérale de Nehru, son soutien explicite à la science et à la technologie modernes pour orienter le développement du pays en font dès 1947 un « messie » de la science indienne. Nehru s'intéresse vivement à la planification socioéconomique et à l'organisation des institutions scientifiques et technologiques pendant toute sa vie. Si le « modèle » gandhien exerce encore une certaine influence pendant cette phase de l'histoire, il n'apparaît pas pour autant comme une alternative légitime à la voie nehruvienne vers le développement. L'étroite alliance de Nehru avec l'élite scientifique s'étend jusqu'à des personnalités telles que S. S. Bhatnagar, le Directeur du CSIR ; Homi Bhabha, à la tête de la recherche sur l'énergie atomique ; P. C. Mahalanobis, membre de la Commission du Plan, et D. S. Kothari (ministère de la Défense) [21]. Cette étroite « alliance entre science et politique », est inaugurée par Nehru qui, dans une large mesure (et même aujourd'hui), joue un rôle important dans la création et l'organisation des institutions scientifiques et techniques après l'indépendance. Nous en distinguerons trois phases. La première phase, celle d'une *politique pour les sciences et pour l'autonomie nationale*, est conceptualisée dès l'indépendance de l'Inde en 1947, et se prolonge jusqu'en 1973. La deuxième phase, *science et technologie encadrées par la loi au service du développement*, remonte au début de 1974 et se prolonge jusqu'à la fin des années 1990 [22]. La troisième enfin commence avec les nouvelles réformes économiques et l'ère de la libéralisation en 1991 ; elle se poursuit jusqu'à aujourd'hui.

2.1 1947-1973 : une politique pour les sciences et pour l'autonomie du pays

Alors que durant la période coloniale, notamment dans les années 1920 à 1940, le principal noyau de la science indienne est abrité par les institutions universitaires spécialisées telles que l'IACS, le Calcutta College of Science, le Bose Research Insti-

20. Voir Krishna (1997 : 237).

21. L'alliance étroite entre Nehru et un groupe uni de scientifiques de premier plan n'empêche pas qu'il existe aussi une élite scientifique en dehors de cette alliance. M. N. Saha, C. V. Raman et d'autres sont des exemples de scientifiques qui n'occupent pas de place éminente dans l'organisation de la science et de la technologie immédiatement après l'indépendance.

22. La politique des sciences, ainsi que la science et la technologie dans la politique sont deux perspectives différentes de la politique de la science. La première signifie la concentration de la politique publique sur la mise en place d'institutions actives dans les domaines de la S & T, sur celle des infrastructures de la S & T et d'un écosystème de la recherche, et sur le soutien éducatif et budgétaire à ces institutions. La seconde perspective renvoie au rôle décisif de la S & T dans les attentes publiques de développement, de croissance économique, etc. Aucune n'est exclusive, elles peuvent se chevaucher et faire en même temps l'objet de priorités politiques.

tute, celui-ci se déplace après l'indépendance vers les agences scientifiques dotées de missions spécifiques et contrôlées par l'État [23].

Tableau 1 – Croissance des principales institutions scientifiques et techniques indiennes en termes de financement et de main-d'œuvre

Agence scientifique	Dépenses R et D en millions d'INR (pour l'année indiquée)						
	1958-1959	1969-1970	1973-1974	1980-1981	1990-1991	2000-2001	2009-2010
DAE	77.5	207.2	244.5	762.3	2 755.4	10 050.5	38 580.2
CSIR	50.9	186.8	250.0	728.1	2 491.8	8 640.1	26 660.4
DRDO	15.0	145.4	342.9	797.0	6 810.0	33 590.3	84 750.3
ICAR	37.2	137.7	240.8	659.9	2 762.5	11 610.1	28 810.3
ICMR	5.1	15.6	17.0	84.2	445.4	1 490.0	5 830.5
DST	2.2	7.3	21.3	353.7	1 198.2	3 110.0	22 220.0
Space (DoS)	–	–	190.9	527.0	3 862.2	19 050.0	41 620.9
DBT	–	–	–	–	410.3	1 200.0	7 270.3
Technologie de l'information (DIT)	–	–	–	50.4	330.1	510.0	3 270.9
Ministère des Énergies nouvelles et renouvelables	–	–	–	40.0	160.1	120.2	260.5
Ministère de l'Environnement et des Forêts	–	–	–	30.7	1 620.1	2 720.8	4 150.5
Total par agence scientifique**	188.7	892.1 (1970-1971)	2 237.7 (1975-1976)	4 384.2	23 128.7	92 970.6	267 960.3

Source : Rahman et al., 1973 : 44, 116-117 ; Rahman et al., 1984 ; Département de la science et de la technologie – statistiques 1975-2002 et 2011-2012

Notes : DAE = Département de l'énergie atomique ; CSIR = Conseil de la recherche scientifique et industrielle ; DRDO = Defence Research and Development Organization (« Organisation pour la recherche et le développement dans le secteur de la Défense ») ; ICAR = India Council of Agriculture Research (« Conseil indien de la recherche en agriculture ») ; ICMR = Indian Council of Medical Research (« Conseil indien de la recherche médicale ») ; DoS = Département de l'Espace

(**) Les chiffres en note incluent les dépenses effectuées par d'autres approches scientifiques comme le Département du développement océanique, etc.

23. Cette évolution fait aussi suite aux recommandations du rapport A. V. Hill de 1945. Ce dernier alors secrétaire de la Royal Society (Londres), avait été invité par le gouvernement provisoire en 1944 à étudier et à présenter un rapport sur la façon dont l'organisation de la science et de la technologie devait progresser après l'indépendance.

La période 1947-1970, est celle de l'élaboration d'une *politique pour les sciences* (SPR) où les principales agences scientifiques connaissent une rapide expansion – le Council of Scientific and Industrial Research (CSIR) (« Conseil de la recherche scientifique et industrielle ») est à la tête d'un réseau de 38 laboratoires nationaux dans les secteurs de la physique, de la biologie, de la mécanique et de la chimie [24]. D'autres importantes agences plus spécialisées sont aussi créées pendant cette phase de l'histoire : Department of Atomic Energy (DAE) (« Département de l'énergie atomique »), Defence Research and Development Organization (DRDO) (« Organisation pour la recherche et le développement de la défense »), Indian Council of Agriculture Research (ICAR) (« Conseil indien de la recherche agronomique ») et Indian Council of Medical Research (ICMR) (« Conseil indien pour la recherche médicale ») (voir tableau 1). L'engagement politique et l'appui en faveur de la création et de l'organisation des institutions scientifiques et technologiques se traduisent au cours de cette phase par un saut quantitatif des budgets de recherche et de développement, comme le montre le tableau 1. Entre 1958 et 1969, les budgets de douzaines d'agences scientifiques ont plus que quadruplé, passant de 188 INR (roupie indienne) à 892 millions d'INR. Cette augmentation fut suivie d'une multiplication par 11 pour atteindre 2 237 millions d'INR en 1975.

Dans le secteur de l'enseignement supérieur, de très nombreuses universités, dont les cinq Instituts indiens de technologie (IIT), ont été fondées à cette époque ; leur nombre est ainsi passé de 30 universités à la fin des années 1940 à environ 95. Les inscriptions dans l'enseignement supérieur se sont multipliées entre les années 1940 et les années 1970.

Le modèle linéaire d'innovation d'après-guerre déclenche une politique pour les sciences, portée par l'optimisme scientiste sous le leadership de Nehru. Ainsi, pendant environ vingt ans après l'indépendance, l'expansion des infrastructures des S & T se poursuit au sein du CSIR, du DAE et d'organismes du secteur de la Défense. Comme certains analystes le remarquent à juste titre au début des années 1970, l'esprit de la politique menée dans une perspective scientifique est clairement reflété dans la Résolution de politique scientifique (SPR) adoptée par le Parlement en 1958 et qui, en fait, confirme l'expansion des sciences publiques en Inde [25] pendant, environ, les trois décennies suivantes. Les objectifs de la SPR sont les suivants :

- encourager, promouvoir et soutenir, par tous les moyens appropriés, le rayonnement de la science, et de la recherche scientifique sous tous ses aspects – science pure, science appliquée et science enseignée ;
- faire en sorte qu'il y ait en Inde assez de chercheurs du meilleur niveau, et reconnaître leur travail comme une importante composante de la puissance nationale ;
- encourager, et lancer, aussi rapidement que possible, des programmes de formation de personnels scientifiques et techniques, à une échelle qui permette de satisfaire les besoins nationaux dans les domaines de la science et de l'éducation, de l'agriculture et de l'industrie ainsi que de la défense ;

24. Créés en 1942, ils se développent rapidement pendant cette phase sous la direction de S. S. Bhatnagar.
25. En réalité, l'Inde est l'un des rares pays au monde où une telle résolution concernant la science et le développement est adoptée par le Parlement dans les années 1950.

- faire en sorte que la créativité des hommes et des femmes soit encouragée et qu'elle se déploie pleinement dans leur activité scientifique ;
- encourager l'initiative individuelle concernant l'acquisition et la diffusion du savoir, ainsi que la découverte de nouvelles connaissances, dans une atmosphère de liberté académique, et
- en règle générale, faire en sorte que les citoyens indiens bénéficient de tous les avantages découlant de l'acquisition et de l'application du savoir scientifique.

Ainsi la SPR reflète clairement la perspective de la politique des sciences. Celle-ci est caractérisée par la vue implicite selon laquelle dès la mise en place des infrastructures nécessaires au développement de S & T modernes ainsi que de conditions propres à la R & D, le personnel formé et l'institutionnalisation de la science achevée, le système des S & T contribuera à résorber les problèmes de développement de l'Inde et à circonscrire la pauvreté. La vision contenue dans la SPR n'ignore pas qu'un pays de la taille de l'Inde, aspirant à l'industrialisation, devra payer le prix fort pour importer des sciences et des technologies sous forme d'usines et de machines, de personnels spécialisés et de consultants techniques. En conséquence, la SPR plaide en faveur de la construction d'infrastructures dans le secteur des S & T, ce qui devrait réduire la pression sur les flux de capitaux extérieurs pendant les stades précoce et critique de l'industrialisation. Une autre importante perspective politique est celle de l'autosuffisance et de la substitution des importations. L'objectif d'autosuffisance et l'importance conférée aux processus de fabrication et de production autochtones relèvent de la vision gandhienne du développement et, dans une large mesure, de la lutte anticoloniale (1880 et 1940). L'insistance politique sur l'autosuffisance est très fortement marquée dans les troisième, quatrième et cinquième Plans nationaux, entre 1961 et 1966, et entre 1967 et 1974 notamment.

Après 1947 et pendant deux décennies et demie, principalement sous l'administration Nehru, l'Inde multiplie ses dépenses de R & D par plus de 25, et le nombre de ses ressources humaines dans le domaine de la R & D est environ multiplié par 6 (Tableau 2). Les politiques scientifiques ont alors pour objectif de mettre en place les infrastructures de base dans les domaines des S & T ainsi que dans l'enseignement supérieur. Un potentiel d'innovation est créé dans certains secteurs essentiels comme la recherche agronomique, pharmaceutique et chimique. Par exemple, le laboratoire du CSIR conçoit et développe un tracteur local, commercialisé au début des années 1970, alors qu'à cette époque la totalité de la demande de tracteurs est encore couverte soit par des importations soit par la production locale de sociétés étrangères (Aurora et Morehouse, 1972). Les fondements des Révolutions verte et blanche sont posés à cette époque. La technologie permettant la conversion du lait de bufflesse en aliment pour jeunes enfants, au cœur de la Révolution blanche, est développée par le laboratoire d'expérimentation alimentaire du CSIR dans les années 1950, puis celui-ci est transféré en vue de sa commercialisation à l'Anand Milk Union Limited (AMUL) (Gujarat). Dès les années 1970 le lait en poudre pour nourrissons AMUL remplace le lait en poudre importé Glaxo et couvre 75 % de ce marché. Au cours des années 1950 et 1960, la quasi-totalité de la gamme de capacités technologiques requises pour résorber les transferts internationaux de technologie servant à l'exploitation du charbon et d'autres minéraux, à la production d'électricité et à la création d'usines dans les

secteurs de l'acier et de la chimie sont développées par des entreprises indiennes, soit publiques soit privées (Parthasarathi, 1999).

Tableau 2 – Ressources humaines scientifiques dans des agences scientifiques sélectionnées

Agence scientifique	Ressources humaines scientifiques et techniques dans des agences scientifiques sélectionnées					
	1 958-1959	1969-1970	1973-1974	1983-1984*	1991-1992	2011-2012
DAE	1 067	7 441	7 910	16 402		
CSIR	3 512	9 515	8 979	20 306		
DRDO	1 500	7 003	9 691	21 364		
ICAR	1 500	8 400	5 023	10 626		
ICMR	1 001	1 585	1 021	2 156		

Source : Rahman et al., 1973 : 44, 116-117 ; A.Rahman et al., 1984 ; Department of Science and Technology, 1975 : 5

Notes : DAE = Department of Atomic Energy ; CSIR = Council of Scientific and Industrial Research ; DRDO = Defence Research and Development Organization ; ICAR = Indian Council of Agriculture Research ; ICMR = Indian Council of Medical Research ; DoS = Department of Space

(*) Comprend le personnel engagé dans des activités scientifiques et techniques ainsi que d'autres activités administratives de soutien

Les efforts indiens de rattrapage en matière de modernisation et d'industrialisation grâce aux efforts scientifiques et technologiques endogènes, à leur apogée aux alentours de 1970, se heurtent alors à un obstacle important : la guerre indo-pakistanaise (1947-1948 ; 1965 ; 1971) et ses conséquences – dont l'afflux en Inde de millions de réfugiés, la libération du Pakistan oriental, puis la naissance du Bangladesh. Ces conséquences constituent un énorme fardeau financier et matériel qui impacte indirectement le secteur des S & T, mais produit une retombée imprévue : la victoire d'Indira Gandhi aux élections de 1971, accompagnée d'un renouvellement de l'engagement du gouvernement du Congrès à renforcer la base nationale des capacités technologiques, en introduisant dans ce secteur un processus de planification.

2.2 1974 à 1990 : de la politique pour les sciences à des politiques de science. Réponses populaires

Bien que Nehru ait pris l'avis d'une grande partie de l'intelligentsia scientifique, ses alliances privilégiées avec des scientifiques d'élite comme Homi Bhaba, S. S. Bhatnagar, Mahalanobis, J. C. Ghosh entre autres n'en ont pas moins orienté la croissance des S & T dans un certain nombre de directions « spécifiques ». Le CSIR ne disposait pas en 1947 de laboratoires significatifs, mais dans les années 1950 S. S. Bhatnagar met en place un réseau de quinze laboratoires de notable dimension dans des domaines fondamentaux jugés prioritaires, et par ailleurs mal couverts. C. V. Raman appelle

ce phénomène « Effet Nehru-Bhatnagar [26] ». Il faut ajouter à ce réseau les Agences spatiale, de Défense, et l'Agence à l'énergie atomique dirigée par Homi Bhabha [27]. La politique pour les sciences se double ainsi d'une politique de science, gouvernée par un cénacle d'élite.

Contrastant avec ce mode informel de gouvernance, pratiqué dans les années 1950 et 1960, les années 1970 sont celles de l'introduction d'un processus de planification des S & T ainsi que du lancement de politiques visant l'autosuffisance en des domaines appliqués précis. Un processus de planification des S & T est initié avec la création de la National Commission on Science and Technology (NCST) (« Commission nationale des sciences et des technologies ») (1972) et lors du lancement du premier « Plan scientifique et technologique indien » (1974-1979), lequel fait explicitement et pour la première fois mention de la nécessité de développer des capacités technologiques nationales dans des secteurs appliqués.

Une fois les infrastructures mises à niveau, les attentes politiques et économiques vis à vis des S & T se sont en effet déplacées en même temps que certains effets devenaient plus visibles. Les meilleurs exemples de l'impact de la politique précédente sur le développement se manifestent dans les secteurs comme ceux de l'énergie atomique et de l'espace. Au début des années 1960 et 1970, l'Inde est devenue capable de concevoir et de construire des centrales nucléaires, des satellites et de lancer des missiles grâce aux technologies nucléaires et spatiales importées de pays développés. L'Inde se place alors parmi les six ou sept leaders mondiaux dans ces domaines [28] (Sankar, 2007 ; Bagla et Menon, 2008). C'est désormais dans des secteurs civils que la R & D va bénéficier de priorités planifiées. C'est ainsi que, initiée dans les années 1970, la R & D va bénéficier aux secteurs *biomédical et pharmaceutique* puis dès les années 1980 à celui de *l'automobile*. Nous explorerons brièvement ces cas plus loin.

Par ailleurs dans les domaines *de l'agriculture et de l'élevage*, en dépit de nombreuses critiques, les Révolutions « verte » et « blanche » indiennes remplissent relativement la promesse de l'autosuffisance alimentaire. Cette réussite – relative – peut être attribuée à la performance des techniciens et ingénieurs agronomes qui multiplient par trois la production agricole de denrées de base comme le blé, dont la production passe de 11 millions de tonnes en 1960, à 22 millions de tonnes en 1970, puis 39 millions de tonnes en 1980 ; même si le riz progresse moins vite, celui-ci passe de 38 millions de tonnes en 1960 à 52 millions de tonnes en 1980. Une réussite comparable de la Révolution blanche fait de l'Inde le premier producteur mondial de lait entre 1970 et 1990.

En effet, l'optimisme de Nehru et son appui aux S & T a permis en trois décennies un essor des infrastructures pour les sciences, les technologies et l'enseignement qui a

26. C'est ce qui est caractérisé comme alliance entre la science et la politique. Il s'agit d'une alliance informelle entre Nehru et un petit groupe de scientifiques d'élite. Ce pourrait être la raison pour laquelle le concept de planification, surdimensionné et suivi, n'est pas étendu à l'organisation de la science et de la technologie sous l'ère Nehru.

27. Bhabha parvient aussi à décider Nehru à installer à Bombay le siège du Département de l'énergie atomique, là où il le souhaite.

28. Par exemple, l'Inde lance en terre indienne environ une douzaine de satellites pour le compte de la Corée du Sud, de la France, de l'Allemagne, des USA et d'autres pays au moyen du lanceur autochtone de satellites sur orbite polaire (PSLV) en 2013.

conduit à la construction de capacités technologiques exceptionnelles de l'Inde dans des secteurs de recherche allant du nucléaire à l'agriculture.

Cependant même si l'Inde devient dans les années 1970, autosuffisante dans sa production alimentaire, la Révolution verte transforme aussi beaucoup de petits agriculteurs en marginaux et en travailleurs agricoles sans terre. Ainsi, le modèle « vertical » nehruvien n'est parvenu ni à éradiquer la pauvreté ni à déclencher un processus vers la construction d'une société égalitaire. De plus, la guerre avec le Pakistan en 1971 puis la crise du pétrole en 1973 accentuent la détérioration de la situation économique du plus grand nombre des indiens. Une des réactions les plus importantes est l'émergence de mouvements écologistes qui critiquent les discours optimistes de la science et de la technologie au sujet du développement et qui commencent à prendre une ampleur importante dès la fin des années 1970. Cette vague de désenchantement culmine avec l'apparition de mouvements critiques dans les sciences sociales.

2.2.1 De l'optimisme de l'establishment scientifique à la contre-hégémonie

La foi dans l'expansion des S & T comme moteur du développement, liée à l'héritage de Nehru, n'a jamais été sérieusement remise en question avant le début de la crise pétrolière des années 1970. Et les critiques formulées par une partie de la gauche et d'autres groupes antagonistes au sein de la société civile à l'encontre des politiques des S & T et de l'hégémonie des sciences et des technologies modernes ne prennent de l'importance qu'à la fin des années 1970 et se poursuivent dans les années 1980. Ces critiques coïncident sans aucun doute avec la défaite de Jawaharlal Nehru et d'Indira Gandhi et le déplacement du Parti du Congrès de son positionnement à gauche vers le Centre dans les années 1970. Il s'ensuit l'accès pour la première fois du Parti Janata au pouvoir avec un discours très critique sur le processus de développement suivi par les gouvernements précédents. Gandhi et le gandhisme, au-delà des années 1940, font vibrer une corde sensible de l'intelligentsia politique du Parti Janata dans les années 1970 et 1980.

Premièrement le discours développementaliste du Parti Janata s'appuie sur la décentralisation pour encourager le développement de type « villageois », à petite échelle et rural. En pleine crise pétrolière, cette vision peut aussi s'allier au souci de l'environnement des groupes écologistes émergents, ainsi qu'à l'apparition de groupes proposant des technologies alternatives. Inspirées par la perspective gandhienne et son approche philosophique, ces orientations sont certainement le signe de l'émergence d'un groupe de pression nouveau, opposé aux sciences et technologies modernes.

Deuxièmement, les trois premières décennies de fonctionnement des appareils scientifique et technique sont critiquées au-delà de ce groupe de pression de tendance écologiste. Différents publics interrogent les théories du « ruissellement » et les hypothèses sous-jacentes aux politiques des sciences et de l'industrialisation de l'indépendance aux années 1980 (« ruissellement » naturel des résultats de recherche vers leurs usagers potentiels).

En troisième lieu, les systèmes technologiques ont connu au cours des trois dernières décennies une croissance et une complexification considérables. Dans l'effort déployé afin de rattraper l'Occident industrialisé, les pays du tiers-monde, tels que l'Inde, se

sont fiés à de massifs transferts de technologie, mais ont largement échoué à se les réapproprier. Notamment la gestion sociale du risque technologique n'a pas été prise en compte. En 1984, la « tragédie du gaz de Bhopal », consécutive à une fuite de gaz toxique à l'usine Union Carbide [29] à Bhopal (4 000 morts), est à ce titre exemplaire ! En effet, de façon répétée, ces choix politiques et économiques ont eu des conséquences dramatiques pour la population, suscitant une méfiance accrue vis-à-vis des promesses des S & T modernes.

Des questions concernant les alternatives, tant à l'intérieur qu'en dehors du cadre des sciences et des technologies modernes, ont attiré l'attention de nombreux publics, y compris l'intelligentsia. Plus largement, deux courants de la conscience critique et de l'intérêt public apparaissent dans les années 1980, en réponse à la crise montante des sciences et des technologies modernes, en vue de répondre aux besoins et aux demandes des groupes le plus défavorisés de la société indienne.

Un premier courant critique proteste contre le détournement de la S & T au profit de l'élite sociale et au détriment de la majorité de la population indienne défavorisée [30]. Il s'agit de groupes d'activistes scientifiques inspirés par les écrits de J. D. Bernal et le marxisme, qui ont constitué le mouvement connu désormais sous le nom de *People's Science Movement* (PSM) (« Mouvement du peuple pour la science »). La principale association du PSM, apparaît au cours des années 1960 sous le nom de la Kerala Shastra Sahitya Parishad (KSSP) (Kerala Association for the Popularisation of Science and Science Literature). Elle regroupe plus de 50 000 activistes scientifiques comme membres permanents et défend la vulgarisation de la science et de la littérature scientifique en regroupant écrivains scientifiques et littéraires. Dans l'État du Kerala ce mouvement scientifique populaire est très connu depuis la fin des années 1970 en raison de sa promotion de la vulgarisation scientifique en langue locale.

Entre 1978 et 1985, la KSSP participe à l'organisation de quatre importantes conventions scientifiques populaires, attirant des activistes scientifiques des quatre coins de l'Inde. Il en résulte chez les participants un sens d'appartenance à une opération militante plutôt éparpillée. À compter du début des années 1980, ces réunions constituent le People's Science Congress (« Congrès scientifique du peuple »), qui a lieu chaque année dans une région différente du pays. Ces réunions, qui rassemblent la plupart des groupes d'activistes scientifiques tels que le PSM, donnent à la base du PSM un statut national. Les activités du PSM sont coordonnées par un organisme du nom de All India People's Science Network (AIPSN) (« Réseau scientifique populaire de l'Inde »), constitué en 1990 [31].

29. Union Carbide est une multinationale américaine.

30. Les acteurs et groupes sociaux appartenant au mouvement qui s'inscrit dans cette perspective reconnaissent et soutiennent le « progressisme » et la « force de libération » de la science moderne, mais ont un point de vue critique sur la façon dont cette force est détournée par l'élite scientifique au profit d'une partie de l'élite sociale, aux frais de la majorité défavorisée.

31. Les quarante groupes constituant le PSM ne sont pas aussi importants que la KSSP. Entre soixante-dix et quatre-vingt-dix de ses membres sont actifs à plein temps. Au début des années 1980, la création du Delhi Science Forum à New Delhi sert de catalyseur à la constitution et à l'expansion des groupes PSM dans différentes parties du pays au milieu des années 1980. Les activistes scientifiques du Delhi Science Forum coordonnent les activités de l'All India People Science Network.

Pour le PSM, science populaire n'implique pas seulement simplification et vulgarisation de la science, bien que ces deux aspects soient considérés comme essentiels. Fondamentalement, le terme pointe la création d'une sensibilité critique et une volonté de questionnement concernant tous les aspects d'une science qui viserait le développement et l'industrialisation, et en particulier la nature de son appropriation [32]. Comme K. P. Kannan le remarque, « s'imprégner des méthodes de la science et les inculquer afin de comprendre non seulement la réalité physique mais aussi la réalité sociale, et tenter de se poser des questions pertinentes afin de trouver des solutions aux problèmes sociaux est ce qui confère à la science un rôle militant [33] ». L'idéologie de gauche de la KSSP est parfaitement illustrée par son principal slogan : « La science pour la révolution sociale. » Le PSM, qui reflète le discours nehruvien des années 1950, considère également la science moderne comme un outil d'émancipation sociale et économique, et aussi comme le véhicule servant à introduire dans la société l'objectif d'une transformation sociale. Dans la perspective de l'économie politique, les groupes PSM partagent la vue selon laquelle les forces hégémoniques – capitalistes et impérialistes – se sont concentrées dans les systèmes scientifiques et technologiques, dans un très petit nombre de mains. En conséquence, il convient de libérer ces forces des tentacules de la domination et de l'exploitation. L'ouvrage de Bernal, *Social Functions of Science* (*Les fonctions sociales de la science*) et celui qu'il a dirigé avec d'autres scientifiques de gauche des années 1940, *Social Relations of Science movement* (*Les relations sociales du mouvement scientifique*) ont exercé une influence considérable sur les principaux acteurs et les militants de base des groupes PSM comme la KSSP.

Un second courant critique s'est affranchi de la perspective nehruvienne sur les S & T, reflétant des constructions variables des vues gandhiennes de l'économie et du développement social. Appartiennent à ce courant des acteurs individuels et des groupes qui ont adopté des positions « anti-scientifiques » extrêmes – à ne pas confondre, cependant, avec l'astrologie, la science paranormale, la pseudoscience ou la perception extrasensorielle (ESP), couramment associées à des postures antiscientifiques. Les groupes militants de ce courant constituent en gros l'Alternative Science Movement (ASM) (« Mouvement alter-scientifique ») [34]. En Inde, la posture antiscience est une position scientifique critique.

La principale préoccupation des mouvements scientifiques indiens critiques concerne la force hégémonique et l'autorité de l'institution scientifique dans son ensemble. À la différence du People's Science Movement dirigé par la KSSP, l'ASM est né des efforts convergents de différents acteurs qui ont lancé la critique intellectuelle de la science moderne et occidentale, en parallèle avec l'émergence de groupes de base qui s'intéressent à l'écologie et de groupes qui promeuvent les systèmes indigènes de savoir

32. Réfléchie dans le discours du PSM, on rencontre la vue selon laquelle il y a un contenu scientifique dans toute question sociale, et vice-versa. L'autonomisation de la population grâce au mouvement scientifique est l'un des principaux objectifs des groupes PSM.

33. Voir K. P. Kannan, « Secularism and People's Science Movement in India », *Economic and Political Weekly*, 10 February 1990, p. 312.

34. Les groupes ASM, qui ont évolué dans le sens de la recherche et de l'établissement de relations avec la base, sont le Patriotic and People Oriented Science and Technology (PPST) (« Mouvement scientifique et technologique, patriotique et orienté vers le peuple ») (Madras), ainsi que des groupes écologistes comme le « Chipko » (Inde septentrionale) et la Narmada Bacho Anodolan (« Lutte pour sauver la région de Narmada ») (NBA) en Inde centrale.

et de pratiques. L'ASM développe ces différentes perspectives et les expériences « à la base ». Les groupes ASM partagent la vue selon laquelle l'hégémonie de la science moderne et occidentale et le processus rapide d'industrialisation façonné par elle sont la cause fondamentale de la crise généralisée de la modernité en Inde. Les groupes ASM considèrent le « progrès » de la science occidentale et des traditions technologiques modernes comme contraires « à l'éthos et aux aspirations culturelles de sociétés non occidentales comme l'Inde [35] ».

Adoptant une position extrême, un courant ininterrompu d'écrits est initié par Ashis Nandy et ses collaborateurs du Center for the Study of Developing Societies (CSDS – « Centre pour l'étude des sociétés en développement ») (Delhi), dès la fin des années 1970. Les tenants de ce courant rejettent explicitement la science moderne et occidentale, caractérisée comme essentiellement violente, tant en raison de sa méthode que de son exploitation dans des sociétés non occidentales. Les groupes ASM se différencient par leur orientation vis-à-vis de la recherche, ainsi que par leur réseau de connexions, leurs objets et leur mode d'activisme « de base » [36]. Le mouvement « *Chipko* », dirigé par Sunderlal Bahuguna et Chandi Prasad Bhatt, participe activement à la lutte contre l'abattage des arbres dans la région de l'Uttarkhand (contreforts de l'Himalaya) et contre les politiques du gouvernement concernant la gestion des ressources forestières. Le mouvement « *Narmada Bachao Andolan* » (NBA), dirigé par Medha Patkar et Baba Amte, s'oppose aux projets de méga-barrage de Narmada et de Sardar Sarovar afin de sauvegarder les intérêts des communautés tribales. Le mouvement pour une « Science et une technologie patriotiques et populaires » (PPST) est appuyé par une quarantaine d'universitaires et de militants. À la différence du groupe dirigé par Nandy au sein du CSDS (*Centre for the Study of Developing Societie*s, « Centre pour l'étude des sociétés en développement »), le PPST ne rejette pas la science et la technologie modernes et occidentales, mais définit l'essence de sa mission comme le développement d'une critique de la civilisation, en particulier de la civilisation induite par l'organisation scientifique et technologique moderne. Le PPST cherche à contrer les « prétentions de la science moderne à l'universalité – celle-ci serait universelle, objective, indépendante de toute valeur, définitive, unique et seule source légitime de savoir et de rayonnement ». Au fil des années, le PPST assure la promotion des systèmes autochtones de savoir et de production. Il organise le tout premier Congress of Traditional Science and Technology in India (CTSTI – « Congrès des sciences et technologies traditionnelles de l'Inde ») accueilli par l'Indian Institute of Technology (« Institut indien de technologie ») (Bombay, décembre 1993) [37]. Comme l'expliquent clairement les organisateurs de ce congrès, l'un de ses principaux objectifs consiste à faire ressortir la vue selon laquelle les « traditions indigènes dans le domaine du savoir,

35. Par exemple J. P. S. Uberoi élabore des alternatives à la science moderne occidentale. Claude Alvares (1980) prolonge la critique de la science occidentale dans une perspective anthropologique et historique dans son ouvrage *Homo Faber : Technology and Culture in India, China and the West 1500-1972*.

36. Le groupe d'Ashis Nandy n'a pu maintenir son programme antiscience au delà des années 1985. De nombreux activistes comme Vandana Shiva ont continué de s'opposer aux nouveaux programmes technologiques, comme ceux des OGM. D'autres restent fidèles à leurs positions critiques de la science.

37. Environ 300 articles sont présentés au Congrès, lequel accueille 800 participants. L'intitulé du Congrès indique la contre-stratégie qui utilise les termes « science » et « technologies » pour les systèmes autochtones de savoir et les pratiques de production.

des compétences et de la production véhiculent toujours une importante signification fonctionnelle dans le présent contexte[38] ».

Il y a à l'ordre du jour du PPST une tentative « programmatique » d'intégration à la science et à la technologie des systèmes autochtones de savoir. De diverses façons, la position du PPST est alignée sur les vues d'Uberoi mentionnées ci-dessus. Les écrits de M. K. Gandhi ont également contribué à inspirer cette production intellectuelle, bien que dans le discours des groupes ASM le gandhisme trouve des interprétations différentes. Tant les groupes PSM que les groupes ASM adoptent une position anti-impérialiste et anticapitaliste mais, conformément à ce qui a déjà été remarqué, ils ont des conceptions distinctes de la notion d'alternative. Essentiellement, les principales alternatives aux yeux de l'ASM concernent les systèmes autochtones de savoir et de production, et les diverses façons de maintenir les traditions locales et leurs visions du monde dans le cadre d'une société indienne culturellement stratifiée.

Ces critiques sont aujourd'hui face à une Inde qui depuis la dernière décennie du XXe siècle, est entrée dans un processus de mondialisation de son économie et de réappropriation de nouvelles technologies – celles de l'information et de la communication (TIC) et des télécommunications – qui apparaissent comme d'importants secteurs, tout comme les nanotechnologies, les technologies de la modification génétique (OGM) ainsi que la recherche sur les cellules souches. Un premier impact de la mondialisation, qui alimente la croissance économique, est celui de l'augmentation des revenus en particulier pour les classes moyennes indiennes. Dans une large mesure, l'essor de ces classes moyennes a affaibli le PSM et l'ASM au cours des années 1990. Même si les individus et les agences appartenant à ces mouvements ont rejoint la lutte contre les technologies OGM et se sont intégrés au mouvement environnementaliste qui milite désormais contre le changement climatique, les mouvements du PSM et de l'ASM, en tant que tels, peuvent être considérés comme affaiblis.

2.2.2 Réponse de l'État

Confronté aux critiques grandissantes des politiques officielles de la science et de la technologie, l'État entreprend de satisfaire certaines des demandes des groupes PSM et ASM, bien qu'il rejette la position et la vision extrême de la « science moderne comme intrinsèquement violente », mise en avant par Ashis Nandy et son groupe. Le gouvernement cherche à répondre au moyen de stratégies de S & T nouvelles. L'un des faits marquants de cette époque est l'introduction de « Missions technologiques » au milieu des années 1980, Rajiv Gandhi étant Premier ministre. Il s'agit de plans assujettis à des contraintes chronologiques visant à régler la question des besoins fondamentaux en redirigeant les contributions de la science et de la technologie vers les secteurs de la santé de base, de l'eau, des vaccins, des huiles végétales, mais aussi des télécommunications pour tous et de l'alphabétisation. L'orientation de la science et de la technologie à partir d'une mission qui lui est donnée, est considérée comme une nouvelle stratégie visant à satisfaire les besoins élémentaires de la population – ce

38. Certaines de ces citations concernant le PPST sont extraites de déclarations d'objectifs non publiées de militants du PPST. La brochure peut être obtenue auprès de la PPST Fondation, *P.B.No 2085*, Adyar, Madras, Inde. Nous citerons également Souviner, *Congress on Traditional Sciences and Technologies of India*, *PPST Congress, 28 novembre – 3 décembre 1993*, Bombay, Indian Institute of Technology, 1993, p. 102.

qui rejoint notamment les principes défendus par des groupes PSM et ASM en Inde. En réponse au mouvement populaire lancé par le KSSP contre la construction d'un barrage qui devait inonder les réserves forestières du district de Palakkad (Kerala), le gouvernement, au terme d'une longue lutte, renonce à ce projet [39]. De la même façon, en réponse aux protestations de Sunder Lal Bahuguna et de ses associés dans le cadre du *Chipko Movement* contre la déforestation, le gouvernement apporte sa réponse. Le mouvement aboutit à une victoire en interdisant en 1980 l'abattage des arbres des régions himalayennes pendant quinze ans jusqu'à ce que la couverture végétale soit entièrement restaurée.

Nous citerons deux autres réponses du gouvernement : la promotion de la vulgarisation scientifique et l'institutionnalisation d'un système de la médecine autochtone. La première de ces mesures répond à l'impératif pointé par la KSSP et d'autres PSM de s'attacher à développer l'*esprit scientifique*. La seconde institutionnalise un pluralisme scientifique et technologique en matière de soins de santé. Le Département des systèmes indiens de médecine et d'homéopathie (ISM & H) est créé en mars 1995, et renommé en novembre 2003 : Département de l'ayurveda, du yoga et de la naturopathie, de l'unani, du siddha et de l'homéopathie (AYUSH). Il agit pour soutenir les praxis correspondantes, veiller au bon niveau de la recherche et de la formation des maîtres, le contrôle de qualité et la standardisation des médicaments, améliorant ainsi l'accessibilité aux plantes médicinales, et stimulant la sensibilité à l'efficacité de ces systèmes, à l'échelon national et international.

2.2.3 Effort de promotion de la technologie et de l'innovation nationales – années 1990

Outre la réponse aux groupes PSM et ASM, sous une forme ou une autre, dans les années 1980 la politique gouvernementale de la science et de la technologie cherche à promouvoir l'innovation nationale. Parmi différents secteurs, deux en fournissent des exemples manifestes : ceux de la *pharmacie* et des *biotechnologies*. Pour ce qui concerne le secteur pharmaceutique, la Loi indienne sur les brevets de 1971, appliquée dès 1972, permet une protection de sept ans à compter de la date de dépôt d'une demande de brevet ou de cinq ans à compter de la date d'attribution de celui-ci. Aujourd'hui, cette industrie, dotée de larges capacités dans le domaine complexe de la production et de la technologie pharmaceutiques, est au premier rang des industries scientifiques indiennes. L'industrie indienne des médicaments est passée du chemin de l'ingénierie inversée, qui a permis de produire des médicaments génériques pendant les années 1980 et 1990, à celui de la découverte de nouveaux médicaments lors de l'entrée dans le nouveau millénaire [40]. En 2013, 75 % de la population de l'Asie du Sud-Est se procure en Inde ses principaux médicaments.

39. Le KSSP sensibilise l'opinion publique en faveur du sauvetage de la Silent Valley en publiant un *Techno-Economic and Socio-Political Assessment Report on the Silent Valley Hydroelectric Project* (*Rapport d'évaluation techno-économique et socio-politique sur le projet hydroélectrique de Silent Valley*). Le gouvernement constitue en 1982 un comité multidisciplinaire placé sous la direction du professeur M. G. K. Menon, « afin de décider si le Projet hydroélectrique est réalisable sans important dommage écologique ». Au début de 1983, le comité du Pr Menon soumet son rapport. Après une attentive étude de celui-ci, le Premier ministre indien décide d'abandonner le Projet : http ://en.wikipedia.org/wiki/Save_Silent_Valley.

40. En effet, le secteur pharmaceutique indien a atteint un stade auquel il a développé de considérables capacités technologiques ainsi qu'un potentiel d'innovation visant la découverte de médicaments. Toute

En 1960, le solde commercial est négatif (- 160 millions INR). Un brusque effet de bascule se traduit par le retour à un solde positif de la balance commerciale, passant de + 6 820 millions à + 51 290 millions INR en 2000. Une bonne partie de cette croissance peut être attribuée à la base d'innovation mise en place au cours de la précédente phase de développement. La Loi sur les brevets de 1971, qui permet à l'Inde de renforcer les bases publique et privée de la R & D, marque une importante étape du développement des capacités technologiques de l'ingénierie inversée et de la commercialisation des processus et des brevets. Pendant cette phase, le renforcement du système public de R & D dans le secteur pharmaceutique et ceux qui lui sont associés, et les progrès de l'éducation supérieure soutiennent l'effort d'ingénierie inversée et l'introduction de médicaments qui sortent de la période de protection par un brevet (cinq ou sept ans). Environ 250 départements universitaires proposent une formation supérieure en chimie et en recherche pharmaceutique au niveau doctoral. C'est au cours de cette période que des sociétés indiennes développent des capacités technologiques de production de médicaments, et que les laboratoires publics de R & D cèdent un grand nombre de processus à ces sociétés. C'est aussi en cette période que d'importantes connexions structurelles se développent entre recherche publique d'une part (National Chemical Laboratories – « Laboratoires chimiques nationaux », Central Drug Research Institute – « Institut central de recherche sur les médicaments » et Indian Institute of Chemical Technology – « Institut indien de technologie chimique ») et sociétés pharmaceutiques privées d'autre part (plus de deux douzaines, comme Reddy Labs, Lupin et Cadila : ces sociétés seront amenées à jouer un rôle de premier plan au cours de la période suivante de développement).

En 1976, parmi les vingt premières sociétés, qui contrôlent environ 57 % du marché national, il n'y a que quatre sociétés indiennes (Ramani, 2002). Le gouvernement se lance dans une double stratégie, afin de mettre en place des entreprises relevant du secteur public (Hindustan Antibiotics et Indian Drugs and Pharmaceuticals) produisant des médicaments essentiels. En même temps, il promeut les capacités nationales de R & D dans une demi-douzaine de laboratoires CSIR. Comme l'observe Lalitha (2002), cette loi entraîne la « renaissance » du secteur, car les sociétés pharmaceutiques privées créées dans les années 1970 et 1980 produisent désormais localement des médicaments auparavant importés. Dans l'espace d'une décennie, la part des sociétés nationales atteint 50 % du marché, et même 75 % en 2004 (voir Jayaraman, 2005). En 1995, treize sociétés indiennes parmi les vingt premières contrôlent 85 % du marché. Les 15 % restants sont pris en charge par sept MNC (*multinational companies* – « sociétés multinationales ») en 1995 (voir Ramani, 2002). Il est encore possible de citer deux importants instruments politiques qui protègent les sociétés et les consommateurs indiens : *Monopolies and Restrictive Trade Practices* (MRTP) (loi restreignant les pratiques commerciales monopolistiques) et *Foreign Exchange and Regulation Act* (FERA), visant à réduire la concentration du pouvoir économique au profit d'un petit nombre de sociétés et à réglementer les changes.

Le second secteur qui attire l'attention en tant qu'exemple de construction d'une base nationale d'innovation est celui de la biotechnologie. La biotechnologie voit le

molécule développée n'est pas canalisée jusqu'à la commercialisation. Celles dotées d'un potentiel élevé sont exploitées en collaboration avec des sociétés pharmaceutiques mondiales.

jour comme important secteur de l'économie indienne dans les années 1990. Le sixième Plan quinquennal de l'Inde (1980-1985) consacre un soutien massif à ce secteur, soulignant l'importance de la biotechnologie en tant que domaine des S & T susceptible de répondre aux besoins croissants des secteurs liés à l'agriculture et à la santé. Dès 1982, une agence intitulée National Biotechnology Board (NBTB) (« Conseil national de la biotechnologie ») est créée afin d'atteindre les objectifs du Plan. Le NBTB publie en 1983 un *Long Term Plan in Biotechnology in India* (« Plan biotechnologique à long terme pour l'Inde »), centré sur plusieurs projets prioritaires dont le développement institutionnel du secteur considéré. En 1986, le gouvernement crée un département (= ministère) à part entière de biotechnologie (DBT), doté d'un budget annuel de 400 millions INR. Multiplié par trois, celui-ci atteint 1 200 millions INR en 1997, puis par une nouvelle augmentation de 100 %, 2 500 millions INR en 2003-2004. Depuis le début des années 1980, la plus importante conséquence politique de la fondation du DBT est le développement d'une base de ressources humaines grâce au financement de l'enseignement supérieur et de la recherche avancée dans le secteur des biotechnologies. Le DBT soutient en 1984 la création du Master en biotechnologie dans cinq universités. Puis en 2001, ce soutien s'étend à trente masters et programmes doctoraux dans les meilleures universités indiennes. Au cours des vingt dernières années, le DBT et la Commission des subventions universitaires ont créé 300 postes de chercheurs et d'enseignants dans les universités tout en développant significativement les infrastructures de la R & D.

Le Biotechnology Consortium India Limited (BCIL) est créé en 1990 sous l'égide du DBT. Doté de fonds propres à hauteur de 5 000 millions INR, il collabore avec plus d'une demi-douzaine d'institutions de capital-risque (VC) et de sociétés financières indiennes. Le secteur des entreprises privées comprend d'importantes organisations telles que Ranbaxy Labs, Cadila Labs, Glaxo India, entre autres. Le BCIL s'occupe de transferts de technologie, de syndication de fonds, de diffusion d'informations et de formation de ressources humaines dans des secteurs industriels spécialisés, et de conseil concernant des projets. Si une partie des tâches du BCIL consiste en la commercialisation d'innovations par l'intermédiaire de capital-risque (VC), il n'en demeure pas moins qu'il est une organisation créée et soutenue par des institutions publiques pour tisser les liens entre les différents acteurs du secteur biotechnologique. Depuis les années 1980, ce secteur connaît une croissance régulière qu'il faut relier à l'appui apporté aux laboratoires existants et à la création de nouveaux par le DBT, le CSIR, l'ICMR, l'ICAR et d'autres agences publiques. Les grands laboratoires indiens du secteur des biotechnologies et les centres de recherche sont financés principalement par le gouvernement. Cependant au cours des vingt dernières années, le secteur privé s'est mis à investir des sommes relativement importantes dans la recherche pharmaceutique en matière de santé et de biotechnologie. Les universités et les laboratoires nationaux ont contribué à parts égales à l'effort de R & D, tant par le volume de recherche produit que par son impact sur les aspects plutôt socio-économiques et commerciaux des innovations. D'après une étude, l'Inde a obtenu 2 204 brevets de biotechnologie entre 1995 et 2002 [41].

41. Source : *TIFAC Intellectual Property Rights Bulletin*, 10 (6-7) : 1, 2004, New Delhi.

Hormis les brevets, des cas concrets de recherche sur les vaccins indiquent aussi un potentiel d'innovation. La biotechnologie indienne fait preuve d'une capacité technologique considérable concernant l'immobilisation des enzymes utilisées pour la conversion lors de la synthèse des pénicillines semi-synthétiques. Ces dernières années, un consortium conjoignant des laboratoires nationaux (appartenant au Centre pour la biologie cellulaire et moléculaire), d'autres universitaires, et des entreprises industrielles (Shanta Biotechnics, Bharat Biotech et le Serum Institute of India) a notamment attiré l'attention mondiale en développant trois vaccins contre l'hépatite B.

L'impact est rapide puisqu'entre 2000 et 2001, le prix des vaccins importés est tombé de 16 à 0,50 dollar(s) US par dose (voir Kumar *et al.*, 2004). C'est le cas pour un vaccin contre la lèpre (développé en 1997-1998) et de façon plus générale pour cinq vaccins développés sur place au cours des dix années passées.

Dans la région Asie-Pacifique, l'Inde est aujourd'hui devenue un acteur de premier plan dans ce secteur de pointe en pleine croissance. D'après la base de données du BCIL (2012), on estime à environ 200 le nombre de sociétés relevant en Inde du secteur biotechnologique [42]. Il semble que 49 % soient associés au secteur agricole, qu'il s'agisse de culture de tissus ou de pesticides. 25 % de ces sociétés sont actives dans des secteurs liés à la santé, et les 26 % restants dans des secteurs en lien avec l'environnement. Un grand nombre de ces sociétés sont concentrées principalement dans les grandes villes indiennes comme Delhi, Bangalore, Hyderabad, Poona, Mumbai, et Chennai et des centres dans d'autres États comme le Gujarat et l'Himachal Pradesh. En cherchant à consolider le système sectoriel de la biotechnologie, le DBT a su solidement parrainer des institutions intermédiaires, qui servent à tisser des liens entre différents acteurs du système. Deux composantes de ce système sectoriel sont essentielles : (a) le développement de ressources humaines hautement qualifiées qui caractérisent la communauté professionnelle biotechnologique ; et (b) au cours des quinze dernières années, le renforcement institutionnel de la base scientifique dans les zones frontières de la biologie moderne. Il s'agit d'un domaine dont l'activité requiert des capitaux considérables, mais aussi d'importants investissements de R & D sur de longues périodes pour parvenir à des résultats significatifs. Le DBT et d'autres agences scientifiques gouvernementales ont appuyé fermement les besoins du secteur de la biotechnologie et les demandes qui en provenaient au cours de la phase initiale, mais aussi *maintenu leur soutien* au long des vingt dernières années.

Ayant doté de capacités technologiques des domaines de pointe comme les secteurs spatial, nucléaire, pharmaceutique, biotechnologique, agricole (Révolution verte), le gouvernement s'est rendu compte au fil de leur développement qu'un cadre constitué de compartiments étanches (les secteurs), et une politique reposant sur les principes de l'autosuffisance et de la substitution d'importations devenaient de plus en plus difficiles à maintenir dans les années 1980 et au-delà.

Le Sixième Plan (1980-1985) souligne que « l'autosuffisance ne peut plus prendre la forme de la substitution sans discrimination des importations », et que « la promotion des exportations participe autant d'un effort d'autosuffisance que d'une efficace substitution des importations » (voir Gouvernement de l'Inde, 1980 : xxi et 10). De la

42. http ://www.bcil.nic.in/biotech_club.htm.

même manière, la Déclaration de politique technologique de 1983 assure que « l'importation de technologies et d'investissements étrangers sera possible, mais toujours sur une base sélective », et tente de clarifier cette déclaration. Cette directive politique prépare le terrain en vue d'une libéralisation de l'économie indienne, et contribue à attirer des investissements étrangers directs dans les secteurs de la R & D, des transferts de technologie et des investissements financiers. Or, cette position signifie également le remplacement d'une politique d'autosuffisance et de substitution des importations « orientée vers l'intérieur » par une libéralisation et une mondialisation « orientées vers l'extérieur ». En effet, l'introduction des politiques économiques libérales et de la déréglementation de l'industrie commence sous Rajiv Gandhi en 1985, avec la levée de nombreuses restrictions des *Monopolies Restrictive Trade Practices* (MRTP) et de la *Foreign Exchange Regulation Act* (FERA) (« Loi sur la réglementation des changes ») entraînant la radiation de très nombreux produits destinés aux PME de la liste des produits protégés. Au cours de cette phase, l'ère de la mondialisation commence ; elle culminera avec l'essor des nouvelles technologies de l'information et de la communication et des télécommunications ainsi qu'une plus grande intégration de l'économie indienne dans l'économie mondiale, dont elle suivra désormais les grandes tendances.

2.3 Les années 1990 et au-delà : les politiques économiques libérales et les S & T [43]

Lors de l'arrivée au pouvoir à nouveau du Congrès en 1991, avec un gouvernement dirigé par P. V. Narasimha Rao et le Dr Manmohan Singh aux Finances, l'orientation prise est celle des Nouvelles Réformes économiques à partir de juin 1991. Par contraste avec les déclarations concernant les politiques des S & T (comme les Plans de 1958, 1986 et 2003, ainsi que le Plan des S & T de 1974) qui couvrent une gamme de sujets et de secteurs économiques rapportés à un cadre englobant, on va observer au cours des vingt années suivantes un déplacement vers ce que l'on peut caractériser comme des politiques décentralisées de S & T [44]. Un autre changement remarquable de la politique indienne des S & T des années 1990 est la fin de la domination des physiciens datant des années 1950 à 1970. Des technocrates comme Sam Pitroda, des chimistes comme R. A. Mashalker, des biologistes comme P. Balram, P. M. Bhargava et S. K. Bhan ainsi que des bureaucrates ou des universitaires « stratégiques » comme K. K. Subramanyam, entre autres, influencent et modèlent les politiques publiques des S & T. La croissance économique moyenne, d'environ 6,9 % pour la période 2001-2006, est accompagnée par celle de secteurs industriels privés (télécommunications, logiciels, médias et divertissement, pharmacie, automobile, production technologique de pointe, entre autres). Les entreprises du secteur privé influencent comme jamais auparavant la prise de décision en matière d'initiatives scientifiques et techniques [45].

43. Certaines parties de ce chapitre sont tirées de Krishna (2008).

44. Ceci ne signifie pas qu'au cours de phases antérieures différents acteurs n'aient pas affirmé leur position sectorielle en matière de S & T. Mais c'était moins fréquent que depuis 1991. Les politiques par secteur sont désormais formellement discutées et des propositions sont formulées par différentes parties prenantes, en coordination avec le gouvernement.

45. Par exemple, les capitaines d'industrie comme Rahul Bajaj (secteur automobile « à trois roues »), Ratan Tata et Keshub Mahindra (secteur automobile) ; Narayan Murthy et l'association du secteur des Logiciels – NASSCOM (logiciels) ; les frères Ambani (produits de la pétrochimie et télécommunications) ; les frères Mittal (télécommunications) ; Baba Kalyani (chaudronnerie industrielle) ; des représentants de sociétés industrielles privées et de leurs associations comme les Chambres indiennes de commerce et d'industrie

Le gouvernement ménage d'autant plus ces entreprises qu'elles s'engagent dans des partenariats public-privé mis en œuvre dans différents programmes d'infrastructure et de développement R & D (y compris avec des stratégies économiques et de marché de long terme). Enfin, les représentants de la société civile et les mouvements « contre-hégémoniques » pèsent et influent sur les politiques de S & T formulées pour des secteurs particuliers. Autrement dit, même si le gouvernement formule ponctuellement des politiques de S & T globales et nationales, *il n'y a pas un seul « centre de gravité »*. De nombreux acteurs et agences en viennent à jouer un rôle déterminant dans des régions ou des secteurs particuliers, remodelant les politiques et gauchissant la politique globale.

2003 est une année marquante dans l'essor de l'innovation, comme en témoigne le discours politique sur les S & T. La Directive de 2003 sur les S & T fait explicitement référence au lien entre les sciences, les programmes de R & D et les activités socio-économiques d'une part, et d'autre part l'étroite interaction avec des institutions privées actives en science et technologie. La directive de 2003 souligne l'importance des effets marchands de la R & D. Cependant, l'articulation de la Directive de 2003 à la politique de la science, de la technologie et de l'innovation (STIP 2013), n'a été annoncée par le gouvernement qu'en janvier 2013. Bien qu'en retard de plus de dix années, l'Inde entre alors dans le « club » des économies avancées et d'un groupe sélectionné d'économies émergentes dotées de politiques nationales d'innovation. La nouvelle STIP (2013) fixe un objectif de 2 % du PIB à consacrer à la R & D d'ici la fin du XIIe Plan (2012-2017). Le document constitutif du XIIe Plan cherche à définir un changement de paradigme dans l'orientation des politiques de la science et de la technologie, en abandonnant progressivement les politiques centrées sur les intrants, pour privilégier l'autre extrémité du spectre : la demande et la diffusion. En outre, on peut observer, dès l'année 2012, un important changement du mode de financement de la recherche et de l'innovation. Le gouvernement a défini en effet de nouveaux objectifs politiques, en sollicitant la participation des entreprises du secteur commercial au financement de presque tous les secteurs de l'économie, y compris les secteurs social et les S & T, au moyen de partenariats public-privé (PPP).

Le Président indien a déclaré que la décennie 2010-2020 serait celle de l'innovation. D'une certaine manière, cette orientation a également clairement influencé la STIP de 2013 pour renforcer le système indien d'innovation. Bien que le rapport R & D / PIB stagne quelque peu, aux environs de 0,8 à 0,9 % au cours des quinze dernières années, en termes réels les dépenses brutes de l'Inde concernant la R & D sont multipliées par 18, passant de 39 740 à 726 200 millions de roupies entre 1991 et 2012. Le montant consacré à la R & D à l'échelle nationale au cours des cinq dernières années a augmenté de 60 % – et celle-ci consacre actuellement près de 1 % de son PIB à la R & D.

L'Inde connaît l'un des plus importants taux de croissance de son PIB (7,15 %) pour la période 1999-2013, juste derrière la Chine. En Inde, le revenu par tête croît de 64 % entre 2000 et 2010 – une augmentation sans précédent dans l'histoire récente. Une importante partie de cette création de richesse nationale bénéficie largement aux classes

(FICCI) et la Confédération des industries indiennes (CII), influencent les politiques de la science, de la technologie et de l'innovation et y participent comme jamais auparavant dans l'histoire contemporaine.

moyennes. Bien que l'Inde soit actuellement considérée comme l'une des économies mondiales émergentes, son système de science et de technologie (S & T) est comparable à ceux de nombreux pays développés. Tandis que les agences scientifiques de l'État sont apparues comme d'importants acteurs du système émergent d'innovation, la R & D de secteur privé a aussi joué un rôle important dans le développement du système d'innovation général. Il contribue pour environ 30 % à la dépense nationale de R & D.

2.4 Le système d'innovation et l'impact de la mondialisation : de 2000 à aujourd'hui

Le système national d'innovation (NSI) consiste principalement en (a) un système public de recherche ; (b) des entreprises des secteurs commercial et transnational (indiennes et étrangères) ; (c) des institutions d'enseignement supérieur (universités et collèges) ; et (d) des ONG et des organisations issues de la société civile.

(a) Le Système public de recherche (PRS) comprend des laboratoires nationaux dépendant du Gouvernement, et des universités qu'il finance aussi. C'est le principal acteur du NSI, car il représente 55,3 % de la DIRD. En Inde, la dominance du PRS contraste avec les économies est-asiatiques comme la Corée et le Japon où 75 % de la DIRD provient de sources privées.

(b) Les entreprises des secteurs commercial et transnational (TNC) ont fait l'objet d'appels au co-financement dans le cadre de partenariats public-privé d'innovation. Elles concourent désormais à hauteur de 35,6 % à la DIRD (2011 et 2012). Ces dernières années, le secteur des entreprises commerciales a pris une importance considérable, caractérisé par la compétitivité mondiale des produits pharmaceutiques, du secteur automobile, des logiciels, des télécommunications et de la biotechnologie. Tandis que les crises économiques internationales répétées se répercutent sur les marchés et les industries des États-Unis et de l'Europe, l'Inde ne subit aucun effet comparable. Au beau milieu du déclin de l'économie mondiale, Tata lance la petite voiture la moins chère du monde, de fabrication locale : la « Nano ». Et tandis que Tata continue de commercialiser son précédent modèle de voiture, l'« Indica », Mahindra réussit le lancement de son SUV, lui aussi fabriqué localement. Le secteur des télécommunications est prospère depuis 2000. Il y a, en 2013, 950 millions d'utilisateurs de téléphone mobile en Inde.

(c) Les institutions d'enseignement supérieur (HEI) sont le troisième pilier du NSI. En juin 2013, il y a en Inde 620 universités et 30 000 collèges affiliés ; on compte 22 millions d'inscrits dans l'enseignement supérieur (HE). Le dynamisme observé dans le domaine du savoir et des secteurs de la technologie avancée est dû aux ressources humaines, aux compétences et à la vaste base institutionnelle déjà mise en place dans le secteur de l'enseignement supérieur au cours des cinquante dernières années. Soucieux de soutenir cette dynamique et de la prolonger, le gouvernement multiplie par trois le budget de l'enseignement supérieur (300 %) en 2009-2010. Cependant, dans les institutions indiennes

d'enseignement supérieur (HEI) la R & D reste fragile : il n'y a que 14 % de personnels affectés à la R & D, par comparaison avec les 55 % du total des personnels de R & D dans le système public de recherche (PRS) du pays. La structure des HEI est en réalité très diversifiée en fonction de la qualité des institutions. Une proportion de presque 70 à 75 % des HEI sont principalement des universités et collèges d'enseignement, qui doivent encore réaliser l'objectif humboldtien d'institutions pratiquant à la fois l'enseignement et la recherche. Les autres peuvent être considérées comme des HEI dont la recherche est l'occupation principale.

(d) Les institutions de recherche non gouvernementales, aidées à la fois par des sources publiques et privées, sont le quatrième acteur du NSI. Ce secteur joue un rôle important, car il représente la société civile. Au cours des dernières années, il en est venu à influencer les prises de décision politiques concernant l'environnement et l'écologie, les OGM, l'énergie, le développement rural, la question des femmes et celle du genre, les innovations de base et les recherches visant les « petites » technologies (y compris les entreprises domestiques [« *cottage industries* »] et les micro-entreprises).

Dans la perspective de la production du savoir, la production scientifique nationale mesurée dans la base de données SCOPUS a plus que quadruplé (de 20 504 publications en 1996 à 91 366 en 2012). Pendant la même période, la part de l'Inde dans la production mondiale augmente de 1,81 à 3,78 %. Cependant, dans la région Asie, la part de la production indienne reste stagnante et va jusqu'à baisser de 12,78 à 12,21 % pour la même période. Nombre de publications scientifiques proviennent des HEI et des Instituts publics de recherche (PRI). D'après la base de données SCOPUS, les institutions indiennes ont publié 41 126 articles dans tous les domaines de la science et de la technologie en 2012. Tandis que les Instituts sous tutelle gouvernementale comptent pour 44 %, les HEI concentrent 52 % du total des publications. Le secteur privé est un acteur de moindre importance, contribuant pour seulement 3 % au total des publications. Même si les HEI indiennes représentent tout juste 4-5 % des DIRD, elles comptent pour la moitié de la production scientifique nationale en termes d'articles publiés.

Un total de 9 622 brevets ont été attribués aux innovateurs ayant une adresse en Inde entre 1990 et 2011. Parmi les 9 622 brevets attribués à des innovateurs indiens jusqu'à 2011, environ 6 580 (à peu près 70 %) sont attribués à des sociétés étrangères par l'USPTO (Bureau américain des brevets et des marques de commerce) pour leurs travaux de R & D entrepris en Inde au cours de la période 1990-2011.

Selon les statistiques disponibles concernant les Ressources humaines en sciences et technologies (HRST), établies par le Département des sciences et des technologies (DST) pour l'année 2010, environ 441 126 personnes sont employées dans le secteur de la recherche & développement. Sur ce chiffre, 30 % ont un diplôme de premier cycle, 38 % un diplôme de deuxième cycle et 18 % sont titulaires d'un doctorat ; reste 14 % de non diplômés de l'université (ce qui ne veut pas dire sans aucun diplôme). D'après la ventilation détaillée mise à disposition par la Commission des subventions

universitaires pour 2011-2012, presqu'un tiers du total des étudiants (20,3 millions dans l'enseignement supérieur, soit 30 %) étudient la science et l'ingénierie [46].

Former des millions de jeunes est l'un des principaux défis que doit relever le NSI en 2013. L'Inde est considérée comme dotée d'un bon atout démographique : la moitié de sa population aura vraisemblablement moins de 35 ans en 2030. Compte tenu de ce facteur, le gouvernement a formulé en 2009 une *National Skills Policy* (« Politique nationale des compétences ») qui a débouché sur la mise en place du National Council on Skill Development (« Conseil national pour le développement des compétences ») en 2010. Le gouvernement s'est fixé pour cible de donner des compétences et une formation dans les différents secteurs de l'économie à 500 millions de personnes en 2022.

L'impact de la mondialisation, spécialement depuis 2000, impose un certain nombre de défis et en même temps expose le NSI indien à la concurrence, mondiale autant que nationale. L'impact de la mondialisation a pénétré au cœur de l'institution sociale de la science et de la technologie. Il s'étend à la façon dont le savoir est produit, possédé, développé et commercialisé. La R & D et l'innovation sont devenues non seulement des mots à la mode dans notre monde quotidien, mais aussi un facteur important dans les politiques de la science et dans la vie courante. Qu'il s'agisse d'exploiter les nouvelles technologies scientifiques (comme les nanotechnologies, les technologies biomédicales, l'électronique et les sciences des matériaux), de relever les défis posés aux PME, ou de faire face aux souffrances de la partie la moins favorisée et la plus vulnérable de la population ; de parer au changement climatique, de prévoir un développement durable, ou même de développer les industries du divertissement et des loisirs, la R & D et l'innovation ont fini par prendre une réelle importance.

Une grande partie de la réussite et de la visibilité internationales de l'Inde au cours des quinze dernières années provient des secteurs de l'espace, de la pharmacie, des télécommunications et de l'automobile. Nous examinerons brièvement deux autres cas dans l'espace restreint dont nous disposons : celui des logiciels et services TIC ; et celui des investissements directs étrangers (FDI) dans la R & D et dans l'innovation par l'intermédiaire de sociétés transnationales.

Le secteur des logiciels et des services informatiques

Parti de presque rien dans les années 1980, ce secteur est devenu trente ans plus tard l'un des plus dynamiques du pays. Tout repose sur d'excellentes formations mises en place avant même 1970 notamment dans les instituts indiens de technologie. Leurs meilleurs étudiants sont d'ailleurs vite repérés par les États-Unis, qui leur offrent des bourses généreuses pour venir chez eux effectuer un PhD et où ils trouvent aisément des emplois de qualité. Par contre, au début des années 1990, les observateurs jugent le secteur indien des logiciels comme doté de ressources humaines très compétentes, mais surqualifiées pour les tâches à faible valeur ajoutée où on les occupe (Heeks, 1996 ; Schware, 1992). Ce panorama change vivement au cours des dix dernières années (2002-2013). L'Inde se transforme en une plateforme logicielle internationale,

46. 45 % sont inscrits en Arts et Sciences sociales, et 23,5 % dans les facultés d'études commerciales, de gestion et de droit.

intégrée à des réseaux mondiaux de production et de service qui ont dans le pays des points nodaux, ou des antennes. La montée en gamme tient d'abord à *d'importantes commandes publiques* (qui se poursuivent), par exemple celle de progiciels pour informatiser de vastes administrations complexes. Mais le boom intervient avec l'assouplissement des *Monopolies Restrictive Trade Practices* (MRTP), permettant une coopération intensive avec les firmes multinationales. Celles-ci s'engagent justement dans une décentralisation (centres d'affaires régionaux) et dans la recherche de plus de flexibilité (faisant supporter les à-coups du marché à des sous-traitants de tâches et fonctions de plus en plus élaborées). Le mouvement s'étend de la délocalisation de la production (celle des pièces en tous cas), à la délocalisation de fonctions de « *front office* » (en rapport direct avec le client : *call centers*, télémaintenance informatique), puis de « *back office* » (gestion des ressources humaines, affaires juridiques, comptabilité, finances, et finalement R & D). Au fur et à mesure les grandes firmes se recentrent sur leur « cœur de métier » : *la conception et l'assemblage* de produits ou de services conformes à leur « marque », tout *en se délestant de toutes les « fonctions de soutien »*. L'Inde est repérée pour sa gamme et son vivier de compétences (techniques et de conception) et devient vite l'un des principaux récepteurs de ce mouvement. Ainsi naît toute une « industrie des BPO » (= de transfert de tâches et de fonctions par des firmes étrangères), dont partie est liée à l'emploi intensif des télécommunications et de l'informatique (on parle alors de *IT-BPO*).

D'abord captives d'un seul donneur d'ordres, les succursales, filiales, plus tard joint-ventures prennent de plus en plus d'autonomie, proposant des services adaptés et des logiciels sur mesure à un éventail de clients. Elles deviendront des sociétés indépendantes, offrant régionalement puis internationalement des « solutions » complexes, qui peuvent combiner aspects légaux, informatiques, financiers à la demande des plus grandes sociétés du globe [47]. En 2014, sur les 500 plus grandes entreprises classées comme telles par la revue *Fortune*, 400 s'adressaient en Inde pour des services informatiques significatifs (au sens large) : création de logiciels adaptés, conseil technologique et accompagnement du transfert d'affaires (= délocalisation de fonctions diverses).

Dans son ensemble, le secteur des « activités informatiques » a connu en trente ans en Inde une croissance impressionnante. Les recettes sont passées de moins de 100 millions de dollars US en 1985 à 8 milliards de dollars US en 2000. Elles atteignaient le chiffre de 100 milliards de dollars en 2013, soit 7,5 % du PIB indien. Sur ce montant, 32 % proviennent du marché intérieur et 68 % des exportations de logiciels et de services liés au transfert d'affaires. 2,8 millions de personnels spécialisés sont directement employés par le secteur et 8,5 millions de personnes sont employées indirectement en

47. Un bel exemple en est offert par le parcours de Raman Roy. Formé à la prestigieuse École de commerce de l'Université de Delhi celui-ci est recruté vers la fin des années 1980 par American Express (qui pour fusionner ses opérations de *back office* concernant l'ensemble Japon-Asie-Pacifique est l'un des premiers à choisir l'Inde comme site d'installation). Raman Roy devient en quelques années le sous-directeur du Centre financier région Est (« Financial Resource Centre East », ou FRC-E). Dix ans plus tard il est débauché avec une partie de son état-major par General Electric pour monter une opération semblable. Le succès conduit General Electric à faire de ce site (dénommé GECIS) un centre de profit à part entière, puis à lui attribuer le statut d'entreprise légalement indépendante en 2004 et à ouvrir son capital (sous le nouveau nom de firme de Genpact). Raman Roy reprend alors sa liberté pour fonder sa propre société de services (Spectramind), qui par fusion et acquisitions deviendra l'une des plus puissantes entreprises de conseil et de services informatiques du monde (d'abord sous le nom de Wipro, puis de Quattro BPO).

raison de l'existence de cette industrie [48]. Le taux moyen de croissance a été de 15 à 18 % au cours des dix dernières années. Bien que des concurrents apparaissent dans la région (aux Philippines par exemple), on prévoit que la croissance indienne n'est pas près de s'essouffler, en raison de la sophistication des services offerts, de la réputation et de la puissance des sociétés qui s'y consacrent, et du niveau de formation des ressources humaines.

Une bonne part du dynamisme du système national indien d'innovation (NSI) est le résultat des investissements étrangers directs (FDI) dans la R & D. L'Inde accueille 649 unités de R & D appartenant à des multinationales. Nombre de sociétés mondiales de premier plan en font partie. On les trouve en particulier à Bangalore, Hyderabad, Delhi et ses banlieues, Pune, Chennai, Calcutta, et Thiruvanathapuram. C'est le cas de Microsoft. Intel Corporation entretient une unité de R & D à Bangalore (sa troisième à l'étranger, après Cambridge [Angleterre] et Pékin), qui travaille dans des domaines sensibles comme la reconnaissance vocale multilingue, la mise en réseau de capteurs, l'adaptation de systèmes d'informations géographiques génériques. Intel Corporation emploie 2 500 personnes, dont 800 dans son service de R & D. Texas Instruments emploie 800 spécialistes. General Electric emploie 30 000 personnes, dont 1 000 scientifiques qui travaillent dans une gamme de domaines impliquant les nanotechnologies et la photonique. Motorola compte 2 000 spécialistes, dont la plupart travaillent sur l'ingénierie des logiciels. La conception de puces à semi-conducteurs est un important secteur dans lequel les concepteurs indiens jouent un rôle certain, avec une force de travail spécialisée de 5 000 ingénieurs qui fournissent des services de conception uniquement pour les plateformes VLSI (*Very Large Scale Integration*).

On ne peut plus dire comme il y a vingt ans que ces établissements relèvent d'une industrie extractive : les créations de savoir brutes étant aussitôt communiquées à la maison-mère pour y être retravaillées et réemployées comme dans une boîte noire. D'après une étude conduite dans 98 unités de R & D affiliées à des firmes multinationales, il apparaît que 87 % d'entre elles ont un statut de « laboratoire international indépendant » et qu'elles travaillent directement pour la production mondiale (Krishna *et al.*, 2012). On ne peut plus s'en tenir à une distinction entre « R & D renforçant la base domestique » et « sites d'exploitation ayant leur siège dans le pays d'origine ». Le savoir est souvent intégré dans des réseaux mondiaux de production. La R & D financée dans les universités par les firmes multinationales et l'innovation entreprise en collaboration avec la R & D indienne ont transformé en dix ans les transferts de savoir jusque-là unidirectionnels en véritables échanges. En Inde, les laboratoires de R & D étrangers participent le plus souvent à une recherche conceptuelle, qui alimente l'innovation et aboutit à des produits mondiaux destinés aux marchés internationaux [49]. Ce n'est pas seulement le cas en informatique avancée, mais aussi dans d'autres domaines : ainsi des collaborations entre les sociétés indiennes (comme

48. http ://www.nasscom.org/indian-itbpo-industry.

49. IBM Inde a été cité comme un créateur majeur des « accélérateurs de solution » et a développé 120 accélérateurs de solution pour 17 solutions verticales qui aident à abréger le développement global des solutions technologiques et commerciales. Le second exemple est celui d'Intel Corporation (USA, Oregon), à la tête d'un Centre de développement à Bangalore, où travaillent 2 900 professionnels de la R & D. Le Centre de développement indien d'Intel travaille sur la logique, la conception des circuits et la conception physique du développement par Intel d'une « puce de recherche téraflops ». Adobe India Ltd. a développé de nombreux produits entièrement créés en Inde : Contribute 4.0, Captivate 2, Premier Elements 3.0, Page

Biocon, Dr. Reddy's Labs et Ranbaxy) et les TNC dans le secteur de la découverte de médicaments et de leur commercialisation elles aussi apparues au cours des dix dernières années.

Les sociétés étrangères qui obtiennent des brevets américains constituent l'un des bons indicateurs de la production de savoir et de la capacité d'innovation. Comme nous l'avons vu précédemment, elles représentent une part importante des brevets attribués en Inde. Il existe des brevets conjoints associant des sociétés étrangères et des institutions indiennes publiques comme le CSIR, le DBT et l'Institut national d'immunologie, aussi bien que des sociétés indiennes d'informatique, de pharmacie, comme Ranbaxy ou de logiciel.

Les établissements d'enseignement supérieur (HEI) en sont venus, pour les meilleurs d'entre eux (instituts et universités recrutant sur concours national [« *All India* »]) à jouer un rôle important dans le domaine de la R & D. Les publications d'établissements publics dans le domaine de la RD en informatique et télécommunications ont fait un bond en avant. On les trouve notamment dans de grandes villes, éparses, et c'est là que la plupart des unités étrangères de R & D se sont installées pour former avec eux des pôles d'innovation (KIC), comme le montre le tableau ci-après.

Au cours des dix dernières années, on a pu observer une nouvelle tendance à la mondialisation des sociétés indiennes. Environ vingt sociétés indiennes sont en phase de développement et d'intégration dans les réseaux mondiaux de production et d'innovation, à commencer par le groupe de Lakshmi Mittal qui a son siège social au Royaume-Uni et qui a acheté le géant européen de l'acier, Arcelor. Tandis que les sociétés engagées dans l'industrie lourde des secteurs de l'acier et de l'automobile (Mittal Steel, Tata Steel, Bharat Forge et Tata Motors par exemple) sont en situation de tirer profit des innovations technologiques et des nouveaux processus de production au moyen de fusions-acquisitions (M & A) (route choisie pour accroître l'activité à l'étranger), les sociétés orientées vers les services en relation avec les logiciels et l'IT sont susceptibles de fournir leurs services pointus de connaissance des logiciels et leurs capacités de conception dans de très nombreux secteurs, de la banque et de la finance à l'énergie et à l'aérospatiale.

Maker 7.0, Frame Maker, RoboHelp, PostScript, Acrobat Reader sur appareils portables, Acrobat Reader sur Linux, Photoshop Album Starter Edition et Premiere Elements.

Tableau 3 – « *Knowledege Innovation Centers* » (KIC) = Pôles indiens émergents d'innovation en informatique et télécommunication

Villes / États indiens	KIC & Relevant Business Enterprises	Centres & Labs de R&D liés à des firmes multi-nationales dans la principale ville	Laboratoires publics et privés de R&D indiens de l'État	Universités + Collèges dans l'État	Instituts assurant une formation en matière d'ingénierie médicale	Publications de R&D en Info-Télcom provenant de l'État (Univ & Instituts) et % du total de publications 1996-2006 (SCOPUS)	Inscriptions dans les universités et collèges de l'État
Bangalore (Karnataka)	Logiciels TIC, industrie aérospatiale et biomédicale	45	107 + 38	16 + 1970	180 + 420	35000 (11,6%)	708 195
Chennai (Tamil Nadu)	Automobile et logiciels TIC software	7	138 + 42	17 + 1244	270 + 200	48 000 (16%)	841 755
Pune et Mumbai (Maharastra)	Automobile, logiciels TIC, chimie / pharmacie et cinéma	22	176 + 105	20 + 2 487	185 + 330	46 000 (15,3%)	1 506 702
Delhi, Noida et Gurgoan (NCR)	Logiciels TIC, biomédecine, automobile	24	93 + 40	5 + 285	85 + 25	45000 (15%)	636 093
Hyderabad (Andhra Pradesh)	TIC logicielles / Biomédicales	9	126 + 36	16 + 2 131	275 + 225	21 000 (7%)	911 709
Calcutta (Bengale occidental)	TIC logicielles / Biomédicales	3	89 + 31	16 + 565	60 + 7 5	22 000 (7,3%)	721 762

Source : Krishna (2012)

Conclusion

Dans l'histoire sociale des sciences, l'idée de George Basalla d'une science émergeant de l'« embryon » du modèle colonial a été largement critiquée dans de nombreux travaux sur le développement des sciences nationales. Elle est notamment très discutable dans le cas de l'Inde. Nous avons montré qu'ici la structuration d'une science moderne a peu de liens avec les institutions ad hoc directement contrôlées par la métropole et les financements que leur apporte le colonisateur. Le développement d'une « communauté scientifique nationale » (revendiquée comme telle dans les écrits historiques de pédagogues et de praticiens dès le XIXe siècle) doit être associé à une adhésion intellectuelle aux intérêts nationaux et au soutien rencontré auprès de partis politiques (Parti du Congrès, indépendantiste), et de la part de la bourgeoisie industrielle indienne (opérant dans le textile, la sidérurgie, l'industrie mécanique, les fournitures pour chemins de fer...). La position idéologique de scientifiques indiens de premier plan, physiciens, chimistes et biologistes (sciences peu coloniales) doit être liée à leur lutte pour obtenir une légitimité internationale. Prisonniers de leur sphère d'influence locale, ils considèrent que faire avancer les frontières du savoir doit aller de pair avec la reconnaissance d'une identité propre de leur production intellectuelle. La construction de ce sentiment national, associé à l'impérieuse nécessité de créer une base économique indépendante, joue un important rôle idéologique dans l'émergence d'une communauté scientifique indienne avant même l'indépendance. Après l'indépendance cet héritage nourrit le développement des infrastructures des S & T. Dans ce contexte la part du leadership de Nehru dans les années 1940 et 1950, unissant le pouvoir politique à une petite élite savante joue un rôle très significatif dans l'organisation de la science et des applications technologiques. Cette époque marque de façon spécifique le développement de la science jusque dans les années 1990.

Cependant, on peut noter que les soixante dernières années correspondent au moins à trois phases de développement des S & T. La première phase de 1940 à 1973 reflète un développement des S & T imprégné d'optimisme nehruvien soutenant l'idée du lien systématique entre développement scientifique et développement économique et social. Selon cette opinion, les infrastructures des S & T mises en place doivent permettre la construction de « capacités techno-industrielles » nationales qui consistent principalement en l'organisation des secteurs de l'ingénierie, de l'enseignement supérieur et de la R & D. Dans une seconde phase l'Inde évolue vers l'intégration de la science et de la technologie dans une politique planifiée (années 1970 à 1990). Au début des années 1980, l'Inde accède aux « clubs » mondiaux, nucléaire et spatial, réussit relativement sa « Révolution verte » (production céréalière et industrie laitière). Enfin pendant les dix premières années de l'actuel XXIe siècle, l'Inde devient compétitive dans les secteurs des NTIC, de l'industrie pharmaceutique, des industries aérospatiales, de l'industrie automobile, puis de la biotechnologie.

La mise en place, appuyée sur les politiques des S & T, de capacités scientifiques et technologiques dans différents secteurs économiques a cependant un coût social. Les disparités entre riches et pauvres s'aggravent au cours des vingt années suivant les politiques économiques libérales introduites après 1991. Par exemple, il y a 950 millions d'utilisateurs de téléphones mobiles en Inde, mais celle-ci n'est toujours pas en

situation de combler la fracture numérique. La révolution scientifique et technologique n'a pas encore eu d'impact notable sur les vies des 300 millions d'habitants les plus pauvres des zones rurales. Tandis que la science et la technologie indiennes relèvent plus d'un défi d'ampleur nationale, cette époque est aussi témoin d'une critique des théories du « ruissellement » (retombées universelles à terme des découvertes scientifiques et techniques). Le désenchantement sur le rôle que jouent la science et la technologie dans l'évolution de la société se manifeste à travers l'apparition de mouvements en faveur d'une science populaire et le développement de propositions scientifiques alternatives (y compris au sein des groupes tournés vers l'environnement et l'écologie). Ces réactions sont présentes aussi bien sur le devant de la scène que dans les décisions politiques dès le début des années 1980. Ainsi au seuil du nouveau millénaire les STI sont mises en tension entre cette culture civique et les forces exercées par la mondialisation et le marché.

Compte tenu des différents problèmes socio-économiques et environnementaux dénoncés, l'Inde est aujourd'hui à la recherche de règles du jeu équitables assurant une juste répartition des bénéfices de la science, de la technologie et du développement entre les classes sociales pauvres de l'Inde rurale, les classes moyennes urbaines et rurales et les classes riches urbaines et rurales. Il en résulte de multiples défis posés au développement solidaire et à l'innovation. L'Inde traverse actuellement une phase critique : pour stimuler sa croissance économique elle devra produire de la richesse grâce au savoir, et dans le même temps réduire la pauvreté au rythme prévu par le XIIe Plan (2012-2017). Les politiques économique et de S & T continuent de s'appuyer sur la mondialisation. Elles visent à propulser le pays sur une trajectoire de croissance économique rapide et forte d'une moyenne de 8 à 9 % par an pendant les cinq prochaines années. Mais le principal objectif du XIIe Plan concerne le développement « intégral » et l'innovation « inclusive ».

« L'innovation inclusive » concerne essentiellement 80 % de la main d'œuvre totale du secteur informel. Elle est dominée par des entreprises domestiques micro, petites et moyennes, actives dans les secteurs de l'artisanat et de la production d'une grande variété de biens de consommation. Communiquer les compétences nécessaires pour participer à l'économie industrielle, promouvoir et diffuser des innovations locales de base, et adapter des technologies comme les TIC susceptibles de répondre aux besoins du secteur considéré sont autant d'importants enjeux actuels. Ces dernières années, la croissance de la production agricole a été remarquablement lente. Le projet national d'innovation agricole n'a pas aidé à stimuler la productivité de nombreuses céréales de base. L'initiative gouvernementale de seconde Révolution verte reste l'un des principaux objectifs du XIIe Plan.

L'Inde est un pays jeune où presque 50 % d'une population de 1,2 milliard d'habitants a moins de 35 ans, et où la situation actuelle ne s'améliorera probablement pas avant une vingtaine d'années. Les politiques de recherche et d'innovation promues par le National Innovation Council (« Conseil national de l'innovation ») et par le National Skill Development Council (« Conseil national de développement des compétences ») ont été mises en place afin de prendre appui sur l'atout démographique. Il semble cependant que le principal problème concerne la lenteur d'application des

politiques énoncées, tant au niveau de l'éducation que des institutions de transmission des compétences et des réseaux d'innovation.

Deux importants changements se sont produits dernièrement dans le mode de financement de l'innovation. Le premier est sa remise à des partenariats public-privé (PPP) dans une large gamme de secteurs, de la défense aux infrastructures stratégiques, sociales et économiques. Étroitement lié à ce premier changement, nous citerons l'effort de mise en œuvre de politiques économiques libérales visant à attirer les investissements étrangers, et également à instaurer une plus grande participation des entreprises indiennes. Les investissements étrangers directs (FDI) dans la R & D sont une autre importante composante de l'ensemble des réformes économiques de dernière génération, dont l'introduction remonte tout juste à 2012. Ce second changement concerne le financement de la recherche et de l'innovation, passé du mode institutionnel à celui du financement de projets et de missions.

Les universités indiennes doivent encore se sensibiliser au paradigme de l'innovation impliquant une « triple hélice » – à savoir des relations université-industrie-gouvernement. Dans l'ensemble, les universités fonctionnent conformément à un mode traditionnel de conseil et de parrainage visant à produire un impact sur l'industrie. À l'exception des Technologies intégrées de l'information (IIT) et de la Gestion intégrée de l'information (IIM), les universités doivent encore accepter la culture de l'innovation en tant que composante importante de leur objectif, en même temps que l'enseignement et la recherche. Compte tenu de la faible intensité de la R & D universitaire (sauf exceptions), le défi consistant à réaliser un objectif humboldtien persiste. Le gouvernement s'est engagé à accroître l'intensité de la recherche universitaire dans le cadre du XIIe Plan (2012-2017). Reste à trouver les moyens (éventuellement par contrats sur projets) de l'augmentation prévue de 50 % des dépenses brutes de R & D (DIRD) dans les dix années à venir.

Références

ALAVRES, C. (1980). *Homo Faber : Technology and Culture in India, China and the West 1500-1972.* The Hague : Martinus Nijhoff Publishers

ASSOCIATION oF INDIAN UNIVERSITIES, Universities Hand Book, New Delhi ; 2000, 1111 p.

AURORA, G.S and MOREHOUSE, W. (1972), Dilemma of Technological Choice : the case of small tractor, *Economic and Political Weekly*, Vol VII, No 31-33, Special Number, 1972

BAGLA, P and MENON, S. (2008), Destination Moon : India's Quest for the Moon, Mars and Beyond, New Delhi : Harper Collins.

BASALLA, G. (1967), « The Spread of Western Science », *Science*, vol. 156, n° 3775, p. 611-622.

BERNAL, J. D. (1939). *The social function of science.* London : Routledge & Sons.

BERNAL *The Social Relations of Science movement,* in Bernal, J. D. *Science in History* 4 vol (Penguin Books 1969).

BHATTACHARYA, D.P. R. CHAKRAVARTY and ROY, R. D. (1989). « A Survey of Bengali writings on Science and Technology », *Indian Journal of History of Science*, 24 (1) 1989, p. 8-66.

BOSE C. (1986), « The History of a Failure that was Great », in Dibakar Sen and A. K. Chakrabarty, (eds) *J. C. Bose Speaks,* Calcutta : Puthipatra, 1986, p. 97-105.

Department of Science and Technology 1999 : 96 ; 2002 : 98.

Department of Science and Technology Statistics 1975, 2002 and 2011-2012.

GEDDES, P. (1920). The Life and Work of Sir Jagadis C. Bose. London : Longmans.

HEEKS, R. (1996). India's Software Industry : State Policy, Liberalisation and Industrial Development, Thousand Oaks : Sage Publications.

http ://www.bcil.nic.in/biotech_club.htm p. 22.

http ://www.ugc.ac.in/pdfnews/6805988_HEglance2013.pdf.

http ://www.ugc.ac.in/ugcpdf/208844_HEglance2012.pdf.

IACS (Indian Association of Cultivation of Science) (1976). *A century : IACS'Centenary volume of IACS*, IACS : Calcutta.

JAYARAMAN, K. (2005), « Biotech Boom », *Nature* 436 : 480-483.

KANNAN, K. P., « Secularism and People's Science Movement in India », Economic and Political Weekly, 10 February 1990, pp. 311-13, on p. 312.

KHARBANDA, V. P. (2004) Formation, Growth and Changing Structure of Scientific Communities in India and China, PhD thesis, CSSP, Jawaharlal Nehru University, New Delhi.

KRISHNA, V.V. (1997a) « A Portrait of the Scientific Community in India : Historical Growth and Contemporary Problems », in Jacques Gaillard, V.V. Krishna and Roland Waast (eds) *Scientific Communities in the Developing World,* New Delhi : Sage Publications, 1997, p. 236-280.

KRISHNA, V.V. (1997b) « Science, Technology and Counter Hegemony : Some Reflections on the Contemporary Science Movements in India », in Terry Shinn, J. Spaapen and V.V.Krishna (eds) *Science and Technology in a Developing World* Sociology of the Sciences Year Book 1995, The Netherlands : Kluwer Academic Publishers, 1997.

KRISHNA, V.V. (2001) « Changing Policy Cultures, Phases and Trends in Science and Technology in India », *Science and Public Policy* (UK), 28 (3), 2001, p. 179-194.

KRISHNA, V.V. (2008) « Dynamics at the Sectoral System of Innovation : Indian Experience in Software, Biotechnology and Pharmaceuticals », chapter in Tim Turpin and V.V.Krishna (eds) *Science and Technology Policy and Diffusion of Knowledge in Asia-Pacific Economies : Understanding the Dynamics of National Systems of Innovation, 2007* (UK : Edward Elgar).

KRISHNA, V.V. (2012) « Universities in India's National System of Innovation : An Overview », Asian Journal of Innovation and Policy, 2012 (1)

KRISHNA, V.V. (2013), Science, Technology and Innovation Policy : High Goals and Low Commitment, *Economic and Political Weekly*, Volume XLVII No16, 20 April 2013

KUMAR, D. (1986) *Science Policy of the Raj, 1857 – 1905, Ph. D. thesis, Delhi University, 1986.*

KUMAR, N.K., QUACH, U., THORSTEINSDOTTIR, H., SOMSEKHAR, H., DAAR, A.S. and SINGER, P.A. (2004), « Indian Biotechnology – Rapidly Evolving and Industry Led », *Nature Biotechnology*, Volume 22 Supplement, December, pp. DC31-36.

LALITHA,, N. (2002), Indian Pharmaceuticalsc Industry in WTO Regime- A SWOT Analysis, *Economic and Political Weekly*, 32 (34) : 111-120.

MEDLICOTT H. B. (ed.) (1880) Preface to the *Geological Survey of India.*

NANDY, A. (ed.) (1988). *Science, Hegemony and Violence : A Requiem for Modernity,* Oxford *:* Oxford University Press.

NANDY, A. (1989). *Intimate Enemy.* Oxford : Oxford University Press.

PARTHASARATHI, A. (1979), « India's Efforts to Build an Autonomous Capacity in Science and Technology for Development ». *Development Dialogue*, 1 (1), pp. 46-59.

PPST Foundation, P.B.No 2085, Adyar, Madras s.d.

RAHMAN, A. et al (1973). *Science and Technology in India.* New Delhi : NISTADS / INSDOC 44, p. 116-117.

RAHMAN, A (1984), *Science and Technology in India.* New Delhi : NISTADS / INSDOC.

RAJA RAMOHAN ROY (1823). « Address from R. M. Roy to the Governor General protesting against the establishment of the Calcutta Sanskrit College, Dec. 1823 », in J. K. Majumdar (ed), *Raja R. M. Roy and Progressive Movements in India : A selection from Records (1775 – 1845)*, Calcutta : Art Press, 1941.

RAMANI, S. (2002). « Who is interested in biotech ? R & D Strategies, Knowledge Base and Market Sales of Indian Biopharmaceuticalsceutical Firms », *Research Policy*, 31 (3) : 381-398

SANKAR, U. (2007) *The Economics of India's Space Programme : An Exploratory Analysis*, New Delhi : Oxford University Press.

SARMA, M., & KRISHNA, V. V. (2010). « State and the software : public policies in the shaping of the Indian software sector », *The Service Industries Journal*, *30* (1), 25-42.

SCHWARE, R. (1992). « Software industry entry strategies for developing countries : a "walking on two legs" proposition », *World Development*, 20 (2), 143-164.

SCIMAGO (from SCOPUS) : http ://www.scimagojr.com/countrysearch.php ?country=IN (sept. 2013).

SHIVA, V. (1988). *Staying alive : Women, ecology and development*. Zed Books.

SHIVA, V. (1997). *Biopiracy : The plunder of nature and knowledge*. South End Press.

SIRCAR, M.L. (1976), « A century : IACS (centenary volume of IACS) », Calcutta ; IACS, 1976, p. 9.

Souviner, Congress on Traditional Sciences and Technologies of India, PPST Congress, 28 November – 3 December 1993 (Bombay : Indian Institute of Technology, 1993) on p. 102.

SUMIT, S. (1977). *The Swadeshi Movement in Bengal 1903 – 1908, New Delhi : People's Publishing House.*

TIFAC Intellectual Property Rights Bulletin, 10 (6-7) : 1, 2004, New Delhi.

UBEROI, J. P. S. (2002). *The European Modernity : Truth, Science and Method*. New Delhi : Oxford University Press.

UBEROI, J. S. (1978). *Science and Culture*. New Delhi : Oxford University Press.

APPENDICE 1

Croissance des sociétés scientifiques en Inde (1840-1950)

Année	Total	Général	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1840	6	2	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1850	3	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1860	5	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1870	12	10	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1880	12	9	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1890	19	14	1	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1900	19	15	1	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
1910	13	6	1	1	1	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1920	21	7	2	1	3	1	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1930	41	9	2	1	7	3	7	3	1	1	1	2	1	2	1	-	-	-	-	-	-
1940	67	16	5	1	9	4	10	3	1	2	1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	-
1950	104	22	7	1	14	4	14	3	2	4	1	3	3	5	2	1	1	1	1	2	13

Source : Kharbanda (2004).

Notes

A – Agriculture; B – Horticulture; C – Médecine; D – Chimie; E – Ingénierie; F – Mathématiques; G – Anthropologie; H – Botanique; I – Médecine vétérinaire; J – Géologie, industrie minière et métallurgique; K – Géographie; L – Biologie; M – Pharmacie; N – Physique; O – Science des sols; P – Entomologie; Q – Astrophysique; R – Zoologie; S – Sociétés spécialisées.

Nouvelles sociétés spécialisées constituées au cours des années 1940-1950, par exemple : cardiologie, lèpre, neurologie, génétique, science dentaire, paléobotanique, production laitière, aéronautique, technologie du cuir, etc.

Tableau compilé à partir de : *Directory of Professional Bodies, New Delhi : Department of Science and Technology, 1988, 272 p. / Scientific Associations in British India, New Delhi : NISTADS, 1989, 88 p.*

APPENDICE 2

Croissance des sociétés scientifiques en Inde (1940-1990)

Année	Total	Général	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1940	67	16	5	1	9	4	10	3	1	2	1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	-
1950	104	22	7	1	14	4	14	3	2	4	1	3	3	5	2	1	1	1	1	2	13
1960	135	24	10	1	24	4	15	3	2	7	1	4	4	6	2	1	1	1	1	3	21
1970	183	26	10	1	37	4	18	3	2	8	1	5	4	7	4	5	1	1	2	5	39
1980	268	39	13	1	47	5	19	5	2	13	1	6	5	12	4	6	1	3	3	5	78
1990	319	41	15	1	53	7	20	6	2	14	2	8	5	14	5	8	1	3	4	6	104

Source : Kharbanda (2004).

Notes

A – Agriculture ; B – Horticulture ; C – Médecine ; D – Chimie ; E – Ingénierie ; F – Mathématiques ; G – Anthropologie ; H – Botanique ; I – Médecine vétérinaire ; J – Géologie, industrie minière et métallurgique ; K – Géographie ; L – Biologie ; M – Pharmacie ; N – Physique ; O – Science des sols ; P – Entomologie ; Q – Astrophysique ; R – Zoologie ; S – Sociétés spécialisées.
Sociétés spécialisées, par exemple, dans les secteurs suivants : cardiologie, lèpre, neurologie, génétique, science dentaire, paléobotanique, textile, technologie alimentaire, production laitière, aéronautique, fusées, science / médecine nucléaire, recherche sur les algues, radiologie, hématologie, cytologie, acoustique, immunologie, aérobiologie, biochimie, géophysique, géobiologie, cryogénie, chronobiologie, biologie environnementale, spectroscopie de masse, biologie reproductive, pathologie végétale, virologie, oncologie, toxicologie, biomatériaux.

Tableau compilé à partir de : *Directory of Professional Bodies, New Delhi : Department of Science and Technology, 1988, 272 p. / Scientific Associations in British India, New Delhi : NISTADS, 1989, 88 p.*

APPENDICE 3

Journaux nationaux de S & T publiés (1964-2000)
(nombre)

Sujet	1964	1968	1976	1992	1998	2000
Science générale	53	76	111	132	296	170
Science physique	22	33	62	104	420	267
Géosciences	21	31	55	71	67	141
Sciences biologiques	45	46	89	208	193	412
Sciences médicales	131	202	293	301	376	320
Ingénierie et technologie	138	192	295	339	377	225
Agriculture (y compris les techniques d'élevage)	138	159	308	327	389	333
Management et industrie	26	60	110	109	180	98
Technologie chimique	60	83	113	137	108	87
Manufactures	45	79	104	98	105	48
Construction et architecture	14	13	14	33	28	66
Photographie / cinématographie	0	3	4	3	9	61
Géographie	8	5	14	12	20	27
Total	701	982	1572	1874	2568	2255

Source : Ministère de la Science et de la Technologie, 1999 : 96 ; 2002 : 98.

APPENDICE 4

Croissance cumulative – Création d'institutions d'enseignement supérieur après 1950 en fonction des grands sujets (1950-2000)

Année	Institutions					Universités					Cumul* total
	S & T de l'ingénieur	Agr.	Méd.	Gén.	Croissance cumulative	S & T Eng.	Agr.	Méd.	Gén.	Croissance cumulative*	
1950	-	-	-	-	18	-	-	-	-	32	50
1951	-	-	-	-	18	-	-	-	2	34	52
1955	2	2	-	1	23	-	-	-	6	38	61
1960	6	5	1	4	34	-	1	-	17	50	84
1965	8	8	2	6	42	-	6	-	30	68	110
1970	8	11	2	7	46	-	11	1	43	87	133
1975	9	13	4	7	51	1	19	1	52	105	156
1980	9	16	4	8	55	2	21	1	59	115	170
1985	9	16	6	10	59	2	23	2	79	138	197
1990	10	16	8	12	64	3	27	3	90	155	219
1995	11	16	8	13	66	3	30	6	108	179	245
2000	12	16	9	13	68	7	30	9	120	198	266
Total	12	16	9	13	68	7	30	9	120	198	266

Source : Universities Hand Book, New Delhi, Association of Indian Universities, 2000, 1111 p.; Randhawa, 1986.

Notes

*L'année indique la fin de celle-ci. * Cumulative.*

APPENDICE 5

Croissance cumulative des institutions d'enseignement supérieur et des inscriptions

Année	Universités	Collèges	Inscriptions
1947	25	500	300 000
1955	38	_	800 000
1960	50	2 000	1 000 000
1965	68	_	1 600 000
1970	87	3500	2 000 000
1975	105	_	2 700 000
1980	132	4 100	3 000 000
1985	138	_	3 600 000
1990	175	7 000	5 000 000
1995	179	_	6 500 000
2000	278	12 296	8 400 000
2005	330	_	10 480 000
2007	399	18 064	11 500 000

Source : Données fournies par l'Association of Indian Universities (AIU) (2000) ; Universities Handbook, New Delhi : AIU, p. 1111.

APPENDICE 6

Publications des HEI, des PRI et des entreprises commerciales, années 1980-2007

	HEIs*	PRI	Entreprises	Autres	Total
1985-1986 (SCIE)	16 085 (69 %)	6 569 (28 %)	411 (1,7 %)	235 (1 %)	23 300
1994-1995 (SCIE)	17 302 (62 %)	9 218 (33 %)	496 (1,8 %)	562 (2 %)	27 578
2001-2002 (SCIE)	23 578 (60 %)	13 329 (34 %)	708 (1,8 %)	1,237 (3 %)	38 852
2007-2008 (SCOPUS)	22 945 (52 %)	19 415 (44 %)	1 325 (3 %)	441 (1 %)	44 126

(*) Universités et autres institutions d'importance nationale.
PRI = Instituts de R&D gouvernementaux.

APPENDICE 7

Les données indiennes publiées proviennent de SCOPUS

	Documents	Documents à citer	Citations	Autocitations	Citations par doc.	Autocitations par doc.	Docs. cités	Docs. non cités	% Collaboration internationale	% Région	% Monde
1996	20 600	20 312	204 102	71 851	9,91	3,49	16 031	4 569	16,92	12,60	1,81
1997	21 542	21 242	207 011	73 255	9,61	3,40	16 362	5 180	15,89	11,96	1,85
1998	21 992	21 542	230 151	78 645	10,47	3,58	16 964	5 028	17,34	11,80	1,88
1999	23 060	22 523	239 756	83 706	10,40	3,63	17 674	5 386	15,10	11,94	1,99
2000	22 764	22 249	263 786	88 226	11,59	3,88	17 601	5 163	15,00	11,48	1,93
2001	24 492	23 791	272 785	96 317	11,14	3,93	18 958	5 534	12,95	11,04	1,85
2002	26 676	25 763	302 751	105 620	11,35	3,96	20 697	5 979	13,26	11,73	1,93
2003	31 157	29 671	347 115	118 208	11,14	3,79	24 023	7 134	18,03	11,97	2,17
2004	34 224	32 549	358 994	121 450	10,49	3,55	26 155	8 069	19,01	10,74	2,17
2005	39 240	37 264	369 143	126 516	9,41	3,22	29 465	9 775	19,12	9,89	2,21
2006	45 442	43 231	379 637	132 060	8,35	2,91	33 147	12 295	19,00	10,24	2,44
2007	50 205	47 724	369 487	128 003	7,36	2,55	35 979	14 226	19,41	10,50	2,55
2008	57 158	54 322	333 042	115 844	5,83	2,03	38 839	18 319	18,55	10,72	2,78
2009	64 747	61 692	292 634	104 519	4,52	1,61	42 082	22 665	18,00	10,77	3,02
2010	76 594	72 855	211 475	80 601	2,76	1,05	43 171	33 423	16,96	11,50	3,39
2011	92 803	88 136	120 768	48 598	1,30	0,52	37 581	55 222	16,00	12,37	3,87
2012	98 081	91 366	25 665	11 829	0,26	0,12	13 764	84 317	16,28	12,78	4,03

Source : http://www.scimagojr.com/countrysearch.php?country=IN (sept. 2013).

APPENDICE 8

Synopsis : l'émergence d'une communauté scientifique indienne : 1750-1950
(les données résument la première partie de ce chapitre)

Contexte	Dates	Éducation	Enseignement sup.	Sociétés savantes	Recherche	Fondateurs et mécènes. Soutiens politiques	Débats et portraits indiens
Cie des Indes Comptoirs	1619-1757						
Contrôle du Bengale	1757	Fils de familles indiennes riches et puissantes poursuivent études en Angleterre		Asiatic Society of Bengal 1784			
Expansion territoriale	1757-1858	Vifs débats indiens sur l'éducation souhaitable : 1817 Hindu College Anglo Hindu School 1822 Vedanta College 1830 Scottish Church College id. **Presidency College** (1854; public, issu de Hindu College)	Univ. Calcutta 1854 (publique)			**Raja Rammohan Roy** & David Hare (privé) et séquelles :	R. R. Roy : érudit, thélogien, diplomat, homme d'affaires. Réformateur / religion, société, éducation
Empire britannique	1858-1875	L'Inde **s'industrialise**	Univ Bombay, U. Madras.		Institutions de ***Science Coloniale EX. :***		
	1876-1900	Retour de jeunes indiens diplômés en UK. Marginalisés par établissements scientifiques coloniaux Multiplient les Sociétés savantes et les enseignements Bourses de donateurs indiens pour études à l'étranger en matière technique.	**1876 Indian Assoc. Cultivation of Sc.** …Enseignemnt (7 Départements et Profs : Sircar, Lafont, TP Roy; N. Sarkar; C., P. N. & J. C. Bose; A. Mukerjee… … Traduction d'ouvrages 1882 : Poona SS demande édu techniq à	**Indian Assoc. Cultivation of Sc. 1876 sq.** … ***et Séquelles :*** … Indian Indus Asso (1891) P. Bose. Conférences, expériences … Asso Advanced Scientific & Industial Education (1904) J. Ghosh. Bourses à étudiants indiens pour étude à l'étranger	**Les précurseurs : J. C. Bose** à Presidency College à partir de 1887 Travaux pionniers sur les ondes, et en physiologie végétale. Fellow de la *Royal Society* de Londres **P. C. Ray** à Presidency College 1889-1916. Chimie et pharmacie	**M. L. Sircar**, Collecte de fonds privés Le parti ***Indian National Congress*** relaye les demandes d'éducation, en particulier celles d'enseignements scientifique et Technique	… Idée d'associer le nationalisme au rayonnement des sciences … Idée d'éducation nationale

			Pt Maharastra Bombay 1885 1880 sq : Création d'Instituts de Technologie par états princiers de Baroda, etc Univ (privée) Allahabad (1887), Bénarès (1916),	… **Dawn Sociey** (1902, S. Mukherjee), Magazine de vulgarisation			
	1900-1930		***Séquellesde de l' Indian Assoc Cultivation of Science :*** … National Council of Education (issu de *Dawn Sty*, 1906) «Org d'institutions éducatives selon schémas nationaux et sous contrôle national». D'où : … Bengal Technical Institute 1906 … Bengal National College (T. N. Palit & N. Sarkar : 1906) ***Initiative milieux d'affaires*** Univ. (privée) Bénarès (1916), Mysore (1918), Patna (1917, Hyderabad (1918).		Débuts remarqués d'une recherche fondamentale indienne. ***Indian Institute of Science* (IIS) (Bangalore, 1909,** **C. V. Raman** s'associe à l'IAAS. Il y lance la recherche (1907). Il sera ***Prix Nobel*** en 1930 **A. Mukherjee,** Vice-Chancellor Univ Calcutta (1906-14 & 1921-23) y lance la recherche ***Indian Science Congress*** fondé en 1914 ***Bose Research Institute* de Calcutta en 1917.**	Donateur Tata	*Science indienne* c / « mémoire nationale » (J. C. Bose) = souvenir d'une tradition expérimentale ? ***Indian Science Congress*** **(**1914) c / plateforme commune pour les scientifiques de tout le pays. **C. V. Raman *Prix Nobel*** en 1930 Et toujours : J. C. Bose P. C. Ray A. Mukherjee S. Ramanujan (math) Père Lafont…
	1930-1945	Amplification	Amplification		Amplification	***Indian National Congress*** Nehru	***Conceptualisations variées*** a / s : Rôle de la science et de la technologie dans la construction nationale, Autonomie scientifique et technologique Science moderne et institutions technols c / levier du développement

Le système de recherche chinois

Entre la politique planifiée du développement et le marché

Marina Oulion et Rigas Arvanitis

Introduction

La médiatisation de projets chinois comme la sonde lunaire Chang'e ou le supercalculateur Tianhe-2, l'émergence de la Chine parmi les premiers contributeurs de publications scientifiques, la croissance massive des diplômes de doctorats (40 % entre 1998 et 2006) qui font de la Chine le second producteur de haut diplômés au monde, la forte croissance des dépenses de R & D qui place le pays également en deuxième position après les États-Unis sont autant d'indicateurs indéniables de la montée en puissance de la Chine. Le nombre de publications chinoises place désormais la Chine parmi les pays les plus prolifiques, au second rang mondial après les États-Unis et devant le Japon. En trente ans, un nombre considérable de nouveaux instituts de recherche s'est créé, la réforme administrative des instituts issus de la période maoïste a été menée tambour battant en moins de dix ans, Pékin est devenu un lieu de prédilection de la R & D étrangère (plus de 400 centres de recherche étrangers dénombrés dans les années 2000). Les dépenses consacrées à la recherche ont ainsi augmenté régulièrement en proportion (salaires des chercheurs, soutien aux infrastructures comme les laboratoires nationaux, etc.) et le budget R & D est passé de moins de 1 % à 1,3 % du PIB en 2005, à 1,89 % en 2012, l'objectif à atteindre étant 2,5 % en 2020 (MOST, 2006).

De leur côté, les entreprises chinoises s'internationalisent et commencent à se faire connaître des consommateurs occidentaux non plus seulement comme sous-traitants à faibles coûts, dans ce qu'on a appelé « l'atelier du monde » (*cf.* Ruffier, 2006), mais aussi pour leurs marques et produits, notamment dans les secteurs de l'électroménager et des télécommunications, ainsi que pour les stratégies d'investissement qu'elles mettent en place (Zhao, 2013). Néanmoins, ces succès très médiatisés s'effectuent dans

Figure 1 – Carte de la Chine

un cadre social et économique de plus en plus complexe, où la « violence des marchés » (Bafoil, 2012) fait émerger les limites d'un modèle de croissance économique inégalitaire dont les résultats sont mitigés. Ces difficultés font aussi l'objet d'une presse grandissante, notamment aux USA et en Europe, nourrie par cette « inquiétude sur la Chine », comme le rappelle Jean-Luc Domenach, nouveau bouc émissaire des difficultés que doivent affronter les économies occidentales. L'immensité du pays, l'importance de l'enjeu économique, la grande nouveauté des défis que pose la croissance chinoise sur l'environnement, l'emploi, le commerce mondial, l'occupation de positions stratégiques en Afrique et en Asie, l'apparition d'un axe de confrontation USA / Chine génèrent une vision ambiguë qui peut être interprétée diversement.

Les faiblesses d'ensemble du système de recherche ne sont pas nouvelles : en 1985, Zhao Ziyang, alors Premier ministre, soulignait le manque de liens entre le système de science et technologie et l'économie comme faiblesse structurelle ; il en faisait une raison suffisante pour justifier sa réforme, celle qui a généré l'essentiel du système dans sa forme actuelle. Il y eut donc une double adaptation, comme nous le signalerons : adaptation au modèle de développement économique, ce qui revient à se demander s'il est en mesure de se libérer des contradictions héritées de l'histoire, pour se reconfigurer et satisfaire aux nouvelles demandes, et adaptation au défi de la puissance, ce qui revient à se demander si la Chine peut nourrir un véritable projet d'hégémonie scientifique et « d'excellence » comme l'annoncent ses dirigeants. Cependant, ces objectifs, en apparence contradictoires sont eux-mêmes le produit du système politique chinois : n'existe-t-il pas une contradiction inhérente au fait de vouloir un système de recherche planifié qui serait favorable à l'innovation sur le marché ? Serait-il illusoire

de penser à financer la puissance en se fondant sur la seule capacité endogène de recherche ? Cette dernière question, qui est stratégique (Losego et Arvanitis, 2008), est subordonnée à l'ensemble du questionnement sur le lien entre le politique et l'économique au sujet de la recherche et de l'innovation (Waast, 2006). La Chine est alors un laboratoire vivant pour les sciences sociales sur le rôle que joue la recherche dans le développement et la constitution de la nation.

Ce chapitre souhaite rappeler la forme institutionnelle du système de recherche actuel, en brossant les grandes étapes de sa mise en place depuis la victoire communiste de 1949. Nous insisterons sur ce qui nous semble être les deux enjeux majeurs du système de recherche chinois, qui plus sont contradictoires. D'une part, sa capacité à générer une recherche originale dans des domaines « fondamentaux » et d'autre part, sa capacité à alimenter le marché en connaissances « utiles » et donc à établir des ponts entre les entreprises responsables de cette croissance « miraculeuse » et les entités responsables de la R & D.

Nous introduisons la question en présentant les grandes étapes qui ont marqué la construction et la réforme du système de recherche chinois. En second lieu, nous décrivons comment cette évolution a eu lieu sous l'influence du marché et de l'État. Finalement, nous concluons sur l'articulation de logiques antagonistes dans laquelle se traduit le défi technologique et économique de la Chine, symptôme du double paradoxe avec lequel le pays doit compter.

1 Les réformes du système de science et de technologie

1.1 Un système institutionnalisé dans la période maoïste (1949-1982)

Les institutions de recherche trouvent en partie leur base dans les premières années de la République populaire de Chine, après sa proclamation et l'arrivée au pouvoir de Mao Tsé-Toung en octobre 1949. Afin de comprendre l'histoire de ces institutions, il convient de noter à la suite de Romain Bironneau (2012) que le régime communiste ne constitue pas une rupture avec la période antérieure mais s'inscrit dans la continuité du régime nationaliste précédent. De plus, l'actuelle organisation s'appuie sur les éléments déjà mis en place dans le cadre de la planification centralisée de l'économie, dont la Commission nationale des ressources était l'organe majeur. Selon Bironneau, plutôt que de parler de ruptures chronologiques, il convient d'analyser le système de recherche comme une mosaïque d'institutions qui se sont empilées au fil du temps.

En mars 1978, Deng Xiaoping, initiateur des réformes en Chine, prononce le discours d'ouverture à la Conférence nationale sur les sciences (Deng Xiaoping, 1978). Il souligne l'importance de la modernisation des sciences et technologies comme une des « quatre modernisations » (sciences et technologies, agriculture, industrie, défense nationale) et le retard de la Chine en la matière. Ce discours n'est pas tant annonciateur des réformes à venir que le souhait d'annuler les effets désastreux de la révolution culturelle, suite à la chute de la « bande des quatre » et à la mise en place de la politique de réformes. La révolution culturelle, lancée en 1966, avait bouleversé l'activité des instituts de recherche et des universités, en mettant au ban une partie des scientifiques et des intellectuels. Au moment des réformes et de l'ouverture lancées fin 1978,

Deng Xiaoping prône le rétablissement des universités et de la science dans leur rôle social comme c'était le cas avant la révolution culturelle.

Le système de recherche s'inspire alors du modèle soviétique dans le cadre d'une économie planifiée et centralisée. Organisé en grands ministères chargés d'exécuter les plans, il été mis en place rapidement après la proclamation de la République Populaire en octobre 1949, avec un premier plan quinquennal couvrant la période 1953-1957. La recherche scientifique est menée par les centres qui dépendent pour la plupart de l'Académie chinoise des sciences, établie officiellement en 1949, et des ministères, sous le contrôle du Conseil d'État. Cette organisation va très peu évoluer jusqu'au milieu des années 1990.

Les instituts de recherche s'intègrent dans ce modèle hiérarchique et centralisé. Les projets scientifiques sont définis par l'État dans le cadre des plans de développement scientifique. Chaque institut se voit assigner des projets et des objectifs chiffrés à atteindre et rend des comptes à l'organisation dont il dépend. Cette structure est efficace pour orienter les ressources vers un projet donné, comme le souligne Saich sans toutefois avoir beaucoup d'exemples à donner en dehors du développement de la physique nucléaire – probablement en raison de la relation privilégiée avec l'Union soviétique. Peu flexible, ce système est surtout responsable d'une logique sectorielle très forte, à la fois verticale et centralisée qui se traduit par la quasi-absence d'interactions entre les différentes unités et avec le monde économique. De plus les unités en question sont liées à des grandes entreprises d'État et ce socle économique et social explique les orientations très technologiques. Contrairement à ce qui est usuellement avancé, nous n'assistons pas à une complète déconnexion avec le système de production mais plutôt une connexion entièrement commandée par le ministère dont dépendent cette structure et le cas échéant son entreprise. Par ailleurs, les instituts de recherche de l'Académie des sciences avaient peu de liens institutionnels avec les unités de production ou même les entreprises d'état. Enfin, il faut remarquer que les universités n'étaient pas concernées par la recherche. Si la motivation première à la réforme amorcée en 1985 doit être recherchée dans la volonté du gouvernement d'affronter la faiblesse du système de recherche et sa faible connexion avec le développement, il faut attribuer l'adhésion des universitaires et des chercheurs à cette réforme au besoin de faire bouger une machinerie organisationnelle asphyxiante qui s'est assez vite transformée dans une contestation du pouvoir du Parti. Ce n'est pas un hasard si au soulèvement de Tian An Men, *Mme Science* fut convoquée auprès de *Mme Démocratie*, deux personnages tutélaires inventés en 1919 par Chen Duxiu, membre fondateur du Parti communiste chinois en 1921, éliminé par Mao et banni du Parti pour avoir trop fortement exigé la démocratie. Chen pensait comme l'ensemble des intellectuels de cette génération des années précédant l'instauration du régime communiste que seule la science couplée à la démocratie permettrait d'affronter « les sinistres maux qui frappent la politique, la moralité, l'érudition et la pensée en Chine [1] ». Ce projet, plusieurs fois mis en avant, fut aussi plusieurs fois combattu par le pouvoir en place que ce soit par les républicains ou par les communistes. Il en fut de même après 1989 et la réforme institutionnelle fut profonde mais ne se traduit pas par une plus grande démocratisation.

1. Citation dans Sigurdson (2002) (Duxiu, 1915).

1.2 La prise de conscience des faiblesses et les premières réformes (1982-1994)

Avec l'ouverture économique, dans les années 1980, il s'agissait pour le gouvernement et pour les chercheurs de remettre en état de fonctionnement des instituts mis à mal par la révolution culturelle. Cet objectif va rapidement se transformer en une réforme systémique pour affronter le retard scientifique de la Chine avec comme principal objectif de réduire un nombre pléthorique d'institutions qui sont censées effectuer de la recherche mais semblent incapables aussi bien de faire de la R & D de haut niveau que de pourvoir les entreprises en technologie. Au nom de la réduction du gaspillage des ressources et de la duplication des projets, au nom de la réduction du nombre de chercheurs « dépassés » et d'équipements obsolètes, la réforme mise en place va affecter la totalité des secteurs, depuis l'Académie chinoise des sciences jusqu'aux unités de R & D des entreprises publiques, notamment des conglomérats issus de la période maoïste.

Le premier plan systémique sera publié en 1985 : le document *La solution du Comité central du Parti communiste chinois sur la réforme du système de sciences et technologies* redéfinit les sciences et technologies comme étant au service du développement économique et non plus d'enjeux militaires (Bironneau, 2012). Il est à noter que ce plan ne constitue pas un phénomène isolé mais s'inscrit dans un mouvement général. Les années 1980 marquent la mise sur pied les premières institutions nécessaires au fonctionnement d'une économie de marché, telle la loi sur les brevets adoptée en mars 1984 et bien d'autres institutions économiques (banques, bourse, ouverture de marchés, croissance des entreprises semi privées) (Naughton, 2007). L'aspect central de cette réforme de 1985 est l'alignement de la recherche dans une logique de marché mais aussi le renforcement de la recherche financée par appel à projets. Les instituts de recherche sont mis en compétition les uns avec les autres à partir de 1985 avec notamment l'introduction d'un nouveau système de financement de la recherche en partie sur la base d'appels à projets gérés par la Fondation des sciences naturelles de Chine, créée en 1986. Là aussi il est affiché qu'il s'agit de financer des projets répondant aux orientations économiques définies par le gouvernement.

Dans la pratique le fonds de financement de la recherche par projets a fonctionné comme un régulateur de la recherche fondamentale ou appliquée notamment dans les universités et les centres dépendants de l'Académie des sciences – comme d'ailleurs dans tous les pays où ce mécanisme est utilisé. Par ailleurs, la Commission de science et technologie (créée en 1983 et dépendante du Conseil d'État) crée aussi un ensemble de « laboratoires nationaux clés » en 1984, qui sont labellisés par le ministère de la Recherche (MOST) au niveau national, chargés à la fois de faire de la recherche et de certifier des technologies. Ce réseau de laboratoires rassemble donc à la fois des fonctions de contrôle et de promotion de certaines technologies (exemples, les OGM dans le sud de la Chine, les pesticides, l'optoélectronique...).

Le pays connaît alors une période de changement rapide et du développement parallèle d'une économie non étatique, portée notamment par les petites entreprises de bourgs et de villages (Naughton, 2007, p. 271). Mais cette réintroduction, partielle, d'une logique de marché ne va nullement s'appuyer sur le système de recherche qui

est doublement déconnecté de la production : déconnecté des entreprises publiques même si plusieurs des centres de R & D appartiennent nominalement à des entreprises d'état et déconnecté des foisonnantes entreprises « privées » qui se tournent vers la technologie étrangère. Ces entreprises privées pour l'essentiel dans le sud de la Chine et sur la côte, deviennent fournisseurs de clients étrangers qui leur offrent la technologie productive, ce qui devient un mode d'apprentissage technologique privilégié (Arvanitis *et al.*, 2006). Conscients de ces limites, le gouvernement mettra néanmoins en place des politiques de régulation des transferts de technologie et des incitations à la technologie locale, et insiste sur l'importance d'élever le niveau des institutions de recherche comme des entreprises, et sur le développement endogène de la technologie. Mais l'essentiel de son action technologique se concentre dans le renforcement des joint-ventures dans les grandes industries (automobile, sidérurgie. . .).

1.3 La restructuration du système de recherche (1994-2002)

La mise en compétition des instituts a accentué les disparités entre les instituts de recherche mais l'ensemble du système demeure sensiblement identique après les dix premières années de la réforme. Les instituts de recherche comprenaient les instituts de l'Académie chinoise des sciences, les universités, ainsi que des instituts placés sous le Conseil d'État, les instituts de recherche sous contrôle des gouvernements locaux, et les instituts de recherche dans le domaine militaire. Les rôles étaient néanmoins définis entre ces différents instituts. Parmi eux, de nombreux instituts de recherche n'ont aucune activité scientifique. Ils ont profité de l'apparition d'un nouvel espace sur le marché suite à l'ouverture pour se consacrer à des activités commerciales et se transforment parfois en entreprises florissantes. D'autres, moins performants, peinent à obtenir des fonds pour soutenir leurs activités de recherche et périclitent. Alors que pendant la période précédente, on n'avait pas touché à l'organisation formelle de ces différents instituts, va alors s'opérer une vaste restructuration du système de recherche public à partir du milieu des années 1990.

La première action consiste à redessiner le contour entre les instituts de recherche privés et publics : les instituts qui ont des activités commerciales deviennent des entreprises tandis que les objectifs des instituts de recherche sont redéfinis. Cela se traduit d'une part par la restructuration du système de sciences et technologies, et d'autre part par la transformation de l'Académie chinoise des sciences. Témoin de l'ampleur de la restructuration à l'œuvre, à partir de 1998, le nombre de laboratoires va passer de plus de 5000 à 3901 instituts en 2005, soit une baisse moyenne de 6,1 % par an (OECD, 2008).

La réforme du système de la science et de la technologie, décidée en 1996 (Conseil d'État, 1996) va de pair avec la réforme du système de production. Les instituts de recherche qui ne font pas de recherche sont transformés en entreprises. D'autres deviennent les filiales d'entreprises des anciens ministères transformées en entreprises d'état. D'après Tang Yuli, en 1999, 242 instituts de recherche ont été transformés en entreprise dans un mouvement qui concernera 1618 instituts au total. 70 % des instituts qui dépendaient des provinces sont ainsi transformés (Tang, 2003).

La seconde décision majeure est la réforme de l'Académie chinoise des sciences, qui débute en 1998 avec la phase pilote du *Knowledge Innovation Programme*. En 1998, l'Académie comprend alors 120 instituts de recherche. Ces derniers doivent compter avec un nombre important de personnel peu qualifié, des chercheurs qui ne sont pas au fait des derniers développements scientifiques, et des équipements obsolètes. Le premier objectif est de réduire le nombre d'instituts qui passent à 89 en 2005. À l'instar des instituts de recherche, certains instituts sont transformés en entreprises commerciales tandis que d'autres sont fusionnés (Suttmeier, Cao et Simon, 2006).

La réforme des organisations est aussi l'occasion de redéfinir les frontières entre ce qui relève de la recherche publique et ce qui relève de l'entreprise. Les objectifs également sont précisés : les instituts de recherche qui ont un but social sont conservés : entre 2001 et 2004, 266 instituts dans des domaines comme l'agriculture, la forêt, l'eau, la santé, sont restructurés mais restent dans la sphère publique ou sont affiliés aux universités (Tang, 2003).

2 L'État, le marché et le développement des sciences et technologies

2.1 La science et la technologie au service du développement

L'affirmation du lien entre science et technologie et développement national a rarement été aussi nette que dans le cas chinois. Comme précédemment mentionné, Deng Xiaoping a très vite affirmé l'importance de la science et de la technologie (Deng, 1978). La priorité donnée aux sciences et technologies dans le développement se traduit par l'intégration de la recherche dans des grands programmes nationaux et la planification des activités scientifiques.

Les projets à soutenir sont notamment décrits lors de l'élaboration des plans quinquennaux et des plans pour la science et la technologie. Ces derniers ont pour objectif d'orienter les efforts de recherche, non seulement des instituts de recherche de l'Académie chinoise des sciences et des universités mais également ceux des entreprises d'État, vers les domaines jugés stratégiques, les priorités scientifiques et domaines stratégiques étant redéfinis pour chaque période.

Ces plans sont élaborés par le gouvernement en concertation avec l'Académie chinoise des sciences. Ils sont mis en œuvre par le ministère des Sciences et Technologies (MOST) à travers les grands programmes qui canalisent les financements vers les projets, en fonction de leurs différentes orientations. Les programmes visent à soutenir des projets de recherche fondamentale (programme 973) et de recherche appliquée et développement des hautes technologies (programme 863). À ces programmes s'ajoutent aussi le programme des technologies clés pour le développement et la modernisation des industries et le programme Torche qui concerne la mise en place des parcs technologiques. L'acteur majeur de ces programmes est le ministère (MOST) qui intervient également à travers un système de labellisation des laboratoires nationaux « clés », au nombre de 333 en 2010.

Tandis que les politiques industrielles offrent une marge de négociation entre les acteurs au niveau des provinces, ce n'est pas le cas du système de recherche qui reste davantage centralisé (Zhao et Arvanitis, 2008). À l'instar du système politique dans son ensemble, les politiques établies au niveau global sont déclinées par les gouvernements locaux. Néanmoins, dans le cas des politiques de science et technologie, le rôle du MOST, qui canalise les différentes sources de financement, établit des objectifs prioritaires et labellise les projets, est le pendant d'un relatif effacement des gouvernements locaux dans les choix des objectifs de recherche.

Cette approche planificatrice s'explique en partie par les processus de définition des politiques publiques au sein de la structure d'État avec, entre autres, le rôle du Parti Communiste et des instances comme le Conseil d'État, toujours très opaque : cette « planification » convient à ces processus de négociation politiques opaques où le rôle de cénacles puissants et secrets compte autant que les objectifs affichés. Mais les formations des dirigeants et hauts fonctionnaires jouent aussi un rôle important car ce sont, dans une grande majorité, des personnes ayant étudié les sciences de l'ingénieur dans les grandes universités chinoises et parfois ayant poursuivi leurs études à l'étranger. Ces derniers d'ailleurs, dans le cas particulier des politiques de la recherche et de l'innovation ont certainement joué un rôle direct dans la promotion du concept de « système national d'innovation » ou encore dans la structuration des politiques de recherche lors des réorganisations des modes de financement.

La planification et le degré de détails avec laquelle elle est mise en œuvre se trouvent au cœur d'un débat, ancien et toujours renouvelé, entre les partisans de la planification et ceux qui y voient la cause d'une mauvaise allocation des ressources. Le dernier plan à moyen et long terme, publié en 2006 pour la période 2006-2020 (MOST, 2006) a ainsi été l'objet d'un débat auquel ont participé plus de 2000 personnes, incluant le gouvernement, les chercheurs et les bureaucrates. À la suite de ce débat, le choix s'est fixé sur la mise en œuvre d'un plan très détaillé, témoignage de l'existence de deux modèles opposés pour définir les sciences et technologies chinoises : le premier étant un modèle où les chercheurs ont davantage de marge de manœuvre dans la définition de leurs sujets de recherche, et le second un modèle où les projets, qu'ils soient scientifiques ou technologiques, sont définis par le gouvernement et le MOST. Ce débat reflète la dualité du modèle chinois qui est celui d'un capitalisme étatique.

2.2 Le rôle du marché et de l'industrie dans la reconfiguration du système de recherche

Ainsi le fonctionnement et l'évolution des institutions de recherche peuvent s'expliquer par la combinaison de deux logiques : une logique d'état et de planification et une logique de marché. Cependant, cette dualité se traduit avant tout dans le partage des responsabilités entre gouvernement central et gouvernements locaux (Zhao et Arvanitis, 2008) et dans la manière dont est organisée la recherche. En effet, parmi les laboratoires de R & D industrielle, il existe encore des laboratoires de recherche des entreprises d'état qui dépendaient autrefois d'un grand ministère et dont le rattachement formel à l'entreprise date de la réforme mise en place à partir de 1996. Ces rattachements expliquent ce paradoxe étrange, souligné par Miège (2004), du renforcement des « unités de vie » (*danwei*) de caractère socialiste pendant les premières

années de la libéralisation économique. Ces mêmes *danwei* lorsqu'elles ont irrigué les activités économiques locales ont été le ferment de la première et spectaculaire croissance des années quatre-vingt. Elles ont aussi fourni les ressources matérielles et humaines pour les premiers groupements d'entreprises « privées » plus ou moins aux mains des gouvernements locaux (Oi, 1995). Dans le cas des laboratoires de R & D d'entreprise, nombreux sont ceux qui se sont transformés ou ont intégré des entreprises, dont certaines, comme Haier sont aujourd'hui mondialement connues.

Ensuite, nous trouvons de plus en plus de centres de R & D créés par les entreprises elles-mêmes lorsqu'elles suivent une stratégie de marché. Ces centres sont plus récents et sont partie intégrante des stratégies de certaines entreprises chinoises. Dans des domaines mondialisés et stratégiques comme les télécommunications, ces centres de R & D sont créés non seulement en Chine mais aussi à l'étranger dès la création de ces entreprises. C'est le cas de Huawei ou de ZTE. Dès leurs premiers pas, ces entreprises créent des centres de R & D y compris à l'étranger. Huawei avait, par exemple, créé, dès ses premières années de fondation, des centres en Suède et au Texas. Il est difficile de ne pas faire le lien entre les besoins militaires du pays et le développement de ce secteur. Huawei a été créée par des anciens officiers de l'armée et ses premiers tests de téléphonie sans fil puis le développement en vraie grandeur ont eu lieu dans le Xinjiang, région n'ayant pas de réseau téléphonique, avant de s'implanter en Thaïlande, au Kenya et au Zimbabwe comme gestionnaire des réseaux de téléphonie mobile.

Le résultat de ces créations de centres de recherche industriels a été la croissance des brevets. Ainsi, en 2012, l'entreprise de télécommunication ZTE Corporation est le premier déposant de brevets au monde avec 3906 demandes de brevets internationaux à l'Office mondial de la propriété intellectuelle, la deuxième entreprise chinoise du classement étant Huawei qui se situe en quatrième position avec 1801 demandes de brevets (WIPO, 2013). Néanmoins, la présence de ces entreprises est tout aussi révélatrice de l'absence de toutes les autres : aucune autre entreprise chinoise n'apparaît dans les 50 premiers déposants de brevets au niveau mondial.

En effet, il faut remarquer que le système industriel chinois se caractérise par cet empilement des systèmes productifs issus de vagues historiquement datées après la politique d'ouverture et de réforme et qui concerne l'essentiel du secteur privé (Guiheux, 2002 ; Arvanitis, Miège et Zhao, 2003). Or le moteur économique de la Chine, ce sont plutôt des entreprises créées par des capitaux étrangers (pour l'essentiel des chinois de l'étranger, taïwanais, singapouriens ou vietnamiens. . .) et des petites entreprises locales insérées dans des réseaux de fournisseurs (chaînes de valeurs) pour des industries mûres comme la confection, les chaussures ou les pièces mécaniques. Dans ces secteurs les clients étrangers sont des fournisseurs de technologie et la R & D est pratiquement absente même lorsqu'elle est encouragée par les centres d'innovations locaux (comme ce fut le cas dans le Guangdong) (Arvanitis *et al.*, 2006).

2.3 Du système S & T au système d'innovation (2002 à nos jours)

La double logique qui associe le marché et l'État trouve une parfaite illustration dans la mise en œuvre de la récente politique d'innovation. Elle a été fortement inspirée

par les travaux sur les systèmes d'innovation en Europe. On peut même parler de cas d'école dans la mise en place d'un plan national d'innovation qui suit les recommandations des travaux économiques sur les systèmes nationaux d'innovation.

En effet, le concept de « système national d'innovation » élaboré au début des années 1990 (Lundvall, 1996) a trouvé un écho très favorable en Chine et a été adopté par les dirigeants et par le MOST, sous l'influence, entre autres, des chercheurs de l'Institut de gestion de l'Académie chinoise des sciences. Ce succès peut s'expliquer par la facilité qu'il y a eu à rendre « opérationnel » le concept, ce qui est probablement aussi la raison du succès auprès de l'OCDE où B.-A. Lundvall a dirigé le service sur les politiques de la recherche (Godin, 2009). Une spécialiste des politiques de recherche en Chine a certainement joué un rôle important dans l'adoption et la sinisation du concept, Gu Shulin, qui avait publié un travail pionnier sur les transformations du système de recherche (Gu, 1999) et qui avait aussi eu l'occasion de travailler à Maastricht auprès des économistes européens les plus en vue sur ces sujets. Depuis lors, les travaux sur le système d'innovation chinois se sont multipliés [2]. Comme partout ailleurs, par son caractère systémique, le concept a pu facilement être adopté par les organismes publics : chaque service, ministère, organisme trouve sa place dans le cadre conceptuel décrit de la sorte. C'est aussi un cadre conceptuel particulièrement intéressant quant il s'agit de montrer certaines faiblesses structurelles du système chinois.

À notre connaissance, c'est après l'arrivée au pouvoir en 2002 du Président Hu Jintao que le concept est utilisé pour rédiger un plan national d'innovation qui n'aura aucun mal à s'intégrer au discours développé par cette équipe dirigeante sur le nécessaire « développement harmonieux » de la Chine (Gu et Lundvall, 2006). L'innovation est ainsi devenue un concept-clé et s'est traduite notamment dans l'élaboration du plan à moyen et long terme (2006-2020) de développement des sciences et technologies publié en 2006 (MOST, 2006).

Pourtant ce plan n'était pas une surprise. Il avait lui-même été précédé de l'expérience fort utile et unique du plan de science et technologie de la province du Guangdong dont l'objectif était explicitement le développement des capacités d'innovation (et non pas de recherche) (Arvanitis et Jastrabsky, 2005). Le plan du Guangdong a eu une fortune inégale et au moins trois sortes d'initiatives ont eu des résultats plutôt positifs : le renforcement des centres d'innovation, le renforcement des *clusters* industriels et commerciaux (au-delà des cités et pôles de développement technologiques qui s'établissent sur la base d'un plan central actionné depuis Pékin) et l'appui des entreprises au niveau régional. On peut même dire que le concept de système régional d'innovation a été testé en Chine pour la première fois dans le Guangdong (Zhao, Arvanitis et La Pira, 2011) et que le plan en question était le premier projet intellectuel de cette nouvelle orientation. Cependant, l'entrepreneuriat local était le véritable acteur dans le Guangdong alors que le plan national de 2006-2020 a pour acteur central l'ensemble de l'administration économique chinoise.

Dans ce plan national, l'accent est mis sur le processus de rattrapage technologique de la Chine grâce aux technologies émergentes avec la définition de nouvelles priorités : énergies, techniques de production industrielles et technologies de l'information,

2. On trouvera une recension de ces travaux dans l'article de Romain Bironneau (2012, p. 187).

biotechnologies, technologies spatiales et maritimes (Cao, Suttmeier et Simon, 2006). Naughton et Chen (2011) considèrent que la mise en place de ce plan, avec notamment l'instauration des mégaprojets, accompagné par un plan plus récent sur les industries émergentes stratégiques, marque un retour de la planification et des politiques techno-industrielles. Et, en effet, on peut lire une volonté à diffuser le concept d'innovation auprès des différentes administrations de l'État, en distribuant aussi les responsabilités auprès des différents ministères. Ce n'est donc plus le seul MOST qui serait aux commandes mais plusieurs administrations et le rôle des autorités locales qui semblerait réaffirmé.

Cependant, il faut rappeler que le contexte économique, malgré la spectaculaire croissance qu'a connu le pays, est celui d'une véritable fragilité économique pour les entreprises de taille moyenne qui se traduit dans le difficile accès au crédit, le renchérissement des coûts de production, l'extrême dépendance vis-à-vis des donneurs d'ordre internationaux, comme le signale Gilles Guiheux (2012). Or, le moteur économique de la Chine, ce sont les entreprises privées (quelque soit leur statut juridique ou leur origine) et c'est là un moteur à la fois sous contrôle et vulnérable. Or rien ne semble indiquer que cette volonté nouvelle en matière technologique de pointe et d'innovation les concerne véritablement.

3 Le système de recherche chinois face au changement de modèle économique

3.1 Déséquilibre entre recherche appliquée et recherche fondamentale

Malgré ses succès, la Chine n'a pas encore surmonté sa faible capacité d'innovation dans les entreprises et on peut penser qu'on ne trouve que rarement la capacité à transformer la connaissance et la recherche scientifique en produits commercialisables. Cette incapacité est d'autant plus paradoxale que la recherche est orientée vers le développement industriel par ses domaines de recherche (très proches des sciences de l'ingénieur) ou par ce que nous pourrions appeler « un état d'esprit » développementaliste et orienté vers les applications. L'orientation de la recherche chinoise vers la recherche appliquée au détriment de la recherche fondamentale est une donnée persistante. En 1985, tandis que l'Académie chinoise des sciences était la principale institution dédiée à la recherche fondamentale, seuls 10 % de son personnel y était assigné, le reste se répartissant de façon égale entre la recherche appliquée sur les grands projets de long terme et les activités de développement (Saich, 1989). Aujourd'hui, la recherche fondamentale ne représente que 0,07 % du PIB (IHEST, 2013), et ne représente que 5,9 % des dépenses en recherche en Chine (Zhao et Arvanitis, 2014). C'est là aussi une situation paradoxale car la montée en puissance scientifique de la Chine mesurée au nombre d'articles publiés a été spectaculaire comme en témoigne le classement établi par la revue Nature (*Nature Publishing Index : China*, 2013) : l'Académie chinoise des sciences est le 12e contributeur mondial dans cette revue et la Chine, toutes institutions confondues, est en 6e position en 2012 avec 303 articles de recherche originale, ce qui représente deux places de plus en deux ans. Certaines analyses indiquent la possibilité que le nombre de publications internationales ait cessé de croître à partir de 2010, ce qui pourrait s'expliquer par le fait que tous les chercheurs

chinois capables de publier dans les revues internationales l'ont fait et que la Chine ait peu de marge supplémentaire (Zhou, 2013). La faiblesse n'est donc pas quantitative mais bien dans ses orientations.

Cette faiblesse de la recherche fondamentale pourrait avoir des conséquences à l'avenir. Elle nuit à la compétitivité future des entreprises. Elle met en particulier à mal l'hypothèse d'un modèle de rattrapage chinois fondé sur la maîtrise de nouvelles vagues technologiques qui donnerait à la Chine la possibilité d'un saut (*leapfrogging*) technologique comme le prévoyaient certains travaux sur les technologies « génériques » (Pérez et Soete, 1988 ; Niosi et Reid, 2007). Mais elle rentre aussi en contradiction avec les choix prônés par le gouvernement chinois qui fonde ses espoirs de rattrapage des pays développés sur les technologies émergentes (MOST, 2006).

En second lieu, le faible niveau de recherche fondamentale peut en partie trouver ses explications dans une surestimation des investissements en recherche appliquée. En effet, d'après les statistiques officielles, 70 % des dépenses intérieures en recherche et développement (DIRD) proviennent du secteur privé et 64 % correspondent à des travaux de R & D menés à l'intérieur des entreprises. Or, de nombreux observateurs notent que nombre de dépenses en R & D sont en réalité, dans le meilleur des cas, des dépenses pour le développement plutôt que pour la recherche, ou recouvrent des frais divers d'administration (Zhao et Arvanitis, 2014).

3.2 Le système dual de la R & D d'entreprise

Ainsi, la seconde faiblesse de la Chine tient, malgré des chiffres apparemment encourageants, à son retard de la R & D dans les entreprises. Outre la disparité des situations, le nombre de laboratoires d'entreprise varie ainsi fortement selon les sources et critères choisis pour définir ce que recoupent les activités de R & D. Fin 2008, la Direction Générale du Trésor estimait le nombre de centres de R & D chinois à 500 contre 750 centres de R & D pour des entreprises multinationales (DGTPE, 2009). Ces chiffres peu élevés en comparaison des données statistiques officielles soulignent la difficulté à identifier ce qui relève de véritables activités de recherche.

Mais ils reflètent les limites de la politique de soutien aux entreprises innovantes. Soucieux de favoriser la recherche au sein des entreprises, le gouvernement chinois a mis en place plusieurs systèmes d'incitations, notamment fiscaux, comme des crédits d'impôt pour la R & D en 2010. À la fin de la décennie, le MOST a également autorisé que les laboratoires de recherche d'entreprises reçoivent la labellisation en tant que laboratoires nationaux clés. Mais ces mesures rencontrent un succès très limité.

Les destinataires privilégiés de ces mesures demeurent en effet les entreprises d'état qui, pourtant, sont très peu engagées dans les activités de recherche. 80 % des entreprises d'état ne possèdent pas de laboratoires de R & D. Les entreprises d'état présentes en recherche sont essentiellement les plus importantes entreprises d'état qui disposent des centres de recherche anciennement publics ou qui se trouvent engagées dans des grands travaux (comme, par exemple, les entreprises qui participent au développement du TGV chinois). Le fait que les entreprises d'état soient les principales bénéficiaires de ce soutien va de pair avec l'absence de certaines entreprises.

Il y a donc un effet certainement involontaire de la dualité du système car malgré un effort accru, les entreprises qui sont à l'origine du développement industriel chinois ne sont pas, ou peu concernées par ces politiques d'innovation. Comme nous le mentionnons dans la section précédente, ces entreprises, privées ou proches de gouvernements locaux, ont émergé hors de l'économie planifiée et en partie grâce à l'éloignement du gouvernement central, notamment dans les provinces du Guangdong, du Zhejiang, du Fujian. Ces entreprises ont été cependant nombreuses à s'appuyer sur les centres de transfert de technologies ou centres d'innovation.

3.3 Le manque persistant de liens entre institutions de recherche et entreprises

L'orientation de la recherche vers la recherche appliquée témoigne de la relation complexe qu'entretiennent le marché et la recherche scientifique. La faiblesse de la recherche fondamentale en Chine est d'autant plus problématique qu'elle ne se traduit ni par l'importance de la R & D en entreprise, ni par une forte collaboration entre les systèmes de recherche et les entreprises.

À la suite de la brutale réforme des années quatre-vingt dix la tentative a été de promouvoir un lien direct entre recherche et marché. On assistait alors à une « marchandisation » de la recherche par la transformation des institutions de recherche, y compris les universités, en entreprises produisant des biens tangibles sur le marché. Lenovo, l'entreprise qui a racheté la division d'ordinateurs personnels d'IBM, est un exemple de la façon dont les universités et instituts de recherche chinois ont créé, avec succès, des entreprises de classe mondiale (elles peuvent être désignées sous le nom de *spin on* plutôt que de *spin off*). En 2000, les autorités ont étudié les statuts des différentes formes de conversion des institutions qui avaient effectivement eu lieu. Cette étude a montré que près de 1 200 institutions avaient changé de statut : trois cents avaient fusionné avec les entreprises de production, six cents avaient été transformées en entreprises orientées vers le marché et une minorité avait été intégrée dans une université. L'intention initiale de créer des marchés pour la connaissance et la technologie a bien été réalisée mais dans une mesure très limitée : le chiffre d'affaires sur les marchés des connaissances sous la forme de licences, etc. correspond à moins de 10 % du chiffre d'affaires des entreprises *spin off* (Hong, 2008).

Par ailleurs, en dehors des *spin off* (notamment à Pékin) et des entreprises de consultance créées par les grandes universités (comme par exemple le cas de l'université Zhongshan à Canton citée par Arvanitis et Qiu, 2009), la faiblesse du manque de connexions – institutionnelles comme géographiques – entre les institutions de recherche, notamment les universités, et les entreprises est persistante. Cela est vrai dans les secteurs traditionnels où collaborations entre entreprises et universités sont peu courantes : la collaboration avec les institutions de recherche reste un mode d'apprentissage technologique limité à côté d'autres modes comme la collaboration avec un partenaire étranger ou son client (Arvanitis *et al.*, 2006). D'autre part, la situation est renforcée par le fait que les liens éventuels qui se créent vont donner lieu à des contrats individuels mais ne vont pas donner lieu à des liens institutionnels (Arvanitis, 2004).

La question se reflète aussi, de manière différente, dans les nouvelles technologies comme les nanotechnologies qui restent au niveau de la recherche (Bironneau, 2012b ; Kahane, 2012 ; Cao, Appelbaum et Parker, 2013) et dont la concrétisation en projets innovants semble assez faible.

La faiblesse de ces liens s'explique par la géographie de la recherche. Les universités de pointe et les entreprises les plus performantes ne sont pas localisées dans les mêmes lieux. Ainsi, la moitié des instituts de l'Académie chinoise des sciences se situe à Pékin, tandis qu'une province comme la province du Guangdong, une des provinces moteur du développement industriel, abrite au regard de sa taille relativement peu d'instituts de recherche et d'universités de premier rang.

Conclusion

La persistance des faiblesses structurelles du système de recherche et d'innovation chinois que sont le retard dans les domaines de la recherche fondamentale (qui engendre un repli vers des domaines « technologiques ») et les liens manquants entre la recherche scientifique et le marché, faiblesses qui sont connues, ont été l'objectif premier de toutes les politiques mises en œuvre depuis l'ouverture économique de la Chine il y a plus de trente ans. Ce sont ces mêmes faiblesses qui ont poussé le pays à réformer son système de recherche à partir de 1985. Les années 1980 ont été une période de mise en place des institutions renouvelées : la mise en place d'un système de brevets en 1984 et les premières réformes du système de science et technologie témoignent de la volonté de construire les structures nécessaires à une économie de marché. Les années 1990 ont poursuivi, de manière parfois très brutale, la réorganisation et la redéfinition des rôles des entreprises (publiques ou quasi publiques), des universités et centres de recherche. Les résultats ont certes été au rendez-vous avec des succès très visibles et l'émergence de la Chine comme acteur scientifique mondial, du moins en nombre de publications (Zhou et Leydesdorff, 2006).

Il faut d'abord souligner qu'une réforme de l'ampleur de celle du système de recherche chinois est exceptionnelle. Elle illustre la capacité des dirigeants chinois à s'engager dans la réforme et dans un « apprentissage politique ». Tout d'abord, dès 1985, ces derniers ont compris l'innovation technique comme un processus systémique où les liens réels entre la production scientifique et la production matérielle sont essentiels pour entretenir la capacité du système à innover. Ensuite, leur réaction face à l'échec des tentatives de création de marchés de la connaissance et de la technologie est intéressante : il s'est agi d'une révision progressive à la fois des objectifs et de la conception des réformes, en tenant compte de ce qui a semblé fonctionner dans la pratique. Ainsi, la fusion des établissements avec des entreprises productives et la création de *spin off* d'universités, qui, à l'origine, n'étaient que des exceptions, ont progressivement été reconnues et présentées comme une nouvelle norme légitime à imiter. Cet apprentissage politique très pragmatique est un facteur politique important comme le soulignent Gu et Lundvall (2006) qui a contribué à ne pas détruire les capacités de recherche comme ce fut le cas dans les anciennes républiques soviétiques.

Pour quelle raison alors, persiste ce mode dual, qui divise profondément le système de recherche (mais aussi le système économique) entre structures qui relèvent des

autorités centrales et de ce fait sont plus à même de mettre en œuvre des missions bien déterminées et les structures dépendant de niveaux hiérarchiques inférieurs (gouvernements régionaux, municipaux ou locaux) et dont la logique est avant tout celle de l'accaparement d'une rente ? Comment surmonter la coupure persistante entre structures dédiées entièrement à la recherche, capables de mobiliser des ressources publiques considérables et qui restent très largement centralisées, tandis que les entreprises qu'elles soient locales ou nationales s'alimentent technologiquement avant tout auprès de fournisseurs étrangers ? Plus qu'à une opposition entre logiques privée et publique, nous assistons à une coupure beaucoup plus profonde entre une Chine lente et une Chine rapide, non seulement divisée territorialement mais aussi socialement et économiquement (Arvanitis, 2012).

Nous sommes loin d'être les seuls à nous poser ces questions et le plan national d'innovation (2006-2020) montre que le gouvernement cherche à mobiliser les sciences et technologies autrement que par la seule action du MOST. La répartition des responsabilités de l'exécution de ce plan vers un grand nombre de ministères et structures autres que le MOST est déjà une prise de conscience de la nature diffuse du développement économique (et donc aussi technologique) et de l'importance de ne pas se limiter à canaliser les ressources vers les projets d'innovation et technologiques que l'État juge stratégique. Reste que notre diagnostic souligne la double structuration du système chinois, centralisé pour la recherche et largement décentralisé pour les entreprises ; que ces dernières, qu'elles soient en prise directe avec l'état central ou qu'elles relèvent d'initiatives privées, fonctionnent dans un monde économique où les acteurs locaux ont davantage de pouvoir de négociation et gouvernent l'accès aux marchés (nationaux comme étrangers) et donc aussi les motivations de l'innovation ; et que, *in fine,* l'articulation entre projets étatiques et ceux relevant de l'initiative des entreprises sera beaucoup plus difficile aujourd'hui que ce ne fut le cas dans la phase de rapide croissance économique des dernières trente années. La question centrale reste à nos yeux non pas tant de rendre l'administration plus moderne (elle l'est déjà par de nombreux aspects) mais plutôt de laisser la société se moderniser, ce qui renvoie évidemment aux capacités évolutives du système politique qui la structure.

Références

ARVANITIS, R. (2004). « La politique d'innovation en Chine - un essai d'interprétation. ». *La Lettre de l'Antenne (Antenne expérimentale franco-chinoise de sciences humaines et sociales à Pékin)*, n° n° 3, mai 2004.

ARVANITIS, R. (2012) « Le pari technologique de la Chine. » In BIRONNEAU, R., ARVANITIS, R., BAFOIL, F. et KAHANE, B. (dir.). *China Innovation Inc. Des politiques industrielles aux entreprises innovantes.* Paris : Presses de Sciences Po, p. 343-360.

ARVANITIS, R. et JASTRABSKY, E. (2005). « Un système d'innovation régional en gestation : l'exemple du Guangdong. ». *Perspectives Chinoises,* vol. 92, n° novembre-décembre, p. 14-28.

ARVANITIS, R. et QIU, H. (2009) « Research for policy development : Industrial clusters in South China. » In GRAHAM, M. et WOO, J. (dir.). *Fuelling Economic Growth. The role of public-private research in developement.* Ottawa : IDRC, p. 39-85.

ARVANITIS, R., ZHAO, W., QIU, H. et XU, J.-N. (2006). « Technological Learning in Six Firms in South China : Success and Limits of an Industrialization Model. ». *International Journal of Technology Management,* vol. 36, n° 1 / 2/3, p. 108-125.

BAFOIL, F. (2012) « La violence des marchés : Une comparaison des politiques de privatisation en Europe de l'Est et en Asie de l'Est. » In BIRONNEAU, R., ARVANITIS, R., BAFOIL, F. et KAHANE, B. (dir.). *China Innovation Inc. Des politiques industrielles aux entreprises innovantes.* Paris : Presses de Sciences Po.

BIRONNEAU, R. (2012) « La construction des politiques scientifiques : 1949-2010. » In BIRONNEAU, R., ARVANITIS, R., BAFOIL, F. et KAHANE, B. (dir.). *China Innovation Inc. Des politiques industrielles aux entreprises innovantes.* Paris : Presses de Sciences Po.

BIRONNEAU, R. (2012) « Le système d'innovation chinois. » In BIRONNEAU, R., ARVANITIS, R., BAFOIL, F. et KAHANE, B. (dir.). *China Innovation Inc. Des politiques industrielles aux entreprises innovantes.* Paris : Presses de Sciences Po.

CAO, C., SUTTMEIER, R.P. et SIMON, D.F. (2006). « China's 15-year science and technology plan. ». *Physics Today,* vol. December, p. 38-43.

DENG XIAOPING. (1978) « Speech at the opening ceremony of the National Conference on Science. ». *Selected Works of Deng Xiaoping Vol. 2.*

DGTPE. (2009). *La Chine : « laboratoire du monde » ?* Paris : TRÉSOR-ÉCO. Direction Générale du Trésor et de la Politique Économique (N° 60).

DUXIU, C. (1915) « Un appel à la jeunesse – Texte publié en 1922 dans Chen Duxiu wencun (œuvres de Chen Duxiu), p. 1-10. Shanghai, éditions Yadong. ».

GODIN, B. (2009). « National Innovation System : The System Approach in Historical Perspective. ». *Science, Technology & Human Values*, vol. 34, n° 4, p. 476-501.

GU, S. (1999). *China's Industrial Technology : Market Reform and Organisational Change*, UNU / INTECH Studies in New Technology and Development. London : Routledge in association with UNU Press.

GU, S. et LUNDVALL, B.-Å. (2006). « China's Innovation System and the Move Toward Harmonious Growth and Endogenous Innovation. ». *Innovation. Management, Policy and Practice,* vol. 8, n° 1-2, p. 1-26.

GU, S. et LUNDVALL, B.-Å. (2006) « Policy Learning as a Key Process in the Transformation of the Chinese Innovation Systems » In LUNDVALL, B.-Å., INTARAKUMNERD, P. et VANG, J. (dir.). *Asia's Innovation Systems in Transition. New Horizons in the Economics of Innovation series* : Elgar, p. 293-312.

GUIHEUX, G. (2012) « Petites et moyennes entreprises privées en Chine : Moteur fragile de la croissance. » In BIRONNEAU, R., ARVANITIS, R., BAFOIL, F. et KAHANE, B. (dir.). *China Innovation Inc. Des politiques industrielles aux entreprises innovantes.* Paris : Presses de Sciences Po.

HONG, W. (2008). « Decline of the center : The decentralizing process of knowledge transfer of Chinese universities from 1985 to 2004. ». *Research Policy,* vol. 37, n° 4, p. 580-595.

LOSEGO, P. et ARVANITIS, R. (2008). « La science dans les pays non-hégémoniques. ». *Revue d'Anthropologie des Connaissances,* vol. 2, n° 3, p. 334-342.

LUNDVALL, B.-Å., dir. (1996). *National Systems of Innovation. Towards a theory of innovation and interactive learning.* London : Pinter Publishers.

MIÈGE, P. (2004). « Les évolutions des unités de travail (danwei) dans la Chine des réformes. », Thèse de Doctorat, EHESS.

MOST. (2006). *National Outline for Medium and Long Term S & T Development (2006 - 2020)* : (MLP).

NAUGHTON, B. (2007). *The Chinese Economy. Transitions and Growth* : MIT Press.

NAUGHTON, B. et CHEN, L. (2011) « The emergence of Chinese techno-industrial policy : from indigenous innovation to strategic emerging industries, 2003-2011. » In *Conference on the Political Economy of China's Technology and Innovation Policies*, La Jolla, California, 2011.

NIOSI, J. et REID, S.E. (2007). « Niosi, J., Reid, S.E., 2007. Biotechnology and nanotechnology : Science-based enabling technologies as windows of opportunity for LDCs ? World Dev. 35, 426 – 438. ». *World Development,* vol. 35, p. 426-438.

OECD. (2008). *OECD Reviews of Innovation Policy : China*, Paris : OCDE, 2008.

OI, J.C. (1995). « The Role of the Local State in China's Transitional Economy. ». *China Quarterly,* vol. 144, n° Dec. 1995, p. 1132-1150.

PÉREZ, C. et SOETE, L. (1988) « Catching up technology : entry barriers and windows of opportunity. » In DOSI, G., FREEMAN, C., NELSON, R., SILVERBERG, G. et SOETE, L. (dir.). *Technical Change and Economic Theory.* London : Pinter Publisher, p.458-479.

RUFFIER, J. (2006). *Faut-il avoir peur des usines chinoises ? Compétitivité et pérennité de l'atelier du monde.* Paris : L'Harmattan.

SAICH, T. « Reform of China's Science and Technology Organizational System. » In SIMON, D.F. et GOLDMAN, M. (dir.). *Science and Technology in Post-Mao China* : Council on East Asian Studies, p.69-88.

SIGURDSON, J. (2002). « A new technological landscape in China. ». *China Perspectives,* vol. 42, p. 37-54.

SUTTMEIER, R.P., CAO, C. et SIMON, D.F. (2006). « 'Knowledge Innovation'and the Chinese Academy of Sciences. ». *Science,* vol. 312, p. 58-59.

TANG, Y. (2003). « Review of the reform of research institutes. » Paper presented at the Conference on China's new knowledge systems and their global interaction, 29-30 September, Lund, Sweden.

WAAST, R. (2006) « Savoir et société : un nouveau pacte à sceller. » In GÉRARD, E. (dir.). *Savoirs, insertion et globalisation. Vu du Maghreb.* Paris : Publisud, p.373-403.

WIPO. (2013). *World Intellectual Property Indicators (2013)* : World Intellectual Property Organization (WIPO).

ZHAO, W. (2013). *La capacité d'innovation chinoise : Apprentissage technologique dans les industries automobiles et électroniques.* Paris : Presses académiques francophones.

ZHAO, W. et ARVANITIS, R. (2008). « L'inégal développement industriel de la Chine : capacités technologiques, système d'innovation et co-existence de différents modes de développement industriels. ». *Revue Régions et développement,* vol. 28, p. 61-85.

ZHAO, W. et ARVANITIS, R. (2014). « Chine cherche tête chercheuse. ». *Alternatives Internationales,* vol. Hors Série n°14, p. 134-135.

ZHAO, W., ARVANITIS, R. et LA PIRA, F. (2011). « Innovation Policy and Local Cluster of Entrepreneurs in South China. ». *International Journal of Management & Enterprise Development,* vol. 2-3, n° 2-3, p. 109-126.

ZHOU, P. (2013). « The growth momentum of China in producing international scientific publications seems to have slowed down. ». *Journal of information Processing and Management,* vol. 49, n° 5, p. 1049-1051.

ZHOU, P. et LEYDESDORFF, L. (2006). « The emergence of China as a leading nation in science ». *Research Policy,* vol. 35, n° 1, p. 83-104.

Troisième partie

L'expansion de la science moderne, au Centre et en périphéries

Aux origines du système scientifique international

Les développements de la chimie en Europe, XVIIe-XIXe siècles

René Sigrist [1]

Comme on l'a vu dans le premier chapitre de notre ouvrage, il est difficile de situer les origines de la science moderne ou de la science-monde, c'est-à-dire du système scientifique international [2]. La genèse de la science moderne fut en effet un processus de longue durée, qui a peut-être démarré à la Renaissance et ne s'est guère achevé avant le milieu du XIXe siècle. Le développement de la chimie obéit à la même incertitude. Les origines de la discipline se perdent dans la nuit des temps, ou à peu près. Ses stades de développement les plus significatifs font l'objet de débats. La « Révolution chimique » des années 1770-1780 a longtemps été considérée comme l'épisode le plus crucial pour la mise en forme d'un paradigme disciplinaire moderne. Mais comme pour la Révolution scientifique du XVIIe siècle, ce récit ne fait plus aujourd'hui l'objet du même consensus qu'auparavant. Certains auteurs, comme Allen Debus, ont mis l'accent sur la « philosophie chimique » des XVIe et XVIIe siècles, dans laquelle ils ont vu une sorte d'équivalent pour la iatrochimie ce que fut la philosophie mécaniste pour la physico-mathématique. D'autres ont situé la rupture fondamentale vers 1700, avec l'attention accrue apportée aux réactions chimiques réversibles au détriment des transmutations alchimiques et de la recherche de substances secrètes. D'autres encore ont remarqué que ce n'est que dans les années 1830 que la chimie moderne, fondée sur la détermination des formules de composition élémentaire, s'est étendue à l'ensemble des substances naturelles et artificielles, qu'elles soient d'origine organique aussi bien que minérale.

1. Le présent chapitre est le fruit d'une recherche originale soutenue par la Gerda Henkel Stiftung, subside n° AZ 30/EU/11 et le Fonds national suisse, subside n° 100.011-137.579.

2. Voir le chapitre « De la révolution scientifique à la science-monde ».

Dans l'histoire des origines du système scientifique international, le développement de la chimie présente peut-être un cas à part. À moins que chaque discipline, ou chaque culture scientifique, ne soit précisément un cas différent. Quoi qu'il en soit, nous verrons que l'histoire du développement de la chimie en Europe, s'est d'abord inscrite dans trois espaces nationaux principaux (France, Grande-Bretagne, Allemagne) et quelques foyers secondaires (Suède, Italie). Elle a ensuite connu, dans le second tiers du XIXe siècle, une première « diffusion » dans des entités plus « périphériques » comme la Russie, les États-Unis et l'Autriche-Hongrie. L'étude des mécanismes de cette première expansion permettra peut-être de savoir s'ils constituent des facteurs spécifiques et non reproductibles, ou si au contraire ils représentent une sorte de matrice des développements effectués dès la fin du XIXe siècle dans d'autres entités géopolitiques comme l'Amérique du Sud, le Japon, ou l'Inde.

1 Les origines incertaines de la chimie (avant 1700)

Les origines de la chimie remontent assez loin dans le temps. Les philosophes grecs des Ve et IVe siècles, Empédocle, Démocrite et Aristote avaient développé des théories rationnelles de la matière capables d'ordonner, de classifier et d'expliquer les pratiques techniques relatives aux métaux, à la poterie, aux teintures, aux parfums et bien entendu à la pharmacie. À l'époque hellénistique, cette rationalité s'était largement dissoute dans un apport mystique d'origine égyptienne, qui devint par la suite une composante essentielle de l'alchimie occidentale. L'alchimie, qui existait traditionnellement en Occident comme dans la plupart des cultures pratiquant la métallurgie, était à l'origine une façon d'expliquer l'origine des métaux [3]. Bien plus large que la chimie, elle était aussi, comme dans la plupart des cultures, un art cosmique censé permettre à ceux qui le maîtrisaient de libérer les parties minérales et animales du cosmos de leur existence temporelle afin d'atteindre un état de perfection : celui l'or dans le cas des minéraux [4]. La longévité, l'immortalité et finalement la rédemption étaient les buts ultimes de ce grand œuvre.

Sur un plan plus technique, la récupération par l'Occident chrétien de l'héritage grec et de ses enrichissements arabes prit des siècles. La laïcisation de la pensée sur la matière prit davantage de temps encore. Au sortir du Moyen Âge, seul un petit groupe de savants, comprenant surtout des médecins, développait des recherches expérimentales, non sans s'égarer le plus souvent dans un vocabulaire hermétique censé protéger le savoir acquis face aux non-initiés. Dès le XIIIe siècle, ces alchimistes « exotériques » étaient capables de préparer des acides forts (sulfurique, hydrochlorique et nitrique) en suivant les recettes du chimiste arabe Rhazès (850 – c. 923). Mais l'obscurité de leurs discours, et parfois de leurs finalités (transmutations, pierre philosophale), sans oublier leur pratique du secret, étaient à l'opposé du partage et de la vérification expérimentale des connaissances qui fondent une science véritable. Les pratiques de

3. Brock, 1992, p. 3-5. L'alchimie existait en particulier dans le monde islamique, en Chine, en Inde, en Indonésie, en Afrique et même en Sibérie. Dans ces différentes cultures, la présence de métaux au sein de la terre était généralement expliquée par des processus de génération et de croissance, ce qui donnait à la métallurgie une sorte de caractère obstétrique.

4. De telles transformations pouvaient être obtenues par l'usage d'une substance matérielle comme la pierre philosophale ou l'élixir, ou par l'accès à un savoir révélé, ou encore par une transformation psychologique (d'après E. J. Sheppard, in *Ambix*, 17, 1970, p. 69-84, cité par Brock, 1992, p. 4).

laboratoire et de boutique pharmaceutique demeuraient fortement empreintes de magie, d'hermétisme et d'astrologie.

Le premier à établir une distinction formelle entre chimie et alchimie fut Paracelse (1493-1541), qui assimilait lui-même la chimie à l'iatrochimie, c'est-à-dire à la chimie médicale. Dans son esprit, cette science incluait tout processus naturel dans lequel des substances se trouvent impliquées ou métamorphosées, que ce processus soit de nature physique (comme la cuisson) ou physiologique (comme la digestion). Paracelse rejetait fermement toute idée de transmutation des métaux, de pierre philosophale ou d'élixir. Il n'en demeurait pas moins un penseur hermétique, qui accordait une place importante aux correspondances, aux représentations symboliques et aux emblèmes. L'analogie qu'il établissait entre l'anatomie du monde et celle de l'homme l'incitait ainsi à rechercher des correspondances entre le macrocosme et le microcosme. Sa chimie demeurait d'ailleurs une quête spirituelle sur le sens de l'Univers aussi bien qu'une tentative de réforme de la médecine. Paracelse rejetait pourtant les raisonnements aristotéliciens, et réclamait même une réforme des universités. Mais c'était au profit d'une expérience du monde qui relève d'une sorte d'intuition, rendue possible par la position unique de l'homme dans la Création. Cette expérience (*Erfahrung*) n'avait donc pas grand-chose à voir avec l'empirisme expérimental tel que le concevra Francis Bacon. Il restait en fait chez Paracelse quelque chose de l'héritage médiéval et néoplatonicien de la gnose et de la magie naturelle. Son système, interprété de multiples manières par ses disciples au cours des XVIe et XVIIe siècles, ne constituait pas encore une véritable rupture par rapport aux traditions alchimiques médiévales héritées du monde arabo-musulman.

Avec Van Helmont (1579-1644) et avec d'autres médecins comme Daniel Sennert (1572-1637) ou Franciscus Sylvius (1614-1672) apparaît une médecine chimique pratiquement dégagée de tout mysticisme, et donc opposée à la tradition hermétique issue de Paracelse. Un historien comme Allen Debus a vu dans le développement de cette « philosophie chimique » une sorte de référence théorique aussi fondamentale pour la chimie et les sciences de la vie du XVIIe siècle que le fut la philosophie mécanique pour les sciences physico-mathématiques de l'époque de la « Révolution scientifique » [5]. William Newman a même tenté de réintégrer l'expérimentation chimique et alchimique parmi les pratiques fondatrices ou annonciatrices de la Révolution scientifique [6]. Certes, l'hostilité de la médecine savante classique, toujours dominée par l'héritage de Galien et d'Hippocrate, envers l'usage de remèdes chimiques, hostilité illustrée par l'attitude conservatrice de la Sorbonne dans la fameuse « querelle de l'antimoine » (1566-1666), fit apparaître les iatrochimistes pour des novateurs, qu'ils soient Paracelsiens, disciples de Van Helmont ou tout simplement pragmatiques. Mais l'expérimentation des iatrochimistes constituait un argument rhétorique davantage qu'une pratique effective. Les pratiques de laboratoire restaient pour l'essentiel l'apanage des pharmaciens, des métallurgistes (essayeurs) et des artisans. Au XVIIe siècle, le but de la philosophie chimique demeurait la recherche des principes premiers de la matière. La séparation entre chimie et alchimie restait d'ailleurs incertaine, ce qui a

5. Debus, [1977] 2002 et Debus, 2001.
6. Newman, 2006.

poussé certains auteurs anglo-saxons à désigner l'une comme l'autre par le mot neutre de « *chymistry* » [7].

Selon Owen Hannaway, ce sont d'abord les nécessités liées à l'enseignement qui ont fait apparaître la chimie en tant que discipline distincte. C'est donc à l'*Alchemia* d'Andreas Libavius (1597) que reviendrait le mérite d'avoir présenté pour la première fois cette science comme un sujet d'étude à part entière, en y intégrant les techniques et les préparations de tous les arts et métiers qui s'y rapportent [8]. Ces techniques provenaient en particulier de la science des mines et de la métallurgie, qui ont connu un grand essor dès le XVIe siècle. Des entreprises minières et industrielles beaucoup plus fructueuses que les vaines tentatives de transmutation sont alors apparues, éclairées par des ouvrages comme la *Pirotechnia* de Vannoccio Biringuccio (1540) ou le *De re metallica* de Georg Agricola (1556). Sceptique envers l'alchimie, Biringuccio souligna la valeur de l'essayage comme méthode de titrage des opérations métallurgiques, ainsi que l'importance de procéder à des mesures quantitatives pour exécuter les différentes recettes chimiques [9]. Dans un contexte plus proprement médical, Conrad Gessner publia *De remediis secretis* (1552), un ouvrage de chimie pharmaceutique critique envers Paracelse qui fut largement diffusé et qui connut de nombreuses traductions.

Parmi les premiers manuels qui traitent de la chimie comme une discipline séparée figurent ceux de Jean Beguin (*Tyrocinium Chymicum*, 1610) et de Nicolas Lémery (*Cours de Chymie*, 1675). Tous rejettent violemment la tradition paracelsienne. Sur le plan pratique, le recours systématique à l'expérimentation fait de Robert Boyle (1627-1691) un candidat sérieux au titre de premier chimiste moderne. Sur le plan théorique, la seconde moitié du XVIIe siècle constitue également un moment charnière en raison de l'intégration de la pensée chimique à la nouvelle philosophie mécaniste et corpusculariste. C'est ainsi que des philosophes de la nature comme Descartes, Gassendi et Newton apportèrent une certaine attention à la chimie conçue comme théorie de la matière [10]. Certes, les théories corpusculaires n'offraient pas de solution au développement de l'analyse chimique, qui suppose une définition opératoire des notions d'élément et de composé [11]. Mais la chimie se libère néanmoins de l'emprise exclusive de la iatrochimie pour être intégrée au paradigme mécaniste dominant. Newton aura lui-même une influence sur le développement de cette science de la matière en suggérant l'existence d'attractions à court rayon d'action entre particules (voir les « Queries » 31 et 32 de la seconde édition de son *Opticks*, 1717 [12]). L'étude de ces attractions, et l'établissement de tables d'affinités, deviendront ainsi l'un des principaux programmes de recherche de la chimie du XVIIIe siècle.

Ursula Klein a récemment démontré que l'analyse chimique, c'est-à-dire l'étude des réactions de substances qui peuvent être décomposées et recomposées, s'est mise en

7. Newman & Principe, 1998.
8. Hannaway, 1975.
9. Brock, 1992, p. 26-28.
10. Sur le cas de Descartes, voir Joly, 2011.
11. Le *Cours de chimie* de Nicolas Lémery (1675), dans lequel certains historiens ont vu l'un des actes fondateurs de la discipline, se sert ainsi des corpuscules comme d'un principe théorique légitimant, mais ne parvient pas à faire disparaître le recours aux quatre éléments aristotéliciens ou à d'autres principes, y compris ceux de Paracelse.
12. Ces notions figuraient déjà dans l'édition latine de 1706. Sur la chimie de Newton voir Newman, 2002.

place vers 1700, même si ce n'était encore que dans le domaine limité des sels, des terres des métaux et des corps inflammables d'origine minérale [13]. Un des premiers aboutissements de l'établissement de ce nouveau système expérimental et conceptuel, basé sur les notions de composition chimique et d'affinité et sur la pratique de l'analyse et de la synthèse, fut l'établissement de tables d'affinité comme celles d'Étienne-François Geoffroy (1718) [14]. En montrant de plus que la théorie du phlogistique de Stahl [15] et le développement de la chimie des sels [16] permettaient d'établir un paradigme théorique et conceptuel en rupture avec la chimie traditionnelle des principes, Ursula Klein et d'autres historiens ont donc relativisé considérablement l'importance de la « Révolution chimique » des années 1770-1780 comme acte fondateur de la chimie moderne. L'isolement des « principes immédiats » des substances a donc précédé celui des éléments chimiques comme la théorie phlogistique de la calcination des métaux a précédé celle de l'oxydation. De même, la classe des bases salifiables était préfigurée par le groupe des sels alcalins, comme la classe des bases acidifiables l'était par la notion de soufre générique [17]. Dans cette optique, la Révolution chimique recouvre certes toujours la découverte et l'analyse quantitative de nouveaux gaz, la décomposition de l'air et de l'eau, la théorie moderne de la combustion, la loi de conservation de la masse ou encore l'établissement d'une nomenclature nouvelle. Mais la « nouvelle chimie » de Lavoisier et consorts perd en revanche son statut de premier paradigme véritable pour la chimie et donc d'acte fondateur de la chimie moderne. Un appareil théorique relativement cohérent existait déjà depuis le début du XVIIIe siècle, de même qu'un programme de recherches empiriques, fondé sur l'analyse des affinités et l'identification des « principes immédiats » des corps. Le fait que la chimie « académique » utilisait les mêmes substances, et les mêmes principes de classification, que les pharmaciens, les métallurgistes et les artisans, n'est pas en soi un indice de l'inexistence de la chimie comme discipline, mais bien davantage une caractéristique de la chimie du XVIIIe siècle et du début du XIXe siècle [18].

En considérant la chimie d'un point de vue social, ou si l'on préfère dans une optique « constructiviste », on voit également que la charnière des XVIIe et XVIIIe siècles constitue une sorte de tournant. Le chimiste émerge alors comme une figure sociale plus ou moins identifiable par les contemporains, et dont les caractéristiques peuvent être analysées rétrospectivement. C'est ce que nous allons faire dans la suite de ce chapitre.

13. Klein & Lefevre, 2007.
14. Crosland, 1963, p. 375-390.
15. La théorie du phlogistique a été établie par Stahl en 1703, mais une première version avait déjà été esquissée dès 1667 (Metzger, [1930] 1974).
16. Holmes, 1989 a montré (« Lecture 2 », p. 33-60) que la chimie des sels a servi dès le début du XVIIIe siècle de structure conceptuelle à la discipline, en attendant que l'analyse des gaz lui serve de prototype d'études quantitatives.
17. Klein & Lefevre, 2007, p. 163-177.
18. *Ibid.*, p. 297-299.

2 Les premières communautés organisées de chimistes (vers 1700)

Dans un article volontairement polémique, Lawrence M. Principe a soutenu que les changements survenus entre 1675 et 1725 dans les buts, les pratiques, les contenus et la forme même de la chimie sont tellement importants qu'ils font presque automatiquement venir à l'esprit le mot, si souvent utilisé par ailleurs, de révolution [19]. Au niveau des buts et des applications, explique-t-il, c'est alors que la chimie se sépare définitivement de l'alchimie. Socialement, on note un accroissement du statut des chimistes, avec même un début de professionnalisation. Enfin, la période est marquée par une fertilité remarquable en matière de propositions théoriques, désormais fondées sur des données empiriques et des résultats expérimentaux. On pourrait ajouter que vers 1700, la perception par les principaux États européens des enjeux médicaux, pharmaceutiques, miniers et manufacturiers de la chimie est à l'origine des premières formes d'institutionnalisation de la discipline.

En réalité, la chimie pratique a démontré, dès le XVIe siècle, l'intérêt de ses méthodes dans l'extraction des métaux et l'essayage. Au cours du XVIIe siècle, elle a connu des développements importants dans les arts relatifs à la distillation (production d'huiles, de parfums, de liqueurs et d'acides forts), ainsi que dans la teinture, la verrerie et la poterie. Cependant, dans un monde intellectuellement dominé par des disciplines théoriques (théologie, droit, philologie et… médecine), l'association de la chimie avec des pratiques artisanales, manufacturières ou commerciales n'était pas de nature à lui procurer une grande reconnaissance sociale. La médecine savante en particulier n'avait que mépris pour les pharmaciens, les médecins empiriques et autres « Thiéracleurs, Alchimistes, Chimistes, Paracelsistes, Distillateurs, Extracteurs de quintessences, Fondeurs d'or potable, Maistres de l'elixir et telle pernicieuse engeance d'imposteurs [20] ».

Grâce à quelques succès thérapeutiques habilement exploités [21], un groupe d'iatrochimistes et de pharmaciens bien en cour obtient néanmoins quelques créations institutionnelles, notamment à Paris [22]. Un premier enseignement de la chimie fut ainsi établi au Jardin du roi dès 1635, un enseignement d'ailleurs dédoublé avant la fin du siècle [23]. D'autres cours de chimie sont donnés au Jardin des apothicaires dès 1702 [24] et à la faculté de médecine de Montpellier, qui nomme en 1697 un professeur de chimie, secondé par un démonstrateur royal. À partir de 1666, la nouvelle Académie des sciences inclut parmi ses pensionnaires des chimistes comme Claude Bourdelin, Samuel Duclos, Pierre Borelli, et Wilhelm Homberg, prélude à l'instauration en 1699

19. Principe, 2007, en particulier p. 2.

20. Expressions tirées du sous-titre d'une *Satyre contre les Charlatans et pseudo-médecins Empyriques* publiée en 1610 par Thomas Sonnet de Courval.

21. La guérison en 1658 du jeune Louis XIV par un traitement à l'antimoine décida de l'issue d'une querelle séculaire entre médecins galénistes et médecins partisans de la chimie.

22. Debus, 1991, chap. 2 et 3.

23. Vers 1604, Jean Beguin, aidé par des médecins comme Jean Ribit et Théodore Turquet de Mayerne, donna à Paris des leçons de chimie et des démonstrations pratiques pour la préparation des remèdes pharmaceutiques (Read, 1961, p. 104-107). Au Jardin du roi, l'enseignement de la chimie fut confié dès 1635 à un démonstrateur (Urbain Baudinot jusqu'en 1672, puis Guy Fagon jusqu'en 1711), installé dans ce qui deviendra une chaire principale avant la fin du siècle. En effet, une seconde chaire de chimie, préfigurée par les leçons de William Davisson (1648-1651), Nicaise Lefèbvre (1652-1660) et Christophe Glaser (1660-1671) fut établie en 1695 (Laissus, 1964, p. 312).

24. De 1702 à 1722, puis de 1753 à 1765 (Bedel, 1964).

d'une section de chimie à part entière [25]. Un premier laboratoire de chimie est établi au Louvre dès 1678, afin de permettre aux académiciens d'étudier notamment la composition chimique des végétaux. Un autre laboratoire est installé en 1 700 dans le Jardin des apothicaires.

Dès le XVIIe siècle, la chimie entre discrètement dans quelques universités germaniques. C'est notamment le cas à Marburg en association avec la pharmacie (1609), à Jena dans le cadre de la médecine pratique (1673) et à Altdorf en liaison avec l'anatomie (1677). La tradition des ingénieurs des mines qui publient des ouvrages techniques se poursuit tout au long du XVIIe siècle, ce qui incite différents États (Brunswick, Saxe, Prusse) à se doter d'un conseil des mines en bonne et due forme. Quelques alchimistes ou ex-alchimistes trouvent par ailleurs à s'employer comme « arcanistes » dans des manufactures de glaces (Berlin) ou de porcelaine (Meissen). En 1711, Caspar Neumann, destiné à devenir pharmacien de cour à Berlin, est envoyé par le roi de Prusse à Leyde, puis à Paris, afin d'y améliorer sa formation.

En Suède, un *Bergskollegium* est établi dès 1678 dans la capitale afin d'améliorer la gestion des industries minières et forestières du pays, mais aussi de développer l'enseignement pratique de la science des mines. Dotée d'un laboratoire confié à Urban Hiärne (1684), puis à Georg Brandt (1726), cette école va devenir une pépinière de chimistes et de métallurgistes. Elle contribuera à faire de la Suède l'un des principaux foyers de la discipline tout au long du XVIIIe siècle.

En Angleterre, les premiers pharmaciens enseignant la chimie en milieu privé (George Wilson, Christopher Packe) apparaissent dès la Restauration. L'Apothecaries' Hall de Londres devient en 1672 la première institution fabriquant des produits chimiques en grand. À Cambridge, John Francis Vigani, qui enseignait la chimie pharmaceutique depuis le début des années 1680, est officiellement titularisé comme professeur honoraire en 1703.

Aux Pays-Bas enfin, la chimie est intégrée en 1718 au curriculum de la faculté de médecine de Leyde. Le succès des cours donnés par Hermann Boerhaave donnera à cette initiative une portée européenne. Au tournant du siècle, la profession de chimiste est donc effectivement sur le point de se dégager des limbes de la médecine, de la pharmacie et de la science des mines. La recherche va cependant s'organiser suivant des modes sensiblement différents d'un État à l'autre. Ainsi, la France et la Prusse accorderont davantage d'importance aux académies et à la formation des ingénieurs, les autres États germaniques et les États italiens aux universités. Quant à la Grande-Bretagne, elle laissera le champ libre à diverses initiatives corporatives ou privées, ainsi qu'à l'industrie.

À partir de 1700 environ, tous ces développements institutionnels de « l'entreprise chimique » commencent à avoir un impact réel sur la constitution de la discipline et sur la professionnalisation de ses adeptes. En devenant partie prenante d'un système de grandes académies royales qui s'efforce d'organiser et de promouvoir la « nouvelle science », les chimistes acquièrent une identité sociale et un début de statut pro-

25. La section de chimie comptait alors trois pensionnaires (Nicolas Lemery, Guillaume Homberg, Simon Boulduc), deux associés et deux élèves. À la même date, le Jardin du roi avait deux professeurs de chimie (Guy Fagon, Simon Boulduc) et un assistant démonstrateur.

fessionnel. Ils s'installent du même coup au cœur des réseaux de la République des lettres. Collectivement pourtant, leur identité mettra pourtant du temps à se préciser, le chimiste demeurant facilement occulté par la figure du médecin, du pharmacien, de l'ingénieur des mines, voire du philosophe de la nature. Une étude sémantique assez sommaire suffit à montrer que ce processus d'affirmation sociale ne s'est achevé qu'autour des années 1770-1780, lorsque le « savant chimiste » deviendra un « chimiste » tout court, c'est-à-dire lorsque le spécialiste de la discipline aura remplacé une variété particulière de la corporation des chercheurs ou des techniciens.

3 La croissance du nombre de spécialistes, 1700-1870

Malgré ces avancées institutionnelles, la chimie du début du XVIIIe siècle ne peut encore se comparer, par le nombre de ses spécialistes, avec des sciences établies de plus longue date comme l'astronomie, les mathématiques, l'anatomie ou encore la botanique. Ce nombre de spécialistes ne croît d'ailleurs d'une manière sensible qu'à partir des années 1730-1740 (voir *infra*, fig. 2). C'est à cette époque que l'utilité de la chimie attire l'attention des philosophes, en particulier de Diderot et des collaborateurs de l'*Encyclopédie*, mais aussi, de façon moins visible, de Rousseau [26]. Devenue une science à la mode, son enseignement se répand en France tout au long du XVIIIe siècle [27]. En Allemagne, elle s'institutionnalise à partir des années 1720 à l'Académie de Berlin, puis dans un nombre croissant d'universités. Elle donnera ainsi naissance, dans le dernier tiers du siècle, à l'une des premières communautés de spécialistes organisée à l'échelle nationale [28]. En Grande-Bretagne, le développement des industries chimiques devient, après 1760, l'un des fers de lance de la Révolution industrielle. La production d'acides, celle de colorants pour les textiles ou encore celle de faïences fines y symbolisent, tout aussi bien que la machine à vapeur de James Watt, le triomphe de l'esprit d'entreprise et d'une mentalité libérale. À la fin du siècle, la chimie expérimentale intéresse aussi bien le public cultivé du Sud de l'Angleterre que les milieux manufacturiers des Midlands ou les médecins et les industriels d'Écosse [29]. En revanche, elle ne progresse guère dans les universités d'Oxford et de Cambridge.

À partir du moment où le chimiste devient un individu socialement identifiable se pose la question de l'évolution du nombre de spécialistes. Les contemporains ne pouvaient identifier comme savant, et à partir de là comme chimiste, qu'une mince élite de chercheurs affiliés aux principales académies royales, en particulier celles de Londres (Royal Society), Paris, Berlin, Stockholm, Saint-Pétersbourg et Bologne. Grâce à des recueils tels que le *Historical Catalogue of Scientists* de Robert M. Gascoigne (1984) ou le *Dictionary of Scientific Biography* (DSB) de Gillispie (1970-1980), l'historien dispose aujourd'hui d'outils qui lui permettent de se constituer un échantillon plus large, et ainsi plus représentatif de l'ensemble des savants européens de la période 1700-1870 [30]. On peut aussi considérer de manière séparée les « grands » savants (catégorie A), soit ceux qui figurent dans le DSB ou étaient affiliés à deux au moins

26. Sur la chimie de Diderot, voir Pépin, 2012. Sur la chimie de Rousseau, voir Bensaude-Vincent, 2003.
27. Voir Bensaude-Vincent & Lehman, 2007.
28. Hufbauer, 1982.
29. Golinski, 1992.
30. Sur la façon de constituer cet échantillon, voir Sigrist & Widmer, 2011.

des principales académies de l'époque. Tous les autres individus inventoriés dans le *Catalogue* de Gascoigne ou affiliés à une des six principales académies de l'époque, soit les trois quarts de l'échantillon considéré, deviennent alors de « petits » savants (catégorie B).

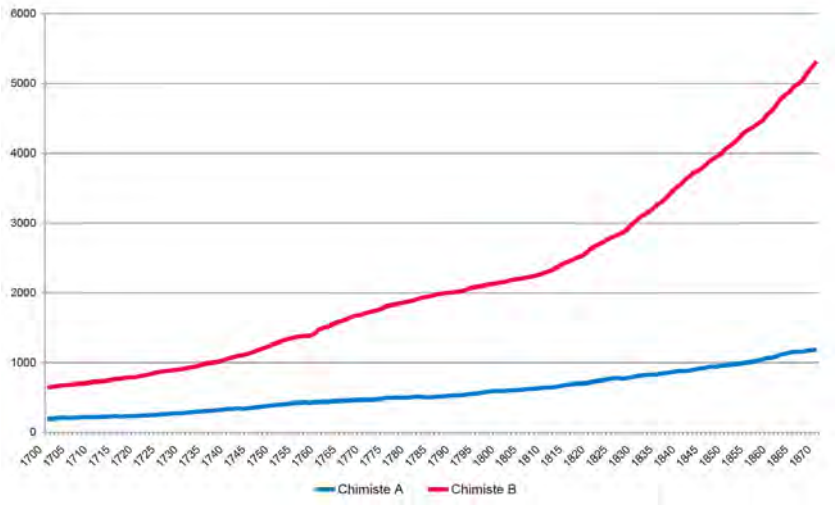

Figure 1 – Évolution du nombre de savants occidentaux potentiellement actifs, 1700-1870. N'ont été retenus que les savants de plus de 20 ans recensés par Gascoigne, 1984, ou affiliés à l'une au moins des six principales académies des sciences de l'époque. Les savants A sont ceux qui figurent dans le *Dictionary of Scientific Biography* ou étaient affiliés à deux académies principales au moins

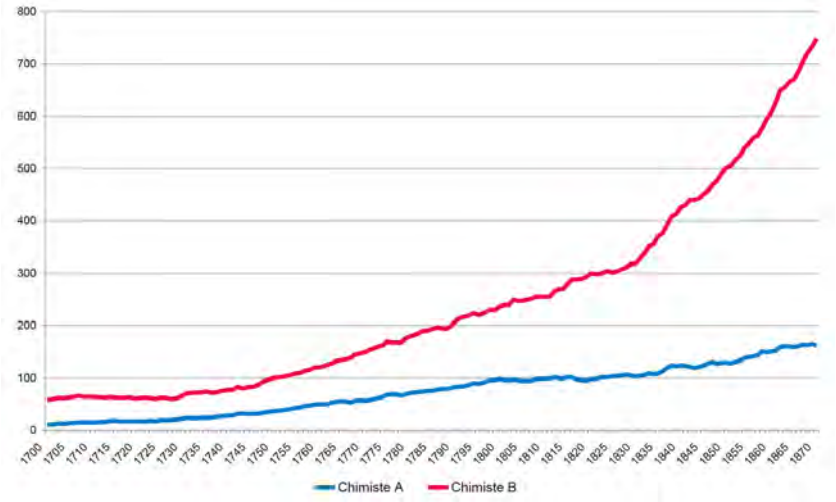

Figure 2 – Évolution du nombre de chimistes occidentaux potentiellement actifs, 1700-1870. N'ont été pris en compte que les savants « académiques » dont la chimie constituait la discipline principale

Sur la base de ces définitions formelles, on peut montrer que la croissance numérique de la communauté savante européenne entre 1700 et 1870 offre l'image d'une progression rassurante (fig. 1). À y regarder de plus près, le groupe des grands savants croît assez régulièrement, tandis que celui des savants de second plan connaît après 1810 un essor accéléré. Pour reprendre les catégories de Kuhn, ce développement pourrait être interprété comme la manifestation d'une certaine « normalisation » de la science européenne au cours du XIXe siècle.

Qu'en est-il de la communauté des spécialistes de la chimie ? Désignons par A1 le groupe des grands savants spécialisés en chimie (soit ceux dont la chimie serait la spécialité première) et par B1 le groupe des savants de second plan spécialisée en chimie [31]. On constate alors que l'évolution numérique de la communauté des chimistes spécialisés reflète assez bien l'évolution globale de la communauté savante occidentale (fig. 2). Quelques différences significatives sont toutefois à relever. D'abord, dans la période d'avant 1735, les effectifs de la communauté des chimistes stagnent, ou à peu près. Par contre, dans la période d'après 1830, la croissance de la communauté des chimistes est plus forte que celle de l'ensemble des savants. Conséquence de cette évolution : alors qu'au début du XVIIIe siècle, les spécialistes de la chimie représentent environ 9 % de la communauté savante globale, cette proportion atteint les 14 % vers 1870 [32]. Cette évolution reste à peu près la même si l'on considère les grands savants de manière séparée. Par conséquent, le poids relatif de la chimie dans l'ensemble de l'entreprise scientifique occidentale a augmenté au cours de la période 1700-1870. Il convient cependant de distinguer trois phases.

1° Avant 1735, la chimie représente encore peu de chose par rapport à d'autres disciplines comme les mathématiques, l'astronomie ou même à la botanique [33].

2° De 1735 à 1830, son développement apparaît plus rapide que celui des sciences physico-mathématiques (maths, astronomie, physique), soit des disciplines issues de la « Révolution scientifique » du XVIIe siècle. Il demeure par contre inférieur à celui d'autres sciences empiriques telles que la botanique et surtout les sciences de la terre, qui caractérisent véritablement la science des Lumières.

3° De 1830 à 1870 enfin, et sans doute au-delà, la chimie tend progressivement à devenir l'un des principaux moteurs de la recherche en Occident. Son influence sur d'autres domaines comme la minéralogie, la physiologie, l'agronomie ou la physique est très certainement à la hausse lui aussi [34].

Les statistiques présentées ci-dessus, et celles qui suivront, sont donc basées sur un échantillon de 1 365 chimistes spécialisés, dont 351 entrent dans la catégorie des savants de premier plan (type Berthollet) et 1 014 dans la catégorie des chercheurs

31. L'attribution de cette spécialisation se fonde sur les sources utilisées : Gillispie, 1970-1980 (= DSB), Gascoigne, 1984 et les différents index d'affiliations académiques.

32. En 1870, le nombre de chimistes spécialisés est plus de 8 fois supérieur à ce qu'il était en 1700.

33. Pour une figure comparant l'évolution numérique de la chimie avec cinq autre disciplines sur la période 1700-1825, voir Sigrist, 2011, p. 638.

34. Pour pouvoir l'affirmer en toute rigueur, il faudrait néanmoins recenser tous les chimistes non spécialisés, soit les chercheurs ayant pratiqué la chimie comme une discipline secondaire, voire même les pratiquants occasionnels de la chimie.

de second plan (type Nicolas Deyeux). En dépit du caractère formel, et quelque peu artificiel, de ces délimitations (tab. 1), on a de bonnes raisons de penser que les membres de ces deux groupes (A1 et B1) rassemblent les individus les plus représentatifs de l'entreprise chimique de la période considérée [35]. Au-delà de ce noyau principal, d'autres catégories d'acteurs peuvent être caractérisées d'une manière tout aussi formelle. C'est en particulier le cas des individus qui ont pratiqué la chimie comme une discipline secondaire, et sont néanmoins susceptibles de lui avoir apporté des contributions substantielles à l'image d'Ampère (A2) ou de Gillet de Laumont (B2) [36]. Il semble d'ailleurs que leur nombre dépasse légèrement celui des spécialistes proprement dits [37]. Celui des pratiquants occasionnels de la chimie est beaucoup plus difficile à établir, mais il est de toute évidence nettement plus élevé [38]. On y trouve des individus moins connus pour leurs contributions à la chimie qu'à d'autres domaines scientifiques ou intellectuels, à l'image de Monge (A3) ou de Jean-Jacques Rousseau (B3) [39].

Tableau 1 – Grille d'analyse de la communauté des chimistes de la période 1700-1870 et de ses différentes composantes académiques et non académiques

CHIMISTES 1700-1870	Savants de premier plan (A)	Savants de second plan (B)	Savants d'importance mineure, amateurs et dilettantes (C)
Spécialisés (1)	Cl.-Louis Berthollet Humphry Davy 351	Nicolas Deyeux William Allen 1014	Séb. Matte J.-F. Boulduc Rob. Mushet Wil. Ch. Henry c. 2050
Non spécialisés (2)	Ampère James Hall c. 420	Gillet de Laumont c. 1200	Mme Lavoisier François Delaroche c. 2500 ?
Occasionnels (3)	Monge c. 1600 ?	J.-J. Rousseau c. 4500 ?	Mme de Warens (c. 9200 ?)

35. Il convient de signaler ici l'étonnante coïncidence entre notre échantillon d'étude et celui établi par Hufbauer, 1982 pour les chimistes allemands du XVIIIe siècle. Nos deux groupes A1 et B1 incluent en effet 63 des 65 chimistes « allemands » du XVIIIe siècle, identifiés par Karl Hufbauer sur la base de l'opinion de pas moins de 82 observateurs des XVIIIe et XIXe siècles (*cf.* Hufbauer, 1982, Appendix I). Bien entendu, ce décompte n'inclut pas les ressortissants des terres héréditaires des Habsbourg en Autriche (Vienne, Innsbruck, Graz), en Hongrie (Budapest, Schemnitz) ou en Bohême (Prague, Olmütz), pas plus que les Alsaciens (Strasbourg, Colmar) ou les Suisses (Bâle), qui figurent également dans l'étude de Hufbauer.

36. On peut ainsi mentionner les travaux d'Ampère sur les gaz parfaits ou les descriptions d'espèces minérales nouvelles par Gillet de Laumont.

37. Sur la base de la très extensive *Liste des astronomes connus actuellement vivants*, établie dans les années 1776-1778 par Jean III Bernoulli, il semblerait que le nombre des non-spécialistes de ce genre se situerait aux environ 1,2 fois celui des spécialistes proprement dits.

38. Toujours en transposant les données de la *Liste des astronomes* de Bernoulli, nous estimons ce coefficient de chimistes occasionnels à 4,5 fois le nombre de spécialistes.

39. Le nom de Monge est resté associé à la géométrie descriptive, à la mécanique et à la physique. Quant à Rousseau, inclus dans la catégorie des savants de second plan pour ses publications sur la botanique, il fut aussi un chimiste occasionnel, auteur d'*Institutions chymiques* demeurées inachevées.

Au-delà de ces catégories se déploie encore le vaste horizon des amateurs, des dilettantes et de tous les savants d'importance mineure (catégorie C) [40]. Leur nombre excède sans doute de moitié celui des savants de catégorie A et B pris ensemble. Mais les fluctuations d'effectifs de court ou de moyen terme peuvent être importantes, selon l'évolution des modes scientifiques. D'après une étude encore inédite de John Perkins, le nombre d'amateurs de chimie fut particulièrement important dans la France des années 1770 et 1780, tant en province qu'à Paris. Ceux dont la chimie fut l'activité scientifique principale (C1) ont pu jouer un rôle important au niveau local. Certains pharmaciens, comme les Matte ou Boulduc, ont même constitué de véritables dynasties de chercheurs. Les autres catégories d'amateurs (C2, C3) servent avant tout à donner une idée de l'étendue et de la complexité de l'« entreprise chimique », ainsi que de l'importance de ses rapports avec la société au sens large. Il est évidemment impossible de fixer les frontières de cette entité, et de déterminer le nombre d'individus qui ont participé de près ou de loin aux activités de ce qu'on pourrait appeler la « République des chimistes ».

4 La « République des chimistes » des années 1680-1890 : essai de géographie

Même limitée aux chimistes spécialisés de premier et de second plan, la « République des chimistes » est encore loin d'être homogène. Un petit nombre de chercheurs publie en effet la majorité des ouvrages et des articles et cumule les affiliations académiques, tandis que la plupart des chercheurs publient peu et n'ont droit qu'à une reconnaissance académique limitée, voire inexistante. Afin de représenter plus fidèlement le potentiel de recherche de chaque savant, et par conséquent de chaque lieu, il peut donc se révéler utile de subdiviser le groupe des 351 chimistes de premier plan en trois sous-groupes dont les effectifs sont inversement proportionnels à l'importance scientifique, mesurée notamment en termes de publications [41]. Des coefficients correspondants ont ainsi été appliqués à la répartition cartographique des chimistes de la période 1680-1890 [42].

Comme cette période a connu de profonds changements politiques, sociaux et institutionnels aussi bien que scientifiques ou intellectuels, il nous a paru utile de la subdiviser en quatre phases. Les chimistes de notre échantillon ont donc été répartis en quatre cohortes en fonction leurs dates de naissance et de formation, et par conséquent de leurs périodes d'activité (sommet de carrière) (tab. 2).

40. Ces individus peuvent être formellement identifiés, et donc recensés, à partir du moment où ils répondent à l'un au moins des six critères suivants : 1° avoir publié ; 2° figurer dans un index historique tel que Poggendorff, 1863 ; 3° être affilié à au moins une académie ou société savante ; 4° posséder un équipement scientifique d'une certaine importance (un laboratoire pour un chimiste) ; 5° occuper une position institutionnelle (professeur, directeur d'institution scientifique) ; 6° avoir collaboré de façon significative avec un savant de premier plan.

41. Concrètement, cela donne une élite de 29 chimistes de tout premier plan (A ++), un sous-groupe de 68 chimistes d'importance majeure (A +) et un sous-groupe de 254 chimistes d'importance moyenne (A –). Sur les critères formels qui ont permis de délimiter ces groupes, voir Andurand, Jegou, Maisonnobe & Sigrist, 2015, p. 57-59.

42. Afin de rendre compte au plus près des changements de résidence des chercheurs, nous avons affecté des coefficients de 8, 6 et 4 aux membres des sous-groupes A ++, A + et A –, et un coefficient de 2 aux membres du groupe B.

Tableau 2 – Caractères principaux des quatre cohortes de chimistes de la présente étude (c. 1680 – 1890)

COHORTES DE CHIMISTES	Première	Deuxième	Troisième	Quatrième
Sommet de carrière	c. 1680-1765	c. 1765-1810	c. 1810-1860	c. 1860-1890
Naissance	c. 1630/40-1725	1726-1770	1771-1820	1821-1850
Formation	c. 1650/60-1745	c. 1745-1790	c. 1790-1840	c. 1840-1870
Nombre de chimistes localisés	384	647	1278	1375
Secteurs de formation	Médecine	Pharmacie Médecine	Sciences Pharmacie	Science
Caractère de la période	Absolutisme Despotisme éclairé	Lumières Révolution Empire français	Libéralisme Romantisme Nationalismes	Nationalismes Industrie
Institutions scientifiques	République des lettres Académies	Académies Universités Grandes écoles	Universités Grandes écoles	Universités Instituts de recherche
Thèmes dominants	Iatrochimie	Révolution chimique	Chimie organique	Tableau périodique
Pays dominants (en nombre de chimistes)	États allemands France Grande-Bretagne	France États allemands Grande-Bretagne	États allemands France Grande-Bretagne	Allemagne Grande-Bretagne France
Villes principales (en nombre de chimistes)	Paris Londres Berlin Stockholm Halle	Paris Londres Berlin St-Pétersbourg Genève	Paris Londres Berlin Stockholm Munich	Paris Londres St-Pétersbourg Berlin Vienne

4.1 Cohorte 1680-1765 : héritiers de l'iatrochimie ou pionniers de la chimie moderne ?

La première cohorte rassemble des savants dont le sommet de carrière se situe entre 1680 et 1765. Ils sont donc nés entre 1630/40 et 1725, et ont été formés entre le milieu du XVIIe siècle et 1745 environ. Près de la moitié d'entre eux ont fait des études en médecine [43], un quart en pharmacie (15 % en Allemagne) [44] et le dernier quart se répartit pour l'essentiel entre des facultés non-scientifiques (fréquemment théologie en Allemagne, droit en France, « arts » en Grande-Bretagne), des filières d'ingénieurs (des mines en Allemagne, militaires en France) et un petit groupe d'autodidactes (surtout en Grande-Bretagne). Professionnellement parlant, la plupart des chimistes ont eu des parcours compliqués, qui impliquent généralement l'exercice simultané de

43. Données valables pour la France, l'Allemagne et la Grande-Bretagne, qui représentent à eux trois plus des deux tiers des effectifs.

44. En Allemagne, où un certain nombre de chimistes (13 %) préfèrent fréquenter des facultés de philosophie ou des écoles techniques, la proportion des formations en pharmacie n'est que de 15 %.

Figure 3 – Distribution géographique des principaux chimistes (A1 et B1) de la période 1680-1765. Les frontières sont celles d'avant 1740

deux ou trois activités. Celles-ci relèvent notamment de la médecine, de la pharmacie, de l'enseignement, de la recherche et de l'administration. Mais on trouve aussi des statuts sans liens directs avec la chimie, tels que rentier ou ecclésiastique, industriel et commerçant ou encore des professions libérales (juristes, journalistes) et artisanales.

La forte présence de médecins et de pharmaciens parmi les chimistes de cette première cohorte – celle des pionniers de la chimie « moderne » – résulte d'un héritage historique : celui de l'iatrochimie. L'enseignement de la chimie fait ainsi souvent partie du cursus des facultés de médecine ou d'établissements à vocation médico-pharmaceutiques tels que le Jardin du roi de Paris. Néanmoins, la proportion des médecins pratiquants est inférieure à celle des formations en médecine : elle représente en moyenne 27 % des statuts socioprofessionnels en France, 30 % en Allemagne, 45 % en Grande-Bretagne, et diminue d'ailleurs au fil de la carrière. Il en va de même pour les pharmaciens (17 % des statuts en France, 15 % en Allemagne, 14 % en Grande-Bretagne). L'évolution se fait au profit des enseignants, qui représentent déjà un tiers des statuts en Allemagne, essentiellement des professeurs de médecine ou de science des mines et métallurgie, plus rarement des professeurs de chimie. Ils sont un quart France, pour moitié professeurs (généralement de médecine et de pharmacie), et pour moitié démonstrateurs de chimie (royaux, provinciaux, ou privés), et 18 % en Grande-Bretagne (presque tous lecteurs ou démonstrateurs itinérants).

La distribution géographique de ces acteurs (tab. 1) révèle l'importance du système des académies royales. Les principaux groupes de chimistes sont en effet localisés dans

les villes qui sont dotées de grands établissements de ce genre : Paris, Londres, Berlin, Stockholm, Saint-Pétersbourg. On en trouve aussi à Bologne et dans des villes universitaires comme Halle, Leipzig, Leyde ou Montpellier, dans quelques centres miniers (Freiberg en Saxe) ainsi que dans différentes autres localités allemandes, britanniques, françaises, suédoises et italiennes. L'essentiel de l'activité se regroupe dans la partie Nord de l'Europe occidentale et centrale, ainsi qu'en Italie. En tant que nation, la France regroupe 32 % du potentiel de recherche européen, les États allemands 32 % également (Prusse 10,5 %, Saxe 6 %), la Grande-Bretagne 14,5 %, la Suède 7 %, les États italiens 4,5 %, les Pays-Bas 3,5 %, la Russie 3 %.

4.2 Cohorte 1765-1810 : les acteurs de la « Révolution chimique »

La seconde cohorte regroupe des chercheurs dont l'activité se situe pour l'essentiel entre 1765 (fin de la Guerre de sept ans) et 1810 (apogée de l'empire napoléonien, mais aussi fondation de l'Université impériale et de l'université de Berlin). Ils sont donc nés entre 1726 et 1770 et ont été formés entre 1745 et la veille de la Révolution française. En France, la formation médicale décline (24 %) au profit de la pharmacie (46 %), mais la situation est équilibrée dans les États germaniques (34 % chaque). En Grande-Bretagne, on compte encore 42 % de formations médicales (notamment dans les universités écossaises et les hôpitaux de Londres), pour 8 % de formations pharmaceutiques. Dans ce pays de tradition, on trouve toujours beaucoup de chimistes passés par les humanités (« arts ») des collèges traditionnels (21 %), voire par la théologie (6 %), ainsi que des apprentis qui se destinent à travailler dans les manufactures (15 %). En Allemagne, les formations scientifiques en faculté de philosophie (15 %) commencent à rivaliser avec celles en faculté de médecine (34 %).

Professionnellement, la corporation médicale représente encore 31 % des chimistes en Grande-Bretagne, mais seulement 8 % en France et dans les pays germaniques. À l'inverse, la corporation pharmaceutique, qui ne signifie presque rien en Grande-Bretagne (3 %), représente toujours 17 % des chimistes français. La profession, qui bénéficie de la création de l'École royale de pharmacie (1777) semble donc avoir joué un rôle important dans la « Révolution pneumatique » [45]. En Allemagne, où les pharmaciens de province sont extrêmement nombreux, la corporation représente même 30 % des chimistes [46]. Pour ce qui concerne les enseignants, leur proportion demeure de 33 % en Allemagne (où les professeurs de chimie remplacent les professeurs de médecine) et de 25 % en France (où les professeurs remplacent les démonstrateurs, avec des salaires et des statuts améliorés après la Révolution). Elle augmente à 23 % en Grande-Bretagne, où l'intérêt grandissant des corporations, des sociétés savantes et du public pour la chimie permet à la moitié des démonstrateurs de devenir des professeurs entre la fin du XVIIIe siècle et l'aube du XIXe. Nous verrons ultérieurement ce qu'il en est des chimistes employés par l'État, par l'industrie, ainsi que des intellectuels indépendants. Il convient toutefois de noter qu'à une époque où la chimie tend à se rapprocher de l'histoire naturelle, la proportion d'amateurs, sociologiquement parlant, demeure importante. Ainsi 14 % des chimistes français et 21 % des chimistes britanniques se

45. Simon, 2005 parle même de rôle majeur. Les préoccupations liées à la salubrité de l'air, à la gestion sanitaire des hôpitaux, à l'hygiène de la ville de Paris et au transfert des cimetières de la capitale, étaient en effet susceptibles d'intéresser les pharmaciens.

46. Sur les pharmaciens chimistes allemands, voir Klein, 2007.

Figure 4 – Distribution géographique des principaux chimistes (A1 et B1) de la période 1765-1810. Les frontières sont celles d'avant 1789

recrutent au sein d'une élite de magistrats, de propriétaires terriens et de représentants des professions libérales, qui maintiennent vivants des liens traditionnels entre science, philosophie et culture générale.

La « topographie chimique » de la période (tab. 2) voit apparaître de nouveaux centres, mais confirme la prédominance des grandes métropoles académiques que sont Paris, Londres, Berlin et Saint-Pétersbourg. Stockholm est néanmoins éclipsée par Uppsala, dont l'université est à son apogée, et Bologne par Turin, qui bénéficie d'une sorte de symbiose entre science, pouvoir et volonté de modernisation éclairée. Les autres centres principaux montrent des structures institutionnelles et sociales variées. Genève, Dublin et Philadelphie ont ainsi des élites urbaines qui s'intéressent à la chimie. Édimbourg et Cambridge, sont des villes universitaires, touchées ou non par la Révolution industrielle. Erfurt a pour sa part une académie peuplée d'universitaires intéressés par les questions pratiques. Manchester enfin est une ville industrielle, comme Londres et Paris le sont en partie. D'autres centres de recherche se dessinent dans de nombreux États allemands, dans l'Angleterre des Midlands, en Écosse et en Irlande, et même dans les semi-périphéries que sont la partie habsbourgeoise de l'Empire, la Pologne ou encore l'Empire espagnol (jusqu'à Mexico et Bogotá, en dehors de la carte). En France, les villes de province restent dans l'ombre de Paris, qui compte à elle seule pour 20 % du potentiel de recherche de la chimie occidentale. En tant que nation, la France représente 26 % de ce total, les États germaniques 23,5 % (Prusse 8 %, Saxe 4 %), la Grande-Bretagne 20,5 %. Viennent ensuite la Suède (5,5 %), l'Italie (5 %), la Russie (4 %), les Pays-Bas et la Suisse (3 % chaque).

4.3 Cohorte 1810-1860 : l'essor des professionnels et de la chimie organique

Pour les chimistes de la troisième période, dont le sommet de carrière se situe entre la fondation de l'université de Berlin et l'essor de la grande chimie industrielle, la tendance dominante fut sans doute la professionnalisation. Nés entre 1771 et 1820, ces chimistes ont été formés dans des structures plus spécialisées que par le passé, établies par la Révolution française, l'Empire napoléonien ou les régimes de la Restauration. La première caractéristique majeure de la période est sans doute la montée en puissance des formations scientifiques. C'est notamment le cas en Allemagne, où cette filière, favorisée par le déplacement de la chimie des facultés de médecine vers les facultés de philosophie, représente désormais 39 % des formations de chimistes. C'est également le cas en France, où 27 % des chimistes (contre 9 % à la fin de l'Ancien Régime[47]) bénéficient de formations scientifiques et techniques supérieures[48]. En Grande-Bretagne enfin, où la formation scientifique prend du retard dans les universités d'Oxford et de Cambridge, mais aussi en Écosse, une bonne partie des 21 % de chimistes passés par cette filière ont en réalité été formés dans les universités allemandes, notamment à Giessen. Malgré tout, il n'existe pas de rupture radicale avec le passé. Ainsi, la formation pharmaceutique demeure importante. Elle prévaut même plus que jamais en France (40 %), grâce notamment à la pharmacie militaire, en plein essor sous la Révolution et l'Empire. En Allemagne, elle constitue la seconde formation (29 %) derrière les sciences, mais devant la médecine. En Grande-Bretagne, où la filière universitaire classique, celle du « *college of arts* », demeure importante (14 %), la formation pharmaceutique est toujours marginale (7 %), tandis que celle en médecine demeure une option majeure (34 %). Parmi les chimistes français et allemands, cette dernière ne représente plus que 20 % et 18 %.

Conséquence de cette évolution de la pédagogie, la proportion de chimistes enseignants augmente encore, pour s'établir à 41 % en Allemagne. Après 1830, l'essentiel des créations de postes concernent cependant moins les universités que les écoles polytechniques (*Technische Hochschulen*) et, au niveau secondaire, les *Gewerbeschulen* (écoles industrielles et commerciales) ainsi que les *Realschulen*, où la chimie est généralement enseignée conjointement avec d'autres sciences, en particulier la physique. En général, la proportion des chimistes professeurs de physique ou même d'agronomie augmente au détriment de ceux qui enseignent la pharmacie. La multiplication des instituts agronomiques et forestiers est aussi une caractéristique de la période en Allemagne. En France, la proportion des enseignants atteint 42 %, notamment grâce à la création de l'École normale supérieure (1826) et de l'École centrale des arts et manufactures (1829). En Grande-Bretagne, c'est aussi après 1830 que les milieux concernés entreprennent de rattraper l'Allemagne et la France en matière de pédagogie scientifique. Les 35 % d'enseignants demeurent cependant, pour un tiers d'entre eux, des lecteurs et des démonstrateurs, avec une variété de statuts extrême : seule la moitié des enseignants est en effet rattachée à des collèges universitaires, militaires

47. Ces 9 % étaient passés par le Jardin du roi, le Collège de France ou encore l'École des mines.

48. 16 % passent par Centrale, l'École normale supérieure, le Muséum, ou encore les facultés de sciences, 11 % par les grandes écoles techniques (Polytechnique, Mines, Ponts et Chaussées). À titre de comparaison, les écoles allemandes des mines ne forment plus que 2 % des chimistes de la même période, la plupart des ingénieurs des mines devenant désormais des minéralogistes, des métallurgistes ou géologues.

ou techniques ou encore à des institutions telles que la Royal Institution ou le Royal College of Mines ; une moitié relève d'hôpitaux et d'écoles de médecine, d'académies et sociétés savantes, de corporations et de sociétés pharmaceutiques, industrielles, agricoles ou vétérinaires, sans oublier les *Mechanics' Institutes* qui sont en général des créations privées.

En ce qui concerne la proportion des chimistes employés par l'État, elle atteint environ 10 % dans chaque pays, ce qui par rapport à la période précédente représente curieusement une baisse en France, mais une augmentation en Allemagne et surtout en Angleterre, où cette catégorie était jusque-là inexistante. Ce pourcentage est même un peu plus élevé si l'on inclut les analystes qui vivent presque exclusivement des expertises d'État (eaux, produits alimentaires, gaz, expertises légales). Dans le secteur industriel, la Grande-Bretagne reprend un net avantage sur ses concurrents, avec 20 % de ses chimistes travaillant dans l'industrie contre 9 % en France et 10 % en Allemagne, abstraction faite du secteur minier (3,5 %). Les médecins représentent encore 14 % des chimistes en Grande-Bretagne, mais ils ont quasiment disparu des communautés française (4 %) et allemandes (3 %). À l'inverse, les pharmaciens, qui ne sont plus que 3 % en Grande-Bretagne, représentent encore 17 % des chimistes en France et 16 % en Allemagne. Finalement, la proportion des chimistes issue des élites aristocratiques et bourgeoises tombe à 6 % en France contre 9 % en Allemagne et 12 % en Grande-Bretagne.

Sur la carte des concentrations de chimistes, les grandes métropoles de Paris, Londres, Berlin, Stockholm et Saint-Pétersbourg viennent toujours en tête (fig. 3), mais elles sont désormais dotées de structures universitaires aussi bien qu'académiques. Cela relativise la distinction avec les centres universitaires traditionnels tels que Heidelberg, Göttingen ou Giessen. Certaines universités sont désormais au cœur de villes industrielles comme Glasgow ou Édimbourg ou les nombreux centres du couloir rhénan, de Bâle à Bonn. La ville industrielle de Manchester, toujours sans université, demeure une exception. Des capitales en plein renouvellement comme Munich, Vienne ou Philadelphie attirent aussi une multitude d'institutions de recherche et d'industries, et donc de chimistes. Le remarquable essor des centres germaniques fait de la chimie allemande une nouvelle référence, avec 30 % de la capacité globale de recherche (Prusse 9 %, Bavière moins de 5 %, Bade et Saxe 2,5 % chaque). La chimie française, qui fait encore 25 % du total demeure essentiellement parisienne (18 %). Quant à la chimie britannique (19 %) elle est un peu plus centrée sur Londres (9 %) qu'auparavant, en dépit de la présence maintenue de Glasgow, Édimbourg, Manchester et Dublin. La chimie suédoise est à nouveau centrée sur Stockholm, grâce à la fondation en 1807 du *Karolinska Instituet*. Celle de l'Italie demeure l'affaire d'une multitude de petits centres. Enfin, de nouveaux centres universitaires font leur apparition dans l'empire des Habsbourg, dans l'empire russe, ainsi qu'en Suisse et en Belgique.

4.4 Cohorte 1860-1890 : la spécialisation et la montée des enjeux industriels

La quatrième et dernière cohorte de chimistes rassemble les individus nés entre 1821 et 1850, soit ceux qui dont le sommet de carrière se situe entre l'unification de l'Italie (1860) et le renvoi de Bismarck (1890). Ils ont appris le métier entre 1840 et 1875,

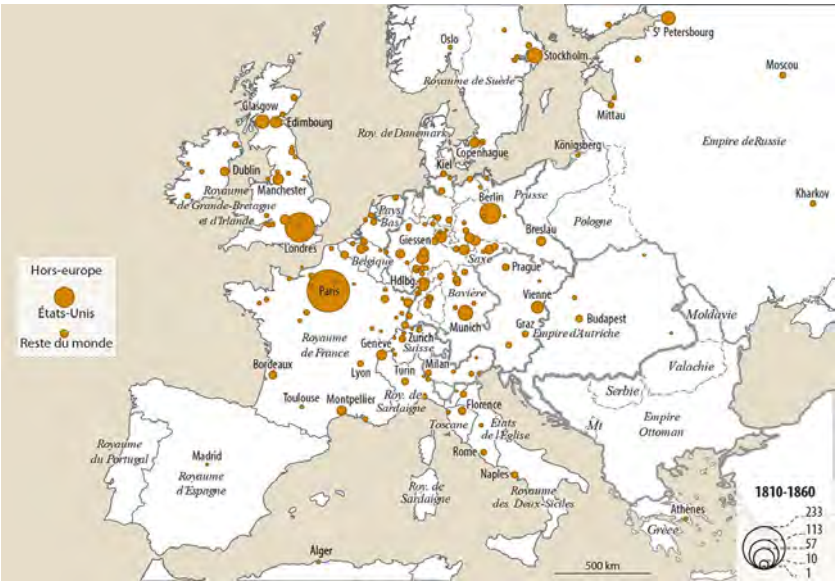

Figure 5 – Distribution géographique des principaux chimistes (A1 et B1) de la période 1810-1860. Les frontières sont celles d'après 1830

soit à une époque où l'introduction de la formation en laboratoire dans les universités fait sentir tous ses effets. C'est d'abord vrai en Allemagne, dont 69 % des chimistes de la période sont passés par les facultés de philosophie ou les écoles polytechniques (*Technische Hochschulen*)[49]. L'introduction de la chimie dans le programme des *Gewerbeschulen* (écoles professionnelles) élargit d'ailleurs considérablement la base de recrutement des futurs spécialistes. En Angleterre, les chimistes avaient pris l'habitude dès les années 1830 de se rendre dans des facultés allemandes telles que Giessen (Liebig), Heidelberg (Leopold Gmelin) ou Marburg (Bunsen). La campagne de la British Association for the Advancement of Science pour la création d'institutions scientifiques aboutit à la fondation en 1845 de la Royal School of Chemistry, où Hofmann enseigna pendant vingt ans. À partir de 1865, un doctorat en sciences fut proposé à Londres comme une alternative aux doctorats allemands en philosophie, ou aux doctorats écossais en médecine. Ainsi, 61 % des chimistes britanniques reçoivent désormais une formation scientifique, que ce soit chez eux ou en Allemagne. Les filières littéraire (10 %), médicale (9 %) et pharmaceutique (7 %) viennent loin derrière. En France, la proportion des formations en science n'est « que » de 54 %, soit 31 % pour les facultés, 12 % pour l'ENS ou Centrale et 11 % pour les grandes écoles d'ingénieurs. La formation médicale et celle en pharmacie, (désormais centrée sur l'École de pharmacie et les facultés universitaires) se maintiennent en effet mieux qu'en Allemagne ou en Grande-Bretagne avec 18 % et 13 %.

Le modèle universitaire allemand fait désormais figure de référence, même en France, où les demandes de renouvellement institutionnel aboutissent à la création en 1868

49. Les formations en médecine et en pharmacie ne représentent plus que 8 % et 13 % des chimistes allemands.

de l'École pratique. Celle-ci vise à promouvoir la formation pratique et la recherche doctorale, tout en préparant des enseignants pour les universités [50]. Cette institution comprend d'emblée quatre sections, dont une, dirigée par Balard, Wurtz et Jules Jamin, est consacrée à la physique et à la chimie [51]. Dès 1872, l'École pratique compte 28 laboratoires de recherche, dont 20 à Paris, hébergés principalement à la Sorbonne, au Muséum et à la faculté de médecine. S'y ajoutent 41 laboratoires d'enseignement, dont 36 à Paris [52].

Dans tous les pays occidentaux, le statut le plus fréquent d'un chimiste professionnel est désormais celui d'enseignant, un groupe qui rassemble 49 % des chercheurs allemands et 47 % de leurs collègues français et britanniques. Dans les facultés universitaires, notamment en Allemagne, l'enseignement de la chimie proprement dite tend d'ailleurs à se spécialiser, la chimie minérale se séparant de la chimie organique, la chimie analytique du génie chimique, la chimie appliquée (à l'agriculture et à l'industrie) de la chimie physiologique et pharmaceutique ou encore de la toxicologie. En France, le système universitaire devient enfin national avec la mise sur pied de nouvelles facultés en province. En Grande-Bretagne, les institutions d'enseignement, qui restent caractérisées par une extrême diversité, paraissent avoir rattrapé leur retard sur la France, voire l'Allemagne, du moins pour ce qui concerne le nombre de postes disponibles.

Devenue un facteur de la puissance des nations, la chimie joue naturellement un rôle accru dans l'industrie. En Grande-Bretagne, l'industrie chimique emploie quelque 23 % des chercheurs, une proportion supérieure à l'Allemagne (17 %) et à la France (12 %). Mais il ne s'agit que de proportions, qui n'expriment pas le potentiel de recherche de chaque pays. D'après nos estimations, le potentiel de recherche de la chimie allemande serait, sur l'ensemble de la période 1680-1890, de deux tiers supérieur à celui de la Grande-Bretagne et d'un tiers supérieur à celui de la France [53], mais cette supériorité paraît plus évidente encore pour la seule période 1860-1890. On peut donc en conclure qu'indépendamment de la qualité de la formation universitaire, l'industrie chimique allemande dispose désormais d'une capacité de recherche très supérieure à la capacité britannique. Les milieux industriels britanniques étaient d'ailleurs préoccupés par cette question, et en particulier par la montée de la chimie allemande des colorants. Leur préoccupation vira à l'inquiétude en 1885 lorsque Raphael Meldola, inventeur d'un procédé de teinture en bleu qui porte son nom, dut finalement en abandonner la fabrication face à l'intensité de la concurrence allemande. Cet échec suscita un vif débat sur les causes de la perte de l'industrie britannique des colorants, débat qui devait durer jusqu'à la première guerre mondiale [54].

50. Jusque-là, les professeurs d'université étaient principalement issus de l'enseignement secondaire.

51. Les trois autres étaient consacrées aux mathématiques, aux sciences naturelles et à la physiologie, et aux sciences historiques et philologiques.

52. Ces laboratoires concernaient les mathématiques et les sciences humaines aussi bien que les sciences expérimentales.

53. Établie sur la base d'une répartition des chimistes spécialisés en quatre catégories d'importance (voir ci-dessus note 40), cette capacité serait de unités pour 1081 pour l'Allemagne (ou plutôt les Allemagnes), de 789 pour la France et de 622 pour la Grande-Bretagne.

54. Voir l'article « Meldola » dans l'*Oxford Dictionary of National Biography*.

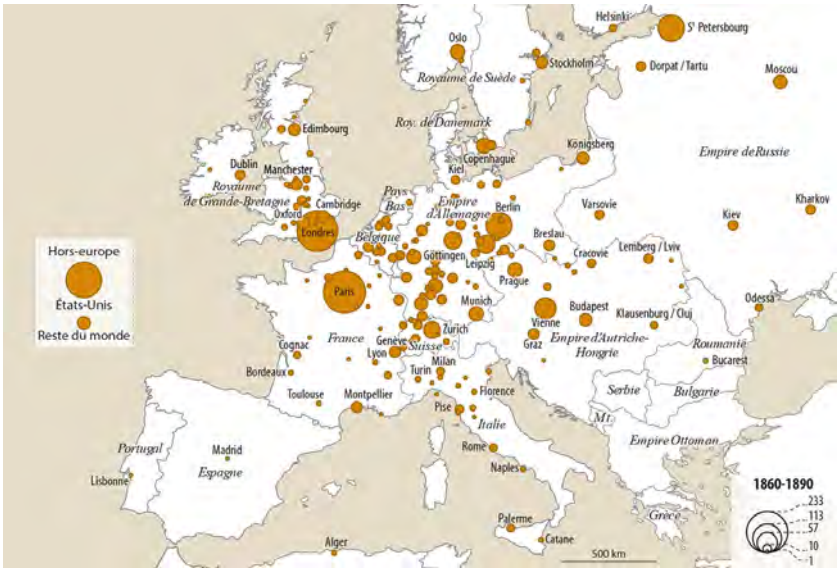

Figure 6 – Distribution géographique des principaux chimistes (A1 et B1) de la période 1860-1890. Les frontières sont celles d'après 1878

Quant aux chimistes au service de l'État, leur proportion augmente à nouveau en France (à 14 %), tandis qu'elle fléchit légèrement en Allemagne (à 8 %) et plus sensiblement en Angleterre (à 5 %), où une grande partie des analyses commanditées par l'État passent désormais par des contrats de droit privé. Un autre signe de professionnalisation est la baisse de la proportion de chimistes n'exerçant aucune profession scientifique ou pédagogique : celle-ci régresse à moins de 7 % dans chaque pays. Celle des pharmaciens et des médecins est encore plus faible, même si les pharmaciens français représentent encore 7 % des effectifs.

Après 1860, l'augmentation du nombre de chercheurs est telle que la quatrième cohorte est aussi fournie en trente ans que la troisième l'était en cinquante. La carte des localisations (fig. 4) souligne l'importance accrue de Saint-Pétersbourg et Vienne. Elle montre aussi la consolidation d'une série de centres d'importance moyenne tels que Leipzig, Göttingen, Munich, Bonn, Heidelberg, Königsberg, Tübingen et même Strasbourg, mais aussi Manchester, Oxford, Cambridge ou Édimbourg [55]. La multiplication de ces centres d'importance moyenne est aussi visible dans l'empire russe (en particulier Moscou et, hors de la carte, Kazan), dans l'empire austro-hongrois (Prague, Budapest), au Danemark (Copenhague), dans la Norvège suédoise (Oslo), en Suisse (Zurich, Genève) et, hors de la carte, aux États-Unis (Boston, New York, Philadelphie, Washington). L'Allemagne, enfin unifiée politiquement, domine le monde de la chimie avec 28 % de la capacité de recherche totale (dont la moitié en Prusse). La Grande-Bretagne, qui vient en second (17 %), a pour la première fois rattrapé et dépassé la France (14 %), Londres (9 %) devenant presque aussi importante que Pa-

55. Grâce au développement, par Henry Roscoe, d'un enseignement en laboratoire à l'Owens College (1857), Manchester devient le second pôle de Grande-Bretagne pour la recherche en chimie.

ris (10 %). D'une manière encore plus remarquable, trois empires jadis périphériques représentent désormais une part croissante de la communauté des chimistes : la Russie (9 %), l'Autriche-Hongrie (8 %) et les États-Unis (7 %). Vient ensuite la Suisse (4 %), qui grâce à sa rapide industrialisation et à son recrutement massif de chimistes allemands, dépasse pour la première fois l'Italie (3 %) et même la Suède (3,5 %).

5 La dynamique des principales nations : France, Grande-Bretagne, Allemagne

L'examen de la structure géographique de la « République des chimistes » montre donc l'existence de pôles urbains qui sont généralement des capitales d'États ou des métropoles. Certains comme Paris ou Londres sont si importants qu'ils ont pris de ce seul fait une signification nationale. La concentration parisienne est même sensible à l'échelle de l'Europe et fait de la capitale française *le* centre majeur de formation sur l'ensemble de la période considérée. C'est évidemment un effet de la centralisation des institutions de la monarchie, que la République et l'Empire ne feront que reprendre, et même renforcer. Sur l'ensemble de la période 1680-1890, Paris rassemble ainsi quelque deux tiers de la capacité de recherche française, ce qui rend sa domination écrasante pour les villes de province. Sept d'entre elles, soit Montpellier, Strasbourg, Nancy, Rouen, Dijon, Lille et Versailles comptent au total pour environ 15 % de cette même capacité. Les autres chimistes français se répartissent pour 14 à 15 % dans 45 localités de province et pour les 2 à 3 % restants dans quelques villes étrangères plus ou moins sensibles à l'influence culturelle de la France, telles que Genève, Turin, Rome ou Madrid.

Toute autre est la situation de la Grande-Bretagne, où l'État est beaucoup moins présent et ne crée d'institutions d'enseignement de la chimie qu'à partir du milieu du XIXe siècle. Londres n'en concentre pas moins 43 % environ des capacités de recherche du royaume, ce qui situe l'importance des milieux médicaux et des élites cultivées, mais aussi des manufacturiers, de la capitale. Un autre tiers des chercheurs se répartit dans quelques villes des Midlands (en particulier Manchester et Birmingham), d'Écosse (Édimbourg, Glasgow), ou d'Irlande (Dublin), sans oublier les universités d'Oxford et de Cambridge. Un cinquième enfin se disperse dans une cinquantaine d'autres lieux, tandis que 3 % sont actifs hors du pays, essentiellement à Paris. À noter que la circulation des chercheurs entre les différentes parties du pays, Irlande comprise, est beaucoup plus importante que celle des chimistes français, qui changent rarement de province et ne vont en général à Paris que pour y demeurer. Cette circulation renforce la cohésion nationale de la recherche britannique, en dépit des différences sociales et institutionnelles qui existent entre le Sud de l'Angleterre et les Midlands, sans parler de l'Écosse ou de l'Irlande [56]. L'examen des correspondances scientifiques montre par ailleurs que les échanges d'information les plus significatifs ont eux aussi un caractère très national en Grande-Bretagne [57].

56. Golinski, 1992.

57. Des recherches en cours portant sur les échanges de correspondance significatifs (plus de dix lettres et part et d'autre) indiqueraient que 79 % des échanges des savants britanniques auraient eu lieu avec de savants compatriotes.

Dans l'espace germanique, la dispersion géographique des chercheurs paraît maximale, et Berlin ne regroupe guère plus de 16 % des chimistes allemands sur l'ensemble de la période. Avec l'aide des villes universitaires de Halle, Königsberg et Breslau, la Prusse, n'en rassemble elle-même qu'un peu plus d'un quart (26,8 %) dans ses frontières de 1792, et un bon tiers (34,6 %) dans ses frontières de 1815, qui incluent également Bonn, Erfurt, Greifswald et une grosse partie de la Rhénanie. D'autres groupes de chimistes relativement importants sont établis en Saxe (Leipzig, Dresde, Freiberg), dans le Hanovre (Göttingen), en Bavière (Munich), dans le Palatinat (Heidelberg), en Hesse (Giessen, Marburg), dans le Wurtemberg (Tübingen, Stuttgart) ou ailleurs encore (Jena, Würzburg, Brunswick). Hormis Berlin, une trentaine de villes abritent ou ont abrité de petites communautés de chimistes, pour un total dépassant légèrement la moitié de la capacité de recherche (54,5 %) de la chimie allemande [58]. Les 30 % restants se dispersent sur quelque 110 autres localités, dont une trentaine à l'étranger (pour un peu plus de 7 % de la capacité de recherche allemande), notamment en Grande-Bretagne ou en Suisse. Très peu s'installent dans la partie autrichienne de l'Empire ou dans les autres territoires des Habsbourg.

Tout au long du XVIIIe siècle, la Prusse s'inspire largement du modèle académique français, tout en participant également aux échanges universitaires interallemands. Dans les autres États allemands, ce sont les universités qui offrent l'essentiel des postes de chercheurs. Ces universités témoignent de la volonté des principaux États allemands de former leurs propres élites administratives, médicales et spirituelles. Elles ont en règle générale des activités scientifiques plus développées dans les pays de tradition protestante (Saxe, Hanovre, Hesse, Nassau, Brunswick, Mecklembourg, Wurtemberg) que dans ceux de tradition catholique (Bavière, Palatinat, évêchés de Trêves, Cologne, Münster, Mayence, Würzburg et Bamberg), même si cela ne vaut pas pour tous les secteurs [59]. Quoi qu'il en soit, la circulation des étudiants et des professeurs entre ces différents établissements, donne peu à peu aux savants et aux intellectuels allemands le sentiment de former une communauté nationale. Pour ce qui concerne les professeurs de chimie, dont le nombre passe de trois ou quatre vers 1720 à une quinzaine dans les années 1780 et à une vingtaine en 1810, ce sentiment national explique en partie la réticence de certains à accepter la chimie « française » de Lavoisier [60].

En Autriche et dans les autres terres des Habsbourg, la situation est différente. Le pouvoir impérial, qui reste fort, limite en effet l'autonomie des universités [61]. La monarchie danubienne reste d'ailleurs en marge du réveil culturel allemand des années 1770 et 1780, qu'il s'agisse du *Sturm und Drang* ou de l'essor de la philosophie

58. Par ordre d'importance, ces vingt-huit villes sont : Leipzig, Göttingen, Munich, Heidelberg, Halle, Giessen, Bonn, Jena, Königsberg, Breslau, Marburg, Tübingen, Dresde, Erfurt, Stuttgart, Würzburg, Brunswick, Freiberg, Kiel, Nuremberg / Altdorf, Wiesbaden, Freiburg i. B., Hanovre, Karlsruhe, Francfort a. M., Greifswald, Cassel et Erlangen.

59. On a souvent mis en avant le fait que l'Aufklärung a eu un caractère majoritairement protestant, et souvent piétiste, du fait que les pays protestants concentraient l'essentiel des universités allemandes. Cela vaut aussi en règle générale pour le développement des sciences, à l'exception notable de la médecine, beaucoup plus uniformément répartie, de l'astronomie ou encore de la botanique, volontiers pratiquées par le clergé catholique.

60. Hufbauer, 1982. Sur l'attitude des chimistes allemands face à Lavoisier, voir aussi Brock, 1992, p. 87.

61. C'est ainsi que l'Université de Graz fut fermée en 1782 et transformée en lycée pour la formation de fonctionnaires et de médecins. Elle ne retrouva son statut d'université qu'en 1827.

allemande. Elle n'est guère affectée non plus par le développement du *Bildungsbürgertum*, cette classe moyenne d'universitaires qui allait devenir le principal agent de l'unification culturelle allemande. Après 1815, le fossé se creuse encore entre l'Autriche de Metternich et les universités allemandes, devenues des foyers de libéralisme et de nationalisme. C'est donc sans surprise que les savants autrichiens furent exclus de la Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, établie en 1822 comme foyer national de la science allemande.

Nous verrons que l'essor de la chimie allemande ne restera pourtant pas sans incidences sur les États des Habsbourg, comme d'ailleurs sur la Russie ou les États-Unis. Si cet essor a tant frappé les contemporains de Liebig, c'est sans doute parce qu'il coïncidait avec l'émergence d'une nation qui n'existait pas au XVIIIe siècle, et dont la démographie était elle aussi beaucoup plus dynamique que celle de la France, sinon de la Grande-Bretagne [62]. Avec le recul, ce développement s'inscrit pourtant dans la continuité d'une tendance que l'on constate déjà à la fin du XVIIIe siècle. Dès cette époque en effet, les chimistes vivant dans l'espace germanique étaient un peu plus nombreux que ceux qui exerçaient en France ou en Grande-Bretagne (fig. 5). Malgré tout, le rythme de développement de la chimie allemande demeure très comparable, jusque dans les années 1830, à celui de ces deux autres nations. Ceci vaut en particulier pour le nombre total de chimistes.

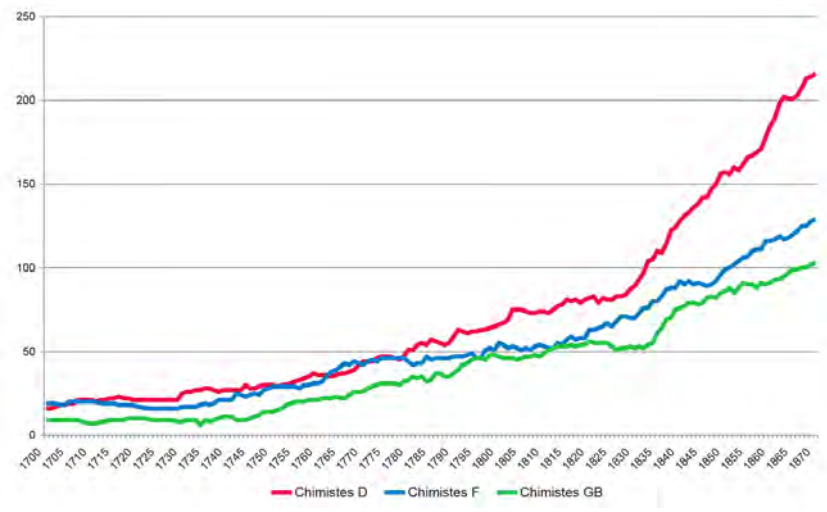

FIGURE 7 – Évolution du nombre de chimistes spécialisés formellement identifiables (A1 et B1) en Allemagne, en France et en Grande-Bretagne, 1700-1870

Si l'on considère séparément le cas des savants de premier plan (A1), dont le rôle dans le développement d'une discipline est manifestement crucial, l'avantage pris par l'Al-

62. La population des Allemagnes demeura inférieure à celle de la France tout au long du XVIIIe siècle. En 1800, cette population était de 24,8 millions (France : 27,3). Grâce à une croissance de 44 % dans la première moitié du XIXe siècle (contre 28 % pour la France), l'écart fut rattrapé en 1850, avec 35,9 millions d'habitants pour l'Allemagne contre 35,7 pour la France. En 1870, cette population était de 41 millions (France : 36,1). (Source : Maurice Halbwachs & Alfred Sauvy, *Le point de vue du nombre*, Paris, 1936.)

lemagne paraît encore moins évident, ou plus tardif (fig. 6). À ce niveau, c'est même l'Allemagne qui semble en retard, la France creusant à partir des années 1740 un avantage qui s'accentue au moment de la Révolution chimique et se maintient jusqu'au milieu du XIXe siècle. Le prestige acquis par Lavoisier et ses collaborateurs, affermi sous la Révolution et l'Empire par Berthollet et la société d'Arcueil, se maintient dans la première moitié du XIXe siècle grâce à la brillante génération des Chaptal, Vauquelin, Gay-Lussac, Thénard, Courtois et autres Pelletier. Quant à la Grande-Bretagne, elle connaît dans la seconde moitié du XVIIIe siècle un remarquable développement, qui la place au niveau de la France au moment des guerres révolutionnaires et impériales, mais qui est suivi par un tassement tout aussi marqué entre 1815 et 1840.

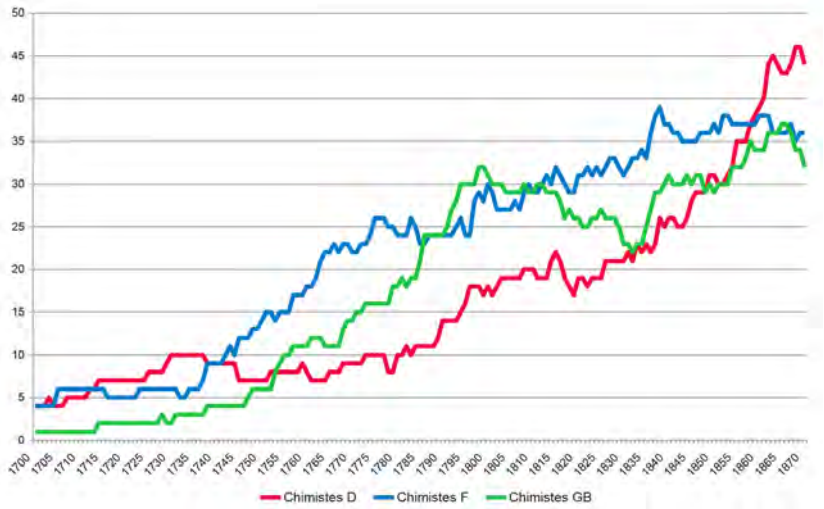

FIGURE 8 – Évolution du nombre de grands chimistes (A1) en Allemagne, en France et en Grande-Bretagne, 1700-1870

Globalement donc, et jusqu'au milieu du XIXe siècle, l'Allemagne produit moins de chimistes de premier plan que la France, ou même la Grande-Bretagne, et plus de chimistes de second plan. Cela tient-il à des raisons structurelles ? On est en tout cas tenté d'établir une corrélation entre le nombre de grands chercheurs et les concentrations métropolitaines que l'on constate à Paris ou Londres, mais qui font défaut en Allemagne. L'explication serait la suivante. Dans un régime scientifique de pénurie, où le nombre de spécialistes est limité et les possibilités de collaborations à distance réduites, un regroupement en un même lieu de chercheurs qualifiés multiplie les opportunités de collaboration et accroît l'émulation mutuelle. Pour que l'Allemagne surmonte un tel handicap, dû à son émiettement politique et géographique, il a fallu que son système universitaire devienne véritablement national, de manière à assurer une véritable mise en réseau des compétences existantes. À partir du moment où la circulation des étudiants et des professeurs a permis d'atteindre ce niveau de collaboration et de diffusion des savoirs, les handicaps dus à l'émiettement politique et géographique ont disparu et les chimistes allemands se sont mis à fonctionner comme une véritable communauté nationale de spécialistes. C'est peut-être là que réside l'ex-

plication ultime de l'impression d'émergence de la chimie allemande ressentie par les observateurs à partir des années 1830-1840. Accessoirement, l'association entre formation théorique et formation pratique en milieu universitaire a permis de surmonter le conflit, traditionnel en Allemagne, entre culture savante et culture pratique, un conflit préjudiciable au développement de la chimie [63].

6 Le rôle des politiques étatiques dans le développement de communautés nationales

Notre propos n'est pas d'examiner ici le rôle des États dans le développement de communautés nationales de chercheurs. Nous nous contenterons de recenser quelques faits qui concernent plus particulièrement les chimistes. On cherchera notamment à savoir si le relatif essoufflement de la chimie française après 1840, ou les importantes fluctuations du nombre de grands chimistes britanniques, ont un rapport avec le nombre de postes disponibles, et donc avec le développement des institutions d'enseignement et de recherche financées par les États.

Il est difficile d'établir des statistiques précises du nombre de postes disponibles pour des chercheurs en chimie. Mais on peut estimer le nombre d'équivalents de postes à plein temps que les chimistes de notre échantillon ont occupé dans l'enseignement ou dans l'appareil d'État (fig. 7). On découvre alors que les opportunités de carrière offertes aux chimistes des trois principales nations européennes n'ont pas toujours eu des répercussions immédiates sur le nombre de chercheurs en activité. Le cas de la Grande-Bretagne, dont la communauté de chimiste croît, au cours du XVIIIe siècle, bien plus vite que le nombre de postes disponibles semble en effet paradoxal. Il indiquerait que pour susciter des vocations de chercheurs, l'attitude de la société civile, de ses corporations et de ses entrepreneurs, est au moins aussi importante que la création d'institutions par l'État.

Tout au long du XVIIIe siècle, les chimistes français semblent les plus favorisés en matière d'institutions. À travers l'Académie des sciences, l'administration de manufactures ou d'hôpitaux, ainsi qu'un certain nombre d'inspections techniques (pharmacies, monnaies, teintures, eaux minérales), la monarchie d'Ancien Régime a donné un statut quasi administratif à un cinquième des chimistes français de notre échantillon. La plupart de ces fonctions n'étaient en réalité que des activités à temps partiel. En y ajoutant quelques enseignements spécialisés au Collège de France, en faculté de médecine, au Collège de pharmacie et à l'école vétérinaire d'Alfort, plus quelques charges de pharmacien d'hôpital (Invalides, Hôtel-Dieu, Pitié-Salpêtrière), cela ne représentait pas plus de vingt-cinq postes complets à la fin de l'Ancien Régime, une trentaine peut-être en y incluant quelques individus qui ne font pas partie de notre échantillon. La Prusse, qui s'inspire du modèle français, crée dès les années 1719-1723 quelques postes de chimistes à la pharmacie royale, à l'Académie royale et au sein du Collegium Medico-Chirurgicum de Berlin. Leur nombre augmente peu à peu avec la réforme de l'Académie royale (1744), puis avec la fondation de l'École des mines (1770) et de

63. Sibum, 2003.

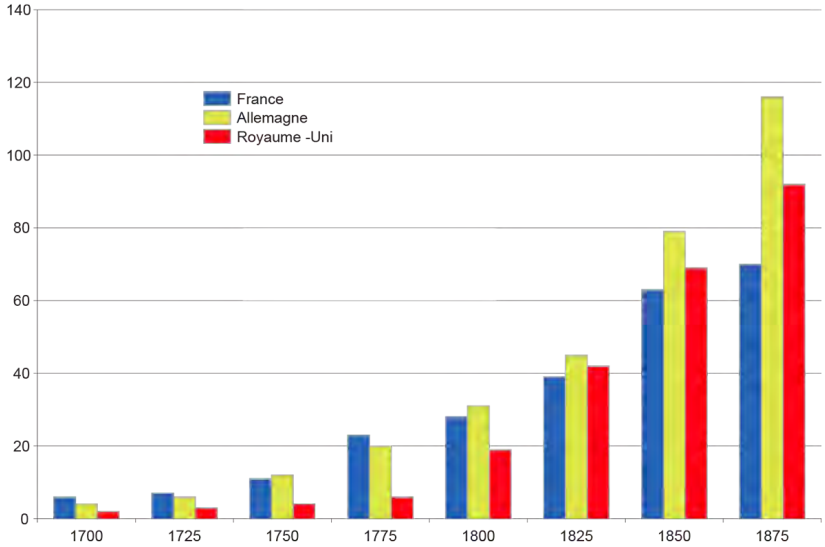

FIGURE 9 – Estimation du nombre de postes à plein temps disponibles pour les chimistes spécialisés (A1 et B1) recensés dans les trois principales nations européennes, 1700-1875

l'École d'artillerie et du génie (1787). Cette politique ne suffit cependant pas à faire de Berlin un centre scientifique capable de rivaliser avec Paris et Londres [64].

Dans l'ensemble des pays germaniques, ce sont essentiellement les universités qui offrent des situations aux chimistes. Après les trois ou quatre créations du XVIIe siècle, l'enseignement de la chimie est successivement introduit dans les universités de Giessen (1723), Helmstedt (1730), Erfurt (1740), Königsberg (1740), Duisburg (1742), Göttingen (1753), Ingolstadt (1760), Leipzig (1762), Heidelberg (1771), Greifswald (1774), Tübingen (1775), Halle (1783), ou encore Erlangen (1796). La Saxe électorale, qui salarie des professeurs de chimie et de métallurgie, crée également des postes d'ingénieurs des mines à Freiberg et de chimistes « arcanistes » à la manufacture de porcelaine de Meissen. Le duché de Brunswick possède un professeur de chimie au Collegium Carolinum, ainsi que des conseillers des mines à Blankenburg. Le Hanovre a son école des mines à Clausthal. En 1778, au moment où Crell lance son fameux *Chemisches Journal*, les chimistes germaniques se voient ainsi offrir, dans l'ensemble, presque autant de postes que leurs collègues français.

À l'opposé, la Grande-Bretagne ne compte pas d'académiciens pensionnés et très peu de professeurs de chimie. En 1775, on ne dénombre encore qu'un professeur de chimie par université (Oxford, Cambridge, Édimbourg et Glasgow), et un tout petit nombre de lecteurs dans des lieux comme l'Ashmolean Museum d'Oxford, le St. George's Hospital ou l'Apothecaries' Hall de Londres. Il existe aussi, à Londres et dans les Midlands, quelques démonstrateurs publics de chimie et quelques chimistes consultants. Par contre, un certain nombre de chimistes (environ un cinquième du total) travaillent

64. Sur l'ensemble de la période considérée, Paris rassemble trois fois plus de chercheurs que Berlin et Londres la moitié plus.

dans les secteurs traditionnels de l'aciérie, de la verrerie, des mines, ou, dans le dernier quart du XVIIIe siècle, dans un nombre croissant de fabriques d'indiennes, de colorants, d'alcalis, de magnésie et d'autres produits chimiques, sans oublier les fabriques de savons ou de vinaigre. À une époque où la pratique compte sûrement autant que la théorie, certains des plus grands chimistes anglais travaillent donc pour l'industrie ou sont eux-mêmes des industriels [65]. Par ailleurs, un petit nombre de postes de chimistes sont créés par des associations de savants, de pharmaciens ou d'industriels.

Au cours du XIXe siècle, l'avantage institutionnel de la France se réduit, et même disparaît au profit de l'Allemagne, voire même de la Grande-Bretagne. Au sortir de la Révolution, la chimie fut pourtant l'une des grandes bénéficiaires des nouvelles créations institutionnelles opérées au Muséum, à l'École des mines, à l'École de pharmacie, à l'École de médecine, au Conservatoire national des arts et métiers, et après 1808 dans les facultés de sciences et de médecine. Il faut dire qu'au moment où la République était en danger, les chimistes avaient su démontrer leur utilité en accélérant la production de poudre. Ainsi dotée d'une solide assise institutionnelle, l'École française de chimie acquit encore de nouvelles positions avec la création de l'École normale supérieure (1826), de l'École centrale des arts et manufactures (1829), puis des facultés universitaires de province. Nombre de ces positions avaient cependant un caractère subalterne (préparateurs, chefs des travaux pratiques, maîtres de conférences), tandis que les postes en province étaient considérés peu prestigieux.

Dans l'espace germanique, les créations de nouveaux postes furent aussi nombreuses dans le premier tiers du XIXe siècle qu'elles l'avaient été en France au cours des périodes révolutionnaire et impériale. Après l'invasion napoléonienne, la Prusse introduisit ainsi l'enseignement de la chimie dans de nouvelles institutions telles que l'École vétérinaire et le Gewerbe-Institut de Berlin, l'Inspection des fabriques, et bien entendu les universités de Berlin, Bonn et Breslau. La Bavière pensionnait pour sa part des chimistes rattachés à l'Académie des sciences de Munich, et nomma des professeurs de chimie dans les universités de Landshut et de Würzburg ainsi qu'à l'Institut polytechnique d'Augsbourg. Elle menait une véritable politique de développement scientifique et industriel qui aboutit en 1852 au transfert de Liebig à l'université de Munich. L'électorat de Hesse se dota de son propre Institut des mines et introduisit la chimie à l'École d'artillerie et du génie de Cassel, ainsi qu'à l'université de Marburg. Même le nouveau duché de Bade créa une chaire et un laboratoire de chimie à l'université de Freiburg, qu'elle avait hérité de l'Autriche.

En Angleterre, la fondation en 1799 de la Royal Institution témoigne de l'intérêt pour la chimie de la société civile, et plus particulièrement des élites de la capitale. Elle était néanmoins insuffisante à enrayer la stagnation, voire le déclin, de la chimie britannique dans les trois décennies qui suivent, un déclin qui semble également affecter le nombre de chimistes engagés dans l'industrie. Et pourtant, la situation institutionnelle de la discipline semble s'améliorer avec l'introduction de démonstrateurs et de professeurs de chimie dans les hôpitaux et les écoles de médecine de Londres,

65. C'est le cas de Roebuck, Keir et Brownrigg, et plus tard de Thomas Cooper, William Henry, Archibald Cochrane, David Mushet, ou encore Smithson Tennant.

ainsi que dans quelques collèges militaires [66]. Quelques experts travaillent également à la Monnaie Royale. En réalité, la chimie londonienne demeure, comme l'essentiel de la science anglaise de l'époque, partie prenante d'une culture d'amateurs et de dilettantes. Quelques chimistes plus « professionnels », souvent des « *Dissenters* » religieux, proviennent des milieux manufacturiers des Midlands, mais n'ont en général que peu de liens avec les universités [67]. Le besoin d'une formation chimique plus complète, notamment sur le plan théorique, se fit néanmoins sentir [68]. Après 1815, et surtout après 1830, il va pousser nombre d'étudiants anglais vers les universités écossaises et surtout allemandes. À l'inverse, la formation pratique en entreprise attire de nombreux chimistes allemands vers les Midlands, ou vers la périphérie industrielle de Londres.

Après 1835, le nombre de chimistes manufacturiers augmente à nouveau assez rapidement, tant à Londres que dans les Midlands ou en Écosse, dans un contexte d'essor général de la chimie anglaise. À une époque où la formation théorique s'acquiert souvent dans les universités allemandes, l'industrie britannique offre des postes d'analystes ou d'affineurs, non seulement dans la métallurgie, la verrerie, les colorants ou les textiles, mais aussi dans la brasserie et la sucrerie. À Londres, on voit augmenter le nombre de chimistes indépendants mandatés par l'industrie, ou par des agences d'État (poudres, gaz, inspections des alcalis et des rivières), voire par des collectivités territoriales. La fondation en 1845 du Royal College of Chemistry, qui devient Royal College of Mines en 1853 et Royal College of Science en 1881, comble en partie la demande de formation supérieure. Une véritable école s'y forme bientôt autour du chimiste allemand August Wilhelm von Hofmann, puis de son successeur Edward Frankland. La Royal Institution reste pour sa part orientée vers l'enseignement élémentaire, tandis que la chimie médicale et pharmaceutique est laissée à la charge des hôpitaux. L'offre des universités se développe enfin, quoique lentement, tant à Oxford qu'à Cambridge.

C'est donc par un mélange d'initiatives publiques, associatives (ou corporatives) et privées que se multiplie le nombre de postes d'enseignants et de chercheurs en Grande-Bretagne. Assez emblématique de l'importance laissée à l'initiative privée est la fondation en 1806 de la London Institution for the Promotion of Literature and Useful Knowledge, qui deviendra un important centre de recherche en chimie dans les années 1860 et 1870. La multiplication de ces initiatives aboutit après 1860 à une situation à peu près inverse de celle qui existait au XVIIIe siècle, soit un nombre de postes, et aussi de chimistes, plus grand en Grande-Bretagne qu'en France. On peut penser qu'en favorisant la concentration des chercheurs, l'efficacité des grandes institutions étatiques françaises demeurait supérieure. Mais cette concentration semblait surtout

66. À l'inverse, la réforme du curriculum introduite à Oxford en 1800 va favoriser pendant trois décennies les études classiques et mathématiques au détriment de la chimie et des autres sciences de la nature.

67. Cette opposition entre Manchester et Londres est bien illustrée par la différence d'attitude scientifique, et de milieu social, qui sépare John Dalton de Humphry Davy. Le premier, qui présidait la Literary and Philosophical Society de Manchester, considérait d'ailleurs la Royal Society de Londres comme un club d'amateurs.

68. C'est Charles Babbage qui tira la sonnette d'alarme en 1830 en publiant un retentissant pamphlet intitulé *The Decline of Science*. La fondation en 1831 de la British Association for the Advancement of Science, destinée à accélérer la professionnalisation de la recherche, fut une réponse à cette inquiétude. C'est aussi dans ce contexte que William Whewell inventa en 1833-1834 le terme de « *scientist* ».

opérer au profit de quelques grands patrons comme Dumas, Wurtz, Sainte-Claire-Deville, ou Berthelot.

7 Nations secondaires et empires émergents

Sur l'ensemble de la période 1680-1890, la France, les États allemands et la Grande-Bretagne, qui hébergent les principaux foyers de développement de la chimie moderne, concentrent, on l'a dit, près des deux tiers des chimistes spécialisés [69]. Les 35 % restants se partagent entre une multitude d'entités politiques aux dynamiques culturelles et scientifiques forts différentes. Les principales sont la Suède et l'Italie, ainsi que la Russie, l'Autriche-Hongrie et les États-Unis. Les deux premières sont de vieilles nations ayant joué, dès le XVIIIe siècle, un rôle non négligeable dans le développement de la chimie. Les trois autres sont tout à coup sorties, à partir des années 1830-1840, de la situation semi périphérique qui était la leur auparavant. Cette expansion marque le début d'un long processus d'universalisation de la chimie.

Le rôle crucial qui fut celui de la Suède dans le développement de la chimie au XVIIIe siècle n'est pas bien reflété dans le simple décompte du nombre de chercheurs en activité (fig. 8). Un recensement tenant davantage compte du potentiel de recherche placerait en effet la communauté des chimistes suédois du XVIIIe siècle au 4e rang, bien qu'assez loin derrière les trois grandes nations [70]. Entre 1740 et 1780, soit en gros à l'époque des Lumières (*Upplysning*), dit aussi l'âge de la liberté, la Suède comptait un bon nombre de chimistes de premier plan (Brandt, Wallerius, Rinman, Cronstedt, Bergman, Scheele, Gadolin), formés pour la plupart dans le laboratoire du Bergskollegium de Stockholm ou à l'université d'Uppsala. Presque exclusivement focalisés sur la chimie minérale et sur la science des mines, ces chercheurs formaient une communauté véritablement nationale, quand bien même certains d'entre eux résidaient dans des localités comme Köping, Västeras, Eskilstuna ou Strangnäs, situées il est vrai à des distances raisonnables de Stockholm et d'Uppsala. Grâce à Berzelius et à la fondation du Karolinska Instituet de Stockholm (1807), cette école connaîtra un second âge d'or entre 1810 et 1840, avant de décliner rapidement.

Contrairement à la Suède, l'Italie des chimistes n'existait quasiment pas au XVIIIe siècle. Plus qu'ailleurs, la chimie transalpine, pratiquée dans les facultés de Bologne, Rome, Pavie, Naples, Padoue ou Pise, est longtemps demeurée dépendante de la médecine et de la pharmacie. Entre 1775 et 1815, la Révolution chimique paraît néanmoins avoir suscité l'intérêt des savants et des élites italiennes, un intérêt souvent lié aux préoccupations agronomiques de l'élite foncière. Bologne, Rome et Milan s'affirment alors comme des centres scientifiques d'une certaine importance. À défaut de circulations universitaires sur le modèle allemand, l'Italie, réorganisée par Napoléon, bénéficie de la création en 1802 d'un Institut national sur le modèle français. La Restauration brise néanmoins cet élan et provoque l'exil de certains chercheurs. La véritable naissance de la chimie italienne date finalement des années 1860, à l'instigation de Cannizzaro, Piria et Bertagnini. Elle accompagne l'unification politique et institutionnelle

69. On peut en effet considérer que les chimistes allemands représentent 30,4 % des spécialistes de la discipline, les chimistes français 19,1 % et les chimistes britanniques (Irlande comprise) 15,3 %.

70. Pour le XIXe siècle, la Suède se voit dépassée par la Russie, les États-Unis et même l'empire des Habsbourg.

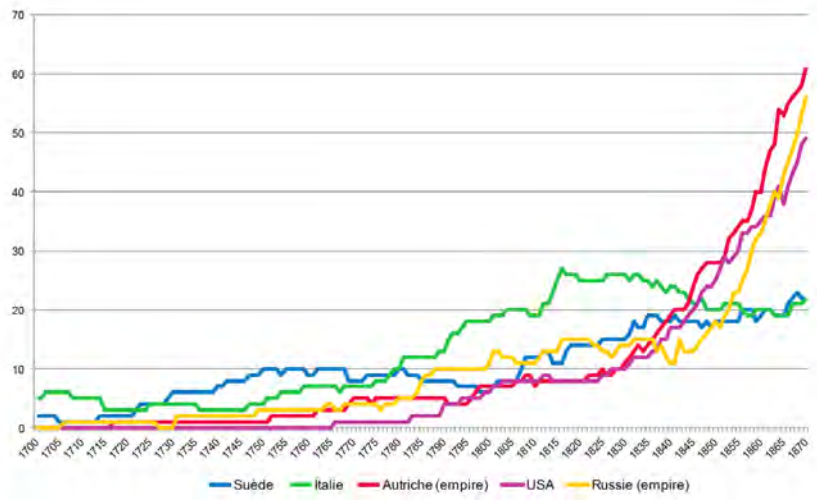

Figure 10 – Évolution du nombre de chimistes spécialisés formellement identifiables (A1 et B1) dans cinq entités politiques différentes, 1700-1870

du pays et se fait paradoxalement dans un contexte de relative stagnation du nombre de chercheurs.

Si la Suède et l'Italie appartiennent encore au centre, la Russie, les États-Unis et l'empire des Habsbourg constituèrent longtemps des sortes de semi-périphéries. La chimie russe a ainsi connu des débuts assez modestes au XVIIIe siècle, en dépit de la fondation dès 1725 de l'Académie de Saint-Pétersbourg, et de la brillante personnalité de Lomonossov (1711-1765). Jusqu'au milieu des années 1780, elle était faite pour l'essentiel par des Allemands venus chercher fortune à Saint-Pétersbourg, ainsi que par des Baltes (notamment livoniens) exerçant à l'université de Dorpat [Tartu], ou à Riga. De 1785 à 1845 environ, la Russie ne compte toujours qu'une douzaine ou une quinzaine de chimistes d'une certaine envergure, ce qui n'est, soit dit en passant, guère moins que la Suède. Grâce à l'acquisition d'importants territoires en Pologne (1793 et 1795), en Courlande (1795) et en Finlande (1814), où se trouvaient quelques universités (Vilnius, Abo [Turku], Helsinki, Varsovie [71]), grâce surtout à la création des chaires de chimie dans les universités de Moscou (1803), Kharkov (1803) et Kazan (1804), l'empire des tsars se donne cependant de nouveaux moyens politiques et institutionnels. Sous Alexandre Ier puis Nicolas Ier, la multiplication de chaires spécialisées dans les Académies, instituts et écoles des deux capitales, ainsi que dans les diverses universités de l'empire, prépare les conditions du « *take off* » des années 1850, qui sera aussi le fruit d'une politique volontariste de formation à l'étranger (Allemagne notamment). Joignant la qualité à la quantité, la génération des Beketov, Butlerov, Borodin, Mendeleev, Markovnikov, Beilstein et autres Menshutkin fera de la Russie une nation importante de la chimie de la fin du XIXe siècle.

71. L'université de Varsovie, fondée en 1816, n'eut qu'une existence languissante après 1830.

Tout aussi spectaculaire fut la progression des États-Unis, qui avant leur indépendance ne comptaient pour rien dans le monde de la chimie et qui représentent par contre 7,5 % des spécialistes entrés dans la carrière entre 1841 et 1870. De 1790 à 1825 s'est établie une première génération de chercheurs, qui, faute de maîtres et de structures adéquates, ont choisi pour la plupart d'aller se former en Europe. Par la suite, la dispersion géographique des collèges américains et des facultés de médecine n'a guère permis la mise sur pied d'un centre national capable de rassembler les professeurs et les chercheurs les plus réputés, et donc d'attirer les étudiants les plus ambitieux. Philadelphie, Boston (Cambridge), New Haven (Yale), New York et d'autres villes encore se dotèrent ainsi de leurs propres chaires et laboratoires. Aucune d'entre elles ne parvint cependant à dominer un système institutionnel en rapide expansion, surtout après 1830, et qui concernera, avant même la fin du XIXe siècle, plus de soixante localités différentes.

Le cas de l'empire des Habsbourg se rapproche des deux précédents. Comme pour l'empire russe ou pour les États-Unis, sa communauté de chimistes ne compte pas pour grand chose avant 1750, ou même 1800. Jusque-là, les chimistes « autrichiens » sont pour l'essentiel des praticiens issus des facultés de médecine de Vienne (Nicolaus Joseph von Jacquin), Budapest (Winterl) ou encore Lemberg / Lvov (Jaskiewicz). C'est encore dans ce contexte médico-botanique et pharmacologique que Josef Franz von Jacquin forme, entre 1800 et 1830 la génération des pères fondateurs de la chimie dans l'empire des Habsbourg en particulier Anton von Schrötter et Joseph Redtenbacher. Leurs très nombreux disciples vont à leur tour essaimer à Vienne, à Prague, à Budapest, mais aussi, à la faveur d'une formidable multiplication des postes d'enseignement après 1840, à Graz, Innsbruck, Lemberg, puis à Cracovie, Brünn / Brno, Klausenburg / Cluj et Czernowitz. L'unité de cette école austro-hongroise est cependant menacée par le développement de sous-groupes à vocation nationale. À Budapest, l'enseignement scientifique passe ainsi, dès 1860, de l'allemand au hongrois. À Prague et à Brno, des institutions tchèques (université, école polytechnique) dédoublent dès les années 1860 et 1870 les institutions allemandes. À Cracovie, à Lemberg et à Czernowitz, l'enseignement en polonais remplace de facto celui en allemand. Les chimistes hongrois, tchèques et polonais se préoccupent d'ailleurs de créer des lexiques chimiques dans leurs différentes langues nationales. La chimie n'en connaît pas moins un développement exponentiel dans l'empire, et des enseignements de plus en plus spécialisés apparaissent à Vienne, Prague ou Budapest. La capitale viennoise, qui héberge bientôt la cinquième communauté de chimistes d'Europe, dispose après 1860 de trois laboratoires universitaires, plus un quatrième au Polytechnikum, sans compter les enseignements de la chimie dispensés à la Handelsakademie, à la Josephsakademie et au Theresianum. L'université de Budapest possède elle-même deux laboratoires, et Prague pas moins de quatre, répartis entre ses deux universités et ses deux écoles polytechniques. Les liens de la chimie avec les mines, l'agriculture et l'industrie se développent aussi à une vitesse comparable à ce qui se passe à la même époque en Russie et aux États-Unis. Un dernier facteur sépare cependant l'empire des Habsbourg des pays neufs : c'est le caractère relativement autonome de sa tradition chimique, qui évoque davantage les vieilles nations comme la Suède ou l'Italie. Si l'on excepte

le premier Jacquin, venu des Pays-Bas, le nombre de chimistes « austro-hongrois » formés à l'étranger est en effet relativement faible.

8 Centres, périphéries et transferts de compétences

Le rôle crucial joué dans le développement de la chimie moderne par des nations comme la France, la Grande-Bretagne et l'Allemagne, et dans une moindre mesure la Suède et l'Italie, évoque immanquablement la notion de centre. Mais contrairement au schéma simplificateur de Joseph Ben David [72], ce centre n'est pas fait d'une nation dominante comme l'Allemagne, qui aurait elle-même succédé au XIXe siècle à la France et à la Grande-Bretagne, mais de trois ou quatre, peut-être cinq centres différents. Or ces entités nationales, ou proto-nationales, se caractérisent par des différences notables dans l'organisation de la recherche comme dans son insertion sociale. Constituées en entités autonomes par des politiques étatiques de formation scientifique et technique, mais aussi par des systèmes de collaborations et d'échanges d'informations à caractère national, ces communautés savantes sont en partie séparées les unes des autres par des barrières étatiques et linguistiques. Elles sont néanmoins unies les unes aux autres par des valeurs et des objectifs communs, ainsi que par des liens suffisants (traductions, influences, collaborations, échanges) pour assurer la concordance des recherches et la cohésion d'ensemble de l'entreprise chimique. Ces valeurs et ces liens suffisent-ils à expliquer la relative concomitance des dynamiques de développement des trois principales communautés de chimistes ? C'est possible. La concomitance, encore plus frappante, du développement, au milieu du XIXe siècle, de nouvelles communautés de chimistes dans trois entités géopolitiques émergentes irait en effet dans ce sens. Elle incite à croire à l'existence de facteurs qui imposent des phases de développement plus ou moins synchronisées dans des pays aux configurations géopolitiques ou socioculturelles relativement semblables. Selon cette hypothèse, l'universalisation de la science moderne procéderait par cercles concentriques.

La première configuration géopolitique, ou le premier cercle, serait ainsi celui des nations pionnières, en particulier la France, la Grande-Bretagne et l'Allemagne. En dépit de leurs différences géographiques, politiques, sociales et donc institutionnelles, ces trois nations se trouvaient dans une forme de rivalité permanente, une rivalité créatrice de contacts qui expliquerait peut-être la simultanéité de leurs développements scientifiques. Chacune observe ce qui se passe chez l'autre et s'efforce de la rattraper lorsqu'un retard est perçu. À partir de la fin du XVIIIe siècle, la France s'inquiète ainsi de son retard industriel sur l'Angleterre, de sorte que les autorités révolutionnaires et impériales, convaincues du caractère stratégique de la production d'acide sulfurique, de soude artificielle ou de chlore, auraient développé une politique de grande tolérance envers les nuisances et les risques liés à la chimie ou aux manufactures en général [73]. Au début du XIXe siècle, c'est au tour de la Prusse, puis de la Bavière et des autres États allemands d'entamer une industrialisation à marche forcée et d'envoyer des étudiants, des apprentis ou même des espions dans les manufactures

72. Ben David, 1971.

73. Thomas le Roux a montré que les autorités révolutionnaires et impériales ont fait prévaloir de plus en plus systématiquement les intérêts industriels au détriment de la protection des populations qui entourent les sites industriels (Le Roux, 2011).

anglaises. Les Britanniques ont à leur tour envoyé leurs étudiants dans les universités allemandes, tout en fondant, dès 1831, la British Association for the Advancement of Science afin de remédier au retard du pays en matière d'institutions scientifiques et de professionnalisation de la recherche. À partir des années 1850, ce sont les Français qui se préoccupent des avantages que la science allemande retire de la réforme de ses universités, et en particulier du développement de la formation en laboratoire. À la fin du XIXe siècle enfin, les Britanniques s'inquiètent des avantages acquis par l'Allemagne en matière de chimie des colorants.

Symbolisée par l'enseignement de la chimie en laboratoire, la réforme des universités allemandes semble constituer le tournant crucial dans l'émergence des chimistes professionnels et dans le développement, bientôt exponentiel, de la chimie organique et de ses applications industrielles [74]. Le relatif équilibre qui prévalait jusque-là entre les trois grandes communautés nationales de chercheurs semble ainsi modifié au bénéfice de l'Allemagne. Mais des facteurs de rééquilibrage sont intervenus très rapidement. D'abord, le marché des grands professeurs de chimie a vite débordé les frontières allemandes, comme l'illustre le transfert d'August Wilhelm von Hoffmann au Royal College of Chemistry de Londres (1845), où il introduisit la nouvelle méthode d'enseignement de Liebig, qui consistait à adosser la maîtrise des procédures de laboratoire à un corpus de connaissances théoriques en physique et en histoire naturelle. D'autres professeurs allemands iront faire carrière en Russie, aux États-Unis ou en Suisse. À l'inverse, de très nombreux étudiants russes, américains, britanniques, suisses ou même à l'occasion autrichiens, français ou latino-américains iront se former dans les laboratoires universitaires allemands, assurant de ce fait un rapide transfert de compétences vers d'autres nations, qu'elles soient centrales, semi-périphériques ou même périphériques.

Les réussites du modèle allemand ne doivent d'ailleurs pas occulter celles d'autres nations, qui avaient souvent anticipé en partie les réformes de Liebig, en particulier la France (Rouelle dès les années 1740 au Jardin du roi, Vauquelin dès 1804 au Muséum, Thénard dès 1810 à Polytechnique), la Suède (Brandt dès 1726 au Bergskollegium, Wallerius et Bergman dès 1750 à l'université d'Uppsala, Gadolin dès 1797 à l'université d'Abo, Berzelius dès 1807 au Karolinska Instituet) et même la Grande-Bretagne (Thomas Thomson dès 1818 à l'université de Glasgow, Edward Turner dès 1823 à l'université d'Édimbourg) [75]. Des figures comme Jean-Baptiste Dumas ou Charles-Adolphe Wurtz attiraient à Paris un certain nombre d'étudiants russes ou américains, mais aussi en provenance de pays comme l'Italie, la Belgique, la Suisse, le Danemark, l'Espagne ou le Portugal.

Le cas des Pays-Bas illustre assez bien, pour le milieu du XIXe siècle, la redistribution permanente des cartes qui s'opère en faveur des centres secondaires de formation et de recherche. Après une période de grand essor scientifique au XVIIe siècle, notamment à Leyde et Utrecht, les Pays-Bas avaient peu à peu perdu de leur rayonnement au cours du XVIIIe siècle. Dans le premier tiers du XIXe siècle, la chimie n'était même plus

74. Klein & Lefevre, 2007 parlent à ce propos de tournant ontologique (« *ontological shift* »).

75. En Allemagne même, on peut citer les pensionnats pharmaceutiques de Langensalza (dès 1779), Berlin (1789) et Erfurt (1795), ainsi que l'enseignement de Stromeyer à l'université de Göttingen (dès 1805).

enseignée aux Pays-Bas que conjointement avec d'autres sciences comme la botanique ou l'histoire naturelle. Dès les années 1790 cependant, un petit groupe de chimistes, tôt ralliés à la doctrine de Lavoisier, s'était constitué à Amsterdam autour de Paets van Troostwijk [76]. Elle devait inspirer l'établissement d'une nouvelle tradition nationale à l'instigation de Gerard Mulder, qui enseigna d'abord à Rotterdam, puis à partir de 1840 à Utrecht. Or cette tradition néerlandaise était fortement influencée par la France, ainsi que par la Suède, où Mulder avait étudié. Elle devait bénéficier de la rapide multiplication des enseignements dans les universités de Leyde, Amsterdam et Groningue, de même qu'à l'École polytechnique de Delft.

En Belgique, devenue indépendante en 1830, les influences étaient également partagées. Celle de la France, transmise par Van Mons (1765-1842), docteur en médecine de Paris qui enseigna à Louvain à partir de 1817, sembla d'abord prédominante. Mais Kékulé, l'un des plus grands chimistes allemands de sa génération, disciples de Liebig et de Bunsen, fit école à Gand où il enseigna de 1858 et 1867. Quant à la Suisse, elle était influencée par l'Allemagne, mais aussi la France et même en Angleterre, influences transmises comme ailleurs à travers les formations de jeunes chercheurs, mais aussi par le recrutement, assez massif en l'occurrence, de chimistes allemands (Schönbein, Graebe, Baumhauer, Victor Meyer, Wislicenus).

En Espagne, le déclin de la chimie et des mines est allé de pair avec celui de son empire transatlantique, finalement disloqué vers 1820. Mais comme pour la Suisse, nombre de ses principaux chimistes vont se former à l'étranger (France, Suède, Allemagne) ou proviennent de l'étranger, notamment de France [77]. Le Portugal a quelques contacts privilégiés avec l'Angleterre. Le Danemark se développe dans l'orbite de la Suède, avec des influences françaises. La Norvège danoise, puis suédoise, parvient à établir sa propre école après 1860 (Guldberg et Waage). La Finlande est dans l'orbite suédoise, puis russe. Quant à la Pologne, encore indépendante au XVIIIe siècle, elle est partagée pour l'essentiel entre la Russie (Varsovie), et l'Autriche (Lemberg, Czernovicz, puis Cracovie).

Répétons-le, l'émergence d'un centre prestigieux crée aussitôt des mécanismes de circulations étudiantes, qui diffusent les innovations et augmentent le potentiel scientifique des centres secondaires et des périphéries. Parmi les étudiants de Liebig à Giessen, de Heinrich Rose à Berlin, de Wöhler à Göttingen ou de Bunsen à Marburg, on trouve ainsi un nombre croissant d'Américains, de Russes et de Britanniques, mais aussi une poignée d'Austro-hongrois, de Néerlandais, de Suisses ou encore de Danois. La concomitance entre ces studieuses pérégrinations, et le boom de la chimie aux États-Unis, en Autriche-Hongrie et en Russie n'est sans doute pas fortuite. Quant aux raisons profondes de ces migrations étudiantes, elles sont à rechercher du côté des demandes sociales qui émergent dans les pays d'origine.

Dès les années 1860, des migrations étudiantes plus lointaines se mettent également en route, en particulier depuis le Japon, où la pression militaire occidentale a précipité un *aggiornamento* technico-scientifique. Un consensus rapidement établi autour de la

76. Y figuraient notamment Jan Rudolph Deiman (1743-1808), Nicolaas Bondt (1765-1796) et Gebardus Vrolik (1775-1859).

77. Joseph Louis Proust a effectué l'essentiel de sa carrière à Madrid et à Ségovie.

nécessité de moderniser le pays en danger aboutit à l'envoi d'étudiants aux Pays-Bas (dès 1862) et en Angleterre (dès 1866). Quelques années plus tard débuta le recrutement au Japon de scientifiques et de techniciens occidentaux, dont des chimistes comme Edward Divers ou Oscar Loew, invités à enseigner au Collège impérial d'ingénierie et à l'Université impériale de Tokyo. Il ne faudra pas plus de deux ou trois décennies – une génération – pour transférer l'essentiel des connaissances occidentales en la matière [78].

Au-delà de ces exemples, il faut considérer la diffusion de l'entreprise chimique, ou l'élargissement de la République des chimistes, comme un processus multifactoriel, dont les circulations étudiantes et les recrutements de professeurs ou de spécialistes étrangers ne constituent que la partie la plus visible. Ces processus dépendent en effet de valeurs et de choix de société aussi bien que de considérations stratégiques ou industrielles des États et des élites qui les gouvernent. Lorsque ces volontés concordent, et que les nécessités sont perçues comme vitales ou urgentes, le processus de développement d'une tradition de recherche moderne peut s'avérer extrêmement rapide. Il peut être nettement plus progressif lorsque la société ne partage pas forcément les vues de l'État (Russie du XVIIIe siècle) ou lorsque l'État n'a lui-même guère de politique scientifique (Autriche du XVIIIe siècle). Il peut ensuite s'accélérer dans ces mêmes pays lorsque changent les priorités politiques ou économiques, ou que démarre une phase de modernisation culturelle. Ce processus peut également aller de pair avec la construction d'une nation (États-Unis, Égypte de Muhammad Ali, Turquie kémaliste) ou faire l'objet de vues contradictoires au sein d'un État colonial (Inde). Même au cœur des plus vieilles nations d'Europe, où le processus de maturation disciplinaire de la chimie a débuté, on peut distinguer des phases de lentes évolutions intellectuelles et structurelles (première moitié du XVIIIe siècle) et des phases de transformations accélérées (années 1770-1780 et 1830-1840).

Dans tous les cas, l'institution de la chimie et l'insertion sociale des chimistes dans les sociétés occidentales ont connu de telles transformations au cours de la période considérée qu'on peut légitimement se demander si le terme de chimie désigne bien la même chose en 1890 que deux siècles plus tôt. Peut-être tout ce qui précède les années 1830, relève-t-il au fond d'une réalité différente, pour laquelle il faudrait inventer des catégories lexicales spécifiques.

Références

ANDURAND, A., JEGOU, L., MAISONNOBE, M. & SIGRIST, R. (2015), « Les réseaux de savants et leur visualisation, de l'Antiquité à nos jours », in *Histoire et informatique*, 18/19, p. 41-75.

BEDEL, C. (1964), « L'enseignement des sciences pharmaceutiques », in René Taton (dir.), *Enseignement et diffusion des sciences en France au* XVIIIe *siècle*, Paris, Hermann, p. 237-257.

BEN DAVID, J. (1971), *The Scientist's Role in Society : A Comparative Study*, Englewood Cliffs (NJ), Prentice Hall Inc.

BENSAUDE-VINCENT, B. (2003), « Rousseau chimiste », in Bernadette Bensaude-Vincent & Bruno Bernardi (éd.), *Rousseau et les sciences*, Paris, L'Harmattan, p. 59-76.

78. L'essentiel du transfert des connaissances scientifiques et techniques occidentales fut assuré par le recrutement, par le Japon, de quarante-cinq savants et ingénieurs britanniques, américains et allemands, ainsi que par l'envoi en Europe de quelques centaines d'étudiants, dont quelques dizaines au plus avaient vocation à devenir des chercheurs.

BENSAUDE-VINCENT, B. & LEHMAN, C. (2007), « Public lectures of chemistry in mid-eighteenth-century France », in Lawrence M. Principe (ed.), *New Narratives in Eighteenth-Century Chemistry*, Dordrecht, Springer, p. 77-96.

BROCK, W.H., (1992) *The Fontana History of Chemistry*, London, Fontana Press.

CROSLAND, M. (1963), « The development of chemistry in the eighteenth century », *Studies on Voltaire and the eighteenth century*, 24, p. 369-441.

DEBUS, A. G. (1991), *The French Paracelsians : The Chemical Challenge to Medical and Scientific Tradition in Early Modern France*, Cambridge, Cambridge University Press.

DEBUS, A. G. (2002), *The Chemical Philosophy : Paracelsian Science and Medicine in the Sixteenth and Seventeenth Centuries* [1977], New York, Dover Publications.

DEBUS, A. G. (2001), *Chemistry and Medical Debate : van Helmont to Boerhaave*, Canton (MA), Science History Publications.

GASCOIGNE, R. M.(1984), *A Historical Catalogue of Scientists and Scientific Books. From the Earliest Times to the Close of the Nineteenth Century*, New York and London, Garland Publishing.

GILLISPIE, C. C. (dir.) (1970-1980), *Dictionary of Scientific Biography*, New York, Scribner's sons, (16 vol.).

GOLINSKI, J. (1992), *Science as Public Culture. Chemistry and Enlightenment in Britain, 1760-1820*, Cambridge, Cambridge University Press.

HANNAWAY, O. (1975), *The Chemists and the Word : The Didactic Origins of Chemistry*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.

HOLMES, F. L. (1989), *Eighteenth-Century Chemistry as an Investigative Enterprise*, Berkeley, University of California.

HUFBAUER, K. (1982), *The Formation of the German Chemical Community (1720-1795)*, Berkeley.

JOLY, B. (2011), *Descartes et la chimie*, Paris, Vrin (Mathesis).

KLEIN, U. (2007), « Apothicary-chemists in Eighteenth-Century Germany », in Lawrence M. Principe (ed.), *New Narratives in Eighteenth-Century Chemistry*, Dordrecht, Springer, p. 97-137.

KLEIN, U. & LEFEVRE, W. (2007), *Materials in Eighteenth-Century Science. A Historical Ontology*, Cambridge (Mass.), The MIT Press.

LAISSUS, Y. (1964), « Le Jardin du roi », in René Taton (éd.), *Enseignement et diffusion des sciences en France au* XVIIIe *siècle*, Paris, Hermann, p. 287-341.

LE ROUX, T. (2011), *Le laboratoire des pollutions industrielles. Paris, 1770-1830*, Paris, Albin Michel.

METZGER, H.(1974), *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique* [1930], Paris, A. Blanchard.

NEWMAN, W. R. (2002), « The Background to Newton's Chymistry », in I.B. Cohen & George E. Smith (eds), *The Cambridge Companion to Newton*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 358-369.

NEWMAN, W. R.(20016), *Atoms and Alchemy, Chymistry and the Experimental Origins of the Scientific Revolution*, Chicago, Chicago University Press.

NEWMAN, W. R. & PRINCIPE, L. M. (1998), « Alchemy vs Chemistry : The Etymological Origins of a Historiographic Mistake », *Early Science and Medicine*, 3, p. 32-65.

PEPIN, F. (2012), *La Philosophie expérimentale de Diderot et la chimie. Philosophie, sciences et arts*, Paris, Classiques Garnier.

POGGENDORFF, J. C. (1863), *Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exacten Wissenschaften*, Leipzig, (2 vol.).

PRINCIPE, L. M. (ed.) (2007), « A Revolution Nobody Noticed ? Changes in Early Eighteenth-Century Chymistry », in Lawrence M. Principe (ed.), *New Narratives in Eighteenth-Century Chemistry*, Dordrecht, Springer, p. 1-22.

READ, J. (1961), *From Alchemy to Chemistry*, London, G. Bell & sons.

SIBUM, H. O. (2003), « Experimentalists in the Republic of Letters », *Science in Context*, 16/1-2, p. 89-120.

SIGRIST, R. (2011), *La nature à l'épreuve. Les débuts de l'expérimentation à Genève (1670-1790)*, Paris, Classiques Garnier.

SIGRIST, R. & WIDMER, E. (2011), « Training links and transmission of knowledge in 18th century botany : a social network analysis », *Redes. Rivista Hispana para el analisis de redes sociales*, 21/7, p. 274-318.

SIMON, J.(2005), *Chemistry, Pharmacy and Revolution in France, 1777-1809*, Aldershot, Ashgate.

La Russie, l'Espagne, le Portugal et l'Empire ottoman

Deux siècles de politiques technoscientifiques à l'épreuve des approches comparatistes

Irina Gouzévitch, Ana Cardoso de Matos
et Darina Martykánová

Introduction

Dans ce chapitre, nous nous proposons d'examiner, de façon comparative, le processus de spatialisation des systèmes technoscientifiques dans quatre pays européens, la Russie, l'Espagne, le Portugal et l'Empire ottoman, durant la période qui embrasse les « grands » XVIIIe et XIXe siècles [1]. Ce choix chronologique tient compte des réalités politico-culturelles qui permettent un tel rapprochement : le statut impérial des quatre entités aux noyaux de pouvoir situés aux confins de l'Europe ; leur passé de « cultures frontalières » ; leurs rapports avec d'autres pays européens ; la préoccupation partagée de bâtir des régimes techniques aptes à assurer le meilleur contrôle, l'exploitation et la défense de leurs territoires respectifs et des stratégies d'appropriation des savoirs spécialisés nécessaires pour y aboutir ; les politiques de modernisation qu'ils ont communément déployées à ces fins.

La comparaison de quatre espaces impériaux aussi vastes, différents et distants ayant, chacun, un passé chargé et un lot de contraintes propre connaît évidemment des limites. La notion même d'espace impérial, avec les tensions que l'on connaît entre « le central » et « le local », « le politique » et « le culturel », « l'ethnoreligieux » et « le national », est un grand sujet à débat. C'est donc un défi difficile à tenir et nous en sommes conscientes. Nos études respectives menées de manière autonome ont pourtant révélé des affinités dans la façon dont, au fil de l'histoire, ces quatre empires

1. Voir respectivement : Vérin et Gouzévitch (2005) ; Grelon et Gouzevitch (2007, p. 276-277).

ont mis en route leurs politiques technoscientifiques, communément orientées vers la formation, l'enrôlement et l'organisation des activités des experts techniques. Il s'agit ainsi, du moins dans ce domaine, de phénomènes comparables, et nous avons décidé de réunir nos efforts pour tenter d'en dégager les grandes tendances.

À cette fin, nous questionnerons les différences observées dans l'organisation spatiale, géographique de ces systèmes de formation dans les quatre pays concernés, et les importants décalages dans le temps de leur lancement que seule une analyse rapprochée des conditions locales et du contexte international peut aider à élucider. Cependant, ce faisant, nous devrons tenir compte du niveau d'élaboration des historiographies nationales qui n'est pas le même d'un pays à l'autre, et ce déséquilibre rend la tâche difficile. En revanche, notre analyse bénéficiera d'une série d'approches historiographiques élaborées par les experts en histoire des empires et des systèmes de gouvernance, mais aussi par les historiens des sciences et des techniques qui étudient les interactions entre les différentes aires géoculturelles [2].

La problématisation de la dimension spatiale qui servira de cadre à notre étude s'inscrit dans plusieurs perspectives et niveaux d'analyse : *espace-temps historique* des quatre empires étudiés ; *espace transcendant* soit espace de reconnaissance ; *espaces de référence* et *d'interconnexion* ; *espaces de mobilité et de circulation.* Ces analyses nous permettront d'explorer le dernier aspect examiné dans ce chapitre, celui de la *construction spatiale* des modes de formation nationaux en Russie, en Espagne, au Portugal et dans l'Empire ottoman.

En comparant les systèmes d'enseignement technique dans ces quatre territoires aux marges de l'Europe dont le développement a longtemps suivi des sentiers autonomes qui ne se croisaient que ponctuellement et de manière non concluante, nous essayerons de réfléchir aux étonnants parallélismes dans les orientations (dans le cas des quatre pays) et les temporalités (à l'exception de l'Empire ottoman) de la mise en route des régimes techniques impériaux. Leur examen contribuera à mieux comprendre les pratiques diversifiées d'acculturation des modèles, dans des conditions politiques, économiques et sociales spécifiques susceptibles d'expliquer les décalages temporels dans l'essor de certains enseignements des ingénieurs.

1 Les perspectives d'analyse : problématiser la dimension spatiale

1.1 L'espace-temps historique

Durant la période examinée, les aires géographiques étudiées correspondent aux quatre grands espaces impériaux plus ou moins anciens, plus ou moins composites, plus ou moins dynamiques, aux configurations instables et régulièrement remises en question, mais communément soucieux de maintenir en équilibre les forces centrifuges et centripètes qui les sous-tendent en vue de préserver le pouvoir géopolitique obtenu au gré des conquêtes successives. Le fait que les « noyaux » de pouvoir de quatre empires

2. Livingstone (1999) ; Blay et Nicolaidis (2001) ; Gavroglu *et al.* (2008) ; Callon (1989) ; Lafuente et López-Ocón (1997) ; Lux et Cook (1998) ; Raj (2007) ; Gouzévitch, I. *et al.* (2004) ; Günergun et Raina (2010) ; Martykánová (2013a).

se trouvaient dans les marges de l'Europe est un considérant commun à retenir, vu que les notions de « marginalisation» (processus) et de « marginalité » (état) font partie des pratiques discursives historiquement établies dont le sens figuratif et symbolique va parfois bien au-delà d'un simple constat géographique [3]. Tout discutable qu'il puisse être, ce point est à prendre en compte car il s'agit d'un élément identitaire d'importance qui est activement intervenu dans le processus d'organisation spatiale des activités technoscientifiques de pays concernés.

Nous devons toutefois insister que la « marginalisation / marginalité » au sens figuré de ces empires n'était ni donnée ni permanente. Rappelons leur marginalisation symbolique par le discours des Lumières sur le fond du déclin relatif du pouvoir géopolitique de l'Espagne, du Portugal et de l'Empire ottoman, alors que l'Empire russe était en pleine expansion. Au XIXe siècle, ces questions suscitent une attitude contradictoire au sein des élites intellectuelles des quatre empires. D'un côté, une fascination grandissante pour la « civilisation universelle » définie par les Lumières qui érige en autorité l'Occident représenté par une poignée de pays (France, Angleterre, Hollande, Prusse, etc.), les incitant à une comparaison avec ces pays et leurs institutions et à leur imitation constante. D'un autre côté, ces élites développent un discours défensif revendiquant leur rôle de bastions des vraies valeurs, soutenant la supériorité de leur religion et de leur culture. En même temps, ils se font leur propre idée des Lumières prônant l'universalité des savoirs et élaborent des stratégies de leur appropriation, en faisant les ajustements nécessaires à la conciliation des savoirs techniques et scientifiques utiles pour la modernisation avec les valeurs autochtones. Les efforts de modernisation déployés par les quatre empires au XIXe siècle, avec les nouveaux défis technologiques et les nouvelles performances professionnelles requises vont de pair avec l'adhésion à l'idée du progrès émanant des grands centres de culture technique et issue de leur interaction au niveau transnational. En outre, étant donné leur marginalisation, ces empires ont cherché à redéfinir leur position dans le cadre géopolitique et au niveau symbolique, en préservant une certaine importance internationale : on observe ainsi au XIXe siècle l'émergence de l'idée des « fenêtres », des « ponts », des « portes » [4].

Un autre trait distinctif que l'Espagne, le Portugal, la Russie et l'Empire ottoman possèdent en commun est celui d'avoir longtemps joué le rôle de cultures dites « frontalières [5] », c'est-à dire qui ont cohabité et se sont construites, durant des siècles, au contact de cultures très différentes et souvent hostiles, comme ce fut le cas de l'Espagne (Castille et Aragon) et du Portugal face au monde musulman, de la Russie face aux mondes musulman et catholique, où celui de l'Empire ottoman face au monde chrétien et aux chiites. À la différence des cultures « non frontalières », celles-là sont caractérisées à la fois par une plus grande ouverture et par un plus grand repli sur elles-mêmes ; elles oscillent donc entre deux tendances opposées, cosmopolite et protectrice, qui les rendent, d'un côté, particulièrement sensibles aux influences étrangères, mais de l'autre, extrêmement jalouses de la protection de leur authenticité. La logique

3. Wolff (1994) ; Hoffmann (1961) ; Álvarez Junco (1994) ; Çırakman (2001) ; Todorova (1997) ; Gourgouris (1996).
4. Barata (2009) ; Gülbilek (2004).
5. Bagno (1996).

des réformes tentées, de part et d'autre, dans le courant du XVIIIe siècle, en vu de moderniser le régime technique qui sert d'appui à l'absolutisme naissant, a incité les gouvernements espagnol, portugais, russe et ottoman à privilégier dans leur politique les tendances à l'ouverture en sollicitant les compétences étrangères susceptibles de dynamiser ce processus. Dans les quatre cas également, cette politique s'est heurtée à de fortes résistances de la part des défenseurs de l'authenticité nationale.

Par ailleurs, dans leur expansion, les quatre pays ont suivi des voies différentes : la *colonisation ultramarine* comme moyen principal de mise en place des empires espagnol et portugais a pris, dans le cas des empires russe et ottoman, la forme de l'*impérialisme par l'expansion territoriale contigüe*. Pourtant, cette différence est tempérée par le fait que l'Espagne était une monarchie composée qui incluait des territoires en Europe (les Pays-Bas, le Royaume de Naples etc.), tandis que la Russie possédait des terres sur le continent américain (Alaska et quelques sites en Californie). En revanche, leur agrandissement à tous passait par l'annexion ou l'assujettissement des territoires dont le développement économique et la culture ethno-religieuse différaient de ceux du « noyau du pouvoir », ce qui faisait de chacun de ces empires un espace complexe, composite et stratifié, et de son « noyau de pouvoir » – un centre de « son propre monde ».

Le facteur temporel est important pour faire ressortir l'aspect changeant et instable des contours géopolitiques des quatre empires qui sont en reconfiguration constante tout au long des XVIIIe et XIXe siècles. Ainsi, l'Espagne perd, au début du XIXe siècle, la plupart de ses colonies en Amérique latine, puis, à la fin du siècle, Cuba, Guam, Porto Rico et les Philippines. Le Portugal perd le Brésil en 1822, puis, à la fin du siècle, les territoires entre l'Angola et le Mozambique en Afrique. La Russie, au contraire, n'a cessé de s'étendre en s'annexant de nombreux territoires voisins en Europe et en Asie. Quant à l'Empire ottoman, ses conflits militaires avec l'Empire des Habsbourg et la Russie lui ont valu la perte de la Crimée et du Nord de la mer Noire au XVIIIe siècle, tandis qu'au siècle suivant, les efforts pour rétablir le pouvoir central contribuaient à renforcer les tendances séparatistes appuyées par les puissances impériales rivales.

1.2 Espace transcendant, espace(s) de reconnaissance

La seconde perspective d'analyse privilégie l'espace *transcendant* qui favorise des rencontres, permet des regards croisés, contribue à construire des représentations réciproques. On observe, en effet, entre nos quatre entités, un *jeu de miroirs* complexe fondé sur une balance fragile et constamment rééquilibrée d'attrait et de répulsion, accompagnée par la fabrication d'une image de l'Autre. D'une part, nous avons deux couples de pays voisins : Russie-Turquie et Espagne-Portugal soudés par un passé souvent lourd, une proximité géographique souvent explosive, un voisinage historique éprouvant et, en fin de compte, un destin commun à gérer. Mais d'autre part, le Portugal avait très peu d'échanges directs avec la Russie [6] et l'Empire ottoman durant la période analysée, alors que le Russie n'avait que des relations épisodiques et espacées dans le temps avec le couple ibérique [7].

6. Cardoso de Matos et Fialho Conde (2014).
7. Gouzévitch, I. (2006).

En revanche, il existait des espaces d'interface qui servaient de carrefours de rencontres. Ainsi, l'Espagne et l'Empire ottoman se sont rencontrés et ont croisé les armes dans la Méditerranée, le combat contre « le Turc » offrant une légitimité à certains discours et pratiques de la Couronne espagnole durant les XVIe-XVIIe siècles [8]. En même temps, la Méditerranée constituait un espace très animé de la circulation des peuples et des savoirs venant de toutes parts où des connections se formaient malgré, voire même grâce aux conflits. L'importance grandissante de l'Atlantique pour l'Espagne et la menace croissante de la Perse et de la Russie pour l'Empire ottoman ont contribué à déplacer les conflits, et donc d'éventuels contacts à d'autres endroits, en diminuant l'intensité des rencontres hispano-ottomanes. Les territoires étaient conquis et perdus, et vers le milieu du XIXe siècle, les contacts directs entre l'Espagne et la Turquie se sont réduits drastiquement. À cette époque, la « connaissance réciproque » passait par Paris, de sorte que l'image de l'un et de l'autre pays construite au sein de la culture française configurait celle que leurs élites respectives se faisaient de leurs contreparties.

La rivalité entre la Russie et l'Empire ottoman a pris la forme d'un véritable bras de fer durant les XVIIIe et XIXe siècles. En se combattant de façon répétée et en s'observant de près dans la continuité, chacun de ces empires se servait régulièrement de son voisin pour fabriquer l'image de l'Autre qui intervenait dans la construction identitaire de chacun, à travers les discours légitimants du pouvoir. Tous les deux, en revanche, avaient en commun de privilégier comme l'Autre symbolique le *freng* (en turc) ou le *nemec* [9] (en russe), c'est-à-dire l'étranger de l'Europe centrale ou occidentale, catholique ou protestant. Au XIXe siècle, la perception mutuelle était aussi modelée par les images et les métaphores émanant de l'univers francophone. En revanche, la méfiance réciproque des concurrents incitait chacun des deux pays à se mesurer à son voisin en guettant ses efforts modernisateurs afin d'appréhender les dangers qui pouvaient en résulter pour leur sécurité.

Les relations entre le Portugal et l'Espagne ont, pour leur part, manqué souvent de sérénité. Les deux voisins ont connu, par le passé, de grandes tensions en raison, notamment, des différends territoriaux en Amérique du Sud (résolus par le traité de Tordesillas, 1494), ou de la perte de l'indépendance par le Portugal, entre 1580 et 1640, suite à l'occupation espagnole due à la crise de succession portugaise [10]. À d'autres moments, les deux pays ont dû faire face à un ennemi commun, comme dans le cas des invasions françaises au début du XIXe siècle. Qui plus est, leur proximité géographique leur a fait développer une convergence culturelle qui, au XIXe siècle, a trouvé son expression dans l'idée de l'*Iberismo* ou *União Ibérica* [11].

La Russie et l'Espagne ont vécu à distance une fascination réciproque d'intensité variable qui atteint son paroxysme dans les années 1820. En revanche, leur « connais-

8. Mas (1967) ; Teijeiro Fuentes (1987) ; Bunes Ibarra (2007) ; Álvarez Junco (2001).

9. Dans sa signification première, le mot « *nemec* » (aujourd'hui, « l'Allemand ») signifie « muet », autrement un étranger qui ne sait pas parler russe.

10. Oliveira (1991) ; Schaub (2001).

11. Voir l'Introduction dans Lafuente *et al.* (2007).

sance » mutuelle passait souvent par Paris, comme dans le cas hispano-ottoman, notamment au XIXe et au début du XXe siècle [12].

Revisité dans cet esprit, le contexte historico-culturel de notre recherche prend une autre signification. Situés à deux extrémités de *la seule et même* Europe, les quatre pays appartenaient, par conséquence, en entier ou en partie, aux espaces interconnectés des cultures et pratiques européennes, portés dans cette attitude par leurs élites qui, dès l'époque des Lumières, avaient de plus en plus tendance à s'identifier avec ce qu'elles considéraient comme la « civilisation universelle ».

1.3 Espaces de référence

À la charnière des XVIIe et XVIIIe siècles, les quatre monarchies qui avaient traversé, chacune de son côté, les périodes de troubles, des guerres dynastiques et des guerres d'indépendance se sont retrouvées en crise. Un besoin urgent de rénovations profondes à plusieurs échelons et dans plusieurs sphères de la vie sociale a amené les quatre gouvernements à mettre en place des politiques de modernisation qui ont revêtu le caractère de « rattrapage » vis-à-vis des puissances rivales économiquement et techniquement plus développées. En Espagne comme en Russie, au Portugal ou en Empire ottoman, l'essor de ces politiques est à rechercher dans la volonté des nouveaux gouvernements (Pierre Ier de Russie, João V, José Ier et Maria I du Portugal, Philippe V, Carlos III, Carlos IV d'Espagne, et Mustafa III et Selim III de Turquie) de s'affirmer aussi bien à l'intérieur de leurs propres terres que sur l'arène internationale [13]. Et ceci, en se construisant une légitimité nouvelle assise sur le principe de rationalité propre au régime absolutiste. Les impératifs d'ordre militaire et administratif semblent, dans les quatre cas, prédominants parce qu'essentiels pour la survie des souverainetés. En effet, dès le dernier XVIIe siècle et pendant le siècle suivant, l'Espagne, le Portugal, l'Empire ottoman et la Russie s'engagent dans des guerres avec des ennemis militairement plus puissants qu'eux et ce défi permanent incite lesdits gouvernements à se prémunir de moyens d'intervention et de contrôle direct plus efficaces.

Au début du XVIIIe siècle, la guerre du Nord (1700-1721) qui a opposé la Russie à la Suède de Charles XII, a nécessité de Pierre Ier la mobilisation de toutes les ressources humaines, financières et économiques de son pays [14]. L'Espagne, pour sa part, a dû faire face à la triple alliance des puissances européennes (dont la redoutable Angleterre) pour gagner la guerre de Succession (1700-1714) qui a saigné le pays à blanc en le privant de sa marine de guerre [15]. Pour faire face aux ennemis d'une telle envergure, les gouvernements russe et espagnol furent obligés de penser leur modernisation en termes de rénovation de leurs techniques de guerre et de réorganisation de leurs structures militaires et paramilitaires. La guerre de la Restauration contre l'Espagne (1640-1668) et la participation à la guerre de Succession pour le trône espagnol du côté de l'Angleterre a démontré au Portugal la nécessité de renforcer ses frontières et

12. Bádenas et Pino (2006), div. chapitres.

13. Pour les événements qui ont marqué l'histoire des quatre pays, voir : Ozanam (1993) ; Bottineau (1993) ; Nizza da Silva (2009) ; Pedreira (1994) ; Gonçalo Monteiro (2007 ; 2008) ; Oliveira Ramos (2010) ; Hughes (1998) ; Berkes (1978) ; Shaw (1971).

14. Gouzévitch, I. (2001, t. I, p. 166-330).

15. Bottineau (1993) ; Fernández de Pineda *et al.* (1980) ; Vilar (1976) ; Sánchez Agesta (1971) ; Maravall (1991).

de moderniser ses armées [16]. L'Empire ottoman, quant à lui, doit repenser régulièrement l'état de ses forces armées et de ses institutions de gouvernance suite aux échecs militaires qu'il essuie tout au long du XVIIIe siècle. Il suffit de rappeler ses défaites face aux armées de la Sainte-Ligue (congrès de Karlowitz, 1699), puis ses difficultés dans les conflits avec la Perse au début des années 1730, enfin, les défaites terrestres et navales de la guerre russo-ottomane de 1768-1774 et « les désastres [17] » de la campagne russo-ottomane de 1787-1792. La création des nouvelles formes d'organisation, de production, et de formation militaire ainsi que le recours à la politique de transfert sont autant de dérivés de cette recherche d'efficacité qui prend un véritable élan dans le dernier tiers du XVIIIe siècle.

Dans ces conditions, se tourner en quête des références, des compétences et des connaissances indispensables vers leurs lieux de production reconnus apparaît comme une démarche logique des souverainetés qui cherchent à gagner en puissance pour survivre. Au début, il s'agissait surtout de l'observation des États rivaux dans un contexte de constante compétition internationale. D'une part, l'orientation des stratégies de transfert et d'appropriation des savoirs relevait des alliances politiques du moment. D'autre part, elle était aussi en grande partie déterminée par la localisation géographique dispersée et en constante mutation des pôles d'excellence. Les exigences diversifiées et de plus en plus sélectives posées par la modernisation aux différentes périodes ont, elles aussi, influencé les choix. Depuis la fin du XVIIIe siècle, la nature spécifique et ciblée des compétences recherchées a orienté les réformes dans le sens de l'*européisation* [18]. Ce phénomène tenait du fait que, dans leurs pratiques discursives, tous se donnaient pour référence commune une « Europe » technicienne et savante, uniforme et diffuse, d'où émanait l'image du progrès, alors que cette notion dissimulait des réalités géopolitiques beaucoup plus complexes et évolutives. Tout cela faisait de l'« Europe » symbolique une constellation d'espaces géopolitiques de référence, souvent vagabonds et polycentriques, à partir desquels s'effectuait le transfert des savoirs technoscientifiques répondant aux exigences des économies en développement.

Cette perspective nous conduit à examiner une autre stratégie, déterminante celle-ci pour comprendre l'implantation et l'essor des systèmes technoscientifiques dans les quatre empires. Nous souhaitons maintenant l'aborder à travers l'examen des *espaces* dits *de circulation et de mobilité* investis par l'Espagne, la Russie, le Portugal et l'Empire ottoman dans leur quête pour la performance technique.

1.4 L'« Europe des ingénieurs » et les espaces de circulation et de mobilité

En matière de techniques et d'ingénierie, les stratégies d'acquisition et de remise à niveau de l'expertise professionnelle élaborées par les quatre empires affichent des analogies importantes. Dans leur volonté commune de construire des pratiques de gouvernance fondées sur trois principes essentiels, l'uniformisation, la modernisation

16. Dores Costa (2004) ; Cardoso (2003).
17. Aksan (2002, p. 268).
18. En ce qui concerne la Russie, cette thèse a été développée par Meduševskij (1994) et Anisimov (1995 et 1997). Pour le Portugal, voir : Carneiro *et al.* (2000) ; Silva Dias (2006). Dans le cas de l'Empire ottoman, c'est l'interprétation des ouvrages classiques : Shaw (1971) ou Berkes (1978) disputée aujourd'hui.

et la centralisation, les quatre pays ont cherché à établir des régimes techniques appropriés [19]. La formation des experts techniques compétents étant perçue comme une condition essentielle de cette politique, ladite préoccupation a stimulé, de part et d'autre, la quête de modèles d'enseignement adaptés, issus des pays considérés comme des espaces de référence. Parmi les filières mobilisées à ces fins dès le début du XVIIIe siècle, il faut citer d'abord l'envoi des élèves et des stagiaires dans les centres reconnus de culture technoscientifique. Les missions de reconnaissance constituent une autre filière activement appliquée ; elles ont pour destinations privilégiées la France et l'Angleterre [20]. L'invitation des spécialistes européens pour enseigner dans les écoles techniques et diriger les travaux publics s'inscrivait dans cette logique. Ces derniers avaient pour obligation de former les cadres locaux qui viendraient à terme les remplacer. Au XIXe siècle, avec le développement du capitalisme international, les entreprises privées interviennent activement dans ce processus d'invitation des experts lorsqu'elles souhaitent s'équiper de nouvelles machines ou introduire des procédés technologiques innovants [21].

La traduction des livres étrangers et l'impulsion à la production des ouvrages originaux sont d'autres pratiques importantes de la circulation des connaissances au XVIIIe siècle qui se perpétuent au XIXe siècle tout en s'étendant sur des sujets d'intérêt industriel. En Espagne, en Russie, au Portugal et dans l'Empire ottoman, l'initiative des autorités va alors de pair avec celle des particuliers étant donné que la production technique et scientifique est de plus en plus considérée comme un outil de promotion et de reconnaissance publique dans les communautés intellectuelles respectives. Ce trait hérité du XVIIIe siècle prend ainsi une nouvelle ampleur au siècle suivant grâce à la multiplication des publics intéressés. L'essor des périodiques spécialisés et l'intérêt accru pour des sujets scientifiques et techniques de la part du public cultivé augmentent l'impact de ces traductions en leur assurant une diffusion plus rapide et un plus grand nombre de lecteurs [22].

La rapidité des changements technologiques au XIXe siècle – avec l'apparition de nouveaux régimes techniques (les chemins de fer dans les années 1830-1840 ou l'électricité industrielle à partir de la fin du siècle), l'introduction de nouveaux matériaux (aluminium, béton et acier) ou de nouvelles branches de l'industrie (chimie industrielle, électrotechnique) – constituait un défi permanent pour ces pays en imposant le rééquilibrage incessant des enseignements techniques dans les domaines déjà établis (construction, installations mécaniques, extraction minière, métallurgie) et l'introduction des formations nouvelles dans les domaines de pointe où la compétence locale faisait défaut. La veille technologique élevée au rang d'une politique réfléchie de l'État caractérise cette étape dans les stratégies évolutives des quatre pays et se traduit par l'envoi régulier à l'étranger de commissionnaires chargés d'importer dans leurs pays respectifs des innovations identifiées comme prioritaires par les autorités.

19. Lafuente (1989 et 1999).

20. Pour le Portugal, voir : Cardoso de Matos et Diogo (2007) ; Cardoso de Matos (2012). Pour la Russie : Gouzévitch et Gouzévitch (2003 et 2008). Pour la Turquie, que mobilise cette filière au XIXe siècle : Gençoğlu (2008). Pour l'Espagne, voir Sellés, Peset et Lafuente (1988) ; Rumeu de Armas (1980).

21. Madureira et Cardoso de Matos (2004) ; Gouzévitch et Gouzévitch (2003).

22. Bret *et al.* (2008), div. chapitres.

Les destinations pour ces déplacements étaient fixées en raison des besoins des pays mais leurs choix étaient aussi souvent fonction des orientations politiques et des considérations de prestige. En revanche, rares sont les cas où les quatre pays se choisissent l'un l'autre comme une destination professionnelle privilégiée, alors même que chacun a déjà accumulé une expérience non-négligeable aussi bien dans les techniques de récupération et d'adaptation des savoirs importés que dans la création de ses propres systèmes d'enseignement. Autant dire que leur trait commun durant le XIXe siècle est de regarder dans la même direction plutôt que de puiser dans l'expérience du voisin ou d'un pays vivant les mêmes difficultés.

Ainsi, nous pouvons constater qu'au XIXe siècle, la plupart des stratégies et des filières de transfert élaborées par les pays concernés à l'époque précédente afin de s'approprier et de maintenir à niveau les connaissances scientifiques et techniques importées sont perpétuées, rééquilibrées et actualisées en fonction des nouveaux besoins émergeants.

Plusieurs pays techniquement avancés, tels l'Angleterre, la Saxe et plus tard l'Allemagne participent de ce mouvement, et leurs institutions servent de point de repère pour les diverses branches du savoir. C'est pourtant la France qui demeure, à partir du milieu du XVIIIe siècle et pour une large partie du siècle suivant, une référence prioritaire en matière de formation des ingénieurs. Le rayonnement de ses institutions de l'Ancien Régime (École d'artillerie de La Fère, 1720 ; École des ponts et chaussées, 1747 ; École du génie de Mézières, 1748 ; École des mines, 1783), puis de son système original d'enseignement à deux cycles (École polytechnique plus écoles d'application, 1795) et de ses formations techniques ad hoc (Conservatoire des arts et métiers, 1794, et Écoles des arts et métiers provinciales) issues de la Révolution, enfin, l'apparition des établissements de type nouveau (École centrale des arts et manufactures, 1829) destinés à former les ingénieurs industriels, ont fait d'elle un espace de connexion privilégié dans la continuité par les quatre pays.

Au-delà de la tendance générale, la réalité est, bien sûr, nuancée. Ainsi, les représentants des quatre pays ne viennent pas se former en France durant les mêmes périodes et ne fréquentent pas forcement – et encore moins simultanément – les mêmes institutions. Leur nombre global et proportionnel, par période et par établissement fréquenté, varie en fonction de plusieurs facteurs d'ordre interne et externe auxquels il faut ajouter la situation évolutive des institutions d'accueil en France qui, d'une part, peuvent changer de statut, et d'autre part, modifient régulièrement leur politique vis-à-vis des étudiants étrangers. Chiffrer le nombre global d'étudiants russes, espagnols, portugais et ottomans dans les écoles techniques françaises et analyser ce phénomène de manière comparative, à la lumière des facteurs mentionnés, est encore une perspective d'avenir, même si ce projet est en cours, et les études concernant chacun des quatre États bien amorcées. Tout ceci nous permet d'en présenter ici les grands traits.

1.5 Les élèves des quatre empires dans les écoles françaises : une vue d'ensemble

Les Russes intéressés par des formations techniques apparaissent en France dès le début du « grand XVIIIe siècle », dans le sillon de la politique de modernisation lancée par Pierre Ier. Après cette percée précoce d'environ deux décennies durant lesquelles les

élèves russes ont fait des stages d'études aux chantiers navals, notamment à Toulon, ou dans des écoles d'artillerie (comme celle de La Fère), ce sont des établissements techniques créés ex novo, comme l'École des ponts et chaussées (1747), qui les accueillent dès le milieu du XVIIIe siècle. Ils sont pourtant assez peu nombreux à investir les institutions de l'Ancien Régime, les souverains russes de l'époque post-pétrovienne ayant privilégié l'invitation des experts techniques étrangers et la création de quelques établissements nationaux dans les principaux domaines liés au militaire. La situation change radicalement au XIXe siècle où on observe un véritable effet « boule de neige » faisant état d'un nombre toujours croissant de migrants scolaires en provenance de l'Empire russe dans les divers établissements techniques français [23]. Cette population, estimée à plusieurs milliers d'individus, est très hétérogène : elle mélange hommes et femmes, aristocrates et roturiers, riches et pauvres, fonctionnaires d'État et individus sans situation. Les ressortissants des différentes régions de l'empire (Ukraine et pays baltes, Asie centrale et Transcaucasie, Finlande et Pologne russe) y sont représentés, toutes confessions, origines ethnoculturelles et orientations politiques confondues... Les mobiles qui incitent tout ce monde à privilégier les écoles françaises sont extrêmement variables – administratifs, politiques, culturels, religieux, professionnels –, et leurs stratégies éducatives (choix des établissements et des localités) en dépendent. Leur typologie établie à l'issue de longues études a permis de dégager quelques grands courants successifs qui dominent certaines périodes. Ainsi, les voyageurs privés, aristocrates et roturiers des familles aisées, sont majoritaires dans le premier tiers du XIXe siècle ; ils privilégient des institutions prestigieuses, accessibles sur recommandation (surtout l'École polytechnique) et obtiennent l'autorisation de fréquenter certains cours en auditeurs libres. Les fonctionnaires des diverses administrations voyageant aux frais de la Couronne, s'avèrent les plus nombreux dans le deuxième tiers du XIXe siècle. Ils investissent les grandes écoles parisiennes (Polytechnique, Ponts et Mines, École centrale, École supérieure d'électricité ou des postes et télégraphes) en qualité de visiteurs venus perfectionner leurs connaissances, préparer leurs diplômes supérieurs et/ou se renseigner sur les dernières avancées dans leurs domaines d'exercice. Les émigrés polonais affluent vers les écoles françaises en provenance de la Pologne russe par deux vagues successives postérieures aux révoltes antirusses des années 1830 et 1860, ce qui explique une forte proportion d'étudiants de cette origine dans la plupart des grands établissements parisiens et provinciaux. Les migrants spontanés de toutes origines voyageant aux frais de leurs familles ou à leurs risques et périls forment un groupe hétéroclite qui prédomine dans le dernier tiers du XIXe et au premier XXe siècle. Ce groupe, de loin le plus important, comprend des migrants d'origines diverses : des émigrés politiques tous azimuts (des opposants au pouvoir tsariste puis des Russes blancs) y côtoient des représentants des minorités enthnoreligieuses (musulmans, catholiques, protestants) largement dominés, dans leur masse, par des juifs russes qui fuient les pogroms et les politiques d'interdictions légales dont ils sont victimes à l'intérieur de l'Empire russe. La migration scolaire de cette période compte dans ses rangs une importante proportion de femmes russes et juives qui, pour leur part, considèrent les études à l'étranger comme une voie vers l'émancipation, difficile à atteindre dans leur propre pays. Certains de ces émigrés voient en France une terre d'asile et s'y installent, d'autres ne font que la traverser en route vers les destina-

23. Gouzévitch et Gouzévitch (2003 ; 2006) ; Gouzévitch I. (1996).

tions plus lointaines (les Amériques), mais les uns comme les autres en profitent pour acquérir une formation. Et les écoles techniques offrant des enseignements pratiques « monnayables » attirent leur attention à Paris (Cnam) comme en province (Institut électrotechnique de Nancy, École de chimie de Mulhouse, École d'électrotechnique de Toulouse, etc.).

Ces diverses circulations n'ont pas le même impact sur le pays d'origine. Si les voyageurs privés ont plutôt affiné ainsi leur propre intelligence et enrichi leur culture générale, la poignée de *visiteurs* commis par les grandes administrations ont joué un rôle fédérateur dans la mise en place du système d'enseignement supérieur technique national, vers le milieu du XIXe siècle. Ces visites d'information changent de nature dans la deuxième moitié du siècle : elles ont pour objectif d'actualiser les enseignements dispensés dans les écoles techniques russes en les harmonisant avec ceux professés en France et ailleurs. Quant aux émigrés, leur influence sur le pays d'origine est faible et s'exerce à travers les réalisations de leurs représentants ayant réussi à se faire une réputation professionnelle internationale dans un pays d'accueil [24].

Les Espagnols, par ailleurs bien intégrés dans la République des lettres, investissent les établissements techniques français dès le dernier tiers du XVIIIe siècle. Ces séjours éducatifs d'une longueur variable (quelques semaines à quelques années) bénéficient de soutiens divers, telles les bourses du gouvernement central ou des administrations locales, les grands tours financés par des chefs d'entreprises ou sur les deniers propres des individus concernés. Cette population compte également dans ses rangs des émigrés espagnols venus se réfugier en France au gré des agitations politiques des années 1790-1830 en profitant de l'ouverture aux étrangers des divers établissements techniques comme l'École polytechnique et l´École des ponts pour favoriser leur intégration [25]. Après cette première période de mobilité active, le nombre d'élèves espagnols dans les grandes écoles françaises connaît un relatif déclin dû aux changements survenus en Espagne suite à l'instauration du régime libéral. On y assiste alors à la consolidation définitive des corps civils d'ingénieurs d'État aux carrières prestigieuses (ceux de « *caminos* », de mines et, plus tard, de « *montes* ») dont l'intégration est soumise à la condition du passage obligatoire par une école spécialisée espagnole dans les années 1830-1840. Ce processus a un impact considérable sur la composition des élèves espagnols dans les établissements techniques français. Dès lors, on y trouve surtout des individus (peu nombreux) intéressés par l'enseignement des sciences, et des militaires. Deux décennies plus tard, le même phénomène a lieu à l'École centrale des arts et manufactures : après une forte présence des Espagnols pendant les années 1840-1850, leur nombre diminue dans les années 1860, sous l'effet de la consolidation de l'enseignement du génie industriel en Espagne. Il n'en demeure pas moins que la présence des Espagnols à l'École centrale ne tarit pas durant la deuxième moitié du XIXe siècle [26] et connaît même une légère hausse autours de 1900, liée aux nouvelles opportunités dans le secteur privé offertes aux ingénieurs en Espagne [27].

24. Gouzevitch et Gouzevitch (2002).
25. Martykánová (2013b).
26. Cardoso de Matos et Roca-Rosell (à paraître en 2015).
27. Les données sur la présence des Espagnols dans les écoles techniques françaises : A. Zabala Uriarte (2012).

Mentionnons aussi une forte proportion d'élèves cubains qui investissent les établissements français (notamment l'École centrale) à partir des années 1840. Ce mouvement qui s'effectue en marge des décisions métropolitaines témoigne des initiatives des élites créoles enrichies grâce à l'industrie sucrière. Même si Cuba demeure une colonie espagnole jusqu'à 1898, l'intégration des Cubains dans la communauté transnationale des experts techniques au XIXe siècle ne passe pas par l'Espagne, mais directement par les écoles françaises.

Les ingénieurs portugais apparaissent dans les écoles techniques françaises dès le début du XIXe siècle. Cette présence est en partie tributaire des guerres civiles qui sévissent dans le pays durant les années 1820-1830 et du régime absolutiste imposé par le roi Miguel, événements politiques qui ont obligé les libéraux à s'expatrier. Pareillement aux émigrés espagnols, les exilés portugais installés à Paris ont saisi l'opportunité d'offrir à leurs fils une formation d'ingénieur civil à la française. Cependant, à partir du milieu des années 1820, les établissements parisiens commencent à accueillir un des étudiants portugais venus pour compléter leur formation d'ingénieurs, soit sur l'instigation du gouvernement, soit sur leur initiative propre. Ces déplacements ont pour cause l'insuffisance des enseignements techniques au Portugal qui, jusqu'à la fin des années 1830, ne disposait pas d'écoles d'ingénieurs autres que celles du génie militaire. Cependant, même après la création, en 1837, de l'École polytechnique de Lisbonne [28] et de l'Académie polytechnique de Porto, l'enseignement des ingénieurs n'atteignait pas le niveau nécessaire pour répondre aux besoins de la modernisation, notamment en matière de travaux publics, condition essentielle du développement d'un marché national et de l'instauration d'un État libéral [29]. Les ingénieurs portugais ont donc continué à se perfectionner en France jusqu'à la fin du siècle. On les croise tout au long de cette période, à l'École polytechnique, à l'École des ponts et chaussées [30], à l'École centrale et à l'École des mines de Paris. Vers la fin du XIXe siècle, le nombre d'ingénieurs portugais souhaitant aller se perfectionner à Paris commence à décroître grâce à l'essor des formations techniques nationales : l'Instituto Superior Tecnico à Lisbonne (1911) et la Faculté des sciences à Porto (1912). Par ailleurs quelques ingénieurs natifs du Brésil viennent aussi compléter leur formation en France, et cette tendance s'est perpétuée après l'Indépendance, avec une centaine d'étudiants brésiliens ayant fréquenté l'École polytechnique et celles des mines et des ponts, entre 1825 et 1903 [31].

La présence des Ottomans dans les établissements français date du deuxième tiers du XIXe siècle et se maintient avec une intensité changeante, jusqu'à la fin de l'Empire (1922). On en répertorie plusieurs dizaines, toutes origines ethnoreligieuses et géographiques confondues, dans certaines grandes écoles parisiennes (l'École polytechnique, l'École des ponts et chaussées et l'École des mines) [32]. Néanmoins, en évaluant leur nombre global, on ne doit pas oublier l'existence d'autres groupes qui, tout en étant (ou ayant été) des sujets ottomans ne se sont jamais présentés comme tels. On compte parmi ceux-ci des individus nés sujets du sultan et devenus citoyens de la Grèce, mais

28. Carolino (2012).
29. Diogo et Cardoso de Matos (2004).
30. Cardoso de Matos (2009, 2010 et 2014) ; Macedo (2012).
31. Figueirôa (2010 et 2016-2017).
32. Martykánová (à paraître).

aussi des Valaques et des Moldaves / Roumains, sans parler des Égyptiens, très nombreux entre la fin des années 1820 et le début des années 1850. Leurs gouvernements locaux respectifs agissaient avec une grande autonomie et bénéficiaient, de la part de la France, d'une politique différenciée et différente de celle adoptée vis-à-vis de l'Empire ottoman en tant que tel [33]. Ainsi, les élèves ottomans se heurtaient fréquemment à des difficultés pour entrer dans les écoles techniques militaires dont l'accès était conditionné par les intérêts stratégiques de la France, beaucoup plus intéressée à former des élites des États nouveaux ou en construction (les Grecs, les Roumains, etc.) que des experts liés au gouvernement central de l'Empire ottoman. De ce fait, ce furent plutôt des établissements comme l'École centrale des arts et manufactures ou l'École d'agriculture de Grignon, plus accessibles aux individus sans soutien gouvernemental, qui ont accueilli des jeunes Ottomans de toutes origines dans la deuxième moitié du XIXe et au début du XXe siècle [34]. Pour plusieurs juifs et chrétiens ottomans, les études dans ces établissements français étaient une manière de se construire une carrière d'« ingénieur international », caractérisée par une grande mobilité transcontinentale [35].

1.6 L'École des ponts et chaussées : un exemple emblématique

Cette institution se distingue parmi d'autres établissements parisiens par le rôle fédérateur qu'elle a joué, dès sa création, dans l'aménagement du territoire. Son cas illustre comment, à une période historique donnée, un établissement national s'érige en référence convoitée qui se propage et se généralise en s'assumant comme un lieu de formation professionnelle transnational. Fréquentée par des ingénieurs de différents pays, cette école a présidé à la construction d'un espace européen des « ponts et chaussées » qui a commencé à se mettre en place pendant la deuxième moitié du XVIIIe siècle pour se consolider à l'échelle européenne durant le XIXe siècle [36]. Si nous avons choisi cet exemple parmi beaucoup d'autres, c'est que l'École des ponts était une référence commune pour l'essor de la profession des ingénieurs des travaux publics dans les quatre pays.

Soulignons d'entrée que vue l'étendue de la période examinée, il s'agit souvent d'une référence symbolique qui renvoie à un certain mode de fonctionnement ou à une somme de principes et de méthodes d'enseignement (rôle des mathématiques appliquées, importance des liens entre la théorie et la pratique, place accordée aux travaux de terrain, etc.) plutôt qu'à un modèle à imiter à l'identique [37]. D'autant plus que l'École des ponts, créée en 1747, a connu plusieurs réorganisations visant, d'une part, à remettre ses enseignements à l'heure des progrès des sciences de l'ingénieur, et de l'autre, à réajuster sa place dans le paysage éducatif national. En revanche, qu'il s'agisse de la première étape de l'existence de l'établissement, dite « l'École de Perronet », d'après le nom de son fondateur, ou de sa période plus longue d'école d'application (à partir de 1795), ce qu'on appelle « le modèle de l'École des ponts et chaussées », n'a été nulle part appliqué dans son intégrité.

33. Kostov (2008) ; Karvar (2006).
34. Martykánová (à paraître).
35. Martykánová (2016-2017).
36. Chatzis, Gouzevitch et Gouzevitch (2009), p. 6.
37. Cardoso de Matos (2013).

Très tôt et avec le plus d'éclat, cette dichotomie entre la référence clamée et son contenu effectif s'est manifestée dans la façon dont furent créés, en Espagne et en Russie, deux écoles d'ingénieurs des travaux publics, l'Escuela de Caminos y Canales de Madrid (1802) et l'Institut du Corps des ingénieurs des voies de communication de Saint-Pétersbourg (1809), revendiquant communément leurs liens de filiation avec l'École des ponts parisienne [38]. La réalité, nous l'avons dit, était beaucoup plus nuancée. En effet, les institutions russe et espagnole affichent des différences considérables l'une avec l'autre et avec le prototype désigné tant dans l'organisation de l'enseignement que dans son contenu, sans parler des critères d'admission et du format institutionnel adopté. Lesdites différences sont tributaires à la fois de la réorganisation du système d'enseignement technique français survenu entretemps et de la spécificité des contextes locaux.

Dans le cas de l'Escuela espagnole [39], il s'agissait, à cette première étape (1802-1808), d'une petite école pratique avec une durée d'études limitée à deux ans (à l'opposé de l'École de Perronet ou les élèves pouvaient rester plusieurs années). Le programme, certes, inspiré dans ses grandes lignes par l'institution française intégrait déjà des éléments nouveaux (la géométrie descriptive), sous l'influence des autres établissements français créés *ex novo* – l'École polytechnique [40] (1794/95) et/ou l'École normale de l'an III (1797). Les modalités de l'enseignement furent elles aussi très différentes de celles pratiquées à l'école parisienne. Si dans cette dernière, les élèves plus âgés enseignaient aux plus jeunes et les cours plus généraux étaient à suivre *extra muros*, les cours de l'Escuela étaient tous dispensés *intra muros* par des professeurs habilités. L'identité des professeurs, tous Espagnols ayant séjourné en France, et l'usage des manuels de l'École polytechnique versés en castillan suggèrent que même cette première tentative d'acculturer à l'étranger le modèle de formation d'ingénieur des travaux publics à la française a généré, en réalité, une institution hybride assez différente du prototype.

L'Institut du Corps des ingénieurs des voies de communication (ICIVC) créé à Saint-Pétersbourg sept ans plus tard offrait déjà les traits prononcés d'une grande école à la française, avec son cursus théorique extrêmement poussé, sa durée d'études de quatre ans et ses promotions d'élèves assez peuplées. L'enseignement était francophone et les professeurs recrutés parmi les polytechniciens français rédigeaient eux-mêmes les programmes et les manuels qui n'avaient pas d'antécédents en langue russe. Si la référence à l'École des ponts demeurait là-aussi persistante, elle renvoyait, en réalité, à un modèle d'inspiration différent, celui de l'enseignement à deux cycles tel qu'il s'était organisé en France suite à la réforme de 1795, à cette différence près qu'en Russie – et c'est le seul trait que l'ICIVC partageait avec sa consœur espagnole –, les deux cursus ont été fusionnés et dispensés dans le cadre d'un seul et même établissement. L'ICIVC avait, par ailleurs, une autre spécificité fondamentale proprement russe qui le distinguait aussi bien de l'École des ponts française que de l'Escuela espagnole : créé comme une école rattachée au Corps des ingénieurs des voies de communication,

38. Gouzévitch, I. (2004).
39. Sáenz Ridruejo (2005) ; Rumeu de Armas (1980 et 1983).
40. Le nom premier de l'institution fut l'École des travaux publics ; c'est à partir de 1795 qu'on l'appela École polytechnique.

il était d'entrée conçu comme un établissement militarisé qui offrait à ses élèves une double grille de grades, civils et militaires, un uniforme et une carrière assurée au sein d'une puissante administration d'État [41].

L'intérêt de cet exemple précoce réside dans le fait que le transfert et l'adaptation différenciée d'un modèle éducatif ont été faits ici par l'entremise d'un seul et même individu, l'ingénieur espagnol Augustin Betancourt, adepte du génie civil à la française, expert mobile qui se déplaçait à travers le continent européen en s'appuyant sur ses multiples réseaux de sociabilité. C'est grâce aux individus de sa trempe que s'élaborent les premiers segments d'un espace transnational des Ponts et chaussées commun à plusieurs aires géographiques. Cependant, au fur et à mesure qu'on avance dans le XIXe siècle, l'initiative individuelle s'efface devant l'action organisée portée par les bureaucraties techniques d'État.

Les quatre empires que nous étudions n'échappent pas à cette tendance : comme ailleurs en Europe, ils voient leurs bureaucraties techniques respectives s'organiser et s'équiper en faisant des circulations un outil de leur consolidation. C'est dans ce cadre nouveau qu'en Espagne, les élites techniques libérales liées au gouvernement s'inspirent, une fois de plus, du modèle des Ponts et chaussées français pour organiser la formation des ingénieurs de travaux publics. Le système d'enseignement technique en France est observé de près par les autorités espagnoles qui tentent à plusieurs reprises de créer une institution semblable à l'École polytechnique parisienne ou d'inclure des cours similaires aux curricula des écoles supérieures techniques existantes, y compris à l'Escuela de Caminos [42].

Malgré les fluctuations de sa politique extérieure, c'est avec beaucoup de détermination que l'Empire russe a poursuivi ses initiatives en matière de formation technique ayant bâti, durant les années 1820-1860, tout un système d'enseignement supérieur d'inspiration française. L'ICIVC a servi de référence dans ce processus. Le contenu de l'enseignement a été en permanence remis à l'heure grâce à l'envoi des missionnaires dans les divers établissements techniques français.

Au Portugal, l'École des ponts a inspiré l'organisation de l'Escola do Exército (1836) et quelques-uns de ses enseignants avaient complété leur formation à l'institution parisienne. Les premiers directeurs et enseignants de l'École polytechnique de Lisbonne (1837) ont été recrutés parmi les adeptes du système français, partisans de la formation pratique [43].

Dans l'Empire ottoman, l'impact de l'École des ponts s'est manifesté à une époque plus tardive par des tentatives de création et/ou de réorganisation des établissements de formation technique. C'est le cas d'une faculté de ponts et chaussées, « Turuk-u-Maabir », organisée dans le cadre de la filière universitaire créée sur la base du Lycée impérial de Galatasaray au milieu des années 1870. L'effort pour doter les ingénieurs d'État d'un programme de formation spécialisé en travaux publics culmine dans la création de l'École civile d'ingénierie (Hendese-i Mülkiye) pendant les années 1880.

41. Gouzévitch et Gouzévitch (2000).
42. Silva Suárez (2007), p. 29-52.
43. Macedo (2012) ; Cardoso de Matos (2013 ; 2009) ; Cardoso de Matos and Diogo (2009).

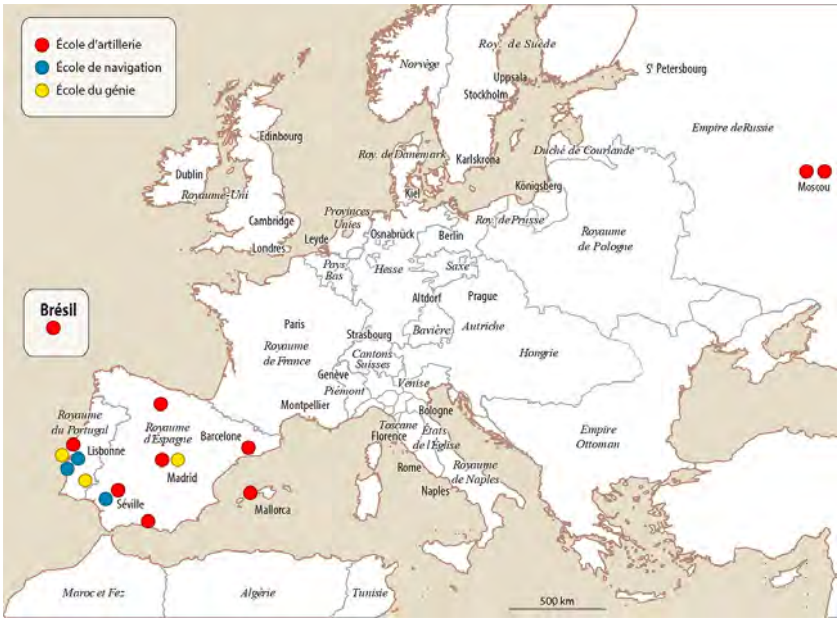

Figure 1 – Écoles établies « aux marges de l'Europe » avant 1700

2 Le processus de spatialisation des systèmes technoscientifiques dans les quatre pays : une lecture cartographiée

2.1 La mise en place des politiques technoscientifiques : les premières écoles techniques

Le dernier espace que nous nous proposons d'explorer est celui de mise en système des modes de formation nationaux. Sa connotation géographique primitive est évidente vu qu'il s'agit de l'implantation pour ainsi dire physique des institutions au sein des territoires. Cependant, s'agissant des territoires aux sens politique du terme, nous devons tenir compte de cet aspect dans son rapport complexe à la géographie. Nous avons déjà vu à quel point les politiques technoscientifiques des quatre empires étaient tributaires du transfert organisé des savoirs importés. En revanche, l'ancrage local des différentes formations était avant tout fonction des logiques du développement interne, rythmé et conditionné par un jeu de facteurs et d'intérêts complexes, l'ordre d'apparition des écoles et leur profil étant dépendants des conditions propres à chacun des pays étudiés, suivant les périodes. Une étude cartographiée de la création des écoles techniques dans les quatre empires que nous avons réalisée a permis d'aborder ce phénomène dans la durée et d'en dégager les grandes tendances. Elle a été rendue possible grâce aux découpages chronologiques opérés. Ainsi, les cartes qui nous ont servi de trame de lecture ont été établies par tranche de vingt-cinq ans, de sorte à mieux faire ressortir les processus se déroulant simultanément (ou pas), de part et

d'autre, à l'intérieur de chaque séquence. Les quelques remarques générales qui suivent découlent donc de cette lecture cartographiée et résument ses principaux résultats.

Le premier constat qu'on peut formuler à titre de prologue concerne l'ancienneté que détient en matière d'enseignement technique le couple ibérique qui possède ici une grande longueur d'avance par rapport à la Russie et à l'Empire ottoman (fig. 1).

Le Portugal fait figure de pionnier, avec son école militaire établie en 1525 à Vila Viçosa, près de la frontière espagnole, ses quatre institutions à vocation technico-militaire (navigation, artillerie et fortification) installées à Lisbonne entre 1559 et 1647, et deux écoles – d'artillerie et d'architecture militaire – créées au Brésil vers la fin du XVIIe siècle. L'Espagne, si elle s'y met quelques années plus tard, rattrape et dépasse son voisin en nombre d'écoles techniques militaires, surtout celles d'artillerie, créées dans ses divers domaines, à Barcelone et à Milan, à Malaga et à Burgos (milieu du XVIe siècle), à Majorque (1559) et en Galice, sans oublier Séville qui, dès 1590, abrite une école de la marine, et Madrid où une école de fortification fonctionne à partir de 1600. Quant à la Russie, les premières formations techniques en matière d'artillerie y datent du dernier XVIIe siècle, et même si les structures qui les accueillent sont localisées à Moscou, l'impulsion est donnée par le besoin de défier l'armée turque sous les murs d'Azov, forteresse en Russie méridionale dont la conquête en 1696 marque le début des réformes de Pierre Ier.

Les enjeux militaires dictés par les besoins de la défense, de la consolidation des territoires, de la maîtrise des mers et du succès des nouvelles conquêtes sont donc à l'origine de ces premières percées éducatives qui, en cernant les priorités et en balisant les points géographiques sensibles, préfigurent l'organisation spatiale des futurs systèmes d'enseignement. De ce point de vue, deux tendances se profilent qui vont se développer en tension constante : celle qui aspire à la centralisation, certes, encore relative et limitée vu le poids inégal des capitales dans la distribution géographique des enseignements techniques à ce stade initial (grand en Russie, significatif au Portugal, modeste en Espagne) mais déjà repérable ; et celle qui laisse la priorité et la liberté d'entreprendre à des localités régionales (centres provinciaux, carrefours commerciaux, villes frontalières, places fortes et ports maritimes), plus ou moins autonomes et dotées d'infrastructures et de moyens suffisants pour accueillir et faire durer les institutions. Les considérations pragmatiques priment dans ce rapport, puisque les formations techniques sont, de part et d'autre, estimées essentiellement comme *complémentaires* aux devoirs militaires : il est naturel de les organiser au plus près des lieux de leur exercice, dans les ports et les chantiers navals pour les marins, dans les forteresses et les lieux de dislocation des troupes pour les ingénieurs militaires et les artilleurs.

2.2 L'essor du XVIIIe siècle, ou former les officiers techniques pour l'Empire

Le processus de création institutionnelle doublée de la diversification des formations et de leur expansion spatiale se généralise durant le XVIIIe siècle. Toutefois, son intensité n'est pas la même d'une période à l'autre, et des épisodes d'activité fébrile durant lesquelles plusieurs institutions voient le jour à des dates rapprochées alternent ré-

gulièrement avec des périodes d'une relative ou totale accalmie où seules quelques remaniements ont lieu. Chaque pays va à son propre rythme qui n'est pas forcement en phase avec celui des autres, mais il existe des périodes, comme le premier quart du XVIIIe siècle, où des institutions du même profil fondées à deux extrémités opposées de l'Europe, se créent quasi simultanément.

Les raisons de ce parallélisme ont été évoquées : les conflits dynastiques, les guerres avec les voisins ou au sein des coalitions, les conquêtes territoriales, l'affirmation des absolutismes sont autant de facteurs qui motivent les gouvernements à promouvoir des formations à vocation technico-militaire. La Russie, l'Espagne et le Portugal ne rechignent pas sur les moyens pour améliorer la préparation des artilleurs, des ingénieurs militaires, des marins, des officiers de l'armée. Des formations non-militaires se développent également, même si leur création est encore ponctuelle et l'évolution hésitante... Le choix de l'emplacement pour toutes ces institutions est sujet à variations, suivant des logiques de plus en plus complexes.

En Russie, qui anticipe la fin victorieuse de la guerre du Nord et prépare son nouveau statut impérial (proclamé en 1722), la tendance qui est à la centralisation se complique par la rivalité des deux capitales, l'ancienne – Moscou –, et la nouvelle impériale – Saint-Pétersbourg, en chantier depuis 1703. Logiquement, la plupart des onze établissements spécialisés en techniques militaires et en construction urbaine se répartissent entre ces deux grands pôles concurrents. Moscou est le cœur historique et géographique du pays, son nerf religieux et spirituel, la gardienne des traditions. Il n'empêche que Saint-Pétersbourg, une ville sans passé bâtie sur les terres conquises aux Suédois, l'emporte dans cette compétition puisque le souverain et la cour y déménagent en 1712. Le résultat est que, quelques années seulement après sa fondation, les établissements moscovites d'importance stratégique (l'École de navigation, 1701, et l'École du génie, 1709) perdent leur autonomie au profit des écoles pétersbourgeoises du même type (l'Académie maritime, 1715, et l'École du génie, 1719). Ce glissement qui vise avant tout à avoir les experts à disposition, à proximité du théâtre des opérations militaires, a aussi pour objectif d'affirmer le statut émergeant de la nouvelle capitale. Mais la création institutionnelle gagne aussi certaines régions où des écoles techniques se créent selon les besoins locaux. Ainsi, à partir de 1702, dix-neuf écoles de l'amirauté voient le jour auprès des principaux chantiers navals, préexistants (Archangel) ou créés *ex novo* (Voronezh et Saint-Pétersbourg), auxquelles il faut ajouter trois écoles des mines établies en 1721-1722 dans l'Oural où une grande industrie d'extraction minière et de métallurgie est alors en train de s'implanter. En 1723, ces établissements servent de base à la création d'une École des mines de niveau plus élevé à Ekaterinbourg (fig. 2).

En Espagne, où la nouvelle dynastie des Bourbons développe une politique très proche, dans ses grandes lignes, de celle mise en place par l'Empire russe, la cartographie des institutions se construit différemment. C'est Barcelone, capitale de la Catalogne, qui accueille en 1720 l'Académie de mathématiques censée former les ingénieurs militaires et les artilleurs pour la Couronne, un tel choix étant tributaire de son statut d'importante ville fortifiée et de sa position stratégique à proximité de la frontière française mais aussi, de la facilité pour recruter des enseignants et des élèves au sein du contin-

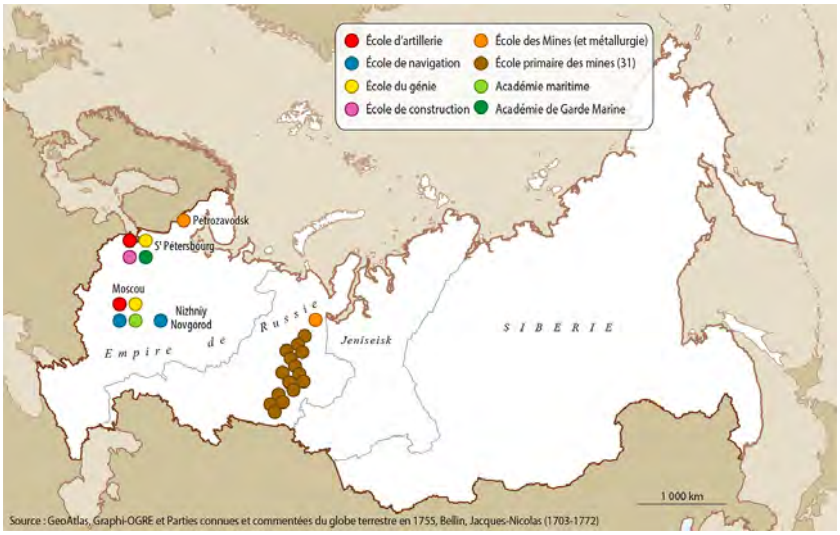

Figure 2 – Écoles établies en Russie. Période 1700-1725

gent de service. La formation des officiers pour l'Armada (qui dès 1717 regroupe les flottes espagnoles) est prise en charge par la Real Compañía de Guardias Marinas installée cette même année à Cadiz, une importante ville portuaire ouvrant sur l'Atlantique qui abrite, outre les administrations du commerce colonial, un grand arsenal, La Carraca, en plein développement.

L'implantation des deux institutions du génie militaire fondées au Portugal au début du XVIIIe siècle s'inscrit dans la continuité de l'époque précédente. La défense de ses frontières avec l'Espagne y demeure prioritaire ; c'est donc une ville frontalière, Viana de Castelo, qui accueille, en 1701, les cours de fortification provinciales (*Academias de Fortificação nas provincias*). Quant aux classes de fortification (*Aula de Fortificação)* fonctionnant dans la capitale, en 1706 elles sont remplacées par une institution de niveau plus évolué, l'Academia Militar (fig. 3).

Ainsi, le parallélisme observé durant cette période dans les politiques éducatives des trois gouvernements dissimule des démarches inspirées par des expériences et des pratiques historiques différentes et doit, de ce fait, être relativisé, du moins dans sa dimension spatiale. Ceci dit, la comparaison a permis d'entrevoir d'autres affinités que jusqu'alors, on ne mesurait pas. Toutes proportions gardées, tel est le statut hybride particulier des deux capitales, Lisbonne et Saint-Pétersbourg, ces métropoles impériales excentrées, situées dans l'embouchure des fleuves ouvrant vers le grand large, villes-ports, villes-frontières, villes-forteresses que ce cumul de fonctions multiples apparentait l'une à l'autre, en relativisant la juxtaposition classique entre le « central » et le « local ». L'emplacement des écoles du génie militaire et de la marine dans ces deux villes pouvait alors s'expliquer par la somme de ces facteurs et pas uniquement par leur statut de capitales et/ou la proximité de la cour.

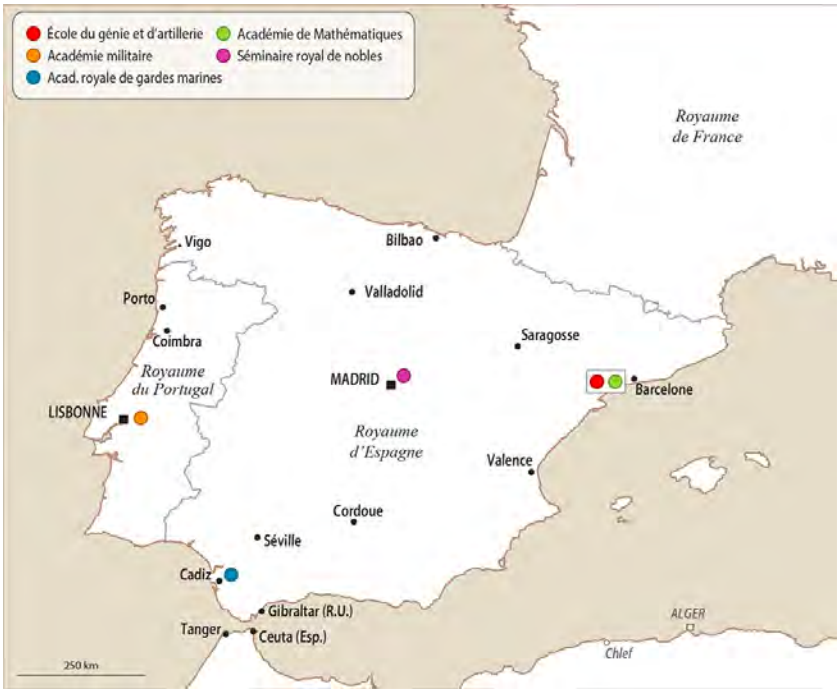

Figure 3 – Écoles établies en Espagne et au Portugal. Période 1700-1725

L'étude de cette période a permis de dégager deux autres tendances connectées. La première concerne la hiérarchisation des formations qui, dans certains domaines, commencent dès lors à s'échelonner à deux niveaux. En effet, d'une part, on assiste à la prolifération des écoles de niveau élémentaire destinées à inculquer les rudiments du métier aux ouvriers qu'on installe dans les lieux de production (chantier, usine, arsenal, forteresse, mine). D'autre part, on voit émerger des institutions plus évoluées qui forment des experts de niveau supérieur (officiers, chefs de service, conducteurs de travaux) et dont la localisation peut varier, du lieu d'exercice à la capitale, selon le pays. L'ambivalence des choix qui interviennent dans ces cas-là relève d'une dichotomie importante en rapport au statut que chaque État attribue à l'enseignement technique. Ce rapport est déterminant dans le choix des localisations. En Espagne et au Portugal, où le principe de *complémentarité* de l'enseignement par rapport aux fonctions professionnelles est ancré dans la tradition séculaire, le choix continue à se faire en faveur de l'option locale. En Russie, où il n'y a pas d'antécédents dans ce domaine et où tout est à faire, des formations donnant accès au grade d'officier (et donc à une carrière au sein de l'administration d'État) dans une des professions technico-militaires sont d'entrée considérées comme obligatoires pour exercer la profession et ont, de ce fait, une fonction promotionnelle et méritocratique clairement *préparatoire*. Les écoles qui en ont la charge s'installent dans la capitale, auprès des administrations concernées, sous l'œil du souverain et/ou d'un dignitaire de haut rang qui les supervise.

Durant le deuxième quart du XVIIIe siècle, le processus de création institutionnelle se ralentit. D'une part, les efforts réformateurs ont déjà porté leurs fruits, en ayant doté la Russie, l'Espagne et le Portugal d'un nombre significatif d'écoles techniques. D'autre part, des préoccupations spécifiques à chaque pays contribuent à ce ralentissement, tels les troubles dynastiques en Russie, avec leur lot de « révolutions de palais », une certaine atonie du gouvernement portugais « rassasié » par l'afflux de l'or brésilien, le besoin des Bourbons espagnols d'asseoir leur pouvoir dans la durée. Quelques initiatives intéressantes ponctuent, néanmoins, cette période de relative accalmie en Russie et en Espagne, certaines relevant de l'État (Corps des cadets de l'armée de terre à Saint-Pétersbourg, 1731-32), d'autres issues des besoins spécifiques des localités (Écoles du génie à Moscou, 1743, et à Kiev, 1747 ; Académies mathématiques à Oran, 1732, et à Ceuta, 1739 [44]), les troisièmes, enfin, associées aux efforts de quelques individus d'exception (G. de Guennin et ses écoles de mines dans l'Oural, 1734 ; D. Ukhtomskij et son école d'architecture à Moscou, 1743).

La grande première de cette période est l'entrée en scène de l'Empire ottoman qui inaugure l'enseignement technique dans ses terres par l'ouverture d'une école d'artillerie et de génie auprès du Corps des bombardiers salariés fondé en 1735 par Bonneval Ahmed Pacha, homme d'armes français converti à l'islam et exerçant au service du sultan [45]. Le choix du profil pour cette première institution technique ottomane est symptomatique vu que les écoles d'artillerie et du génie ont été les premières à se mettre en place dans tous les pays étudiés. Avec plusieurs décennies de décalage, face à la montée en puissance de l'Empire russe, la Turquie, qui s'était rapprochée de l'Occident, a donc été amenée à s'embarquer sur la même voie, dans le même ordre de préférences. Un bel argument en faveur de l'hypothèse sur l'existence des dynamiques parallèles aux temporalités différées... Quant au choix de Constantinople, capitale de l'Empire et ville de la Cour, il tient de la tradition des « écoles du palais » pour former les « hommes d'épée » – serviteurs rapprochés du sultan, alors même que la formation pratique des militaires se faisait communément sur le tas, dans les lieux de service. Vu dans une perspective comparée, ce choix reflète la tendance à la centralisation des formations institutionnalisées créées sur l'initiative du gouvernement, pareillement à ce que nous avons observé en Russie. Enfin, cet exemple est l'occasion de souligner le rôle des experts étrangers dans la mise en place des institutions techniques dans les quatre empires, les affinités dans l'organisation de l'enseignement qui pouvaient en découler et l'opportunité qui se présentait à ces individus d'influencer le lieu d'implantation de ces établissements.

Parmi les facteurs qui déterminent la reprise des initiatives éducatives en Russie, au Portugal et en Espagne dès le milieu du XVIIIe siècle, puis dans l'Empire ottoman au début des années 1770, les enjeux militaires et sécuritaires demeurent prépondérants. Les guerres de coalition et les conflits de voisinage, les enjeux coloniaux et les remaniements politiques interviennent dans ce processus en créant des symétries parfois trompeuses car ne dépendant pas, ou pas au même degré, des mêmes raisons. Ainsi, la guerre pour la Succession autrichienne (1740-1748) – à laquelle l'Espagne a participé de plein pied et la Russie épisodiquement, dans un raid sur terre en 1747 –

44. Capel *et al.* (1988), p. 168-171.
45. Karaca *et al.* (2012).

explique sans doute mieux la création, en 1751, d'une nouvelle Académie d'artillerie et l'ouverture de l'Observatoire de la Marine en 1753 à Cadix ainsi que la fondation du Corps des cadets de la marine à Saint-Pétersbourg survenue en 1752. En réalité, l'école russe doit son apparition à la clairvoyance d'Aleksej Bestužev-Rûmin, ministre d'Elisabeth I, qui a profité de la période d'accalmie pour améliorer la formation des spécialistes techniques dans son pays. Ces changements se sont pourtant avérés incomplets et globalement insuffisants face à une autre épreuve militaire, la guerre de Sept ans (1756-1762), ce premier conflit décidément mondial auquel trois des quatre pays étudiés ont participé dans les alliances opposées [46]. Les gouvernements de Catherine II en Russie, de Joseph Ier au Portugal, de Carlos III en Espagne en ont subi des effets et tiré des conséquences, en réorganisant la préparation de leurs spécialistes techniques militaires. L'artillerie et le génie militaire sont, naturellement, les premiers visés, et les formations qui donnent accès à ces professions se multiplient, se spatialisent, se restructurent et s'étoffent dans les trois pays à des dates rapprochées.

En Russie, ce processus s'engage dès la fin des années 1750 et se manifeste sur deux registres : d'une part, la géographie des formations s'élargit grâce à l'ouverture des écoles élémentaires du génie dans les grandes forteresses frontalières du nord-ouest (Saint-Pétersbourg, Riga, Cronstadt) et du sud (Kiev) du pays ; d'autre part, la capitale impériale accueille, en 1762, un nouvel établissement, le Corps des cadets d'artillerie et du génie, issu de la fusion des deux écoles préexistantes et placé sous la tutelle du Grand-Maître d'artillerie [47]. Le programme de l'institution est extrêmement vaste, il ambitionne la préparation des experts techniques polyvalents férus en sciences et en mathématiques, une sorte de *proto-polytechniciens* en somme. Et même si la Russie n'est pas encore en mesure d'assumer un tel défi, les débuts de l'enseignement scientifique sont posés, avec l'ancrage dans la capitale.

Les initiatives éducatives promues par les pays ibériques empruntent des sentiers parallèles. Au Portugal, sur l'instigation du comte Lippe, des cours spécialisés sont organisés dans les différents régiments militaires (1763), alors que la très ancienne Aula de Fortificação e Arquitectura militar se voit remplacer par l'Academia real de la Marinha (Lisbonne, 1779). La professionnalisation des experts techniques s'accélère grâce à la réforme de l'Université de Coimbra, en 1772 [48] : sa Faculté de mathématiques est alors reconnue apte à former les cadres pour l'armée, les ingénieurs militaires, les architectes et les arpenteurs. En Espagne, la tentative d'améliorer la formation des experts techniques militaires, dont l'insuffisance a été mise à nu par la guerre de Sept ans, aboutit à la création, en 1764, du Real Colegio de Artillería à Ségovie, une école aux performances nouvelles implantée dans une ville située à proximité de Madrid et des sites royaux de San Lorenzo de l'Escorial et de la Granja de San Ildefonso. La volonté du gouvernement de mieux asseoir son emprise sur la formation des experts en uniforme en rapprochant les écoles de la Cour trouve ici son expression. Ces tendances centralisatrices vont s'accentuer sans toutefois atteindre le degré observé en Russie et en Turquie : installer les écoles *à proximité* et non pas *au sein* de la capitale

46. La Russie et l'Espagne du côté de la France et de l'Autriche, le Portugal – du côté de la Grande-Bretagne contre l'Espagne.

47. Gouzévitch et Gouzevitch (2000).

48. Cruzeiro (1988).

et des sites royaux, en maintenant ainsi une distance conventionnelle et symbolique entre le pouvoir et ses officiers, constituera, à terme, la spécificité de la spatialisation des institutions techniques en Espagne. Quant aux académies mathématiques préexistantes, celles de Barcelone, de Ceuta, d'Oran et la formation mathématique au Colegio Imperial à Madrid, leur cursus est actualisé et l'enseignement modernisé, alors que les bases scientifiques de la formation des navigateurs se consolident au sein du Real Observatorio de Marina de Cadix.

Si les préoccupations technico-militaires priment encore dans les choix éducatifs des trois gouvernements, le troisième quart du XVIIIe siècle se distingue par l'essor des formations civiles, en association, en amont ou en dehors du cadre militaire. Ce processus est en cours en Russie, en Espagne et au Portugal, même si l'ordre des priorités varie d'un pays à l'autre.

Pour l'Empire russe, qui n'a cessé de s'agrandir tout au long du XVIIIe siècle, consolider son emprise politique et économique sur son énorme territoire en en prenant à la fois la connaissance et la mesure est sans doute un enjeu crucial. En témoignent deux institutions, l'une à vocation scientifique, l'autre d'orientation plus pratique, ouvertes à Saint-Pétersbourg au lendemain de la guerre de Sept ans : l'École de cartographie et de géométrie établie sous la houlette du Département géographique de l'Académie des sciences (1762-1766) et l'École d'arpentage rattachée à l'administration du même nom (1767) pour former les experts du cadastre. D'importants travaux d'aménagement et d'embellissement qui se poursuivent dans les deux capitales stimulent la mise en place de l'enseignement architectural. À Saint-Pétersbourg, il est dispensé dans le cadre de l'Académie des beaux-arts créée en 1757. À Moscou, deux institutions successives s'en chargent, l'une privée, organisée par l'architecte Bazhenov, entre 1768 et 1775, l'autre publique, rattachée au Bureau de maçonnerie dès sa fondation par l'État, en 1775. La création de petites écoles locales se poursuit également au gré des grands chantiers et des ouvrages à entretenir, telles l'École du canal de Ladoga (Schlusselbourg, 1752), ou l'École des sciences mathématiques aux Cataractes Borovickie[49] (1767), toutes deux destinées à former en hydraulique et en petite navigation les ouvriers employés aux travaux de ces grands ouvrages hydrauliques qui assurent le ravitaillement de la capitale impériale. Enfin, dans le domaine des mines, l'heure est à la centralisation : après une pléthore de petites écoles fondées auprès des exploitations privées dans les régions éloignées, l'État prend les choses en main en créant une grande École des mines à Saint-Pétersbourg (1771).

Au Portugal et en Espagne, l'instruction « utile » des jeunes nobles fondée sur l'étude des mathématiques et des sciences est une préoccupation partagée, et les institutions qui doivent s'en charger s'y créent à quelques années d'intervalle : le Real Colégio dos Nobres ouvre ses portes à Lisbonne, en 1761, le Real Seminario de Vergara s'installe dans cette ville basque à partir de 1767, grâce à l'initiative de la Real Sociedad bascongada de los amigos del país qui a obtenu, pour ce projet des Lumières, le soutien royal[50].

49. Un point de passage important du système de navigation Vyshnevolockaja, ces cataractes sont situées sur la rivière Msta, dans la région de Novgorod.

50. Chaparro Sáinz (2009).

Les pays ibériques partagent d'autres préoccupations, celles notamment qui concernent l'intensification des activités industrielles et agricoles, une meilleure exploitation des ressources métropolitaines et coloniales visant à réduire les importations et l'extension du commerce international. Ce contexte est propice à la création d'écoles d'arts et métiers, de commerce et de navigation dans les grandes villes portuaires aux industries foisonnantes : à Lisbonne (Aula de Comércio, 1759) et à Porto (Aula de Nautica, 1762) du côté portugais, à Barcelone (Escuela de Náutica, 1769, et Escuela de Diseño, 1775) du côté espagnol. Si l'État appuie ces initiatives, s'il favorise leur mise en route, le rôle des instances locales n'en demeure pas moins significatif, voire même décisif dans le cas de Barcelone, ou la Junta de Comercio (1758) prend en main l'organisation des formations techniques. L'implication financière de la Companhia Geral da Agricultura das Vinhas do Alto Douro (1756) dans le fonctionnement de l'Aula de Náutica s'explique par le fait que cette entreprise portugaise spécialisée dans la vente du vin de Porto tirait ses bénéfices du commerce avec le Brésil. Elle avait donc tout intérêt à investir dans la formation des marins responsables de la sécurité des navires transatlantiques.

Si l'Empire ottoman affiche toujours une dynamique différée par rapport à ses trois contreparties, les raisons qui l'incitent à rompre avec cette latence au début des années 1770 tiennent elles aussi d'un traumatisme militaire – la défaite de l'armée ottomane dans la guerre avec la Russie (1768-1774). Les initiatives en matière de formations techniques sont favorisées par le rapprochement de cet Empire avec la France dont les experts participent activement à l'élaboration des enseignements. La formation des artilleurs est ainsi rapidement organisée, d'abord dans une École d'artillerie créée en 1772 par le baron de Tott venu proposer ses services au sultan, puis, après la fermeture de celle-ci, dans le cadre du Corps des artilleurs au feu rapide dirigé par le sergent Aubert, envoyé par les autorités françaises. Une autre initiative marquante a lieu en 1775 ; c'est alors que se crée à Constantinople, dans le giron du Chantier naval impérial, l'Académie de géométrie (Hendesehâne) qui deviendra, à terme, une référence en matière de formation d'ingénieurs navals et militaires.

Au dernier quart du XVIIIe siècle, les tendances essentielles observées précédemment s'accusent et se développent. De nouvelles perspectives apparaissent également qui préfigurent les changements de fonds dans l'organisation des formations techniques. Leur évolution est partout en cours, mais sa cadence s'inverse par rapport à la période précédente. Elle est plus modérée en Russie et en Espagne, s'intensifie au Portugal et s'accélère considérablement dans l'Empire ottoman. Si la part du militaire est encore importante en Russie, au Portugal et en Espagne, des écoles civiles d'État et privées commencent à y prendre pied. Tel n'est pas le cas de l'empire du sultan, qui affiche un dynamisme accru, certes, mais qui demeure encore, dans ses initiatives, au stade des formations technico-militaires de base.

En revanche, la valeur symbolique de ce processus dans l'Empire ottoman est sans commune mesure par rapport aux autres pays, vu qu'il suppose l'introduction massive des connaissances et pratiques perçues comme importées de l'Europe, donnant lieu à une synthèse originale des « maisons bureaucratiques » traditionnelles (le Chantier naval, le domaine du Grand Amiral), des pratiques et savoirs des madrasas (dont pro-

viennent en partie des professeurs ottomans) et des pratiques et savoirs à l'européenne (introduits par les experts étrangers)[51]. La mise en place des formations techniques au sein même de l'ancien système de gouvernement participe directement de sa reconstruction puisqu'elles servent à former les officiers du sultan. Les écoles techniques civiles autonomes, et en particulier privées, devront attendre le siècle suivant. En définitive, l'emploi des « ingénieurs du sultan » à l'entretien des bâtiments impériaux et à d'autres travaux d'aménagement de ressort étatique est un phénomène que la Turquie partage avec la Russie et le couple ibérique, puisque la profession d'ingénieur des travaux publics n'est pas encore institutionnalisée ailleurs qu'en France.

L'impact des gouvernements demeure partout décisif dans la réorganisation des enseignements existants et la promotion de formations nouvelles. Partout aussi, ce mouvement est en phase avec la politique de renouveau économique et culturel, sous la bannière des Lumières (même si pour l'Empire ottoman, la référence est plutôt indirecte). Le rôle de proue réservé dans ce processus aux compétences technoscientifiques se mesure par l'ampleur des initiatives, la diversification des publics visés et des formations proposées où la part de la théorie ne cesse d'augmenter, ainsi que par la mobilisation des toutes les filières aptes à y contribuer. Au Portugal, par exemple, cette tendance inspire l'action des professeurs de l'université de Coimbra qui, en lien avec l'Academia Real das Ciências (1779), organisent l'étude des ressources naturelles du pays[52], alors qu'en Russie, cette activité est développée dans le cadre de l'Académie des sciences et de la Société économique libre créée en 1765 à Saint-Pétersbourg.

En ce qui concerne l'enseignement technique, plusieurs options sont simultanément appliquées. Certaines répondent au besoin ressenti d'insuffler une nouvelle dynamique aux domaines en dérive, telle l'Academia de Minas créée en 1777 à Almadén (Espagne), auprès de l'entreprise royale d'extraction de mercure dont les procédés et l'équipement obsolètes doivent être rénovés[53]. D'autres tendent à renforcer les domaines déjà balisés en multipliant les institutions. Cette tendance prime en Russie où de nouvelles écoles d'arpentage (Moscou, 1778, et Saint-Pétersbourg, 1794), d'hydraulique (Vyshnij Volochek, 1786) et d'architecture (Moscou, 1786-1803) s'ajoutent aux écoles préexistantes. D'autres encore mettent l'accent sur l'amélioration des structures existantes, ce qui implique divers remaniements substantiels. Dans l'Empire ottoman, par exemple, la formation des officiers et constructeurs navals de la Marine est restructurée dans la foulée des réformes de Selim III engagées à la fin du XVIIIe siècle. Le résultat en est que les différents enseignements s'autonomisent en donnant lieu à des institutions à part entière, situées dans des lieux différents. Ainsi, la création des corps des bombardiers et des sapeurs durant les années 1790 aboutit au transfert du cours de fortification du Chantier naval impérial à un bâtiment indépendant, et à une école particulière, Mühendishâne-i Berrî-i Hümâyûn, fondée de la sorte. Celle-ci accueille dès lors les élèves provenant desdits corps et, plus tard, aussi des architectes impériaux. L'enseignement à l'école navale est, à son tour, réorganisé avec l'aide de l'ingénieur naval français Le Brun (fig. 4). Enfin, il existe des options tributaires des pressions locales qui s'inscrivent dans la logique du développement économique et

51. Hunter (1999) ; Findley (1980) ; Kaçar (1996) ; Martykánová (2010).
52. Cardoso (1990).
53. Sánchez Gómez (2005).

commercial des régions, tel le Real Colegio Seminario náutico de San Telmo (Malaga, 1787) sensé former les pilotes assurant le transport des produits andalous vers les divers ports méditerranéens et atlantiques pour la marine marchande [54].

De nouvelles écoles portugaises issues des réformes de la reine Maria I – l'Aula de Debuxo e Desenho (Porto, 1779), l'Academia Real da Marinha (Lisbonne, 1779) et la Companhia dos Gardas-Marinhas (Lisbonne, 1782) – cumulent la plupart de ces caractéristiques tout en affichant quelques traits nouveaux. Formellement, elles gardent encore leur orientation militaire pratique, mais ont déjà une vocation pluridisciplinaire et visent un public plus large. Leur base scientifique se consolide et leur niveau devient plus élevé au fil des réorganisations qu'elles subissent durant la décennie suivante. Ainsi, la première de ces écoles, promue par la Companhia Geral da Agricultura das Vinhas do Alto Douro, est sensée compléter la formation offerte par l'Aula de Náutica à partir de 1762. Cependant, ces établissements ne parviennent pas à rivaliser avec l'Académie lisboète et, en 1803, ils seront fusionnés. Cette dernière propose une palette d'enseignements assez vaste visant à former aussi bien les officiers de la marine militaire et marchande que les ingénieurs militaires ; en 1790, elle sera remplacée par l'Academia Real de Fortificação, Artilharia e Desenho qui proposera à ses élèves une formation théorique solide. Quant à la Companhia dos Gardas-Marinhas, elle sera incorporée à l'Academia Real dos Guardas-Marinhas ouverte, en 1796, avec l'ambition d'offrir aux futurs officiers une formation combinant la pratique avec la théorie.

La nouvelle orientation scientifique des activités techniques trouve son expression la plus éclatante dans la promotion des instances géo-, hydro- et cartographiques susceptibles d'établir la carte générale du territoire. Après la Russie où cette activité s'est institutionnalisée plus tôt, avec l'ancrage dans la capitale, le couple ibérique s'en dote sous des formes et dans des lieux différents. L'Espagne l'organise sous la tutelle de l'armada, au sein de l'Observatorio astronómico de San Fernando (1790) qui, six ans plus tard, donne naissance au Corps des ingénieurs cosmographes. Le Portugal la développe au sein de la Sociedade Real Marítima, Militar e Geográfica para o Desenho, Gravura e Impressão das Cartas Hidrográficas, Geográficas e Militares (fin du siècle) qui se pose pour objectif de réaliser la « Carta Geral do Reino » et centralise, à ces fins, tous les travaux cartographiques menés à travers le pays. L'Empire ottoman, pour sa part, adopte une formule plus classique mais mieux adaptée à ses conditions : en 1797, le programme de la Mühendishâne du Chantier naval impérial est réorganisé pour inclure deux types de formation en « sciences de la géométrie » : l'un spécialisé en construction navale, l'autre en cartographie et géographie.

L'art maritime et la construction navale sont des domaines anciens et importants qui catalysent plusieurs tendances et controverses de l'évolution de l'enseignement technique. L'une d'elles concerne le rôle des experts étrangers dans l'organisation des activités maritimes et navales. À la fin du XVIIIe siècle, le recours à cette filière par l'Empire ottoman et la Russie se solde par un paradoxe. Rappelons qu'au cours du XVIIIe siècle, de nombreux conflits militaires ont opposé ces deux puissances et que ce bras de fer a stimulé, de part et d'autre, l'essor des formations technico-militaires, y compris celles liées à la mer. En revanche, la défaite essuyée par la Turquie s'est avérée

54. Cilveti Ripoll (2011).

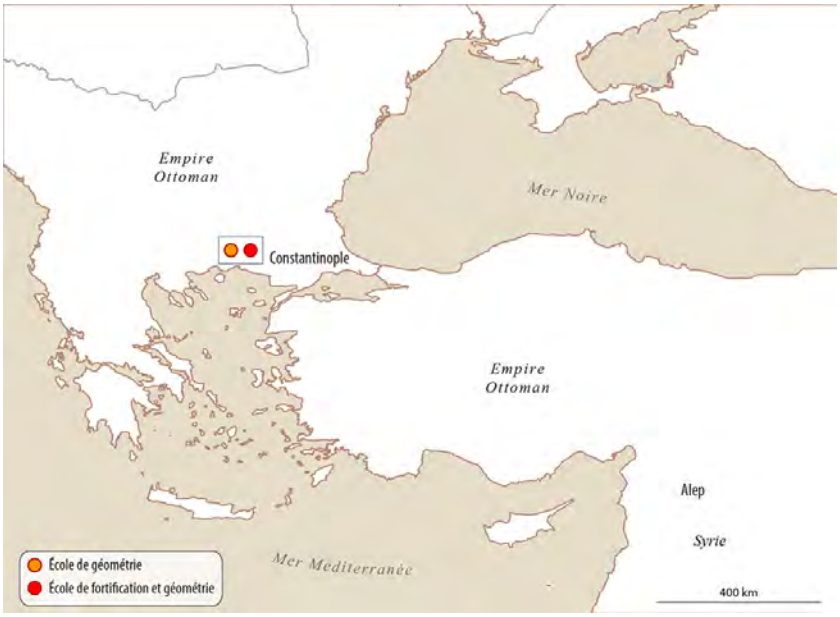

Figure 4 – Écoles établies dans l'Empire ottoman. Période 1775-1800

plus propice immédiatement à la mise en place des formations durables que la victoire emportée par les Russes. Nous l'avons vu, l'Empire ottoman a largement bénéficié de l'aide de la France pour organiser la formation des navigateurs et des constructeurs navals. Les envoyés de Louis XVI ont ensuite participé à son amélioration. Les écoles ainsi établies survivent à la chute de Selim III et constituent un pont vers les réformes des années 1820 [55] (fig. 4). La Russie, pour sa part, finit par introduire trois institutions donnant accès aux professions maritimes : le Corps des cadets de la marine à Kherson (1794) et deux écoles d'architecture navale, à Saint-Pétersbourg et à Nikolaev (1798) (fig. 5). Cependant, les écoles ouvertes dans la région de la mer Noire ne durent que quelques années. Le Corps des cadets de la marine de Kherson est supprimé en 1798, alors que l'École d'architecture navale de Nikolaev ferme ses portes en 1803. Ce résultat modéré et cette rétractation finale ont une explication plausible. Le premier phénomène est imputable au pragmatisme de Catherine II. Confrontée aux problèmes de transports et d'aménagement des territoires nouvellement conquis, cette impératrice a préféré, aux nouvelles formations au résultat différé, l'invitation d'ingénieurs hydrauliciens hollandais ayant déjà fait leurs preuves dans la profession. Quant aux écoles ouvertes par ses soins au sud de la Russie, leur fermeture a été ordonnée par Paul Ier (1796-1801), très hostile aux initiatives de sa mère, et l'éloignement de la capitale a dû y jouer un rôle.

55. Kaçar (1996) ; Beydilli (1995 et 1986) ; Martykanova (2010).

Figure 5 – Écoles établies en Russie. Période 1775-1800

Mentionnons quelques petits paradoxes de la gestion des formations ultramarines par les pays ibériques. Si le Portugal souhaite renforcer son ancrage aux Indes portugaises et au Brésil en y créant, respectivement, une école d'artillerie (Aula de Artilharia, Goa, 1784) et une Académie d'artillerie, de fortification et de dessin (Academia Real de Fortificação, Artilharia e Desenho, Rio de Janeiro, 1792), l'Espagne, au contraire, dépossède ses enclaves maghrébines en supprimant, en 1789, les Académies mathématiques à Oran et à Ceuta au profit de celles de Barcelone et de Cadix. En revanche, le Real Colegio Seminario de Minería de Nueva España qui s'installe dans le vice-royaume de la Nouvelle Espagne (Mexique, 1792), est une institution aux performances scientifiques inédites dans la métropole, preuve de l'importance que la Couronne espagnole accorde aux ressources de cette riche colonie.

Globalement, dans cette ultime phase du XVIIIe siècle où les systèmes de formation des experts techniques travaillant pour l'État se mettent en place et se consolident dans les quatre pays, la tendance dominante est à la centralisation, et même l'Espagne, très longtemps polycentrique, n'échappe pas à ce mouvement et fait rapprocher ses institutions technico-militaires de la Cour. Deux autres tendances se développent en parallèle, sous l'impact de la spécialisation et de l'autonomisation des formations civiles, souvent issues des initiatives privées. La première, illustrée par la Russie, se traduit par une polarisation accentuée entre les deux capitales qui se disputent l'influence en faisant leurs des pans entiers d'activités éducatives (les formations technico-militaires à Saint-Pétersbourg, l'enseignement architectural à Moscou où la première université russe est installée en 1755). Les rudiments de cette polarisation s'ébauchent également en Turquie, bien qu'à une échelle encore réduite, par l'aménagement des locaux autonomes pour des écoles nouvellement créées. La deuxième tendance se traduit par le rôle accru de certaines grandes villes commerciales qui s'érigent en pôles d'excellence dans les domaines de leur spécialisation et rivalisent, à ce titre, avec la capitale qui leur cède le droit de former leurs propres experts. L'exemple de Porto en apporte

Figure 6 – Écoles établies en Russie. Période 1800-1824

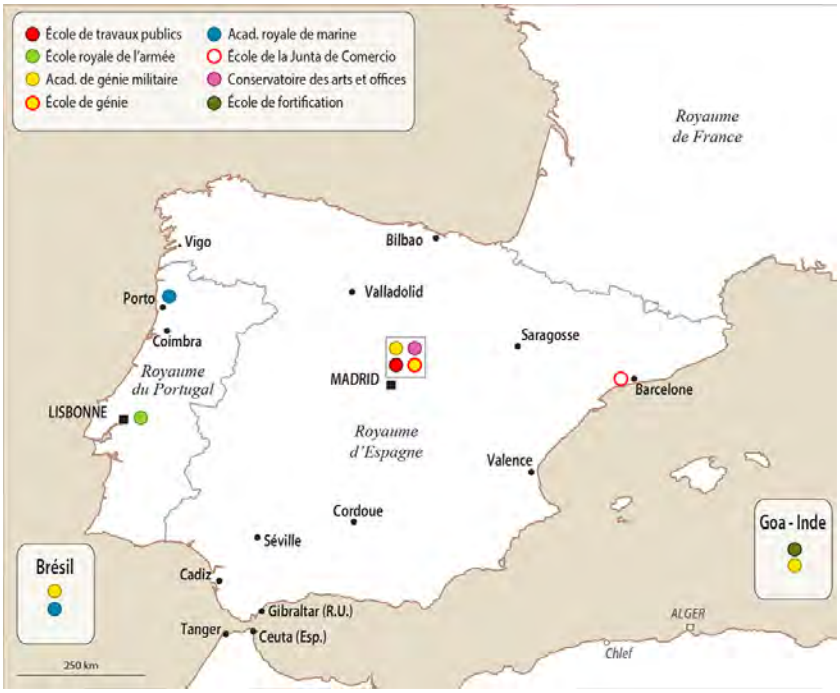

Figure 7 – Écoles établies en Espagne et au Portugal. Période 1800-1825

la preuve. Quant aux capitales, à l'exception de Madrid, elles s'érigent en véritables pôles d'excellence en matière de formations des officiers d'État.

2.3 L'explosion du XIXe siècle, ou les formations techniques dans tous leurs états

Les premières décennies du XIXe siècle sont encore largement marquées par les événements qui débutent formellement au siècle précédent, preuve que les découpages chronologiques du calendrier ne sont pas toujours des balises pertinentes pour délimiter les grandes étapes historiques. La tempête politique provoquée en Europe par la Révolution française et par l'épopée napoléonienne a lourdement éprouvé l'ensemble des pays du continent en entraînant les quatre empires dans la tourmente. En effet, du Consulat à la fin de l'Empire napoléonien, plusieurs conflits militaires les ont directement concernés, d'abord en tant que membres des différentes coalitions pro- ou antifrançaises, puis en tant que victimes des invasions. L'alliance franco-ottomane, qui a pourtant résisté aux événements révolutionnaires, a succombé suite à l'expédition de Napoléon en Égypte et en Syrie (1798-1801), et l'empire du sultan s'est engagé dans la lutte antifrançaise. En même temps, durant toute la période examinée, il a accueilli sur son territoire des vagues successives d'émigrés européens, y compris français, qui fuyaient la Terreur, les conquêtes et la restauration de l'absolutisme. L'Espagne, le Portugal et la Russie ont subi des guerres sur leurs territoires avec des ravages gravissimes, l'Espagne ayant même brièvement perdu son indépendance et, à terme, ses colonies américaines. Le Portugal, pour sa part, a fini par perdre le Brésil quelques années plus tard. Suite à toutes ces perturbations, les systèmes d'enseignement technique, encore bien portants au début du siècle, ont partout été déstabilisés, et le fonctionnement des écoles paralysé. Après la chute de Napoléon et le rétablissement des régimes absolutistes en Europe, la reprise des activités technico-scientifiques a partout été lente, les monarchies restaurées (en Espagne), assagies (en Russie et au Portugal) ou venues au pouvoir suite à un coup d'État (en Turquie) ayant troqué les projets des Lumières contre l'austérité légitimiste hostile à toute expression de l'esprit libéral. Des pans entiers des systèmes de formation créés dans le cadre du réformisme des Lumières, sous une forte influence des modèles français, se sont ainsi retrouvés en ligne de mire et ont subi les effets de la réaction.

La préoccupation partagée génère des solutions similaires. Il n'y a donc pas à s'étonner que des hauts et des bas dans l'évolution des enseignements techniques se soient manifestés partout à des moments concordants. Au début du XIXe siècle, la menace émanant de la France, si elle n'est pas encore perçue au même degré par les quatre gouvernements, inspire déjà communément une angoisse grandissante face aux succès réitérés des troupes napoléoniennes qui font front aux coalitions, et cette angoisse donne une impulsion supplémentaire aux réformes des enseignements technico-militaires engagées, de part et d'autre, durant la période précédente.

En Turquie, Selim III donne le ton en renforçant les deux écoles techniques qui fonctionnent à Constantinople. Dès 1801, la Mühendishâne-i Berrî Humâyûn (« École impériale de l'armée de terre »), adopte un programme plus évolué et diversifie son contingent qui inclut, outre les élèves du corps des sapeurs et du corps des bombardiers, ceux du corps des architectes du sultan. Au Portugal, la bipolarité Lisbonne / Porto est maintenue. Une nouvelle école de l'armée, le Real Colégio Militar, ouvre ses

portes dans la capitale en 1802, suivie l'année d'après, par l'Academia Real de Marinha e Comércio da Cidade do Porto issue de la fusion des deux écoles préexistantes.

Les réformes qui ont lieu en Espagne et en Russie (figures 6 et 7) affichent, à cette étape, des affinités substantielles en ce qu'elles scellent la séparation, en gestation depuis longtemps, des génies militaire et civil. L'institutionnalisation de la profession d'ingénieur des travaux publics dans les deux pays, avec des centres d'enseignement correspondants – l'Escuela de caminos y canales à Madrid (1802) et l'Institut du Corps des ingénieurs des voies de communication à Saint-Pétersbourg (1809/10) – est liée, nous l'avons vu, avec la figure de Betancourt. Ici et maintenant, deux tendances mises en évidence par cette double création doivent être mentionnées : la localisation centrale des deux institutions, typique pour la Russie mais peu banale pour l'Espagne où elle préfigure le rôle grandissant de Madrid dans l'organisation des formations techniques civiles d'État ; et leur rapport particulier à la France dont les écoles leur servent de sources d'inspiration. Dans les deux pays également, la formation des experts technico-militaire est consolidée grâce aux établissements créés *ex novo*. En Espagne, c'est l'Academia de Ingenieros (1803) qui remplace la Real y Militar Academia de Matemáticas y Fortificación de Barcelona, jusqu'alors principale formatrice des ingénieurs militaires dans le pays. Si l'institution barcelonaise a sûrement pâti de sa proximité avec la frontière française, le choix d'Alcalá de Henares pour installer sa remplaçante s'explique par la proximité de Madrid : le gouvernement peut ainsi mieux contrôler ses futurs officiers tout en les tenant éloignés de la vie politique. En Russie, où le vaste projet de réformes lancé par le jeune Alexandre Ier est alors à son apogée, deux nouvelles institutions voient le jour à Saint-Pétersbourg qui renouent avec les spécialisations laissées pour compte à l'époque de Paul Ier : l'École des conducteurs-topographes auprès de la Suite de Sa Majesté Impériale (1802) et l'École des conducteurs du génie auprès du Bureau du génie (1804) [56]. Leur initiateur est Peter van Sukhtelen, ingénieur hollandais entré au service de la Couronne sur l'invitation de Catherine II, l'un de ceux dont la venue a détourné l'impératrice de la création des écoles techniques un quart de siècle plus tôt.

La désorganisation de l'enseignement technique provoquée par les invasions en Espagne, au Portugal et en Russie prend du temps à se résorber. La Turquie, bien qu'épargnée par l'occupation, se voit rattrapée par une révolte qui renverse Selim III en 1807 et plonge les institutions techniques militaires dans la torpeur pour une quinzaine d'années à venir. La reprise est partout lente, même si le vécu de chaque pays imprime à ce processus des « couleurs » locales.

En Espagne, la réouverture des écoles fermées sous l'occupation est entravée par l'ambiance de suspicion politique et par le manque de consensus autour des institutions nouvelles. En témoignent les vicissitudes de l'Escuela de caminos y canales et de l'Academia de ingenieros, toutes deux fermées en 1808. La première, après une brève réouverture pendant le *Trienio liberal* (1820-1823), doit attendre jusqu'en 1834 pour être définitivement lancée. La seconde est d'abord rouverte en 1812 à Cadix, le centre de la résistance anti-française, puis rétablie à Alcalá pendant le *Sexenio absolutista* (1814-1820) avant de refermer entre 1823 et 1826. À l'origine de ces déboires

56. En 1810, cet établissement appelé École du génie, est élargi et se dote d'une classe d'officiers.

– les liens, réels ou imaginaires, de ces institutions avec les mouvements réformiste et constitutionnel. La formation des experts techniques est brièvement prise en charge par le Real Colegio General Militar, établissement à vocation polyvalente destiné à former des officiers de l'artillerie, infanterie, cavalerie et génie militaire créé en 1825 à Ségovie, une autre ville située à proximité de Madrid. Néanmoins, la politique technoscientifique de la restauration absolutiste affiche une certaine continuité avec celle du despotisme illustré de la fin du XVIIIe siècle. Celle-ci s'exprime par l'ouverture, en 1824 à Madrid, d'une institution inédite en Espagne, le Real Conservatorio de artes y oficios qui se propose d'offrir aux travailleurs de l'industrie une palette de formations nécessaires pour moderniser ses différents domaines. Loin de la Cour, la Junta de Comercio de Barcelona maintient une importante activité industrielle et promeut plusieurs formations techniques : École de chimie appliquée aux arts (1805) ; École de mécanique (1808) ; École de physique expérimentale (1814) ; École d'architecture (1817) ; École de mathématiques (1819) ; Chaire d'arithmétique et de géométrie pratique (1819). Un nouveau pôle d'excellence est ainsi en train de s'affirmer, et son essor impétueux conduira, à court terme, à la bipolarisation spatiale des formations liées à l'industrie qui mettra Barcelone en compétition avec Madrid.

Au Portugal, l'occupation française provoque l'exode de la famille royale au Brésil où la plupart des institutions techniques vont se transférer à partir de 1807. Les académies lisboètes – de la marine et des gardes marines – s'installent à Rio de Janeiro devenu la nouvelle capitale du royaume. Pour renforcer son statut et sa protection, une nouvelle Academia Real Militar y est fondée en 1810. Lorsque le Brésil acquiert son indépendance en 1822, l'Academia Real de Guardias Marinhas est divisée en deux : l'Academia Real do Brésil (plus tard l'Escola Naval) qui demeure sur place, et l'Academia Real dos Guardas Marinha qui retourne à Lisbonne dans le sillon du roi. Peu avant ce bouleversement décisif, la colonie portugaise de Goa reçoit un renfort éducatif conséquent : en 1817, on y crée une école de fortification (Aula de Fortificação), transformée cinq ans plus tard en Academia Militar de Goa qui incorpore deux autres institutions préexistantes – l'Aula de Marinha (1759) et l'Aula de artilharia (1784) [57].

En Turquie, figée dans la réaction, tout tourne au ralenti. Les écoles restent ouvertes mais perdent beaucoup de leur dynamique, surtout celle des ingénieurs de la marine. Quant à celle de l'armée de terre, elle maintient malgré tout son statut de centre d'acculturation des connaissances européennes. En 1815/1816, une nouvelle École d'ingénieurs de la citadelle du Caire voit le jour en Égypte. C'est d'ailleurs de ce pays, qui connait alors des progrès rapides, que viendra l'impulsion aux changements. Mahmud II s'en inspirera au milieu des années 1820 lorsqu'il se sentira suffisamment fort pour écraser les janissaires et engager les réformes nécessaires pour dynamiser son empire.

En Russie, après une courte période de redressement, d'importants changements se produisent préfigurant sa propulsion au rang des puissances européennes les mieux loties en matière de formations techniques de haut niveau. Ces changements sont liés à l'essor de l'Institut du corps des ingénieurs des voies de communication, première grande école à la française conçue d'emblée comme un établissement supérieur. Une

57. Santiago Faria (2012).

fois rétabli après les misères de la guerre, cet établissement sert d'exemple pour la création et/ou la réorganisation de plusieurs écoles techniques dont l'École générale du génie (1819) et l'École générale d'artillerie (1820) qui en constituent les premiers fleurons. L'expérience acquise par les officiers instruits au cours des nombreuses campagnes antinapoléoniennes, voire même directement à la source (séjours à l'École polytechnique) facilite cette prise de conscience ainsi qu'en témoignent quelques tentatives privées d'améliorer par une étude approfondie de la théorie la préparation des experts militaires. L'École des conducteurs de l'État-major général (en réalité des cours privés) ouverte en 1811/1812 à Moscou, sur l'initiative du général Murav'ev, en est un exemple typique. En 1815/1816, elle est officialisée sous le nom d'École des officiers de l'État-major général. Malgré cet essor évident, le durcissement de la politique intérieure qui marque le deuxième volet du règne d'Alexandre Ier se fait sentir, notamment à travers la militarisation imposée à l'Institut du Corps des ingénieurs des voies de communication en 1823. En dehors des deux capitales, de nouveaux lieux de formation sont encore rares : l'un d'eux est pourtant symbolique puisqu'il témoigne de la volonté du gouvernement impérial de contribuer à l'essor des territoires rattachés tout en y affirmant sa présence. C'est dans ce contexte qu'il faut considérer l'ouverture de l'École polytechnique à Varsovie (Royaume de Pologne) en 1825 et d'une école préparatoire à cette dernière l'année d'après.

Le deuxième tiers du XIXe siècle est une période cruciale dans la consolidation de l'État moderne au sens wébérien de la « domination légale avec l'administration bureaucratique[58] ». La mise en système des formations techniques par l'État et pour l'État est en ligne avec ce processus. Les politiques technoscientifiques des quatre pays convergent dans ce sens en affichant, une fois de plus, des parallélismes étonnants. Autant dire d'entrée que cette fois-ci l'ensemble des filières de création institutionnelle sont activées visant à la fois la multiplication des formations, leur diversification et l'extension de leur géographie.

Si la tendance générale est à l'accélération, les temporalités varient toujours en fonction des situations locales, avec des décalages notoires entre les pays et les domaines. Ainsi, l'Empire ottoman et l'Espagne, ayant surmonté la crise politique, retrouvent leur dynamique à partir du milieu des années 1820 alors que la Russie, déjà sur sa lancée, intensifie la cadence, multiplie les types de formation et vise le niveau supérieur. Quant au Portugal, les guerres civiles entre les libéraux et les absolutistes qui y sévissent retardent la relance des initiatives éducatives jusqu'au milieu des années 1830.

Les formations des ingénieurs militaires, des marins et des constructeurs navals sont partout restructurées, améliorées et solidement implantées, avec une tendance commune au renforcement de la composante théorique. En revanche, les options choisies pour le faire sont sujettes à variations. En Russie, les moyens s'adaptent aux domaines : en matière de navigation, on procède par l'ajout d'une filière de formation plus évoluée à une structure déjà en place (une classe d'officiers rattachée au Corps des cadets de la marine, Saint-Pétersbourg, 1827) ; en matière de cartographie militaire, une nouvelle institution de niveau supérieur est organisée (Académie de l'État major

58. Weber (2002, p. 173-178).

général Nikolaevskaja, 1832). En Espagne, on réaffirme la spécificité de chaque corps de l'armée en recréant des écoles profilées (Academia de Ingenieros rétablie à Alcalá de Henares, 1826 [59] ; Colegio de Artillería à Madrid, 1829, retour définitif à Ségovie en 1839) qui récupèrent les branches de formation respectives au Real Colegio General Militar de Ségovie, lui-même transféré à Madrid suite à la guerre Carliste en 1837. En Turquie, le Collège impérial des ingénieurs navals est élevé au rang d'Académie navale (Mekteb-i Bahriye, 1827) et doté d'une troisième section destinée à former les techniciens des usines du Chantier naval impérial spécialisés en techniques de la vapeur. La délocalisation de cette école marque une nouvelle étape dans la conception de l'enseignement technique en Turquie : elle déménage plus d'une fois pour s'installer définitivement sur l'île de Halki (aujourd'hui Heybeliada), au large de la mer de Marbre. Le Collège des ingénieurs de l'armée de terre est à son tour réformé, mais il a du mal à concourir avec l'Académie militaire (Constantinople, 1831) qui devient l'une des écoles les plus prestigieuses du pays. Au Portugal, un nouvel envol des écoles techniques s'inscrit dans un vaste projet de rénovation inspiré par les avancées européennes, projet qui embrasse plusieurs domaines d'activité et donne lieu à toute une série d'institutions prestigieuses qui connaîtront une longue vie. En font partie l'École de l'armée (Escola do Exercito, 1836) et l'École polytechnique de Lisbonne (1837) ainsi que l'Académie polytechnique de Porto (1837) qui remplace l'Académie royale de la marine et du commerce préexistante. En 1841, les établissements situés aux Indes portugaises sont à leur tour réformés : l'Escola Matemática e Militar de Goa prend la place de l'Académie militaire qui y existait.

L'essor des formations techniques civiles, qui se diversifient et s'échelonnent aux différents niveaux sur fonds de la standardisation des carrières d'ingénieurs au sein des administrations d'État, est un trait saillant de cette période. Ce processus va de pair avec l'accentuation des tendances centralisatrices, particulièrement visible en Espagne où la plupart des enseignements de ce type convergent vers la capitale. La réorganisation de l'enseignement minier est un bel exemple pour l'illustrer, surtout en comparaison d'un autre cas national, la Russie, où un processus similaire se déroule au même moment. En effet, les grandes Écoles des mines s'établissent à Saint-Pétersbourg (Institut du Corps des ingénieurs des mines) en 1834 et à Madrid (Escuela de Minas) en 1835 mais la démarche qui conduit à leur institutionnalisation n'est pas la même. La nouvelle école russe est le fruit d'une cascade de réorganisations qui élèvent progressivement son niveau et son statut vers ceux d'une école supérieure sans que son lieu d'ancrage soit remis en cause : elle a été et demeure dans la capitale de l'empire. Tel n'est pas le cas de l'institution madrilène qui récupère, à sa fondation, l'essentiel des formations dispensées jusqu'alors à l'Academia de Minas de Almadén, alors que cette dernière est réduite à l'état d'une école d'application (1833). Les enseignants du nouvel établissement sont envoyés à la Bergakademie de Freiberg (Saxe) pour actualiser leurs connaissances en matière du génie minier [60].

Un autre parallèle important entre la Russie et l'Espagne s'établit en rapport avec la formation des ingénieurs des travaux publics. L'Escuela de caminos y canales, dès sa réouverture définitive à Madrid (1834), s'impose comme un modèle à imiter pour

59. En 1833, cette académie s'installera à Guadalajara.
60. Calvo Pérez (2002), p. 12 et 14.

d'autres écoles d'ingénieur qui forment les experts techniques de l'État. Ce modèle est pourtant très différent de celui qui a servi de base à l'enseignement primitif, en 1803. Il s'inspire déjà largement du système français hérité des réformes napoléoniennes et de ce point de vue, il se rapproche beaucoup plus de son homologue pétersbourgeois que de son prédécesseur madrilène.

On observe, par ailleurs, dans les deux pays, la volonté de développer l'enseignement des ingénieurs constructeurs, experts en architecture civile. En Russie, il tire ses origines de deux établissements créés au début des années 1830 : l'École d'architecture auprès de l'Académie des beaux-arts (1830) et l'École des ingénieurs de la Direction générale des voies de communication et des bâtiments publics (1832). Fusionnées en 1842, elles forment l'École des ingénieurs civils de la Direction générale des voies de communication et des bâtiments publics qui reçoit, en 1851, le statut d'établissement supérieur habilité à former les ingénieurs du bâtiment et les architectes. Il existe par ailleurs en Russie un autre centre de formation, l'université de Vilna, qui a développé une filière d'architecture (1817) pour pourvoir en architectes la Pologne russe, la Lituanie et la Biélorussie. L'Espagne choisit une autre option et crée, en 1848, l'École préparatoire d'ingénieurs et architectes avec l'intention d'en faire une version d'école polytechnique. Cependant, l'expérience échoue et après une existence éphémère de quelques années, l'établissement ferme ses portes en 1855 [61].

Le parallélisme russo-espagnol s'exprime, enfin, dans la création quasi simultanée des enseignements d'ingénieurs forestiers. En revanche, les options choisies sont là aussi différentes. L'Institut pratique de forêts qui fonctionne à Saint-Pétersbourg à partir de 1803 est réorganisé en 1837 sur le pied militaire sous le nom d'Institut des forêts et de l'arpentage géométrique. En Espagne, qui n'a pas d'antécédents dans ce domaine, on crée, en 1846/1848, l'*Escuela de ingenieros de montes* organisée sous la forte influence de la science forestière allemande [62]. Elle s'installe à Villaviciosa de Odón mais sera transférée d'abord à l'Escurial (1871), puis à Madrid (1914).

L'arpentage est le domaine où la Russie a une longueur d'avance par rapport aux autres. Car outre l'institution de Saint-Pétersbourg mentionnée ci-dessus qui forme les arpenteurs forestiers, elle en possède une autre, à Moscou, qui prépare des arpenteurs du cadastre. Dans le deuxième quart du XIXe siècle, cette école subit une série de réorganisations qui visent à élever aussi bien son niveau (1835, 1844) que son statut (1849) en en faisant une école militarisée supérieure de premier ordre, l'Institut d'arpentage géométrique Constantin.

Les deux derniers exemples qui concernent la Russie nous amènent à souligner la tendance à la militarisation des établissements techniques civils qui se généralise sous le règne de Nicolas Ier (1825-1855) dont les ambitions de performance technoscientifique vont de pair avec le durcissement de la politique intérieure.

La bipolarité est un autre phénomène qui s'accentue durant cette période en même temps que se développe une nouvelle branche de formation, celle qui prépare les experts pour l'industrie privée. En Russie, où ce domaine est encore peu évolué, trois

61. Lusa Monforte (1999) analyse l'école de 1848 comme un antécédent de la deuxième école préparatoire.
62. García-Pereda, González-Doncel et Gil (à paraître).

écoles élémentaires voient toutefois le jour dans les deux capitales, financées en grande partie par les riches négociants : l'Institut pratique technologique (1828) et l'École de navigation marchande (1829) à Saint-Pétersbourg et l'École des arts à Moscou (1830). En Espagne, les formations initiant aux différentes activités industrielles se multiplient à Barcelone, grâce à l'action de la Junta de Comercio. Parmi les créations de cette période, citons la Chaire d'architecture navale (1829), l'École de construction des machines (1833) et l'École de dessin linéaire (1841). Le Portugal, pour sa part, s'engage dans le sillon de sa voisine ibérique en créant deux Conservatoires des arts et métiers, l'un à Lisbonne (1836)[63] et un autre à Porto (1837). Cependant, leur orientation trop pratique s'avère insuffisante et cause, à court terme, la disparition des deux organismes, celui de Porto étant fermé et celui de Lisbonne intégré à l'Instituto Industrial *de Lisboa* (1852). Quant à l'Empire ottoman, ses initiatives en matière de formations civiles se limitent encore à quelques tentatives éphémères dans les domaines agricole et forestier, telle, par exemple, une école-ferme expérimentale ouverte près d'Istanbul en 1847 et fermée quelques vingt-huit mois plus tard. Les changements surviendront massivement au dernier tiers du XIXe siècle et donneront naissance aux grandes filières de formations d'État : mines et forêts (École forestière, 1871, puis École des forêts et des mines, 1880) et génie civil (Lycée impérial de Galatasaray, après 1874 ; École du génie civil attachée à celles des ingénieurs de l'Armée, 1884). En attendant, grâce à une plus grande ouverture du pays vers l'Occident à l'issue de la guerre de Crimée (1854-1856), les administrations ottomanes continuent à s'offrir les services des ingénieurs étrangers ou des Ottomans ayant étudié en Europe, ou encore des experts formés sur le tas, auprès des représentants des deux premières catégories exerçant aussi bien dans la capitale que dans les provinces. Plusieurs ingénieurs ottomans qui occupent des postes importants dans les villes provinciales se sont formés de cette manière. La dynamique aux temporalités différées est donc une tendance qui persiste.

3 En guise d'épilogue : les ingénieurs pour l'industrie, un changement paradigmatique

Vu à la lumière des comparaisons, le milieu du XIXe siècle apparaît comme une interface symbolique où se relaient deux grandes étapes de la construction des professions techniques et de leurs enseignements associés. La première étape, que nous nous sommes appliquées à analyser dans ce chapitre, a débuté au seuil du XVIIIe siècle et a conduit, au bout d'un siècle et demi d'essais et d'adaptations complexes, à la mise en système des formations techniques militaires (partout) et civiles (en cours en Turquie) configurées, agréées et exploitées par l'État. Cette filière, profondément incrustée dans les structures de gouvernance, est un des piliers principaux de la survivance de l'Empire, le garant de sa sécurité, de son intégrité et de son emprise. La seconde étape, qui s'imbrique partiellement dans la précédente mais dont les manifestations demeurent longtemps marginales, démarre véritablement à partir des années 1850, sous la poussée accrue de l'industrie privée. Elle se caractérise par l'émergence d'un nouveau profil d'expert technique communément désigné *ingénieur civil* ou *ingénieur industriel*[64],

63. Estácio dos Reis (2006).

64. À propos de ce terme, qui n'a pas la même signification dans les différentes langues, voir Grelon et Gouzévitch (2007).

qui a pour fonction d'assumer les défis techniques et matériels posés par l'entreprise indépendante. Cette nouvelle donne entraîne des modifications profondes dans les rapports que l'État entretient avec ses experts techniques. Les liens forts et rigides qui les unissent, cimentés par l'obligation des carrières prédéfinies mais garanties au sein des administrations d'État s'assouplissent voire se distendent, et de nouvelles opportunités de carrière se présentent en dehors des systèmes étatiques. Ce processus est particulièrement visible en Russie qui, affaiblie par la campagne de Crimée, a pris le parti, au début des années 1860, de démilitariser ses corps techniques civils, devenus inopérants et a facilité ainsi le « pantouflage » des ingénieurs d'État vers le secteur privé [65]. Apparaissent en même temps des formations pionnières entièrement orientées vers l'industrie et spécialisées dans ses diverses branches (construction mécanique, chimie industrielle, métallurgie et exploitation minière, architecture civile, électrotechnique). Sous l'impact de cette nouvelle logique, les politiques technoscientifiques des quatre empires changent progressivement et fondamentalement de nature. Une certaine ambivalence des positions de l'État qui oscillent entre sa volonté de s'investir dans cette activité et son désengagement partiel voire complet accompagne ce processus et le rend saccadé et hésitant, du moins dans ses débuts. Une certaine latence qui suit les premières initiatives de formation industrielle engagées en Espagne, au Portugal et en Russie durant les années 1850-1860 en est un indice clair. Cependant, examiner ces controverses *in fine* est une tâche complexe qui dépasse largement le cadre chronologique et thématique de cette étude.

Cela ne nous empêche pas d'évoquer quelques grands traits qui ressortent de l'examen comparé des contextes nationaux que nous avons explorés. D'autant plus que les dynamiques parallèles observées à cette nouvelle étape du développement des formations techniques, avec toujours les décalages que nous avons mentionnés, sont plus que jamais à l'œuvre. Nous pouvons d'entrée constater que l'État continue partout à s'occuper de la formation des experts techniques dont il a besoin, même si son champ d'action se limite à quelques directions prioritaires. Le domaine agricole ressort ici au premier plan, avec la création des institutions respectives : au Portugal, l'Institut supérieur d'agronomie (Lisbonne, 1852) et des écoles agricoles de niveau intermédiaire (Lisbonne, Évora et Viseu, 1855) ; en Espagne, l'École centrale d'agriculture (Aranjuez, 1855), rouverte comme Escuela general de agricultura (Madrid, 1869) ; en Russie, l'Académie de l'agriculture Petrovsko-Razumovskoe (Moscou, 1865) ; enfin, en Turquie, l'École supérieure d'agriculture, Ziraat Mekteb-i Âlisi (Halkalı, début des années 1890). En ce qui concerne la formation technique militaire, il convient de souligner un clivage paradoxal : le seul pays où cette filière est toujours activée durant les années 1850 est la Russie qui réorganise fondamentalement ses deux grands établissements technico-militaires pétersbourgeois, l'École d'artillerie et l'École du génie, en les transformant en académies de même profil [66] où les officiers actifs des administrations respectives peuvent désormais perfectionner leurs connaissances théoriques (équivalent de l'agrégation). Cette démarche exceptionnelle qui propulse les experts techniques militaires russes au rang des mieux formés d'Europe date de 1855, l'année

65. En Turquie, l'École de génie civil se libérera de toute tutelle militaire sous le nom de l'École supérieure d'ingénieurs en 1909.

66. L'Académie d'artillerie Mihajlovskaja et l'Académie du génie Nikolaevskaja, nommées d'après deux membres de la famille impériale, le grand duc Michel et l'empereur Nicolas Ier.

de la chute du siège de Sébastopol et du décès de l'empereur Nicolas Ier. En 1862, on réorganise sur le même modèle la formation supérieure des officiers de la marine, en créant les Cours académiques des sciences maritimes qui se transforment ensuite en Académie maritime. La même campagne de Crimée dont l'Empire ottoman est sorti gagnant, aidé par ses alliés français, anglais et sardes, retarde d'un quart de siècle les réformes du même genre en Turquie : son École impériale des ingénieurs de l'Armée sera transférée à l'Académie militaire vers 1878.

Les parallèles les plus spectaculaires sont pourtant ceux qui concernent l'émergence et la multiplication des formations industrielles, processus qu'on peut considérer comme dominant dans la deuxième moitié du XIXe siècle. Les pays ibériques se posent en pionniers de ce mouvement, avec une cascade d'écoles industrielles ouvertes dans les différentes villes espagnoles, à commencer par Madrid et Barcelone, entre 1850 et 1857[67], et avec deux écoles fondées en 1852 dans deux principaux centres portugais, à Lisbonne et à Porto[68]. La première percée espagnole s'est pourtant soldée par un échec car, faute de financements suffisants et de débouchés garantis, la vie de la plupart de ces institutions (y compris l'école madrilène fermée en 1867) a été brève[69]. La seule rescapée, l'Escuela de ingenieros industriales à Barcelone, doit sa survie à sa localisation au sein d'un grand centre industriel que les autorités régionales ont soutenue lorsque l'État central s'est désengagé. Il faudra attendre la fin du « grand XIXe siècle » pour que d'autres lieux de formation industrielle de niveau supérieur apparaissent, dont deux dans les grands centres industriels – à Bilbao (1899) et à Barcelone (1904), et un troisième dans la capitale (1901). Au Portugal, où l'implantation des deux pionnières de formation industrielle se déroule sans à coups, de nouvelles institutions tardent à s'implanter mais on peut néanmoins en citer quelques-unes, de niveau basique, datant de 1884, telles l'École industrielle à Covilhã et huit écoles de dessin industriel réparties entre Lisbonne, Porto, Caldas da Rainha et d'autres villes (fig. 8).

En Russie, l'ouverture de l'État au monde industriel se concrétise après l861, année qui fait date dans l'histoire du pays puisqu'elle marque l'abolition du servage. Les fondements politico-économiques de l'Empire sont alors bousculés et la nécessité du redressement économique a ouvert la voie à l'industrialisation. L'État répond présent à cet impératif et s'investit dans la création de formations industrielles qui reçoivent également le soutien des régions et des entrepreneurs. Dès lors, deux filières se dessinent qui se distinguent en fonction du degré de l'implication de l'État, importante sinon essentielle dans le cas des *instituts polytechniques*, partielle et combinée avec des fonds commerciaux dans le cas des *instituts technologiques*. Les premiers fleurons apparaissent simultanément à Saint-Pétersbourg où l'Institut pratique de technologie passe au niveau supérieur sous le nom de l'Institut technologique en 1862, et à Riga (en Lituanie) où voit le jour, durant la même année, l'Institut polytechnique de cette

67. Il s'agit des écoles créées sur l'initiative locale : Real Instituto Industrial (Madrid, 1850-1867) ; Escuela industrial barcelonesa (1851-1904) ; formations industrielles autorisées à Séville et Vergara (1855), Valencia (1857-1865), Gijón (1857-1860).

68. La création des écoles industrielles portugaises en 1852 – Instituto Industrial à Lisbonne et Academia Industrial à Porto – a été favorisée par l'instauration, en 1851, d'un nouveau régime politique, la « Régénération », qui associait la modernisation avec le progrès des activités économiques.

69. Cano Pavón (2001).

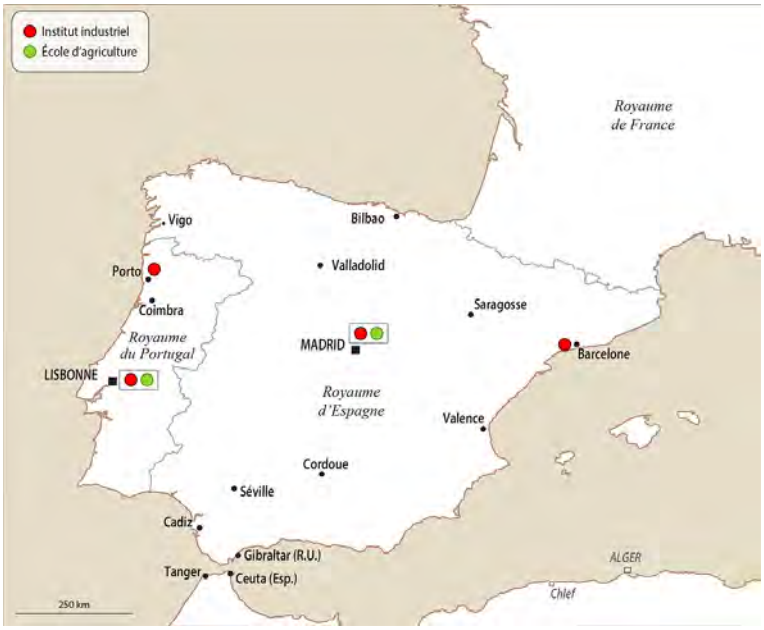

Figure 8 – Écoles établies en Espagne et au Portugal. Période 1850-1875

ville, inspiré (comme ceux qui vont suivre) par le modèle allemand. Un acte important a lieu à Moscou en 1867/1868 : l'École des arts qui y fonctionne depuis 1830 est élevée au rang d'établissement supérieur sous le nom de l'École impériale technique de Moscou. Cet établissement, un des meilleurs dans son genre, survivra jusqu'à nos jours sans rien perdre de son rayonnement. En revanche, pareillement aux pays ibériques, la Russie connaîtra, après cette première percée, une période de latence, à l'issue de laquelle une véritable explosion aura lieu à partir de 1885, avec la création des instituts technologiques à Kharkov (1885) et à Tomsk (1900) et des instituts polytechniques à Varsovie (1898), à Saint-Pétersbourg (1899) et à Novocherkassk (1907), sans oublier une innovation qui, à cette date, n'aura pas encore d'antécédents en Europe – l'Institut polytechnique féminin (Saint-Pétersbourg, 1906) issu de l'initiative privée mais porté par la crème du professorat des grandes écoles de la capitale impériale qui y enseignera [70]. L'enseignement électrotechnique très précocement établi constitue une autre particularité du cas russe. Il débute au niveau élémentaire en 1856, à l'occasion de l'application militaire de deux inventions magistrales – la télégraphie et les mines électriques, et évolue des années durant au sein des structures spécialisées de l'armée de terre et de mer, avant de déboucher sur des applications civiles et donner naissance à des formations appropriées (École technique du Département des postes et télégraphes, Saint-Pétersbourg, 1886, puis Institut électrotechnique, 1896).

Dans l'Empire ottoman, les changements à cette époque sont beaucoup moins spectaculaires. On doit toutefois signaler quelques tentatives de création d'écoles indus-

70. Gouzévitch, I. (2000).

trielles élémentaires dans plusieurs provinces, mais cet enseignement est loin de pouvoir concourir en efficacité et en débouchés avec la formation informelle qui continue à se faire traditionnellement auprès des experts étrangers et locaux ayant déjà fait leurs preuves sur le terrain. Des projets de création d'écoles des mines dans les provinces riches en gisements de minéraux sont également élaborés mais restent sans suite. En revanche, une initiative importante a lieu à cette époque en Égypte, territoire de l'Empire ottoman qui possède une grande autonomie : en développement des initiatives des années 1810 et 1820, deux écoles qui y sont créées en 1858, l'une spécialisée en irrigation, au nord du Caire, à proximité du barrage du Delta, l'autre spécialisée en architecture, à la citadelle du Caire, puis fusionnées en une seule et unique École d'irrigation et architecture (Caire, 1866) préfigurent l'émergence d'un pôle d'excellence qui fera pendant à Constantinople [71].

Ce survol trop rapide et sans doute incomplet est pourtant évocateur de quelques tendances intéressantes qui ont trait à la dimension spatiale des formations techniques durant ce second XIXe siècle. L'une d'elles est en lien direct avec la nature des formations : s'agissant des établissements d'État qui forment les experts techniques pour ses administrations, la centralisation continue d'être un facteur prédominant ; dès lors qu'il s'agit des formations industrielles, les forces centrifuges s'enclenchent en faisant émerger les institutions là où l'initiative locale s'impose et en les faisant vivre là où elle peut se mobiliser sans recourir, ou peu, à l'aide de l'État. Ce dernier, pour sa part, suit le mouvement et appuie les initiatives régionales, et ce faisant il participe à la décentralisation des écoles industrielles. Il se réserve toutefois le droit de fonder des grandes écoles d'autorité dans la capitale, pour marquer son implication dans l'œuvre de développement industriel et le maintenir, malgré tout, sous son contrôle, défi qu'il finira par avoir de plus en plus de mal à tenir. Plus le désengagement de l'État est grand, plus le processus de création institutionnelle est incertain et plus la dispersion spatiale des écoles est conséquente. Enfin, la bipolarité demeure un facteur important, à la fois stimulant et contraignant, et ce processus évolue en générant de nouveaux pôles d'excellence qui promeuvent et développent des formations alternatives.

3.1 Quelques considérations finales, où les leçons d'une mise en parallèle

Commençons par un aveu : la complexité pressentie de l'étude que nous nous avons proposée de réaliser ici n'a pas trompé nos attentes, elle les a même dépassées. Toutefois, le potentiel heuristique qu'elle a révélé et la perspective des nouveaux horizons qu'elle peut contribuer à ouvrir méritent sans doute l'énorme effort d'analyse et de synthèse qu'elle a exigé. Son état d'élaboration est encore loin d'atteindre l'ampleur, la profondeur et la finesse que nous souhaiterions lui donner, et c'est la raison pour laquelle nous considérons ce travail non pas comme un produit fini mais comme une entrée en matière qui balise, recense et aborde en première approximation les problématiques relevant de la mise en comparaison historique de quatre espaces impériaux aussi complexes que furent la Russie, l'Espagne, le Portugal et l'Empire ottoman aux « grands XVIIIe et XIXe siècles ». Les quelques considérations finales qui suivent, aussi fragmentaires soient-elles, concernent donc à la fois la pertinence de nos ressources méthodologiques et les premières conclusions qu'on peut tirer d'une mise en parallèle

71. Alleaume (1990).

des politiques technoscientifiques de ces quatre pays dans leur expression pratique – la construction spatiotemporelle des systèmes de formation d'experts techniques nationaux.

Pour aborder un sujet aussi vaste et complexe, une combinaison d'approches différentes a été nécessaire. D'une part, nous avons dû *problématiser la dimension spatiale* de notre étude, d'autre part nous avons été amenées à tester l'*hypothèse des dynamiques parallèles* qui la sous-tend.

Questionner la notion de l'*espace* aux différents niveaux d'analyse et en tenter la typologie nous a permis de mieux maîtriser la dimension historique de l'étude dans son rapport avec les territoires en examen (espace-temps historique), d'agencer les différentes interfaces, virtuelles et réelles, de référence, de communication et d'échanges croisés entre ces deux groupes de pays situés à deux extrémités de l'Europe (espaces de reconnaissance, de circulation et d'interconnexion), enfin, d'affronter la complexité grandissante des systèmes de formation nationaux dans ses expressions institutionnelle et spatiale. Parmi les révélations de cette approche, deux en particulier méritent d'être mentionnées : le rôle des espaces de reconnaissance, de circulation et d'interconnexion, extérieurs aux pays étudiés, s'est avéré essentiel pour le choix des prototypes référentiels et de l'orientation à donner aux systèmes éducatifs émergeants ou en chantier ; en revanche, malgré leur imbrication évidente, les deux processus n'étaient pas forcement synchronisés, l'évolution et l'ancrage territorial des systèmes de formation dans chaque pays étant avant tout tributaires des logiques du développement interne, même si certains facteurs extérieurs y contribuent également.

L'hypothèse des dynamiques parallèles dans l'évolution des systèmes de formation dans nos quatre empires s'est avérée globalement viable, mais à condition d'être à chaque fois nuancée. Car si à un certain degré d'abstraction, on constate en effet beaucoup d'affinités dans l'essor ou le réajustement de tel ou tel type d'enseignement, voire même de pans entiers du système éducatif, dans les quatre empires, une analyse plus détaillée y apporte ses correctifs. Les rapports de cause à effet peuvent varier considérablement d'un pays à l'autre. Cela dit, il existe des *stimuli* communs qui agissent simultanément dans tous les pays étudiés ou du moins dans certains d'entre eux : les guerres de coalition et les grands conflits mondiaux en font partie. En revanche, des conflits plus locaux ou qui engagent deux parties peuvent, au contraire, créer des déséquilibres en initiant des changements et des innovations d'un seul côté et non pas de l'autre. Les défaites militaires sont ainsi beaucoup plus promptes à susciter des initiatives éducatives que les victoires qui apaisent et rassurent et invitent à ne rien entreprendre. La concordance des dates, parfois frappante, est donc à prendre avec des pincettes et à analyser scrupuleusement.

La cadence de la création institutionnelle et la vitesse de l'évolution sont elles aussi, nous l'avons vu, sujettes à variation. L'analyse par tranches de vingt-cinq ans a révélé, à côté des affinités et des grandes tendances communes, des fluctuations temporelles (dans le cas de la Russie, de l'Espagne et du Portugal), voire même des décalages flagrants (dans le cas de l'Empire ottoman) dans l'évolution des systèmes de formation technique. L'élan de tel ou tel pays à tel ou tel moment est donc surtout dépendant

de la somme des conditions locales. L'approche en termes de dynamiques parallèles à temporalités différées permet de mieux cerner cet aspect de la comparaison.

Nous devons toutefois souligner que la logique même de l'existence des Empires imprime aux systèmes éducatifs qu'ils promeuvent un format et une teneur spécifiques qui répondent aux exigences de leur survie et de leur fonctionnement. L'accent qu'on y met sur le développement, la diversification et le niveau de plus en plus élevé des formations préparant aux activités techniques au sein des administrations d'État est en phase avec ces exigences.

La lecture cartographiée de ces formations, examinées dans la durée, a mis en évidence deux tendances dominantes, la centralisation et la polarisation. Nous les avons longuement évoquées dans le corps du texte. Résumons l'essentiel.

Quelle que soit l'organisation traditionnelle historique de l'empire – centralisée à l'extrême (la Russie), à un certain degré (le Portugal), plutôt décentralisée avec une grande autonomie des régions (l'Espagne) –, la principale tendance qui se développe durant la période étudiée est le poids grandissant de la capitale où se trouvent la Cour et les principales structures de gouvernance et vers laquelle convergent (si elles n'y sont pas installées) les écoles qui forment les officiers techniques d'État. La situation change radicalement à partir du milieu du XIXe siècle, avec l'essor de l'industrie privée. La création des écoles techniques sur le fond du désengagement partiel ou total de l'État suit alors des trajectoires divergentes, en ouvrant la voie à la décentralisation.

L'émergence des centres de formations alternatifs qui accueillent et créent des écoles techniques en fonction de leurs besoins, avec ou sans le soutien de l'État, et qui font concurrence à la capitale, est un phénomène que nous avons observé dans les quatre pays. Mais une fois de plus, ce parallélisme de façade dissimule des logiques très différentes. En Russie, la bipolarité se joue entre les deux capitales, l'ancienne, Moscou, et la nouvelle impériale, Saint-Pétersbourg. La rivalité de ces deux villes et leurs orientations respectives se traduisent dans les types de formations qui s'y installent : les grandes écoles techniques militaires et civiles d'État dans la seconde, des écoles commerciales, artistiques et d'instruction générale dans la première. Au Portugal, la répartition des fonctions en matière de formations entre Lisbonne et Porto date du XVIIIe siècle et s'organise sans secousses en scellant l'existence durable de deux pôles d'excellence, l'un administratif, l'autre entrepreneurial et commercial, avec des types d'écoles qui répondent à ces particularités. En Espagne, la bipolarité entre Madrid et Barcelone, qui s'accentue au XIXe siècle, même si elle paraît très ressemblante à l'exemple portugais, se construit sur des bases différentes. Au XVIIIe siècle, Madrid est encore une capitale faible et l'importance de Barcelone se mesure non pas par sa richesse économique mais par ses fortifications et sa proximité de la frontière. C'est donc cette dernière et non pas Madrid qui accueille l'Académie militaire la plus prestigieuse du pays, pour la perdre au début du XIXe siècle alors que s'y développent d'importantes activités industrielles et commerciales doublées de centres de formation professionnelle. Le soutien que les autorités locales apportent à l'École des ingénieurs industriels alors que sa consœur ferme ses portes à Madrid élève Barcelone au rang de pôle d'excellence de la formation industrielle du pays. Il convient, pour finir, d'évoquer le cas original offert par l'Empire ottoman où la ville

de la Cour, Constantinople, est longtemps demeurée l'unique centre de formation technique dans le pays. L'importance du Caire s'accroit. Cette capitale provinciale de la région très autonome se modernise rapidement dans la première moitié du XIXe siècle sous l'impact de la France et se dote des écoles civiles qui répondent aux besoins locaux. C'est une grande percée dans le paysage éducatif jusqu'alors monocentrique de cet Empire.

Ces quelques considérations fragmentaires n'épuisent guère les problématiques soulevées par la mise en comparaison historique des systèmes de formation technique dans les quatre pays. Leur vocation première consiste plutôt à démontrer la richesse d'une telle approche et son potentiel heuristique. Le travail continue...

Références

ALLEAUME, Ghislaine (1990). « Les ingénieurs en Égypte au XIXe siècle (1820-1920). Éléments pour un débat ». In LONGUENESSE, E., *Bâtisseurs et bureaucrates. Ingénieurs et société au Maghreb et au Moyen-Orient*, Lyon : Maison de l'Orient, p. 65-80.

ÁLVAREZ JUNCO, J. (1994). « El peso del estereotipo ». *Claves de Razón Práctica*, vol. 48, p. 2-10.

ÁLVAREZ JUNCO, J. (2001). *Mater Dolorosa. La idea de España en el siglo XIX*. Madrid : Taurus.

AKSAN, V. (2002). « Breaking the Spell of Baron de Tott : Reframing the Question of Military Reform in the Ottoman Empire, 1760-1830 », in *The International History Review*, vol. 23, no 2, p. 253-277.

ANISIMOV, E. (1995). « "Švedskaâ model"' s russkoj "osobost'û" : Reforma vlasti i upravleniâ pri Petre Velikom ». *Zvezda*. № 1, p. 133-149.

ANISIMOV, E. (1997). « Gosudarstvennye preobrazovaniâ i samoderžavie Petra Velikogo v pervoj četverti XVIII veka ». Saint-Pétersbourg : Dmitrij Bulanin.

BÁDENAS, P., DEL PINO, F. (eds.) (2006). *Frontera y comunicación entre España y Rusia : una perspectiva interdisciplinar*, Madrid / Frankfurt : Vervuert : Iberoamericana.

BAGNO, V. (1996). « Filosofskaâ mysl' v pogranichnyh kul'turah : Rossiâ i Ispaniâ ». *Russkoe podvižničestvo*. Moscou : Nauka. p. 560-568.

BARATA, A. (2009), « A ordenaçao do espaço litoral de Lisboa, 1860-1940 ». *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias sociales*, vol. 13, no. 296 (4) : http ://www.ub.es/geocrit/sn/sn-266-4.htm.

BERKES, N. (1978), *Türkiye'de Çağdaşlaşma*, Istanbul : Doğu-Batı Yayınları.

BEYDİLLİ, K. (1986), « İlk Mühendislerimizden Seyyid Mustafa ve Nizâm-ı Cedîd'e dair Risalesi » en Seyyid Mustafa, İstanbul'da askerlik sanatı, yeteneklerin ve bilimlerin durumu üzerine risale, (eds. Hüsrev Hatemi et Kemal Beydilli), Istanbul : TÜYAP, p. 17-47.

BEYDİLLİ, K. (1995), *Türk Bilim v Matbaacılık Tarihinde Mühendishâne : Mühndishâne Matbaası ve Kütüphanesi (1776-1826)*, Istanbul : Eren Yayınları.

BLAY, M., NICOLAÏDIS, E. (éds.) (2001). *L'Europe des sciences : constitution d'un espace scientifique*. Paris : Seuil.

BOTTINEAU, Y. (1993). *Les Bourbons d'Espagne : 1700-1808*. Paris : Fayard.

BRET, P., CHATZIS, K., PEREZ, L. (dir.) (2008), *La presse et les périodiques techniques en Europe, 1750-1950*, Paris : L'Harmattan.

BUNES IBARRA, M.A. (2007), « Guerra contra los turcos en los textos históricos de la España carolina ». In SÁNCHEZ GARCÍA, E., MARTÍN ASUERO, P., BERNARDINI, M. (eds.), *España y el Oriente islámico entre los siglos XV y XVI*. Istanbul : Isis.

CALLON, M. (ed.) (1989), *La science et les réseaux. Genèse et circulation des faits scientifiques*. Paris : La Découverte.

CALVO PÉREZ, B. (2002). *El Museo Histórico Minero Don Felipe de Borbón y Grecia*, Madrid : Escuela Técnica Superior de Ingenieros.

CANO PAVÓN, J.M. (2001). *Estado, enseñanza, industrial y capital humano en la España isabelina (1833-1868). Esfuerzos y fracasos.* Málaga : Imprenta Montes.

CAPEL, H., SÁNCHEZ, J. E., MONCADA, O. (1988). *De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*, Madrid : CSIC.

CARDOSO, J. L. (ed.) (1990). *Memórias Económicas da Real Academia das Ciências de Lisboa, para o Adiantamento da Agricultura, das Artes e da Industria em Portugal, e as suas Conquistas.* Lisbonne : Banco de Portugal.

CARDOSO, J. L. (ed.) (2003). *O Tratado de Methuen (1703) : Diplomacia, Guerra, Política e Economia.* Lisboa : Livros Horizonte.

CARDOSO DE MATOS. A. (2009). « Asserting the Portuguese Civil Engineering Identity : the Role Played by the École des ponts et chaussées ». In CARDOSO DE MATOS, A., DIOGO, M. P., GOUZÉVITCH, I., GRELON, A. (éds.), *Les enjeux identitaires des ingénieurs : entre la formation et l'action / The Quest for a Professional Identity : Engineers between Training and Action*, Lisboa : Colibri / CIDEHUS / CIUHCT, p. 177-209.

CARDOSO DE MATOS. A. (2010). « Étudier en France, travailler au Portugal : le cas de l'ingénieur Cândido Xavier Cordeiro (seconde moitié du XIXe siècle) ». In CARVAIS, R., GUILLERME, A., NEGRE, V., SAKAROVITCH, J. (éds.) *Édifice & artifice. Histoires constructives*, Paris : Editions A. et J. Picard, p. 231-240.

CARDOSO DE MATOS. A. (2012). « À mi-chemin entre études et "plaisir" : les visites des Portugais aux expositions universelles de Paris (seconde moitié du XIXe siècle) ». In CARRÉ, A.-L., CORCY, M.-S., DEMEULENAERE-DOUYÈRE, C. et PÉREZ, L. (dir.), *Les Expositions universelles à Paris au XIXe siècle. Techniques. Publics. Patrimoines*, Paris : CNRS.

CARDOSO DE MATOS. A. (2013). « The influence of the École des ponts et chaussées of Paris on the Lisbon Polytechnic School (1836–1860) », *Journal of History of Science and Technology*, vol.7, 23 p. : http ://www.johost.eu/vol7_spring_2013/ana_matos.htm.

CARDOSO DE MATOS. A. (2014). « Formation, carrière et montée en puissance des ingénieurs électriciens au Portugal (de la fin du XIXe siècle aux années 1930) ». In GRELON, A., EFMERTOVÁ, M. (ed.), *Le monde progressivement connecte – Les électrotechniciens au sein de la société européenne au cours des XIXe et XXe siècles*, Bruxelles : Peter Lang S.A.- Editions scientifiques internationales (à paraître).

CARDOSO DE MATOS, A., DIOGO, M. P. (2007). « Bringing it all back home : Portuguese engineers and their travels of learning (1850-1900) ». *HOST – Journal of History of Science and Technology*, vol 1, 28 p. : http ://www.johost.eu/vol1_summer_2007/host_vol1_ana_matos_maria_diogo.pdf.

CARDOSO DE MATOS, A., DIOGO, M. P. (2009). « Le rôle des ingénieurs dans l'administration portugaise : 1852-1900 », *Quaderns d'Història de l'Enginyeria,* vol. 10, p. 351-365.

CARDOSO DE MATOS. A., FIALHO CONDE, A. (2014). « Niderlandy : "povorotnyj krug" possijsko-portugal'skih svjazej », Rossija – Niderlandy : dialog kul'tur v Evropejskom prostranstve. Sankt Petersburg : Evropejskij dom, p. 162-172

CARDOSO DE MATOS, A. ROCA-ROSELL, A. (2015), « L'École centrale, les centraliens et la péninsule ibérique : des intérêts réciproques ». In *Ingénieurs étrangers en France, et français à l'étranger, l'aventure des centraliens.*

CAROLINO, L. M. (2012). « The Making of an Academic Tradition : The Foundation of the Lisbon Polytechnic School and the Development of Higher Technical Education in Portugal (1779–1837) ». *Paedagogica Historica : International Journal of the History of Education*, vol.48, no 3, p.391–410.

CARNEIRO, A., DIOGO, M. P., SIMOES, A. (2000), « Imagens do Portugal Setecentista. Textos de estrangeiros e de viajantes », *Penélope*, nº 22, p. 73-92.

CHATZIS, K., GOUZÉVITCH, D., GOUZÉVITCH, I. (2009). « Betancourt et l'Europe des ingénieurs des "ponts et chaussées" : des histoires connectées ». *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, vol. 10, p. 3-18.

CILVETI RIPOLL, N. Á. (2011). *Real Colegio Náutico de San Telmo de Málaga según la Ordenanza de 1787*, Málaga : GSP Editores.

COLLIGNON, É. C. R. (1864). *Les Chemins de fer russes de 1857 à 1862.* Paris : Dunod, 1864.

CRUZEIRO, M.E. (1988), « A reforma pombalina na história da Universidade ». *Análise Social*, vol. 24, nº 100, p. 165-210.

ÇIRAKMAN, A. (2001), *From the "Terror of the World" to the "Sick Man of Europe" : European Images of the Ottoman Empire and Society from the Sixteenth to the Nineteenth Century*. New York : Peter Lang.

DIOGO, M. P., CARDOSO DE MATOS, A. (2004). « Jogos de identidade. Dois séculos na formação e na prática dos engenheiros portugueses (séculos XVIII-XIX) », in HEITOR, M., BRITO, J. M. B. de, ROLLO, M. F. (coord.), *Momentos de Inovação e Engenharia, em Portugal no século XX. Grandes Temas*, vol. 2. Lisboa : Publicações Dom Quixote, p. 180-199.

DIOGO, M.P., CARNEIRO, A., SIMOES, A. (2006) « El Grand Tour de la Tecnología : El Estrangeirado Manuel de Azevedo Fortes ». In LAFUENTE, A., CARDOSO DE MATOS, A., SARAIVA, T. (eds.). *Maquinismo Ibérico. Tecnología y cultura en la península ibérica, siglos* XVIII-XX. Aranjuez : Doce Calles, p. 119-139.

DORES COSTA, F. (2004). *A Guerra da Restauração 1641-1668*. Lisbonne : Livros Horizonte.

ESTÁCIO dos REIS, A. (2006). *Gaspar José Marques e a máquina a vapor : sua introdução em Portugal e no Brasil*, Lisbonne : Edições Culturais da Marinha.

FERNÁNDEZ DE PINEDA, E., GIL NOVALES A., DÉROZIER A. (1980). *Centralismo, ilustración y agonía del antiguo régimen : 1715-1833*. Calabria-Barcelona : Ed. Labor.

FIGUEIRÔA, S. F. M. (2010), « Engenheiros brasileiros nas "Grandes Écoles" francesas no século XIX : um mapeamento em grande escala ». *Livro de Anais do Congresso Scientiarum Historia III*. Rio de Janeiro : Universidade Federal do Rio de Janeiro / Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, p. 23-40.

FIGUEIRÔA, S. F. M. (2016-2017), « Brazilian Engineers in the French "Grandes Écoles" in the 19th century ». *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, vol. 15 (N° spécial *Ingénieurs, professions techniques et soiété (*XVIIIe-XXe *siècles). Hommage à André Grelon*), p. 183-194.

FINDLEY, C.V. (1980). *Bureaucratic Reform in the Ottoman Empire. The Sublime Porte, 1789-1922*, Princeton : Princeton University Press.

GARCÍA-PEREDA, I., GONZÁLEZ-DONCEL, I., GIL, L. « Agustín Pascual (1818-1884). El modelo alemán y la primera enseñanza forestal en España » (à paraître).

GAVROGLU, K., PATINIOTIS, M., PAPANELOPOULOU, F. *et al.* (2008). « Science and Technology in the European Periphery : Some Historiographical Reflections ». *History of Science*, vol. 46, p. 153-175.

GENÇOGLU, M. (2008). *Osmanlı Devleti'nce Batı'ya Eğitim Amacıyla Gönderilenler (1830-1908) – Bir Grup Biografisi Araştırması*, Ankara : Hacettepe Üniversitesi, thèse de doctorat.

GOURGOURIS, S. (1996), *Dream Nation. Enlightenment, Colonization, and the Institution of Modern Greece*. Stanford : Stanford University Press.

GOUZÉVITCH, D., GOUZÉVITCH, I. (2000). *Les corps d'ingénieurs comme forme d'organisation professionnelle en Russie : Genèse, évolution, spécificité :* XVIIIe *et* XIXe *siècles*, Cahiers du monde russe, vol. 41, n° 4, p. 569-614.

GOUZÉVITCH, D., GOUZÉVITCH, I. (2002). Étudiants, savants et ingénieurs juifs originaires de l'Empire russe en France : 1860-1940. *Archives Juives*, vol. 35, n° 1, p. 120-128.

GOUZÉVITCH, D., GOUZÉVITCH, I. (2003). Se former et s'informer : un regard sur la migration scolaire russe dans les grands établissements français entre 1800 et 1840. In TIKHONOV, N., PETER, H. R., *Universitäten als Brücken in Europa : Studien zur Geschichte der studentischen*. Frankfurt am Main / Bern : Peter Lang, p. 247-278.

GOUZÉVITCH, D., GOUZÉVITCH, I., ELISEEV, N. (2013). *Karl Ivanovič Pot'e (Charles Potier) : 1786-1855*. Sankt Peterburg : PGUPS.

GOUZÉVITCH, I. (1996). « La science sans frontières : élèves et stagiaires de l'Empire russe dans les écoles supérieures françaises aux XIXe-XXe siècles », *Les Cahiers d'histoire du CNAM*, n° 5, p. 63-92.

GOUZÉVITCH, I. (2001). *Le transfert du savoir technique et scientifique et la construction de l'État russe (fin du XVe – début du* XIXe *siècles)*. Paris : Université Paris 8, thèse de doctorat.

GOUZÉVITCH, I. (2004). « L'Institut du Corps des ingénieurs des voies de communication de Saint-Pétersbourg : des modèles étrangers à l'école nationale : 1809-1836 », In GOUZÉVITCH, I., GRELON, A., KARVAR, A. (dir.), *La formation des ingénieurs en perspective : Modèles de référence et réseaux de médiation :* XVIIIe-XXe *siècles*. Rennes : PUR, p. 127-139.

GOUZÉVITCH, I. (2006). « Un siècle de politiques technico-scientifiques en Espagne et en Russie : un essai de mise en parallèle ». In BÁDENAS, P., DEL PINO, F. (eds.), *Frontera y comunicación cultural entre España y Rusia*. Madrid / Frankfurt : Iberoamericana / Vervuert, p. 99-117.

GOUZÉVITCH, I., GOUZÉVITCH, D. (2006). *Les étudiants de l'Europe de l'Est à l'Institut électrotechnique de Nancy : 1900-1939*. In BIRCK, F., GRELON, A. (éds.), *Un siècle de formation des ingénieurs électriciens : ancrage local et dynamique européenne, l'exemple de Nancy*, Paris : Éd. de la MSH, p. 271-319

GOUZÉVITCH, I., GOUZÉVITCH, D. (2008) « Betankur : inženernye putešestviâ i naučno-tehničeskaâ èkspertiza. » *Izvestiâ Peterburgskogo universiteta putej soobŝeniâ = Proceedings of Petersburg Transport University*. Numéro spéciale : *Materialy Meždunarodnoj naučno-praktičeskoj konferencii, posvâŝennoj 250-letiû so dnâ roždeniâ Avgustina Betankura*. p. 115-132.

GOUZÉVITCH, I., GRELON, A., KARVAR, A. (2004). « Présentation ». In : *idem* (éds.), *La formation des ingénieurs en perspective. Modèles de référence et réseaux e médiation (*XVIIIe-XXe *siècles)*. Rennes : Presses universitaires de Rennes, p. 11-14.

GRELON A., GOUZÉVITCH I. (2007). « Reflexión sobre el ingeniero europeo en el siglo XIX : retos, problemáticas e historiografía ». In M. Silva Suárez (ed.), *Técnica e Ingeniería en España*, vol. 4. *El Ochocientos. Pensamiento, profesiones y sociedad*. Zaragoza : Institución "Fernando el Católico" / Prensas Universitarias de Zaragoza / Real Academia de Ingeniería, p. 269-321.

GÜLBILEK, N. (2004), *Kör Ayna, Kayıp Şark*. Istanbul : Metis Yayınları.

GÜNERGUN, F., RAINA, D. (eds.) (2010). *Science Between Europe and Asia*. Leiden : Springer.

HOFFMANN, L.-F. (1961), *Romantique Espagne. L'image de l'Espagne en France entre 1800 et 1850*. Princeton N.J. : University of Princeton Press.

HUGHES, L. (1998), *Russia in the Age of Peter the Great*. New Haven ; L. : Yale UP, xxx, 602 p.

HUNTER, F.R. (1999). *Egypt Under Khedives :1805-1879. From Household Government to Modern Bureaucracy*. Pittsburg : University of Pittsburg Press.

KAÇAR, Mustafa, Osmanlı Devleti'nde Bilim ve Eğitim Anlayışındaki Değişmeler ve Mühendishanelerin Kuruluşu, tesis doctoral sin publicar, Universidad de Estambul, Estambul, 1996.

KARACA, M., KAÇAR, M., ZORLU, T., BARUTÇU, B., BIR, A., CEYHAN, C.O., NEFTÇI, A., *Istanbul Teknik Üniversitesi ve Mühendislik Tarihimiz*, Istanbul : Mavi Ofset.

KARVAR, A. (1997), *La formation des élites scientifiques et techniques à l'École polytechnique française aux* XXe *et* XIXe *siècles*, Paris : Université de Paris VII, thèse de doctorat.

KARVAR, A. (2006) « La formation des élèves roumains dans les écoles militaires françaises : un enjeu de politique extérieure dans les Balkans ? », *Anuarul Institutului de Istorie «G. Bariţiu» din Cluj-Napoca*, vol. 45, p. 71-81 : http ://www.historica-cluj.ro/anuare/AnuarHistorica2006/03.pdf.

KOSTOV, A. (2008). « Les étudiants balkaniques dans les écoles techniques françaises, XIXe – début du XXe siècle. Sources et historiographie », *Anuarul Institutului de Istorie «G. Bariţiu» din Cluj-Napoca*, vol. 47, p. 191-197 : http ://www.history-cluj.ro/Istorie/anuare/AnuarBaritHistorica2008/11%20AKostov.pdf.

LAFUENTE, A. (1989) « L'organisation de la science espagnole à l'époque des Lumières ». In POLANCO, X. (dir.), *Naissance et développement de la science-monde : Production et reproduction des communautés scientifiques en Europe et en Amérique Latine*. Paris : La Découverte / Conseil de l'Europe / Unesco, p. 67-91.

LAFUENTE, A. (1999). *Europa como referencia*. Madrid : Ciencia y Corte.

LAFUENTE A., LÓPEZ-OCÓN, L. (1997). « Le transfert des pratiques scientifiques et techniques dans le contexte de la science-monde ». In GOUZÉVITCH, I., BRET, P., *Naissance d'une communauté internationale d'ingénieurs*. Paris : Centre de recherche en histoire des sciences et des techniques, p. 7-19.

LAFUENTE, A., CARDOSO DE MATOS, A., SARAIVA, T. (eds.). *Maquinismo Ibérico*, Aranjuez : Doce Calles.

LIVINGSTONE, D. N., WITHERS, C.W.J. (1999). *Geography and Enlightenment*. Chicago : The University of Chicago Press.

LUSA MONFORTE, G. (1999). « ¡Todos a Madrid ! La Escuela General Preparatoria de Ingenieros y Arquitectos (1886-1892) », *Documentos de la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona*, no. 9, p. 3-34 : http ://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/936/1/todos_madrid.pdf (accès août 2013).

LUX, D., COOK, H. J. (1998). « Closed Circles or Open Networks ? : Communicating at a Distance During the Scientific Revolution ». History of Science, vol. 112, no 36, p.179-211.

MADUREIRA, N. L., CARDOSO DE MATOS, A. (2004). « A tecnologia ». In LAINS, P., SILVA, Á. F., *História Económica de Portugal. Século XVIII.* Vol. 1, Lisbonne : ICS, p. 123-144.

MARAVALL, J.A. (1991). *Estudios de la historia del pensamiento español : Siglo XVIII.* Madrid : Biblioteca Mondadori.

MARTYKÁNOVÁ, D., (2010). *Reconstructing Ottoman Engineers. Archaeology of a Profession (1789-1914)*, Pise : Edizioni Plus.

MARTYKÁNOVÁ, D. (2013a). « Expert Knowledge and the State in Spain and in the Ottoman Empire. An Exercise in Comparative and Global History ». In BRAUER, D., LOTTES, G., D'APRILE, I. M., ROLDÁN, C. (eds.), *New Perspectives on Global History.* Hannover : Wehrhahn Verlag, p. 135-154.

MARTYKÁNOVÁ, D. (2013b). « La movilidad en la circulación de conocimientos en el espacio atlántico : La excepcionalidad significativa de José María Lanz (1764-1839) ». In PÉREZ LEDESMA, M. (dir.), *Trayectorias trasatlánticas (Siglo XIX), Personajes y redes entre España y América*, Madrid : Ediciones Polifemo, p.15-44.

MARTYKÁNOVÁ, D. (2016-2017). Les ingénieurs entre la France et l'Empire ottoman (XVIIIe-XXe siècles) : un regard mosaïque pour une histoire croisée. *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, vol. 15 (N° spécial *Ingénieurs, professions techniques et soiété (XVIIIe-XXe siècles). Hommage à André Grelon*), p. 159-182.

MARTYKÁNOVÁ, D., « Ottoman Students at French Engineering Schools : A First Approximation », *Osmanlı Bilimi Araştırmaları* (à paraître)

MEDUŠEVSKIJ A. (1994). *Utverždenie absolûtizma v Rossii : Sravnitel'noe istoričeskoe issledovanie.* Moscou : Tekst.

MONTEIRO, N.G. (2007). *Elites e Poder – Entre o Antigo Regime e o Liberalismo.* Lisboa : Imprensa de Ciências Sociais.

MONTEIRO, N.G. (2008). *D. José. Na sombra de Pombal.* Lisboa : Temas e Debates.

NIZZA da SILVA, M. B. (2009), *D. João V*, Lisboa : Temas e Debates.

OLIVEIRA, A. de (1991). *Poder e Oposição Política em Portugal 1580-1640*, Lisboa : Difel.

OLIVEIRA RAMOS, L. (2010), *D. Maria I*, Lisboa : Ed. Temas e Debates.

OZANAM D. (1993). « Les étrangers dans la haute administration espagnole au XVIIIe siècle ». In AMALRIC J.-P. (ed.), *Pouvoirs et société dans l'Espagne moderne.* Toulouse : Presses universit. du Mirail, p. 215-229.

PEDREIRA, J. (1994), *Estrutura Industrial e Mercado Colonial. Portugal e Brasil, 1780-1830.* Lisboa : Difel.

RAJ, K. (2007), *Relocating Modern Science : circulation and the construction of knowledge in South Asia and Europe, 1650-1900.* Basingstoke : Palgrave Macmillan.

RUMEU DE ARMAS, A. (1980). *Ciencia y Tecnología en la España ilustrada : La Escuela de Caminos y Canales.* Madrid : Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos / Ediciones Turner.

RUMEU DE ARMAS, A. (1983). *El científico mejicano José María de Lanz, fundador de la cinemática industrial : curso de cuatro conferencias celebrado en el Instituto de España durante el mes de abril de 1982.* Madrid : Instituto de España.

SÁENZ RIDRUEJO, F. (2005). *Una historia de la Escuela de Caminos : La Escuela de Caminos de Madrid a través de sus protagonistas (I parte 1802-1898).* Madrid : Ministerio de Fomento / Fundación Agustín de Betancourt / Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SÁNCHEZ AGESTA, L. (1971). *España al encuentro de Europa.* Madrid : Biblioteca de autores cristianos.

SÁNCHEZ GÓMEZ, J. (2005). « Minería y metalurgia en España y la América hispana en tiempo de Ilustración : El siglo XVIII ». In SILVA SUÁREZ, M. (ed.), *Técnica e ingeniería en España*, vol. 3, *El siglo de las Luces : De la industria al ámbito agroforestal*, Zaragoza : Institución 'Fernando el Catolico' / Prensas Universitarias de Zaragoza / Real Academia de Ingeniería, p. 237-280.

SANTIAGO FARIA, A. (2012). « O papel dos luso-descendentes na Engenharia Militar e nas Obras Publicas em Goa ao longo do século XIX ». In MATOS, A. T., CUNHA, J. T., (eds.). *Goa : Passado e Presente.* Lisbonne : Centro de Estudos dos Povos e Culturas de Expressão Portuguesa da Universidade Católica Portuguesa e Centro de História de Além-Mar, vol.1, p. 225-237.

SCHAUB, J.-F. (2001). *Portugal na Monarquia Hispânica (1580-1640)*. Lisboa : Livros Horizonte.

SELLÉS, M., PESET, J. L. et LAFUENTE, A. (dir.) (1988). *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*, Madrid : Alianza.

SHAW, S.J, (1971). *Between Old and New. The Ottoman Empire Under Sultan Selim III, 1789-1807*, Cambridge Mass. : Harvard University Press.

SILVA DIAS, J. S. (2006). *Portugal e a Cultura Europeia (séculos XVI a XVIII)*. Lisboa : Ed. Campo das Letras.

SILVA SUÁREZ, M. (2007). « Presentación ». In SILVA SUÁREZ, M. (ed.), *Técnica e Ingeniería en España*, vol. 5, *El ochocientos, Profesiones e instituciones civiles*, Zaragoza : Institución "Fernando el Católico" / Prensas Universitarias de Zaragoza / Real Academia de Ingeniería, p. 9-79.

TODOROVA, M. (1997). *Imagining the Balkans*, Oxford / New York : Oxford University Press.

VÉRIN, H. (1993). *La gloire des ingénieurs. L'intelligence technique du* XVIe *au* XVIIIe *siècle*. Paris : Albin Michel.

VÉRIN, H., GOUZÉVITCH, I. (2005). « Sobre la institucion y el desarrollo de la ingeniería : Una perspectiva europea ». In M. Silva Suárez (ed.), *Técnica e Ingeniería en España*, vol. 2. *El Siglo de las Luces : De la ingeniería a la nueva navegación*. Zaragoza : Institución "Fernando el Católico / Prensas Universitarias de Zaragoza / Real Academia de Ingeniería, p. 115-163.

VILAR, P. (1976). *Histoire de l'Espagne*, Paris : PUF.

WEBER, M. (2002), *Economía y Sociedad. Esbozo de sociología comprensiva*, Madrid : Fondo de Cultura Económica.

WOLFF, L. (1994). *Inventing Eastern Europe : The Map of Civilization on the Mind of the Enlightenment*. Stanford : Stanford University Press.

ZABALA URIARTE, A. (2012). « Una inversión, estudiar en el extranjero : Ingenieros españoles del siglo XIX », *Quaderns d'història de l'enginyeria*, vol. 13, p. 287-347.

Institutionnalisation balbutiante et fragmentation territoriale

Le cas de la Colombie

Dominique Vinck [1]

Introduction

Ce chapitre d'histoire des sciences en Colombie rend compte de la manière dont l'activité de recherche s'implante et s'institutionnalise au sein d'un pays issu de la colonisation et décolonisation.

De l'examen des données présentées ici, émerge l'idée d'une interdépendance forte du développement des sciences (institutionnalisation, professionnalisation, production de connaissances) et des dynamiques de construction administrative, politique, économique et sociale du pays. Les infrastructures et les activités économiques lient le développement des sciences autant à la géographie locale qu'à la science-monde et cela de façon variable selon les époques (découverte et inventaire des ressources, laïcisation, développement agraire et industriel, participation à la science-monde). Il s'agit d'évaluer la façon dont les différences sociogéographiques d'un territoire lui-même périodiquement redéfini, s'articulent à d'autres concrétions dans et hors de ce territoire.

Pour rendre compte de cinq siècles d'histoire sociale et institutionnelle des sciences en Colombie, nous constituons trois périodes significatives du point de vue de notre questionnement. La périodisation, construite de manière inductive à partir d'une mise en ordre des données secondaires compilées, offre un découpage qui reflète les lignes de fracture du matériau, liées à des changements de nature politique, sociale (y compris démographique) et économique. L'attention portée à la création et à la transformation des institutions scientifiques induit la prise en compte de données portant sur ces changements. L'instabilité gouvernementale, par exemple, fait que les créations

1. Nous remercions les participants au projet ANR Géoscience pour les discussions dont le présent chapitre bénéficie et, en particulier, René Sigrist pour ses suggestions. Merci aussi tout particulièrement Guillermo Uribe et Alexandre Camus pour l'aide apportée en vue d'aboutir à ce chapitre.

Figure 1 – Carte de la Colombie

institutionnelles sont de peu d'effet, ce qui complique l'histoire des sciences et la rend souvent peu lisible. Il s'agira donc ici de mettre en évidence, pour chacune des époques considérées, l'intrication des enjeux scientifiques et de société, en particulier la nature des demandes de savoirs. Cette périodisation aboutit à l'identification et à la qualification des périodes suivantes :

- L'installation des rivalités sur le territoire : des savoirs précolombiens (avant 1580) aux sciences coloniales (1580-1810).

- La difficile structuration d'un espace scientifique national : de l'Université républicaine à la modernisation universitaire (1810-1930).

- Le difficile décollage : des sciences gouvernementales et de l'explosion universitaire à la construction d'une politique scientifique nationale et d'un primat de l'innovation (1930-).

1 Période 1 Installation de rivalités et de l'attachement au territoire : des savoirs précolombiens (avant 1580) aux sciences coloniales (1570-1810)

1.1 La connaissance du territoire et de ses ressources par les Amérindiens (sciences premières) et leur découverte (relative) par les Européens (avant 1580)

Des savoirs portant sur la nature, la société et les technologies se sont développés dans cette région parallèlement aux sciences méditerranéennes et orientales. Avant l'arrivée des colons, prolifèrent des cultures indépendantes qui maîtrisent des savoirs différenciés selon la géographie physique (de la côte caraïbe et de la forêt amazonienne à la cordillère des Andes). Relief et climat rendent difficiles les communications ; les trois millions d'habitants vivent surtout dans les hauts plateaux au centre du pays. Leurs savoirs impressionnent les conquistadores (coton coloré, émeraudes, construction, pains de sel, hallucinogènes, cultures) (Palacios et Safford, 2002). Toutefois, ces savoirs disparaissent largement avec la destruction de leurs civilisations (introduction de plantes, animaux et outils européens ; délocalisation forcée). Une part sera hybridée avec les techniques importées, une autre récupérée par les expéditions scientifiques européennes.

En Europe, la découverte du Nouveau Monde en 1492, marque le début de la Renaissance (philosophie naturelle, progrès des connaissances). Pour la Colombie, la période coloniale commence avec l'arrivée des Conquistadores en 1499, accompagnés du cosmographe Juan de La Cosa et d'Américo Vespucci. S'ensuivent des expéditions visant à explorer les côtes puis l'intérieur des terres.

Les conquêtes espagnoles cherchent à générer des revenus pour la Couronne (or) et récompenser les conquistadores (terres), faisant converger les intérêts du roi, de commerçants et de banquiers (espagnols, allemands, florentins), des ordres religieux (jésuites, dominicains, augustins, franciscains) et de la papauté engagée dans la Contre-Réforme. Le butin finance les cours d'Europe, le Vatican, les guerres religieuses et dynastiques et la naissance du capitalisme. S'engage alors une conquête des terres ainsi que des expéditions scientifiques, par ordonnances royales dès 1570, chargées d'étudier la géologie, la faune, la flore et les sociétés indigènes, et d'en tirer profit. Les explorateurs, n'étant pas en mesure de découvrir les propriétés (vertus médicinales

notamment) de toutes ces plantes, dépendent de la transmission de traditions locales (Nieto, 2000). Conquistadores et missionnaires produisent récits et cartes où ils enregistrent leurs découvertes portant sur la nature comme sur les langues, coutumes et religions des peuples qu'ils rencontrent.

La colonisation s'institutionnalise passant par la fondation de villes sur la côte (Santa Marta, Carthagène et Riohacha) mais l'asservissement des indigènes et leurs rébellions les rendent instables. Plusieurs expéditions remontent les cours d'eau jusqu'aux hauts-plateaux de la cordillère où elles rencontrent des occupations denses qui stimulent la conquête vers l'intérieur. Trois conquêtes, à partir du rio Magdalena (nord), des Llanos (est) et du Pérou (sud), découvrent simultanément la savane de Bogotá et conduisent à un découpage du territoire (Llanos, Cauca et plateau andin de Cundinamarca) qui prévaut encore dans les identités collectives. Des juridictions administratives distinctes se mettent en place tandis que colons et religieux fondent d'autres villes liées à l'exploitation agricole et aux mines d'or. Les conquérants dominent les conseils municipaux et exploitent indiens et espagnols moins fortunés.

La Colombie devient durablement un pays de régions entre lesquelles les rapports sont difficiles (Palacios et Stafford, 2002). Leurs économies sont déconnectées. L'implantation importante est en Antioquia, région aurifère liée à la vallée du Cauca pour le bétail et à la côte caraïbe (Carthagène, Santa Marta) pour le commerce (fourniture d'aliments aux navires, importation de biens et d'esclaves) ; Santa Marta, assiégée par indiens et pirates, perd sa population espagnole. Les colons s'installent dans les régions tempérées pour éviter les maladies : Gobernación de Popayán où habitent de riches familles (exploitation aurifère grâce aux esclaves importés) dépendant de Quito et région andine orientale (Tunja et Bogotá), agricole et artisanale où les indigènes se sont métissés. Dans les Llanos et l'Amazonie, la population indigène dispersée est ignorée par les espagnols.

Les conflits entre Conquistadores et entre villes, le non respect des règles de la Couronne et les rébellions indigènes et de colons rendent le territoire ingouvernable. La centralisation des fonctions politique, administrative et judiciaire de l'autorité espagnole à Bogotá (*Audience royale* créée en 1549) provoque le ressentiment des autres régions ; avocats, législateurs et juges, sans force armée, dominent la capitale alors que, sur les terres, les *Encomenderos* sont nombreux et armés. Exactions et maladies réduisent de moitié la population indienne.

L'enseignement se structure autour de la doctrine chrétienne. L'Espagne est isolée des courants intellectuels européens (nouvelles doctrines suspectes) tandis que à Bogotá et à Tunja, dominicains et franciscains organisent la formation religieuse et séculière. La religion est enseignée aux indiens dans leur langue tandis que s'engage une lutte contre leurs sanctuaires ainsi que des rivalités entre religieux qui les défendent, conquistadores prestigieux, fonctionnaires souvent désavoués et colons paysans. Les dominicains prônent une économie de subsistance (mobilisant les savoirs amérindiens) qui s'oppose au projet colonial d'accumulation de richesses et d'importation de biens de luxe.

Les villes sont petites (de 50 à 300 foyers espagnols à Popayán, Velez, Pamplona, Tunja, Carthagène), sauf Bogotá (600 foyers). La population indigène est remplacée par des esclaves africains.

1.2 La culture religieuse européenne et la science coloniale (1580-1810)

La science coloniale, c'est la découverte de la colonie par des savants de la métropole et l'implantation de leurs savoirs et vision du monde (religion) : collèges et universités sont les instruments de cette politique culturelle et scientifique.

1.2.1 Création des premières universités (1580-1744)

La première université, dominicaine, fondée à Bogotá en 1580, forme, comme partout en Europe, une élite coloniale dévouée à l'Église et à la Couronne (prêtres, puis juristes fonctionnaires) sur la base de la philosophie scolastique. La laïcisation se limite à l'introduction de la médecine. Les congrégations religieuses rivalisent pour créer d'autres universités à Bogotá ; elles formeront aussi des prêtres et des juristes créoles, fils d'espagnols nés sur place, dont les autorités se méfient. Ils étudient à Bogotá dans l'espoir d'occuper des charges gouvernementales ou ecclésiastiques.

Carthagène, ville militaire et commerçante mais sans université, se renforce comme deuxième lieu de pouvoir avec la douane, l'armée et la création du Tribunal de l'Inquisition (1610). Les augustins y enseignent les arts, alors qu'à Bogotá, ils enseignent les langues indigènes. D'autres villes émergent (Socorro, San Gil, Medellín) du développement de l'artisanat et d'une bourgeoisie commerçante, tandis que déclinent les villes où les mines d'or s'épuisent. Le contrôle du territoire reste toutefois difficile, à cause du relief et de la fragmentation de l'autorité espagnole.

1.2.2 Des expéditions venues d'Europe au premier intérêt pour les sciences naturelles (1735-1774)

En Europe, une science d'amateurs éclairés et fortunés et de savants de métier se développe. Botanistes et astronomes, hommes d'Église ou médecins européens, mandatés par un roi, en lien avec une académie des sciences, réalisent des voyages scientifiques sur d'autres continents.

En 1735-1744, l'Académie des sciences de Paris organise deux expéditions pour mesurer le Méridien (en Laponie et près de l'équateur en Amérique latine), afin de corriger les cartes de navigation (idée que la terre n'était pas une sphère parfaite). Des officiers de marine espagnols s'unissent à l'expédition française de La Condamine, avec le botaniste Jussieu, un chirurgien, un ingénieur, un dessinateur et un horloger. En 1754, le ministre des Affaires extérieures espagnol invite le botaniste suédois Pehr Löfling, disciple de Linné vivant en Espagne, à participer à l'expédition devant établir les limites des possessions de l'Espagne et du Portugal dans le bassin de l'Orénoque (Traité de 1750). Ces expéditions renforcent l'hégémonie espagnole en termes de connaissances nautiques, minières, agronomiques et économiques mais, déconnectées de l'enseignement et des élites locales, elles laissent peu de traces dans la Nouvelle Grenade.

Tableau 1

Ville	Nom	Statut	Programme	Création	Fermeture	Réouverture
Bogotá	Université Santo Tomás de Aquino	Dominicain		1580	1861	1966
Bogotá	Real College-Seminar San Bartolomé	Jésuite		1605		
Bogotá	Université Pontificale Javeriana	Jésuite	Arts, théologie, philosophie, médecine, droit canon et civil	1622	1767 (expulsion)	1931
Popayán	College-Seminar San Francisco Académie de San Jose	Jésuite Jésuite		1639 1744		
Bogotá	College Majeur Nuestra Señora del Rosario	Dominicain	Arts, théologie, philosophie, médecine, droit canon et civil	1653		
Bogotá	Université San Nicolás de Bari	Augustin	Théologie, morale, arts, art oratoire, langues autochtones	1694	1775 (pour raisons économiques)	
Bogotá	College Majeur San Buenventura	Franciscain		1715	1861	1961
Antioquia	College d'Antioquia	Public		1803		

Pour la couronne espagnole, le XVIIIe siècle est une période de guerres avec l'Angleterre et avec la France révolutionnaire. Sa volonté de trouver des ressources (diversification des exportations) soutient l'intérêt pour les sciences naturelles de la part de José Celestino Mutis, médecin et chirurgien du vice-roi de la Nouvelle Grenade, arrivé à Bogotá en 1760. Ayant connu Pehr Löfling, il poursuit son œuvre botanique, commence un herbier et envoie des échantillons à Linné. Il cherche les arbustes de quinine et crée un société pour l'exploitation des mines d'argent. Au Collège del Rosario, il crée la première chaire de sciences naturelles, mathématiques et astronomie. Il enseigne les théories de Copernic et de Newton, apprises au contact de l'explorateur Jorge Juan (expédition de La Condamine), créateur du premier observatoire astronomique d'Espagne. Il introduit ainsi les idées venant d'Europe qui feront bouger l'institution du savoir et les sources de l'autorité légitime, religieuse puis monarchique, ce qui lui vaut des affrontements avec les dominicains. Son enseignement, plus discursif que pragmatique (Arboleta, 1990), stimule l'intérêt des élites créoles pour les sciences. S'engagent alors de longues luttes pour la définition du plan d'études dans l'enseignement secondaire : cours obligatoire de philosophie confié à la tradition scolastique versus aux partisans des sciences naturelles. En 1763, Mutis propose un projet d'« Expédition botanique » à la Couronne, pour élaborer une histoire naturelle d'Amérique et créer un jardin botanique, mais ne reçoit aucune réponse alors que plusieurs expéditions s'organisent en Europe : expédition française de Bougainville (1766), exploration de la Sibérie (Catherine II, 1768-1774), trois expéditions anglaises de Cook (1768-1780). En 1767, après l'expulsion des jésuites par ordre du Roi, il ne reste plus que les deux universités dominicaines (Saint-Thomas et El Rosario) et l'université augustine.

1.2.3 Formation d'une élite créole illustrée[2] *(1774-1810)*

L'intérêt pour la science est porté par l'attrait de l'élite créole pour les idées nouvelles. Pour contrer la seule transmission de la scolastique et du magister dixit, le créole Francisco Antonio Moreno y Escandón, conseiller du vice-roi, appuyé par Mutis, pose l'enseignement comme une fonction de l'État, introduit les sciences expérimentales et stimule la recherche scientifique. À l'université d'El Rosario, la théologie n'étant plus obligatoire, le nombre d'étudiants en droit augmente ; ils revendiquent l'accès aux charges gouvernementales alors que les tensions sociales et économiques s'accroissent à cause du financement des guerres d'Espagne et de l'augmentation des prix. Des révoltes populaires éclatent alors que commencent les guerres d'indépendance dans les colonies nord-américaines ; les nouvelles taxes pour financer la guerre contre l'Angleterre provoquent la révolte des Comuneros (1781). Le régent fuit le pays et l'« Expédition botanique » que la Couronne venait enfin d'approuver (1778) est abandonnée.

Pour restaurer la fidélité des créoles, le gouvernement relance l'Expédition botanique (observations astronomiques pour la cartographie du territoire et ses ressources). Celle-ci nourrit une passion pour la localisation de gisements et marque l'introduction légitime des sciences en Colombie. Elle suscite l'intérêt de chercheurs européens pour les Amériques, grâce aux observations (botanique, géologie, géographie) envoyées. Mutis jouit d'une réputation internationale, comme en témoigne la visite d'Alexander

2. « Illustrée » signifie influencée par les Lumières.

von Humboldt et Aimé Bonpland en 1799, impressionnés par son travail et par ses disciples (notamment Caldas, futur directeur de l'Observatoire, et Zea, futur directeur du Jardin botanique de Madrid). Aboutissement de la science coloniale, l'Expédition favorise la maturation intellectuelle et politique de l'élite créole lettrée en province et stimule son intérêt pour la géographie et l'économie. Elle façonne et légitime l'identité de la Nouvelle Grenade et son autonomie scientifique (première expédition organisée sans intervention étrangère). Les créoles s'y identifient, nourrissent des espoirs économiques et mettent l'accent sur l'application des sciences (création d'une Direction des mines en lien avec l'Expédition botanique). En réalité, Mutis et ses confrères discourent sur la science plus qu'ils ne réalisent de projets concrets (excepté le suivi de l'exportation de quinine, cannelle, indigo et noix de muscade) alors que l'Europe connaît le développement de la chimie, de la recherche (professeurs d'université dotés de moyens) et des premières revues scientifiques spécialisées (Restrepo, 1986), et que Bonaparte part en expédition en Égypte avec l'armée française et 150 savants et ingénieurs. L'autonomie de l'Expédition botanique vis-à-vis de la Couronne ne produit aussi qu'une faible institutionnalisation : résultats ni publiés ni exploités dans l'enseignement ni traduits en un jardin botanique (Restrepo, 1992), à la différence d'autres expéditions dans le monde. Par contre, l'Expédition développe un esprit scientifique qui facilite l'introduction d'idées politiques ; ceux qui étudient l'histoire naturelle et la météorologie s'intéressent aussi à l'économie et à la société développant ainsi une conscience politique. En stimulant leur patriotisme scientifique et économique, elle favorise les mouvements d'indépendance (Silva, 2003).

Les créoles s'inquiètent de la situation du pays, discutent des idées nouvelles et développent un patriotisme scientifique et économique à l'instar d'Antonio Nariño, créole fils de fonctionnaire royal espagnol qui traduit et publie *Les Droits de l'Homme*. Son journal soude les élites créoles de différentes régions. Commerçant, il s'intéresse aux sciences naturelles et à la physique. Sa bibliothèque contient 2 000 volumes dont 78 livres à l'index de l'Inquisition (Voltaire, Diderot et des critiques du colonialisme). Il favorise la lecture des périodiques étrangers et les débats dans la capitale. Il prend parti pour les sciences naturelles contre la scolastique, valorise la culture préhispanique, publie les avancées de Mutis sur la quinine et promeut l'exportation de produits agricoles. D'autres commerçants aussi accusent les autorités espagnoles de n'améliorer ni le transport ni le commerce externe et diffusent les idées de Adam Smith pour des politiques économiques libérales et l'exportation de produits tropicaux. Mutis, lequel élabore aussi des plans pour l'enseignement en médecine et chirurgie, crée une Société patriotique pour le développement économique et l'éducation populaire. Il crée aussi l'Observatoire astronomique à Bogotá, le premier d'Amérique, qui, dirigé par Caldas, devient un haut lieu pour la recherche en Colombie. À Antioquia, un franciscain crée un collège qui deviendra la deuxième université en dehors de la capitale, après Popayán.

Toutefois, les sciences sont malmenées. Les professeurs de la nouvelle physique sont accusés d'impiété. Les autorités craignent l'influence française et poursuivent, torturent et emprisonnent les intellectuels dont certains disciples de Mutis. Lorsque Napoléon envahit l'Espagne, les autorités espagnoles perdent leur crédibilité. Les créoles, formés en droit et influencés par les Lumières, deviennent les meneurs des mouvements

d'indépendance. Ils organisent un gouvernement républicain et accusent l'Espagne d'avoir maintenu le pays arriéré sur le plan scientifique. Mutis décède. Caldas dirige le Séminaire del Nuevo Reino de Granada ; ses projets attirent l'attention vers la géographie comme base de toute spéculation politique (Becerra et Restrepo, 1993) et stimule l'intérêt pour l'économie et le potentiel agricole et forestier des provinces. À Bogotá, des notables tentent d'arrêter le vice-roi ; Nariño et le neveu de Mutis sont à l'avant-garde du mouvement d'indépendance. Nariño est arrêté.

2 Période 2 La difficile structuration d'un espace scientifique national : de l'Université républicaine à la modernisation universitaire (1810-1930)

Dans l'histoire des sciences, domine le paradigme d'une lente construction progressive des espaces scientifiques. Or, en Colombie, nous observons plutôt un éternel recommencement, une difficile stabilisation et des occasions manquées quant à l'articulation aux sciences européennes. Alors que la science est valorisée dans le discours politique, le système scientifique hérité de la période coloniale est pratiquement anéanti. Avec l'Indépendance, il faut tout reconstruire. La structuration de l'espace scientifique national est aussi agitée que celle de l'État-nation. Il en est ainsi au moment de l'Indépendance mais aussi tout au long du XIXe siècle. Le système universitaire, comme l'État, connaît d'importantes discontinuités.

2.1 La science au service de la nation : l'idée de modernité (1811-1867)

Les dirigeants de la jeune république (1810-1830) proclament l'importance de la connaissance pour le développement de la nation. La science est un moyen de construire l'identité nationale et la nouvelle citoyenneté mais les efforts pour créer un système éducatif et stimuler l'activité scientifique se heurtent aux conflits idéologiques, politiques et juridiques sur la forme de l'État et la conception du système scolaire, à la stagnation économique de 1820 à 1850 et au peu d'intérêts pour l'acquisition de nouvelles technologies.

2.1.1 Lutte pour l'indépendance, Université républicaine et fragile introduction des sciences (1810-1841)

En 1810, le mouvement indépendantiste, porté par l'élite instruite (dont les anciens du collège El Rosario) et mené par Bolívar et Santander, renverse le pouvoir espagnol. Le nouveau gouvernement fédéral peine toutefois à faire reconnaître l'autorité de Bogotá. Au nom du droit naturel et du contrat social, des provinces se proclament « État autonome » avec leur propre Constitution. Les tensions entre centralisation (appuyée par les créoles royalistes) et fédéralisme s'amplifient. En 1811, la jeune République crée un Corps militaire des ingénieurs topographes, puis un Collège du corps des ingénieurs militaires à Medellin, dirigés par Caldas, qui élaborent des cartes des chemins et des itinéraires de marche.

Toutefois, en 1813, la situation internationale se retourne contre l'Indépendance : Napoléon tombe et Fernando VII récupère le trône d'Espagne puis le contrôle de son

empire. La population, fatiguée des rivalités internes, voit dans la restauration du pouvoir espagnol, le retour de l'ordre et de la paix. Les espagnols fusillent 125 intellectuels éminents dont Caldas et le peintre de Mutis. Le Collège militaire est fermé, El Rosario transformé en prison, l'élite scientifique anéantie. Herbiers, manuscrits et dessins de Mutis sont inventoriés par son neveu et envoyés à Madrid. L'espace scientifique, hérité de l'époque coloniale et des Lumières, est détruit.

En 1819, Bolivar engage une campagne de libération et surprend les forces royalistes. L'enthousiasme patriote reprend et le pouvoir espagnol est renversé. Les scientifiques survivants se consacrent à la politique à part quelques botanistes (collection et enseignement) et astronomes à l'observatoire (calendriers annuels). La nouvelle république est toutefois fragilisée par la résistance royaliste et les rivalités régionales. Le Congrès cherche la forme que doit prendre l'État républicain qui connaîtra huit constitutions et autant d'orientations pour l'université (centralisme pour lutter contre l'Espagne et remédier au manque de créoles compétents pour les législatures provinciales versus fédéralisme permettant d'acquérir de l'expérience au sein de gouvernements locaux et d'atteindre une maturité politique).

Finalement, la Constitution sera centraliste avec Bogotá pour capitale au nom de son prestige passé. Savants et ingénieurs belges, français et allemands sont invités pour des missions et des modèles pédagogiques d'éducation laïque importés d'Angleterre (Joseph Lancaster, Jeremy Bentham) et de Suisse. Le Congrès ratifie la mise en place du système éducatif républicain : des écoles primaires pour inculquer la loyauté à l'État et augmenter le nombre de personnes alphabétisées (éducation pour tous, gratuite, égalitaire et unifiée, sous contrôle de l'État) ; transfert de propriétés des couvents pour créer des collèges mais les moyens et les maîtres manquent ; création d'une Université républicaine. L'instruction et la science sont au service de la nation. En province, les familles réclament des collèges ; 22 sont créés en 1827. L'enseignement secondaire et universitaire suscite de l'intérêt car un diplôme en droit ouvre une carrière politique ; les collèges enseignent la jurisprudence.

Le gouvernement républicain invite des scientifiques français des grandes Écoles (Polytechnique, Centrale, Arts et Métiers, Normale) et du Bureau des longitudes pour créer un musée d'Histoire naturelle dans l'ancienne maison de l'Expédition botanique, une École des mines (collections minéralogique et d'instruments, centralisation des observations, laboratoire de chimie, bibliothèque) et pour enseigner chimie, mathématiques, botanique, physique, astronomie et anatomie (Restrepo *et al.*, 1993). Il suscite une immigration d'experts techniques européens pour développer l'industrie, comptant sur l'atmosphère de tolérance religieuse. Le gouvernement organise les Écoles normales pour former les maîtres. Plusieurs universités et institutions scientifiques sont créées : l'Académie nationale pour la promotion des sciences pratiques et six universités (Bogotá, Caracas, Quito, Tunja, Popayán et Carthagène – première université dans cette ville toujours tournée sur le reste du monde). Dotées de chaires en sciences naturelles et en médecine, elles marquent l'essor des disciplines scientifiques et des mathématiques au sein des universités mais la science a surtout une fonction idéologique (promotion des Lumières, de la modernité, de l'idée de nation et de la laïcité).

On manque toutefois d'enseignants, de laboratoires et de soutien social pour les sciences ; les jeunes élites visent le doctorat en droit. La pratique scientifique n'atteint pas le niveau qu'elle avait au moment de l'Expédition botanique et du Séminaire de Caldas à l'Observatoire. Seules l'histoire et la géographie émergent (description et inventaire du pays). Faute de moyens et de consensus politique, ces créations ne durent pas. Santander et Bolivar divergent sur le contenu de la formation, surtout en matière de philosophie et de politique. C'est aussi l'échec des institutions scientifiques à la française (Muséum, École des mines) et de l'Académie. Les experts étrangers retournent en Europe. La République ne réussit pas à couvrir ses dépenses (dont une armée qui absorbe les trois quarts du budget). Bolivar prend le pouvoir absolu et accuse les lettrés issus des universités d'être comploteurs ; il supprime les sciences politiques et le droit et introduit des cours de religion catholique romaine et de latin obligatoire. Les notables libéraux sont arrêtés ou prennent l'exil dont Santander. À la mort de Bolivar (1830), le débat entre libre-échangistes (favorables aux villes tournées vers le commerce extérieur) et protectionnistes (favorables aux artisans et fabriques de Bogotá) prend de l'ampleur.

Quand Santander rentre d'exil et redevient Président (1832), la désertion scolaire et la stagnation des universités sont manifestes. Il rétablit les institutions culturelles, dont l'Académie des sciences, et dote le Museum national d'une chaire de physique expérimentale, réforme les programmes, diversifie les formations et rétablit l'enseignement public. Le pays possède désormais quatre universités (Antioquia, Popayán, Carthagène et Bogotá) pour 3 000 étudiants mais peu intéressés par les sciences, à part la médecine. Le gouvernement soutient les lettrés locaux, l'édition et la presse, tandis qu'augmente l'importation d'instruments et supports pédagogiques. Il reste toutefois peu de chercheurs. Le Muséum devient un dépôt de reliques. Malgré tout, des individus impulsent un renouveau scientifique comme Joaquin Acosta, militaire colombien qui a étudié plusieurs sciences en Europe (y compris médecine, histoire, danse et chinois). Il travaille à l'Observatoire et enseigne la minéralogie et la chimie à l'Université. Il publie une carte détaillée du pays, un compendium historique de la colonisation, des cartes astronomiques, des mesures météorologiques et réédite le *Séminaire* de Caldas.

La fragmentation territoriale (désintégration économique et politique) s'accroît et rend le pays fédéraliste. Les régions se différencient quant aux orientations politiques : libéraux *versus* conservateurs, société esclavagiste, ex-villes coloniales dont l'élite est liée à la bureaucratie et à l'enseignement supérieur, élite provinciale ascendante libérale, bourgeoisie émergente à Medellín qui investit dans le commerce et l'industrie, grands propriétaires terriens de Bogotá devenus entrepreneurs sans expérience industrielle. L'opposition des libéraux régionaux au centralisme provoque une guerre civile (1839-1841) qui dévaste l'économie et renforce les tensions sur le rôle de l'Église. Le gouvernement attribue le désordre à la pléthore d'avocats formés dans les universités qui fomentent des conflits pour faire carrière politique. L'enseignement supérieur est restreint ; l'élite provinciale y voit une volonté de bloquer la carrière de ses enfants. Le faible commerce interrégional et les rivalités régionales freinent le développement des infrastructures ; l'ingénierie civile est inexistante. Les villes coloniales stagnent ; Popayán et Carthagène reculent tandis que Cali, Barranquilla et Bucaramanga, inté-

grées au commerce libéralisé et international (tabac, café) prennent de l'importance. Il n'y a pas plus d'espace scientifique national que d'État consistant ou de nation intégrée.

2.1.2 Balbutiements de professionnalisation (1842-1867)

En 1842, le gouvernement centraliste place l'enseignement (programmes, méthodes, textes et auteurs validés) sous le contrôle de l'État et du prélat diocésain. L'Église revient dans l'administration universitaire et moralise les étudiants ; les contenus religieux sont confiés aux jésuites. Le droit et les sciences constitutionnelles sont prohibés au profit des cours de sciences à orientation pratique. Le gouvernement invite des professeurs français en chimie, mathématiques et sciences naturelles et copie le système du lycée français (cours obligatoires y compris de minéralogie, géologie, topographie et dessin). Aux titres universitaires coloniaux (droit, médecine, théologie) s'ajoutent les sciences naturelles. Les collèges de province n'ayant pas les moyens de rémunérer des enseignants qualifiés, s'appuient sur des volontaires. Élèves, parents et autorités locales s'opposent toutefois à ces études sans intérêt pour les carrières visées (droit). Les élites prônent ainsi un intérêt pour les métiers utiles (Safford, 1976) en contradiction avec la préférence pour le droit. L'éducation scientifique et technique suscite des résistances et ne prend pas. Le président conservateur réduit alors la durée des études, élimine les cours de chimie, minéralogie et géologie, et rétablit le droit, la médecine et la théologie. Les universités totalisent plus de 1 000 étudiants, la plupart à Bogotá (40 000 habitants) qui attire ainsi l'élite pour ses discussions politiques, ses carrières gouvernementales et son équipement (bibliothèque, musée d'histoire naturelle, observatoire astronomique, université). Popayán et Tunja perdent de leur ampleur mais restent des centres de gouvernement et d'enseignement.

En 1847, une nouvelle impulsion est donnée aux sciences. Un décret modifie le régime des universités et crée l'Institut des sciences naturelles, physiques et mathématiques (1847) pour l'enseignement, la propagation et l'application des sciences mais l'activité scientifique demeure faible. L'Institut Caldas (1848), créé pour promouvoir les sciences pratiques et le travail comme vertu, réunit une élite sociale (avocats, commerçants, ecclésiastiques, militaires) plus qu'intellectuelle. Le président conservateur et centralisateur lance alors un programme de construction de routes, fait venir des ingénieurs d'Europe, engage une entreprise américaine pour construire un chemin de fer à Panamá et crée un Collège militaire (1848) pour former des ingénieurs, dirigé par un militaire élève de Caldas ayant étudié en Espagne et à Paris. Il forme des ingénieurs visant le service de l'État même si beaucoup travaillent comme enseignant de mathématiques et physique ou se consacrent à l'arpentage agricole. Ils fonderont l'École d'ingénierie à l'Université nationale et la Société colombienne d'ingénierie. Ils participent aux travaux de la Commission chorographique (1850-1859), dirigée par le géographe italien Agustín Codazzi pour étudier les ressources naturelles et humaines, rejoignant ainsi l'aspiration de l'élite créole à mieux connaître son pays (Restrepo, 1984). La Commission s'intéresse aux régions et communique ses résultats (science humboldtienne caractérisée par la publication d'atlas, livres et revues). Elle contribue, plus que l'expédition botanique, à la formation de la nation (Obregon, 1994).

Le Muséum reprend de l'activité. Un contrat est établi pour former un herbier et une collection ornithologique. Des revues scientifiques sont créées à Bogotá et à Medellín.

Ce nouveau début de professionnalisation de la recherche souffre toutefois, à nouveau, des retournements politiques. Face à la crise financière de 1849, les présidents libéraux, dits « romantiques » (idée de Tocqueville d'une démocratie dépendant de la vitalité des gouvernements locaux), décentralisent les ressources, l'enseignement et les travaux publics. Les jeunes libéraux, issus de l'université, veulent expurger l'idéologie conservatrice de l'enseignement et abolir les vestiges du colonialisme : ils expulsent à nouveau les jésuites. Ils mettent fin au contrôle centralisé de l'enseignement supérieur ce qui affaiblit l'impulsion scientifique ; la formation d'ingénieurs est interrompue et l'université centrale est fermée. La liberté absolue d'enseignement conduit à supprimer les universités et les diplômes (sauf pour la pharmacie). Seul un doctorat est décerné en jurisprudence, médecine et sciences ecclésiales, si les étudiants en font la demande (Laverde, 1986).

Le coup d'État de 1854 amène au pouvoir un libéral dictateur militaire qui instaure le catholicisme comme religion d'État et agrandit l'armée. Il ferme le Collège militaire, perçu comme institution d'élite, dont les diplômés irriguent l'enseignement à Bogotá, l'Observatoire, la Commission chorographique et l'exploitation minière ; ils renforcent l'espoir d'un développement économique basé sur la création d'industries complexes. La production scientifique n'est à nouveau plus que l'affaire de quelques individus qui rapportent livres et instruments d'Europe. Toutefois, l'élite de Bogotá cherche désormais à former sa jeunesse à la profession d'ingénieur, en l'envoyant aux États-Unis ou en Europe pour apprendre les sciences utiles et les méthodes commerciales. Médecins et ingénieurs, étrangers ou formés à l'étranger, consolideront ensuite les professions de médecin et d'ingénieur.

En 1855, les conservateurs, de retour au pouvoir, font revenir les jésuites mais les tensions entre partis politiques et les rivalités régionales s'accroissent. Les relations se dégradent entre le pouvoir central et les États ; une nouvelle guerre civile éclate (1859-1863). Malgré cela, une activité scientifique se développe dans les collèges Saint-Bartholomé et El-Rosario, qui créent ensemble la première société scientifique (Société naturaliste néogranadine, 1859) dédiée au développement des sciences naturelles sans préoccupation d'utilité et publie un bulletin. Pour en être membre honoraire, il faut avoir publié un travail notable d'histoire naturelle (Obregon, 1992) tandis que sont nommés aussi des scientifiques européens qui s'intéressent à l'histoire naturelle du pays (dont Darwin). Des liens sont établis avec 120 sociétés savantes du monde (échange de livres et échantillons, constitution de collections). Une mission d'enseignants allemands est appelée pour repenser l'enseignement et la science comme solution aux problèmes nationaux et créer une atmosphère pédagogique et méthodologique ; elle conduira, huit ans plus tard, à la création de l'Université nationale et de vingt Écoles normales. La Société naturaliste néogranadine disparaît toutefois en 1861, victime de la guerre civile, de son incapacité à former une communauté de pairs et du désintérêt de l'État.

En 1861, le général libéral Mosquera reprend le pouvoir et réaffirme son autorité sur l'Église, expulse les jésuites, relance l'amélioration des infrastructures de transport

et mobilise les diplômés du Collège militaire pour le chemin de fer (tracés, topographie). Il rouvre le Collège militaire mais ferme l'université Saint-Thomas et expulse les dominicains tandis que les sociétés naturalistes font de l'Expédition botanique un mythe d'origine qui légitime leur activité scientifique (Obregon, 1992). Elles créent un sentiment d'appartenance à une tradition scientifique glorieuse (Obregon, 1994 ; Restrepo, 1992) et autochtone qui irait des Précolombiens jusqu'aux sociétés naturalistes en passant par les savants martyrs de la guerre d'indépendance.

2.2 Affirmation des sciences, professionnalisation des ingénieurs et tentatives d'industrialisation (1867-1930)

La guerre civile terminée, la constitution de 1863 proclame l'intérêt économique de la formation scientifique et technique ; un plan de développement du transport terrestre à grande échelle est lancé malgré les rivalités locales. Trois lignes télégraphiques sont construites à Medellín, Popayán et Carthagène. Le retour des sciences à l'université coïncide avec le début d'une période de prospérité (café) : le besoin en connaissances techniques élaborées devient manifeste (fonderie, chimie, électricité).

2.2.1 Institutionnalisation de la médecine, de l'ingénierie et des sciences à visée économique (1867-1903)

Les gouvernements successifs créent et suppriment des établissements, en fonction des retournements politiques et de conjoncture économique, avec toutefois une tendance à la constitution d'un tissu scientifique tourné vers les sciences appliquées. Ainsi, le Collège militaire et le corps national d'ingénieurs sont créés puis supprimés en 1867 à la suite d'un coup d'État, puis une Université nationale est remise sur pied avec six écoles annexant le Muséum national, l'Observatoire astronomique, le Laboratoire national de chimie, la Bibliothèque nationale et deux hôpitaux (l'un civil, l'autre militaire). Chercheurs et ingénieurs doivent souvent se redéployer comme c'est le cas des ingénieurs (sous-employés et concurrencés par les entreprises étrangères) réfugiés dans l'enseignement ou des chercheurs en sciences naturelles qui trouvent dans les nouvelles école*s de médecine* (du type écoles anatomo-cliniques françaises) un lieu d'exercice de leur science. Les étudiants choisissent les sciences naturelles et l'ingénierie quand les opportunités s'y prêtent (développement du chemin de fer, fléchage des bourses d'étude) sinon ils reviennent vers les facultés de médecine et de droit.

Dans certains secteurs, comme l'agriculture, des choses se mettent aussi en place, même si cela reste fragile : professionnalisation, formation et recherche y démarrent avec l'achat de machines agricoles importées et la création d'une revue, d'une exposition agricole, d'une Société des agriculteurs de Colombie, d'un programme de R&D doté de stations expérimentales et d'un Institut national de l'agriculture visant à combler le retard perçu. Cependant, la formation dépend de formateurs étrangers qui n'adaptent pas toujours leur enseignement à l'environnement colombien, tandis que l'École d'agriculture, créée en 1874, avec 30 étudiants, manque de professeurs, de laboratoire de chimie et d'implantations agricoles.

Médecine, sciences et ingénierie dominent désormais l'Université nationale : le droit ne compte que 8 étudiants sur 132. La science est valorisée aussi par la publication de

biographies de savants (Mutis, Caldas, Codazzi). Une Académie des sciences s'ouvre à l'échelle nationale, mais sans grand succès. Elle gère les cabinets de minéralogie, géologie et zoologie, l'herbier national et le laboratoire de chimie mais les moyens ne suivent pas. Professeurs de sciences et médecins fondent la Société de médecine et de sciences naturelles de Bogotá (1873) et une revue (*Revista médica*) qui privilégie les articles portant sur les maladies de la région et la traduction d'articles venant de bonnes revues étrangères. Elle établit *un réseau de correspondants internationaux* fait d'étudiants colombiens dans des universités étrangères tandis que des colombiens, membres de sociétés scientifiques européennes, s'intéressent aux avancées qui s'y font (Pasteur notamment). Commerçants, hommes politique et de Lettres voyagent dans les pays devenus partenaires commerciaux (Grande-Bretagne, France, Allemagne, États-Unis) et font imprimer leurs livres à Paris.

Les ingénieurs (une centaine) sont mobilisés par la construction des chemins de fer devant favoriser les exportations, construction dirigée par des étrangers auxquels le pays se fie plus qu'aux nationaux. L'équipement de la cordillère orientale soulève des antagonismes régionaux qui conduisent à la faillite des projets. Par contre, la construction ferroviaire en Antioquia stimule l'apprentissage industriel, la création de la Faculté d'ingénierie civile (université d'Antioquia) et de l'École des mines.

Toutefois, à nouveau, le retournement de la conjoncture (récession du tabac et de l'indigo, maladie de la pomme de terre, concurrence avec la farine de blé nord-américaine) compromet ces développements. Le gouvernement allège sa pression en faveur des études techniques ; le droit reprend son ascendant sur l'ingénierie. Les conflits religieux autour de l'école reprennent lorsque le gouvernement invite des enseignants allemands, protestants. L'armée croît et absorbe les fonds publics au détriment de la construction d'infrastructures. Le Congrès place l'École d'ingénierie sous contrôle militaire pour former un corps loyal d'officiers. Des scientifiques colombiens s'autonomisent cependant et innovent en mathématiques et ingénierie tandis que sont lancées les *Anales del Observatorio astronómico* (participation à la gestion mondiale de l'heure). Le Président libéral promeut la formation scientifique à visée économique, impulse l'enseignement de la sociologie à l'Université nationale pour montrer la régularité des processus sociaux et l'arbitraire des révolutionnaires.

Une nouvelle consolidation du tissu institutionnel de la recherche s'opère avec la création, en 1881, de la Commission scientifique permanente (collecte d'échantillons des productions naturelles et évaluation de leur potentiel industriel et économique, reprise de l'ethnographie des Indiens), l'invitation de professeurs étrangers, l'envoi de missions d'information en Europe et aux USA afin de promouvoir le développement industriel (métallurgie, moteur à gaz, extraction minière, électricité, téléphonie, chimie, météorologie appliquée à l'agriculture, technologie industrielle et organisation du travail) et la création d'écoles d'ingénierie permettant d'assimiler les technologies modernes malgré l'instabilité politique.

Or, le pays connaît une nouvelle récession économique (effondrement de la quina, crise financière, puis guerre civile en 1885) et un regain de tensions entre éducation laïque libérale et éducation religieuse conservatrice. L'*Université nationale* devient un bastion conservateur et El Rosario rétablit la philosophie scolastique. L'École d'ingénierie

s'effondre. L'École agricole ferme. Le gouvernement renonce aux plantations expérimentales et aux équipements agricoles et de chimie pour l'Institut agricole national, ce qui provoque son déclin. Le statut social des sciences est précaire. Les scientifiques se tournent vers l'histoire pour asseoir leur identité (Obregon, 1994). L'enseignement public passe sous le contrôle de l'Église ; les jésuites reprennent leur enseignement universitaire. En réaction à la suppression des cours libres de l'Université Nationale, un avocat fonde l'Externat de Droit comme alternative à l'autoritarisme pédagogique et confessionnel des internats (influence globale sur leur personne).

En 1887, les ingénieurs de Bogotá fondent la Société colombienne des ingénieurs (SCI) pour promouvoir les travaux publics et l'enseignement technique et guider les politiques. Ils prônent les mathématiques (*Anales de Ingeniería*, création d'un Institut de mathématiques à l'Université nationale) et un style national d'ingénierie (mathématiques pures et perfectionnement d'instruments scientifiques). Faute d'équipement pour la recherche, les mathématiques forment le seul domaine où ils peuvent faire des avancées significatives. Les ingénieurs des provinces occidentales (dont Medellín) y sont sous-représentés et se méfient des ingénieurs de la capitale, dits bureaucrates et hostiles à l'emploi d'ingénieurs étrangers. Les ingénieurs formés en province, à l'étranger ou autodidactes, n'accèdent pas aux emplois gouvernementaux, se lient aux entreprises, y compris étrangères, se présentent comme entrepreneurs industriels et nourrissent une image d'ingénieurs apolitiques, pragmatiques et persévérants mais créent peu de technologies. L'École des mines de Medellin forme ainsi des ingénieurs entrepreneurs qui se préparent à tout : génie civil, entreprise métallurgique, électricité ou hydraulique pour les municipalités, analyse chimique et architecture. À l'Université nationale, il y a 140 à 200 étudiants en sciences et médecines, au moins 100 en droit, et 20 à 50 en mathématiques et ingénierie.

En 1889, les dépenses de l'État pour l'administration et l'armée provoquent la banqueroute fiscale tandis que les maladies tropicales et la mauvaise planification aboutissent à la faillite de la construction du canal de Panamá. Dans ce contexte de crise économique, des libéraux fondent l'Université républicaine (1890) avec l'idée de cours libres pour former aux idées libérales alors que l'influence des prêtres étrangers (espagnols en croisade, survivants du Kulturkampf de Birsmarck en Allemagne, de l'anticléricalisme italien, du républicanisme français et du conflit religieux en Équateur) pèse sur la culture politique. Le clergé inspire un courant nationaliste conservateur, antilibéral et anti-yanquis. Le nationalisme catholique devient anticapitaliste (encyclique *De rerum novarum*).

2.2.2 Institutionnalisation des sciences (1903-1930)

Le tournant du XXe siècle est le théâtre d'une nouvelle guerre civile après la chute du cours du café. Des établissements d'enseignement supérieur ferment (Université nationale, École des mines de Medellin) ou sont transformés en caserne (El Rosario). Des ingénieurs se réfugient à l'Observatoire où sont organisés formations et séminaires. Un Bureau des longitudes est créé en 1902 pour définir la frontière avec le Venezuela, le Brésil et le Pérou. Les exportations (café) étant bloquées par les libéraux qui occupent les ports, banquiers et commerçants de Medellín cherchent des alternatives économiques et se tournent vers l'entreprenariat industriel (fonderies et ateliers de

mécanique pour les mines et l'agriculture). Avec le soutien nord-américain, Panamá fait sécession en 1903, provoquant humiliation et réaction nationaliste en Colombie.

Passée la guerre des Mille Jours, l'Université nationale et El Rosario rouvrent. L'activité économique se développe avec l'exploitation du caoutchouc, des mines et du pétrole par des compagnies étrangères, ainsi que l'exportation de bananes. Les infrastructures sont développées sans pour autant former un réseau intégré. Des industriels créent une industrie textile moderne, avec l'aide des chaudronniers de Medellín, et font campagne sur des thèmes patriotiques (substitution des tissus importés par des produits nationaux). Le gouvernement conservateur, protectionniste, s'inspire du Mexique et de Manchester. Medellín est devenue une ville industrielle et rouvre son École des mines ; ailleurs, les créations industrielles sont rares. Une université publique est créée à Pasto, dans le sud du pays.

À partir de 1910, un nouvel élan intellectuel et institutionnel se fait jour : essor d'écoles secondaires laïques et de commerce répondant aux besoins d'ascension sociale, renaissance de la presse libérale, développement de loges maçonniques et autres sociétés, réforme institutionnelle instaurant une ère de liberté (qui n'empêche pas l'Université républicaine de fermer). La densification du milieu universitaire et l'urbanisation soutiennent l'institutionnalisation des sciences. Frères des écoles chrétiennes et salésiens introduisent l'enseignement des sciences (observation de la nature et mathématiques). Le frère Apolinaire Maria, naturaliste alsacien, relance les collections du musée d'Histoire naturelle, délaissées depuis 1822 ; il forme un groupe de passionnés et crée la Société des sciences naturelles à Bogotá (1912) pour l'étude de la richesse naturelle de la patrie pour l'industrie, la médecine et l'agriculture, en relation avec des sociétés scientifiques dans le monde. De nouvelles sociétés savantes et instituts scientifiques se créent et se fédèrent : Société antioquenienne des ingénieurs (1915), École agricole (1916) et Commission scientifique nationale (1916). La géologie est la première discipline à se consolider. Des revues apparaissent, dont les *Anales de ingenriería* (1913), dans un contexte de rivalité persistante entre le modèle d'enseignement de l'École des mines de Medellín (intégrée à l'université d'Antioquia) tourné vers la solution aux problèmes de la région (statistique, génie industriel, mathématiques pour la gestion des entreprises) et celui de la faculté d'ingénierie à l'Université nationale de Bogotá (excellence mathématique, indépendante des applications, ingénierie destinée à l'État) (Mayor, 1985). Le gouvernement nomme des scientifiques étrangers, puis des Colombiens formés en Europe ou aux États-Unis. La fondation Rockefeller intervient pour lutter contre les maladies tropicales qui affectent les populations des zones caféières.

L'ouverture du canal de Panamá désenclave la vallée du Cauca et intègre les cultures du café au marché mondial ; Cali croit fortement. Le café devient le moteur de la modernisation tandis que la Première Guerre mondiale donne une impulsion à l'industrie colombienne, surtout à Medellin. La production agricole est développée (nouvelles races bovines et variétés d'herbage, banane, caoutchouc). La croissance économique s'accélère avec une mainmise nord-américaine sur le pétrole et le café. La guerre civile perd sa légitimité tandis qu'émergent les luttes sociales avec des syndicats de travailleurs et un *mouvement étudiant* qui réclame la gouvernance partagée de l'Uni-

versité, l'enseignement gratuit et ouvert à tous, et l'orientation vers la résolution des problèmes nationaux.

Les élections de 1922 remettent le pays au bord de la guerre civile ; des professeurs de l'ex-université républicaine créent l'Université libre. Les luttes sociales prennent de l'ampleur dans les champs pétroliers, le ferroviaire, la navigation fluviale et les plantations bananières. La répression des travailleurs bananiers émeut le pays (lien entre régime militaire et propriétaires) ; le congrès des étudiants adopte une orientation militante vis-à-vis de la politique nationale. La Fédération des producteurs de café devient un acteur majeur de la politique économique ; elle favorise l'expansion des infrastructures de transport. L'économie se complexifie (capitaux étrangers et secteur financier, industrie de substitution aux importations). Les grandes querelles autour du rôle de l'Église et du centralisme versus fédéralisme sont terminées et font place au débat sur le rôle de l'État dans l'économie.

Avec le développement industriel, la communauté des chimistes se consolide (Cubillos *et al.*, 1989) autour du Laboratoire national de chimie (1928) pour soutenir l'exploitation minière, l'agriculture et la pharmacie.

3 Période 3 Le difficile décollage : des sciences gouvernementales et de l'explosion universitaire à la construction d'une politique scientifique nationale et d'un primat de l'innovation (1930-)

À partir de 1930, l'espace scientifique n'est plus remis en cause et se développe, sans pour autant vraiment décoller.

3.1 Décentralisation universitaire, instituts scientifiques nationaux et début d'une politique industrielle (1930-1968)

Les élites colombiennes intègrent désormais la domination économique des États-Unis comme un fait. Le passage entre Présidents conservateurs et libéraux est désormais pacifique. L'Église accepte le résultat des élections et l'armée évite le recours aux guerres civiles. Les présidents deviennent les arbitres des finances publiques. Le centralisme de Bogotá laisse place à une structuration en deux pôles, Bogotá et Medellín, qui oublient les autres régions, lesquelles réagissent en créant leur propre université.

3.1.1 Phase libérale (1930-1947) : décentralisation universitaire et création d'instituts de recherche

À partir de 1929, la « Révolution en marche » transforme l'enseignement supérieur qui introduit la gratuité des cours et modernise le cursus scientifique. Les gouvernements libéraux, convaincus que la consolidation de l'État et la modernisation du pays passent par une gestion scientifique, favorisent l'enseignement pour tous, une gouvernance de l'Université ouverte aux enseignants et étudiants et l'invitation de professeurs étrangers (républicains espagnols et antinazis allemands). L'Université nationale (UNAL) est réformée (création de facultés, d'écoles professionnelles et d'instituts de recherche

sur un même campus) et devient le fer de lance de la modernisation éducative. Les facultés de chimie (1939) et de sciences (1946) sont établies avec l'aide de professeurs européens. Plusieurs sociétés scientifiques et instituts se mettent en place : Académie colombienne de sciences exactes, physiques et naturelles (1933), Institut de géographie militaire (1934), Institut des sciences naturelles de l'Université nationale (1940), Institut de géophysique des Andes (1941). Des revues sont créées : *Revista de la Academia colombiana de ciencias exactas, físicas y ciencias naturales* (1936), *Caldasia* (1940) et *Revista colombiana de química* (1944). Des universités confessionnelles (Javeriana et El Rosiario à Bogotá, Pontificale Bolivariana à Medellín) ou libérales (la Libre) établissent des antennes universitaires en province. Le nombre d'étudiants croît fortement après 1940, principalement dans l'enseignement supérieur public et suscite la création de nouveaux établissements dans différents départements (Caldas en 1943, Cundinamarca, Tolima et Del Valle à Cali en 1945, Atlántico à Barranquilla en 1946).

Tableau 2 – Établissements d'enseignement supérieur et étudiants en 1935-1970 (Contreras, 2005)

Année	Établissements d'enseignement supérieur			Nombre d'étudiants	Dont enseignement public
	Publics	Privés	Total		
1935	7	6	13	4 137	71 %
1940	7	5	12	2 990	68 %
1945	8	5	13	6 512	73 %
1950	10	7	17	10 362	72 %
1955	13	10	23	13 284	61 %
1960	16	13	29	22 181	60 %
1965	22	15	37	43 254	55 %
1970	23	32	55	83 239	56 %

Les sciences humaines se développent pour améliorer la connaissance du pays et de ses problèmes : commissions de la *Cultura Aldeana* pour intervenir sur la culture paysanne et moderniser les villages ; Institut ethnologique national (avec l'ethnologue français Paul Rivet) pour l'assimilation des communautés indigènes ; recherches sur les ouvriers, les indigènes, les paysans et la société colombienne et son passé préhispanique qui valorisent l'ascendance indigène. L'élite tente d'intégrer les territoires indigènes à l'économie nationale.

Une École normale supérieure, modelée sur l'ENS de Paris, est établie à Bogotá afin de surpasser les standards de formation universitaire et de valoriser la profession d'ensei-

gnant (formation interdisciplinaire). Basée sur les sciences (mathématiques, sciences sociales), la formation prône la résolution de problèmes par petits groupes, tandis que les professeurs sont choisis pour leurs activités scientifiques (pas de répétiteurs qui dictent les livres). L'ENS se dote d'un séminaire d'entraînement à la recherche et d'instituts de recherche. Elle devient pour une décennie une Faculté de haute qualité qui forme linguistes, anthropologues, historiens et autres chercheurs en sciences sociales.

Les politiques de développement (réforme éducative, agraire et fiscale) sont aussi influencées par des organismes internationaux (OEA, BID, AID, CEPAL) tandis que l'industrie textile et pneumatique progresse, le café se maintient, la banane régresse (ravage des plantations par la sigatoka). L'État investit dans l'industrie (sidérurgie, engrais, pesticides, substances chimiques de base) et crée un Institut du développement industriel (IFI) pour promouvoir la substitution des importations, ainsi que divers instituts décentralisés : Icetex (enseignement), ICA (agronomie), Incora (terres agricoles). Le Service géologique national, remplace en 1939 la Commission scientifique nationale pour l'étude du sous-sol, mais il manque de géologues. En 1938, la Fédération des producteurs de café, qui intègre financement, assurance, transport et stockage, négocie avec les multinationales qui contrôlent le marché mondial ; elle crée le Centre national de recherche sur le café (Cenicafé) à Chinchiná (Caldas).

Les rivalités régionales nourrissent des conflits entre industriels et commerçants pour le contrôle des marchés à Cali et Medellín. La CEPAL promeut l'idée de développement tourné vers l'intérieur ; la Banque mondiale et le FMI s'intéressent au commerce du café. Après la guerre, les industriels se développent vers le marché intérieur dans quatre zones : Medellín (biens de consommation finale dont le textile), Cali (biens intermédiaires), Bogotá (premier centre manufacturier du pays) et Barranquilla. Par contre, dans le domaine pétrolier, les entreprises qui ont mené des études géologiques laissent les scientifiques colombiens de côté.

3.1.2 Phase conservatrice (1947-1957) : anéantissement des institutions publiques et surgissement des universités privées

En 1947, le retour au pouvoir des conservateurs, alliés aux États-Unis, s'accompagne de répressions contre le communisme et de violences populaires, mais aussi d'un développement industriel (favorisé par le protectionnisme) et des infrastructures (routes, électricité, télécommunications). Les industriels locaux suscitent la création de l'Université industrielle de Santander à Bucaramanga (1948), dans le style des universités industrielles espagnoles avec des spécialités en chimie, mécanique et électricité qui n'existent pas ni à l'UNAL ni à l'École des mines. Des réfugiés de la guerre civile espagnole définissent les programmes et attirent Allemands et Italiens qui fuient la guerre en Europe. La fondation Rockefeller suscite la création d'un ministère de la Santé et de l'Hygiène. Le contrôle accru du pouvoir sur l'Université nationale suscite le développement d'universités privées laïques.

L'anti-impérialisme américain se traduit par des luttes sociales. L'assassinat du candidat libéral à la présidence ravive la guerre civile (« *La Violencia* ») entre libéraux et conservateurs (400 000 morts entre 1946 et 1964). Les institutions et l'enseigne-

ment publics sont à nouveau en décomposition. Les espoirs mis sur l'ENS et la modernisation de l'Université nationale sont anéantis alors que la professionnalisation se développe dans le football et le cyclisme. De jeunes intellectuels, saturés par ces conflits, fondent, en 1948, l'Université de Los Andes, privée, sur un modèle américain, à vocation de recherche, ne s'identifiant à aucune idéologie politique ou religieuse, pour former une couche d'intellectuels et de techniciens capables de relever les défis de la modernisation. D'autres universités apparaissent bien que la croissance se soit ralentie à cause de la violence ; la régénération se fait à l'initiative de l'enseignement privé.

La Guerre froide et la lutte anticommuniste conduisent à la répression des organisations syndicales et à une dictature militaire à laquelle s'opposent les étudiants de l'UNAL. L'offensive contre la population provoque un mouvement de réfugiés vers les nouvelles guérillas.

3.1.3 Phase de compromis national (1957-1968) : le pouvoir grandissant des instituts

Après la dictature des années 1954-1957, libéraux et conservateurs s'entendent pour partager le pouvoir (pacte du Front National) pendant seize ans, dans un contexte de crise économique (dépression du café, fin de l'apogée industrielle de Medellín) qui provoque chômage, criminalité et agitation populaire (petits entrepreneurs, chauffeurs de bus, employés de banque, instituteurs). Le pacte pacifie le pays et renforce la légitimité de la Loi mais il conduit à l'autocensure de la presse et au désintérêt pour la politique. Des guérillas se démobilisent, d'autres deviennent révolutionnaires (insurrections léniniste, maoïste et guevariste pour transformer l'ordre social). Elles montent des campements ruraux rejoints par des universitaires libéraux (notamment après la grève des travailleurs d'Ecopetrol qui mobilise le mouvement étudiant). Elles deviennent la cible d'offensives militaires (doctrine contre-insurrectionnelle américaine expérimentée au Vietnam) et se structurent en une guérilla agro-communiste (FARC – Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia). Au sein des grandes universités publiques des étudiants proches des idées révolutionnaires provoquent un désordre qui profite aux universités privées (EAFIT – Escuela de Administración, Finanzas y Tecnologías, Piloto, San Buenaventura, La Salle, Central, del Caribe, EAN, Mariana – jésuites de Pasto). L'Université Saint-Thomas rouvre avec des filières en génie civil, économie et gestion, philosophie et droit, sciences religieuses. À Baranquilla, un groupe d'entrepreneurs crée l'Université del Norte (gestion d'entreprises et ingénierie). Le rapport Atcon prône la privatisation et l'autofinancement de l'enseignement supérieur.

Les universités publiques retrouvent un caractère non-religieux (1958) et de l'autonomie (1963) pour offrir des formations, tandis que de nouvelles universités publiques (Magdalena, Pereira, Quindio, Córdoba, École navale des Cadets) ou antennes universitaires (UNAL à Manizales, Medellín et Palmira) continuent à s'ouvrir dans le pays. En 1960, il y a 29 établissements (16 publics, 13 privés), dont quatre grandes universités publiques (UNAL, d'Antioquia, UIS, del Valle), une université privée à vocation de recherche (Los Andes) et plusieurs universités privées ayant des activités scientifiques (Javeriana, Rosario, Boliviana). L'UNAL perd le monopole de l'éducation.

Désormais, une partie des ressources est consacrée à la recherche, tandis qu'émerge, surtout dans les universités publiques, un groupe de professeurs à temps plein qui voit dans la recherche une activité légitime et nécessaire. Les filières de formation scientifique sont réorganisées. La fondation Ford finance la préparation de 2es cycles et un programme de bourses. L'idée est de rapatrier des mathématiciens colombiens de l'étranger (Takashashi, 1990).

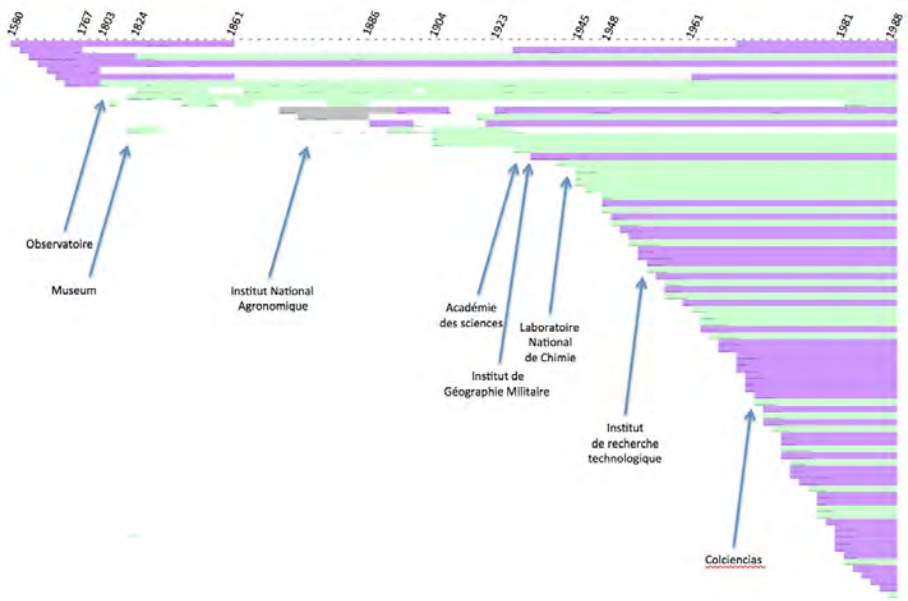

Figure 2 – Création des établissements d'enseignement supérieur entre 1580 et 1988. En pourpre, les universités privées (confessionnelles ou pas) ; en vert les universités publiques

Les développements industriels (pétrochimie, plastiques, machines de bureau, automobile) suscitent de nouveaux besoins de formation (ingénieurs, chimistes, électriciens, économistes). Un Service national d'apprentissage (SENA) est mis en place en 1957 pour la formation des travailleurs, agriculteurs et artisans (organe tripartite où travailleurs, employeurs et gouvernement coopèrent, formule impulsée par les organisations sociales et l'Organisation internationale du travail) tandis que le rapport *Plan de base pour l'enseignement* prône un contrôle centralisé et régionalisé de l'enseignement supérieur et une formation professionnelle hors de l'université.

Un régime ordinaire de recherche s'instaure en biologie, dans les sciences médicales, les sciences sociales, en chimie et dans plusieurs branches de la physique (Institut des affaires nucléaires créé en 1959) avec parfois une bonne insertion internationale mais la recherche reste opportuniste, de faible qualité ou liée à des modes importées. L'équipement (laboratoires, bibliothèques, revues, sociétés savantes) s'améliore mais reste globalement insuffisant (publications nationales de mauvaise qualité, collections incomplètes en bibliothèque, complications bureaucratiques). Les professeurs chercheurs sont encore peu nombreux et les pratiques clientélistes demeurent fortes.

3.2 Construction d'une politique scientifique et de l'innovation (à partir de 1968)

La période qui suit se caractérise par une prolifération des universités (privées et établissements publics décentralisés), le renforcement des activités de recherche dans des organismes semi-publics (notamment agroalimentaires, par exemple liés au café) ou soutenus par l'industrie (canne à sucre). Une politique scientifique nationale voit le jour, avec son institutionnalisation (Conseil national, Institut pour le développement de la S & T [Colciencias] créé en 1969) et sa mondialisation (crédit de la Banque interaméricaine de développement pour le développement du doctorat). Au cours des années 1970 et 1980, la population étudiante est multipliée par cinq ; le système universitaire est hétérogène et socialement stratifié. La recherche, stimulée par les étudiants qui reviennent de l'étranger, est académique, sans retombée pour l'industrie laquelle bénéficie d'un politique protectionniste. Elle est concentrée dans quelques universités financées (UNAL, Del Valle, de Los Andes, de Antiquia, industrielle de Santander, Javeriana, pontificale bolivarienne) mais peu consolidée.

Tableau 3 – Établissements d'enseignement supérieur et étudiants en 1970-2005 (Contreras, 2005)

Année	Établissements d'enseignement supérieur			Nombre d'étudiants	Dont enseignement public
	Publics	Privés	Total		
1970	23	32	55	83 250	56 %
1975	43	62	105	176 100	49 %
1980	56	132	188	271 600	37 %
1985	69	156	225	391 500	40 %
1990	74	168	242	487 448	40 %
1995	80	175	255	644 188	33 %
2000	94	197	291	934 085	36 %
2005	74	190	264	1 195 724	49 %

L'État est affaibli par la mondialisation (protection économique démantelée, déclin du café malgré la recherche portant sur des variétés à haute productivité), le pétrole et le trafic de drogues (qui génèrent des revenus faciles convertis en prestations clientélistes, provoquant la corruption et inhibant l'investissement productif) et le conflit avec les forces armées illicites (violence révolutionnaire et contre-révolutionnaire qui se criminalise). La libéralisation économique transforme les conditions de fonctionnement du secteur productif ; les subventions pour la substitution à l'importation sont transfor-

mées en soutien à la formation, et à la R&D afin de stimuler l'innovation. À partir de 1989, un Système national des S&T se met en place pour consolider les infrastructures de recherche et impulser la conception de produits et procédés industriels innovants. Les entreprises reçoivent un soutien pour leurs activités de recherche, tandis que sont promus des réseaux de chercheurs. Toutefois, dans les universités, la formation, encyclopédique et répétitive, plus technique que scientifique, débouche rarement sur la recherche qui y reste faiblement instituée. Les thématiques sont dispersées et dépendent d'une légitimation par l'extérieur. La coordination nationale est compliquée par les dynamiques régionales et par une violence endémique qui n'épargne pas les chercheurs. Nombre d'entre eux, formés à l'étranger, hésitent à rentrer au pays.

La constitution néo-fédéraliste de 1991 favorise les différenciations régionales. En 1990-1992, la « Mission de S&T » stimule ces dynamiques ; des Commissions régionales établissent des « Agendas S&T régionaux ». L'enseignement supérieur est aussi décentralisé pour répondre à la demande et diversifier les formations. Toutefois, localement, les guérillas contrôlent la clientèle des autorités locales irriguées par les revenus des trafics et du pétrole. La politique nationale est corrompue.

À partir de 2001, l'articulation entre les acteurs du Système national des S&T retient particulièrement l'attention. En 2006, le Département de la planification (DNP) prône l'intégration régionale tandis que Colciencias met en place un programme de centres d'excellence (réseaux de recherche articulés autour de programmes stratégiques pour le pays). Les étudiants sont désormais 1,5 million tandis que l'Observatoire des sciences et des techniques recense 7 271 groupes de recherche (OCyT, 2010), dont 4 298 sont actifs. Ils regroupent 64 132 chercheurs, principalement dans la capitale (40 %) ainsi qu'à Medellín, Cali et Barranquilla (Ruiz *et al.*, 2010).

En 2009, la promulgation d'une nouvelle loi (Ley 1286) donne une nouvelle impulsion en créant un Système national de science, technologie et innovation (SNC-ti) tourné vers l'innovation afin d'aider le pays à agir au niveau mondial (alors que Colciencias a cette préoccupation depuis 1995). Elle transforme Colciencias en un département ministériel chargé d'administrer la politique nationale. Un Fonds Francisco José de Caldas (FFJC) est créé pour soutenir la science, la technologie et l'innovation (ST & I). La Colombie obtient aussi un crédit externe de la Banque interamericaine de développement (BiD) et de la Banque mondiale. Une autre impulsion, en 2011, venue des vice-recteurs Recherche, est le changement du système des impôts (*regalías*) tirés de l'exploitation des ressources naturelles non renouvelables dont 10 % sont destinées à un nouveau fonds de soutien aux ST & I. Le DNP est désormais chargée de coordonner la stratégie nationale d'innovation et la création d'une culture de l'innovation.

Ces impulsions, qui ont suscité de l'espoir dans la communauté scientifique, affectent la gouvernance de la recherche et suscitent finalement un très grand mécontentement (Salazar et Fog, 2013). Le changement de statut de Colciencias accompagné d'un élargissement de ses missions n'est pas accompagné par un accroissement de ses ressources. Le fonds FFJC n'est pas doté : un « fonds sans fonds ». Le fait de confier la stratégie nationale d'innovation au DNP conduit à décrédibiliser Colciencias aux yeux des entreprises et crée de la confusion tandis que l'innovation est progressivement déconnectée de la recherche pour se rapprocher de l'entreprenariat. La nouvelle stra-

tégie affaibli le SNC-ti, en particulier quant au soutien apporté à la recherche et aux carrières scientifiques. Par ailleurs, la première phase du crédit externe de 50 millions de dollars en 2011 finalement dérive au-delà de 2014 et l'engagement de la seconde phase de 450 millions n'est pas assurée. Tout ceci, ajouté au fait que seulement 0,5 % du PIB est dédié aux ST & I et que le soutien gouvernemental est volatil, fait que l'institutionnalisation des S & T reste fragile en Colombie. En 2012, chercheurs, universités et Académies manifestent leur mécontentement et demandent au Président de la République de soutenir Colciencias et de regagner la confiance de la communauté scientifique et des entreprises. La réponse consistant à engager 10 % de *regalías* pour les ST & I ne satisfait finalement pas ; les projets, présentés par les entités territoriales (départements, municipalités) qui reçoivent et gèrent les ressources (avec un risque de corruption), échappent au contrôle de Colciencias. Leur répartition en fonction de l'indice des besoins non satisfaits ne prend pas en compte les potentiels S & T existants. Même si Colciencias impose des critères de pertinence et de qualité scientifique et évalue les projets, les décisions sont le fait d'un comité (Organo Colegiado de Administración y Decisión – OCAD) où siègent tous les gouverneurs ce qui conduit à donner un poids prépondérant aux considérations politiques, bien que sans stratégie ST & I départementale. Globalement, Colciencias se trouve décrédibilisée aux yeux de la communauté scientifique et l'institutionnalisation des S & T encore affaiblie.

Conclusion

L'analyse sociohistorique et géographique montre la juxtaposition de sociétés et de situations qui façonnent le développement scientifique et technique. Elle révèle les permanences (primauté de Bogotá, imprégnation des discours par les contrastes et rivalités régionales formant ainsi un référentiel récurrent pour les constructions identitaires) qui traversent les périodes historiques et ouvre sur une géohistoire des sciences.

En Colombie, le développement d'une science pour la science est un phénomène marginal, exceptionnel et éphémère, même si certaines conditions institutionnelles le favorisent (création de sociétés savantes et prolifération des universités) et si des chercheurs mettent à distance les pressions de la société. Son développement dépend des échanges entretenus par ses lettrés, ingénieurs et industriels avec l'étranger et de la venue de scientifiques réfugiés. Globalement, la recherche y est plutôt associée au développement de ressources économiques et dépend de la conjoncture politique et sociale, notamment l'alternance de politiques conservatrices et libérales, centralisatrices et fédéralistes. Avec l'Indépendance, elle devient un moyen de construire une identité nationale : inventaire des ressources du territoire, observation astronomique pour définir les frontières du pays.

Ce développement est loin d'être cumulatif. L'institutionnalisation des sciences est longtemps balbutiante avec des émergences suivies de décompositions institutionnelles. Elle dépend des mouvements politiques et sociaux, notamment des guerres civiles, de la constitution d'un État républicain et d'une bureaucratie portée par la capitale, du développement de régions portées par des commerçants et entrepreneurs et des pressions démographiques et sociales qui influent sur la prolifération universitaire. Il faut plusieurs siècles avant que les fondements d'une dynamique institutionnelle ne

se pérennisent et ne produisent des effets de trajectoire influençant les ultimes transformations de la société. Néanmoins, malgré les effondrements récurrents, lorsqu'une nouvelle dynamique émerge, la ré-institutionnalisation se produit là où le balbutiement précédent avait eu lieu, ce qui engendre une relative pérennité de la géographie des sciences.

Du fait de la géographie physique (diversité des écosystèmes, difficultés de communication entre régions), du processus de construction du pays (colonisation et fragmentation politique et économique) et des diverses dynamiques qui caractérisent ses transformations, le développement des sciences est hétérogène. Il est territorialement très différencié, marqué par les rivalités et volontés d'autonomie régionales pluricentenaires. Malgré cela, l'activité se concentre dans un nombre très réduit de grandes villes : Bogotá, héritière du passé colonial, regroupe l'essentiel des institutions ; Medellín et Cali émergent ensuite grâce au développement commercial, financier et/ou industriel. Viennent ensuite d'autres cités comme Bucaramanga, ville commerçante et industrielle, pourtant plus petite que Barranquilla, quatrième grande ville du pays avec son industrie et son port maritime. Cette territorialisation ne s'explique par aucune logique simple, qu'il s'agisse de démographie, de développement industriel, de colonisation, de géographie physique ou de dynamiques politiques. Tous ces éléments contribuent au développement des sciences dans l'espace national et de politiques scientifiques régionales, variables selon les régions, et d'une diversité d'institutions scientifiques et d'enseignement supérieur.

De tout cela, il résulte qu'il est difficile de voir dans ce pays la confirmation du paradigme d'un développement progressif et continu sur deux siècles. Au contraire, on y trouve certes des épisodes d'extension de la science occidentale (inventaire des ressources disponibles, diffusion des Lumières, modèles français ou américains) puis de traditions scientifiques autochtones, entrecoupés d'anéantissements. Ces dynamiques varient aussi selon les domaines : les mathématiques, par exemple, qui ne nécessitent pas d'infrastructure de laboratoire, atteignent parfois une grande autonomie alors que les sciences expérimentales pâtissent toujours d'un manque chronique d'infrastructures. La recherche mathématique elle-même dépend de la proximité envers la bureaucratie ou l'industrie. Les conditions de la recherche dépendent aussi des institutions religieuses, du statut social de l'ingénieur, du lettré, de l'enseignant ou du chercheur, de l'indépendance des institutions scientifiques vis-à-vis du gouvernement, des entreprises ou des mouvements sociaux aussi bien que de l'existence d'infrastructures techniques. La relative absence de R&D industrielle contribue aussi à une relative autonomie du monde académique. Par ailleurs, le modèle de la science-monde (Polanco, 1990), celui d'une science en réseau, est presque toujours présent mais le degré d'insertion dans les réseaux internationaux varie au cours du temps, selon les domaines et les régions au sein du pays. Fort probablement, ces phénomènes sont également valables pour nombre de pays en développement et pas seulement pour la Colombie ou l'Amérique latine.

Références

ARBOLETA L. C. (1990). José Celestino Mutis (1792-1808). l'expédition botanique (1783-1816) et la naissance d'une tradition scientifique à la Nouvelle Grenade, in Polanco X. (dir.). *Naissance et développement de la science-monde*, Paris : La Découverte, p. 92-121.

BECERRA D., RESTREPO O. (1993). « Las ciencias en Colombia : 1783-1990. Una perspectiva histórico-sociológica ». *Revista Colombiana de Educación*, n° 26, p. 31-95.

CONTRERAS M. A. (2005) *Historical evolution of organization and governance dimensions of two selected colombian higher education institutions.* Austin : University of Texas, PhD Dissertation.

CUBILLOS G., POVEDA F.M., VILLACEVES J.L. (1989). « Notas para una historia social de la química en Colombia ». *Ciencia, tecnología y desarrollo*, vol. 8, n° 1-4, p. 145-232.

MAYOR A. (1985). « Matemáticas y subdesarrollo : la disputa sobre su enseñanza en la ingeniería colombiana de principios del siglo XX ». *Revista Universidad Nacional de Colombia*, vol. 19, p. 14-24.

NIETO M. (2000). Remedios para el imperio : de las creencias locales al conocimiento ilustradoen la botánica del siglo XVIII, En : Obregón D. (Ed.). *Culturas científicas y saberes locales.* Bogotá, p. 89-102.

OBREGON D. (1992). *Sociedades científicas en Colombia. La invención de una tradición (1859-1936).* Bogotá : Banco de la República.

OBREGON D. (1994). Historiografía de la ciencia en Colombia. In Tovar B. (dir.). *La historia al final del milenio. Ensayos de historiografía colombiana y latinoamericana.* vol. 2, Bogotá : Editorial Universidad Nacional, p. 539-618.

OCyT (2010), *Indicadores de Ciencia y Tecnologia.* Bogotá : OCyT.

PALACIOS M., SAFFORD F. (2002). *Colombia : país fragmentado, sociedad dividida.* Bogotá : éd. Norma.

POLANCO X. (dir.) (1990). *Naissance et développement de la science-monde.* Paris : La Découverte.

RESTREPO, O. (1984). « La Comisión Corográfica : un acercamiento a la Nueva Granada ». *Quipu*, vol. 1, n° 3, p. 349-368.

RESTREPO O. (1986). « El tránsito de la historia natural a la biología en Colombia, 1784-1936 », *Ciencia, tecnología y desarrollo*, vol. 10, n° 3-4, p. 181-275.

RESTREPO, O. (1992). *Naturalistas, saber y sociedad en Colombia,* Bogotá : Universidad National de Colombia, Tesis, Maestría de Historia.

RESTREPO O., ARBOLETA L.C., BEJARANO J. (1993). *Historia social de la ciencia en Colombia.* Tomo III, Historia natural y ciencias agropecuarias. Bogotá : Colciencias.

RUIZ C., PARDO M., USGAME D., USGAME G. (2010). Caracterización de las capacidades departamentales de investigación. Una mirada a través de los grupos de investigación. En OCyT, *Indicadores de ciencia y tecnología 2010*, Bogotá : OCyT, p. 215-248.

SAFFORD F. (1976). *The ideal of the practical : Colombia's struggle to form a technical elite.* Austin : University of Texas Press, « Latin American monographs », n° 36.

SALAZAR M., FOG L. (2013). Colciencias hoy. La gobernabilidad debilitada y la pérdida de legitimidad, in SALAZAR M., *Colciencias cuarenta años : entre la legitimidad, la normatividad y la práctica,* Bogotá : OCyT, p. 735-767.

SILVA R. (2003). *Los ilustrados de Nueva Granada.* Bogotá : Banco de la República y Eafit.

TAKAHASHI A. (1990). Estudios sobre el estado de desarrollo y de inserción social de las disciplinas y areas del conocimiento : matematicas, in MCT, *La conformación de comunidades cientificas en Colombia.* Bogotá : DNP, Misión de Ciencia y Tecnología, p. 75-216.

Période	Établissements / lieux	Changements de régime, vicissitudes et événements	Grandes figures des sciences	Initiatives institutionnelles ou professionnelles	Dynamique des sciences et des techniques
Avant 1500		Des cultures indépendantes (côte caraïbe, cordillère des Andes, forêt amazonienne).			Savoirs précolombiens. Connaissance du territoire et de ses ressources par les Amérindiens.
1499-1580	Dominicains et franciscains organisent la formation religieuse et séculière à Carthagène, Bogotá et Tunja.	Conquêtes espagnoles ; installation de rivalités et de l'attachement au territoire ; rébellions indigènes ; centralisation du pouvoir à Bogotá sans contrôle du territoire.	Juan de la Cosa	Expédition accompagnée de savants européens.	Découverte du territoire (géologie, faune, flore et sociétés indigènes) par les Européens.
1580-1744	Création d'universités par les dominicains (Bogotá), jésuites (Bogotá, Popayán), augustins (Bogotá) et franciscains (Bogotá) ; création de l'observatoire astronomique (Bogotá).				Culture religieuse européenne ; introduction de la médecine.
1735-1774			Pehr Löfling (botaniste suédois) ; José Celestino Mutis (médecin du vice-roi).	Expéditions venues d'Europe ; Mutis crée un herbier, en relation avec Linné et une expédition botanique (botanique, géologie, géographie).	Sciences coloniales ; introduction des sciences expérimentales.

1774-1810		Formation d'une élite créole séduite par les Lumières ; déplacement des étudiants de la scolastique vers le droit ; révoltes populaires ; patriotisme scientifique et économique ; disciples de Mutis dans les luttes d'Indépendance et poursuivis.	José Celestino Mutis et ses disciples, dont José Caldas (astronome).	Visite de Humboldt à Mutis ; création d'un Direction des Mines. Séminaire de Caldas à l'Observatoire.	Sciences coloniales ; sciences expérimentales, accusées d'impiétés.
1811-1841	Collège du corps des ingénieurs militaires (Medellin) ouvert (1811) puis fermé (1813) ; l'université d'El Rosario devient prison (1813). Avec l'Indépendance (1821) : musée d'Histoire naturelle, École des mines et Académie mais échouent ; création de six Universités républicaines (Bogotá, Caracas, Quito, Tunja, Popayán, Carthagène). Rétablissement (1832, Bogotá) : Académie, Muséum.	Guerres d'Indépendance (1811-1821) ; tensions entre centralisation sur Bogotá et fédéralisme ; mise en place du système éducatif républicain avec Écoles normales ; Bolivar prend le pouvoir absolu et accuse les lettrés issus des universités ; fragmentation territoriale. Émergence économique de Medellín. Guerres civiles (1839-1841).	José Caldas (créole, directeur du Collège militaire)		Anéantissement des efforts scientifiques (scientifiques fusillés ; herbiers de Mutis envoyés à Madrid, 1813) puis mise au service de la nation ; missions et immigrations d'ingénieurs et savants européens mais manque de moyens. L'élite préfère le droit. Début de professionnalisation vite anéanti.

1842-1867	Créations : Institut des sciences naturelles, physiques et mathématiques (1847), Institut Caldas (1848), Collège militaire (1848), École d'ingénierie à l'Université centrale. Puis fermeture de l'Université (suppression des diplômes), Collège militaire fermé (1854) puis rouvert (1861). Expulsion des dominicains (1861).	Construction de routes (1847) avec ingénieurs européens et entreprise américaine pour le chemin de fer à Panamá. Crise financière et retournement politique (1849) : libéralisation, expulsion des jésuites. La jeune élite va se former en ingénierie aux États-Unis ou en Europe. Coup d'État (1854). Retour des jésuites (1855). Guerre civile.	Agustín Codazzi (géographe italien)	Commission chorographique (1850-1859) dirigée par Codazzi, qui communique par la publication d'atlas, livres et revues. Revues scientifiques créées à Bogotá et Medellín. Première société scientifique (Société naturaliste néogranadine, 1859) liée à avec 120 sociétés savantes du monde.	Les sociétés naturalistes font de l'Expédition botanique un mythe d'origine.

1867-1903	Création puis suppression du Collège militaire et du Corps national d'ingénieurs (1867) ; Université nationale remise sur pied (avec Muséum, Labo de chimie, Observatoire et deux hôpitaux). Institut national de l'agriculture puis École d'agriculture (1874). Faculté d'ingénierie civile (Antioquia) et École des Mines, puis mise sous contrôle militaire. Fermetures : École d'ingénierie, École agricole (1885) ; déclin de l'Institut agricole national. Retour des jésuites. Externat de Droit (alternative à l'autoritarisme confessionnel des internats). Des libéraux fondent l'Université républicaine (1890).	La constitution (1863) proclame l'intérêt économique de la formation scientifique et technique ; développement du transport terrestre à grande échelle. Début d'une période de prospérité (café). Tentatives d'industrialisation : besoin en connaissances techniques (fonderie, chimie, électricité). Coup d'État (1867). Puis récessions économiques et guerres civiles (1885, 1889-1903).		Affirmation des sciences, professionnalisation des ingénieurs. Société des agriculteurs de Colombie, programme de R&D avec stations expérimentales. Académie des sciences et Société de médecine et de sciences naturelles (Bogotá, 1873) avec réseau de correspondants internationaux. *Anales del Observatorio astronómico*. Commission scientifique permanente (1881) pour consolider le tissus scientifique. Société colombienne des ingénieurs (1887).	Retour des sciences à l'université. Affirmation des sciences, professionnalisation des ingénieurs. Mais le statut social des sciences est précaire. L'enseignement public passe sous le contrôle de l'Église (1885).

1903-1930	Fermetures (1903) : Université nationale, École des Mines de Medellin, El Rosario. Création : Bureau des longitudes (1902). Rivalité entre École des Mines (Medellín) et Faculté d'ingénierie à l'Université nationale (Bogotá). Université libre (1922).	Sécession de Panamá (1903), puis ouverture du Canal ; le café moteur de la modernisation. Première Guerre mondiale : impulsion pour l'industrie. Guerre civile (1922) et luttes sociales. Fédération du café : acteur majeur de la politique économique. Fin des querelles autour du rôle de l'Église ; question du rôle de l'État dans l'économie.		Société des sciences naturelles (Bogotá, 1912), *Anales de Ingenrieria* (1913), Société antioquenienne des ingénieurs (1915), École agricole (1916) et Commission scientifique nationale (1916) (géologie première discipline à se consolider). Chimistes autour du Laboratoire national de chimie (1928).	Nouvel élan intellectuel et institutionnel (1910). Modernisation universitaire.

1930-1947	Réforme de l'Université nationale (1939) : gratuité, modernisation du cursus. Des universités confessionnelles (Javeriana et El Rosiario à Bogotá, Pontificale Bolivariana à Medellín) ou libérales (la Libre) établissent des antennes universitaires en province. Création d'établissements dans différents départements (Caldas – 1943, Tolima, Cundinamarca, del Valle à Cali – 1945, Barranquilla – 1946).	Début d'une politique industrielle. Domination économique des États-Unis. Alternance pacifiée entre conservateurs et libéraux, Église et armée. Etat arbitre des finances publiques. Le centralisme de Bogotá laisse place à une structuration en deux pôles : Bogotá et Medellín. Forte croissance du nombre d'étudiants après 1940. Politiques de développement influencées par des organismes internationaux. Progrès de l'industrie textile et pneumatique. L'État investit dans l'industrie. Idée d'un développement endogène.		Immigration de savants espagnols et allemands. Académie colombienne de sciences exactes, physiques et naturelles (1933), Institut de géographie militaire (1934), Institut de géophysique des Andes (1941). Création de revues. Commissions de la *Cultura Aldeana* ; Institut ethnologique national. Institut du développement industriel, Icetex (enseignement), ICA (agronomie), Incora (terres agricoles), Service géologique national. Centre national de recherche sur le café (1938).	Sciences gouvernementales et décentralisation universitaire.
1947-1957	École nationale supérieure. Université industrielle de Santander (Bucaramanga, 1948). Développement d'universités privées laïques. Modernisation de l'Université nationale anéantie avec la guerre civile (1946-1964). Création de l'Université de Los Andes (1948), privée, à vocation de recherche.	Retour au pouvoir des conservateurs alliés aux États-Unis (1947) : violences populaires. Protectionnisme et développement industriel et des infrastructures. Guerre civile entre libéraux et conservateurs (1946-1964). Lutte anticommuniste, répression des organisations syndicales et dictature militaire, mouvement de population vers les guérillas. Dictature (1954-1957).		Rôle de la Fondation Rockefeller dans la santé.	Anéantissement des institutions publiques et surgissement des universités privées.

1957-1968	Agitation révolutionnaire des universités publiques profite aux universités privées (EAFIT, Piloto, San Buenaventura, La Salle, Central, del Caribe, EAN, Mariana à Pasto, Université del Norte à Baranquilla, Saint-Thomas). Nouvelles universités publiques (Magdalena, Pereira, Quindio, Córdoba, École Navale des Cadets) ou antennes universitaires.	Pacte du Front national entre libéraux et conservateurs mais crise économique (dépression du café, fin de l'apogée industrielle de Medellín) et agitation populaire.		La Fondation Ford finance des 2es cycles et des bourses ; rapatriement des mathématiciens colombiens de l'étranger. Service national d'apprentissage (SENA, 1957). Institut des affaires nucléaires (1959).	Pouvoir grandissant des Instituts et développement des universités privées. Décentralisation des universités en région.
1968-2005	Prolifération des universités (privées et publiques décentralisées) ; population étudiante démultipliée ; système universitaire est hétérogène et socialement stratifié.	État affaibli par la mondialisation, le pétrole et la drogue convertis en prestations clientélistes et corruption inhibant l'investissement productif ; conflit avec les forces armées illicites. Subventions pour la substitution à l'importation transformées en soutien à la R & D. La constitution néofédéraliste de 1991 favorise les différenciations régionales.		Conseil national de la S & T, Institut pour le développement de la S & T (Colciencias) (1969). Crédit de la Banque interaméricaine de développement pour le doctorat. Système national des S & T : consolidation des infrastructures de recherche, R & D industrielle, réseaux de chercheurs. Commissions régionales et Agendas S & T régionaux (1990-1992). Observatoire des sciences et des techniques (1996).	Prolifération des universités, renforcement des activités de recherche dans des organismes semi-publics (agroalimentaires ou industriel). Recherche concentrée dans quelques universités (UNAL, Valle, Los Andes, Antiquia, UIS, Javeriana, pontificale bolivarienne) mais peu consolidée. Construction d'une politique scientifique nationale
2006-		Politique pour l'intégration régionale. Politique en faveur d'une culture de l'innovation. 10 % des taxes pétrolières pour les ST & I.		Centres d'excellence (réseaux) : 7 271 groupes de recherche (2010). Loi « Science, technologie et innovation – STI » (2009).	Réorientation vers l'innovation. Institutionnalisation fragile de la recherche et de la politique scientifique.

Quatrième partie

Autonomie, dépendances et réseaux : la relative « distance » aux métropoles

La Russie : construction et crise d'un système scientifique

Denis Eckert, Dmitri Gouzévitch,
Irina Gouzévitch et Marie-Noëlle Pane

L'histoire des structures scientifiques, de l'organisation de la recherche et des origines de la politique scientifique de la Russie soviétique et poste-soviétique serait incomplète et mal comprise sans une mise en perspective historique. Rappeler les grandes étapes de l'évolution de ces phénomènes depuis leurs origines, qui remontent essentiellement vers les réformes de Pierre Ier (1672-1725) et les débuts de l'Empire russe (1721), nous semble indispensable pour évaluer l'héritage reçu par l'URSS (1922-1991), puis par la Fédération de Russie (1991) dans les domaines concernés (institutions, réseaux, traditions, etc.) et comprendre la manière dont ces deux formations géopolitiques successives en ont disposé : ce qu'elles ont détruit, adapté, développé, transformé ou réajusté selon les logiques et les impératifs de leur temps.

1 Les prémices (du XVIIe siècle à la fin du règne de Pierre le Grand)

La Russie moscovite d'avant 1682 [1] n'avait pas développé d'activité scientifique au sens européen du terme. Les rares savants et amateurs de science présents sur le sol russe étaient alors essentiellement des étrangers [2]. Des médecins occidentaux, en particulier, se faisaient inviter régulièrement pour soigner la famille royale et la cour. Quant aux savants amateurs et autodidactes, astronomes, physiciens et mathématiciens, il s'agissait d'Européens d'origines diverses (ressortissants allemands, hollandais, britanniques, etc.) venus s'installer en Moscovie et habitant pour la plupart dans le Faubourg allemand de Moscou, espèce de ghetto où tous les étrangers non-orthodoxes avaient l'obligation de résider. Certains de ces étrangers entretenaient des contacts avec les institutions scientifiques en Europe, en particulier avec la Royal Society de Londres,

1. Pierre fut intronisé avec son frère aîné Ivan, en avril 1682, et les deux souverains mineurs ont été placés sous la tutelle de leur sœur aînée, Sophia, régente jusqu'en 1689.

2. Ici et plus avant, nous citerons des ouvrages de référence qui contiennent une vaste bibliographie sur les questions évoquées. Sur l'état des savoirs en Russie ancienne, voir : Kuzakov, 1976 ; Smirnov R., 1980.

recevaient ses publications (comme le général de l'armée russe, d'origine écossaise, Patrick Gordon) voire y publiaient leurs propres travaux (comme le précepteur hollandais de Pierre Ier, par ailleurs ingénieur militaire, Franz Timmermann) [3].

Les premières grandes initiatives du gouvernement russe en matière d'enseignement remontent aux années 1685-1698, quand sont créées à Moscou deux institutions pionnières : l'Académie slavono-gréco-latine d'une part, destinée à former les serviteurs de l'Église et de l'État (fondée par Silvestre Medvedev), et une école en langue italienne fondée par deux lettrés grecs, Janniki et Sofroni Lichudes, docteurs de l'Académie de Padoue et premiers enseignants de l'Académie moscovite. C'est dans ce cadre que sont introduits en Russie les premiers enseignements formalisés de mathématiques et de physique aristotélicienne d'une part, et de langues étrangères vivantes de l'autre.

Entre 1698 et 1712, c'est toujours Moscou, en qualité de capitale du royaume, qui accueille de nombreuses écoles où enseignent professeurs étrangers et autochtones [4]. On peut en distinguer deux catégories. D'abord les écoles techniques, dont l'École de navigation (1701), l'École d'artillerie (1701) et l'École du génie militaire (1709) [5], ou l'École spéciale fondée avec le premier hôpital de Moscou (1707). Mais aussi des écoles de culture générale, dont le prototype est le Gymnase du pasteur Glück (1703) qui pose les premiers jalons de l'instruction classique à l'européenne en Russie. Les professeurs de ces établissements devaient établir les programmes et en assurer le suivi, créer des cours, traduire des ouvrages étrangers, publier leurs propres manuels et recueils de formules mathématiques [6].

Durant cette période initiale, une seule autre ville en dehors de Moscou dispose d'un lieu important d'enseignement des sciences (p. ex. la philosophie naturelle) : il s'agit de l'ancienne Kiev, grand centre de culture orthodoxe très ouvert aux « vents de l'ouest » où un établissement de niveau supérieur destiné à la formation des prêtres orthodoxes (le collège Kievo-Mogiljanskij, où les études durent huit ans) existe depuis 1632. En 1700, Pierre Ier élève cette institution au rang d'académie [7].

Un changement de fond survient à partir de 1712, lorsque la capitale est transférée définitivement à Saint-Pétersbourg. En 1714, on y crée une bibliothèque (devenue plus tard la Bibliothèque de l'Académie des sciences) et un musée de curiosités, la Kunstkamera, musée rattaché plus tard lui aussi à l'Académie des sciences [8]. En 1715, l'Académie maritime ouvre également ses portes, avec une classe formant les futurs officiers de la flotte.

3. Kopelevič, 1973.

4. Pour l'histoire de l'enseignement en Russie moscovite et pour une abondante bibliographie sur la question, voir : Gouzevitch, 1993 ; Gouzévitch, 2001.

5. L'histoire des enseignements techniques en Russie est examinée de manière détaillée dans le chapitre « La Russie, l'Espagne, le Portugal et l'Empire ottoman : deux siècles de politiques technoscientifiques à l'épreuve des approches comparatiste ». Ici, l'attention est surtout prêtée à l'essor des structures d'enseignement et de recherche concernées par les activités scientifiques.

6. Pekarskij, 1862, t. I, p. 126-132.

7. Smirnov S., 1855 ; Bogdanov, 2001.

8. Stanukovich, 1953.

2 Le règne de la science pétersbourgeoise (milieu du XVIIIe siècle)

La naissance de la recherche scientifique en Russie est scellée par l'*oukase* impérial du 28 janvier 1724 qui institue l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg et crée un enseignement académique à trois niveaux (gymnase, université [9] et académie elle-même) tout en attribuant aux savants académiques – qui exercent des fonctions multiples (recherche, enseignement, expertise technique, etc.) – le statut de salariés d'État [10]. La profession de chercheur est ainsi instaurée avant même que la Russie eût pu produire ses cadres scientifiques nationaux. La volonté du monarque – qui a souhaité donner à son empire cet attribut prestigieux d'inspiration européenne – a donc d'emblée déterminé les formes organisationnelles de la recherche, le statut du chercheur et les relations de la science et des savants avec le pouvoir ainsi que la localisation à proximité des instances du pouvoir [11].

L'extrême concentration des activités scientifiques à Saint-Pétersbourg, propre à toute grande capitale impériale, demeure ainsi, pour deux siècles et jusqu'en 1929-1930, l'une des principales caractéristiques de l'organisation territoriale de la science en Russie. C'est là que se trouvent les principaux centres de production du savoir, les institutions d'études les plus prestigieuses, les meilleures bibliothèques et les collections les plus riches en tout genre. C'est de la que partent les expéditions scientifiques d'exploration d'importance nationale [12].

Parmi les institutions prestigieuses pétersbourgeoises créées dans la deuxième moitié du XVIIIe siècle, on peut citer l'Académie des beaux-arts (1764) [13] qui cumule les fonctions d'enseignement avec celles de la recherche dans les divers domaines artistiques, mais aussi la Société économique libre (1765) [14] et l'Académie de Russie (1783) [15] spécialisée en études linguistiques et philologiques [16].

Entre 1755 et 1762, l'enseignement technique militaire est réorganisé : à la place d'une somme d'écoles techniques éclatées on crée deux établissements spécialisés : le Corps des cadets de la marine et le Corps des cadets d'artillerie et du génie. Par ailleurs, deux organismes militaires créés en 1769, l'État-major général et le Dépôt des cartes, prennent en charge l'organisation de la cartographie militaire dans le pays. Citons, enfin, l'École des mines (1773) dont la qualité de l'enseignement ne cède en rien à celle de ses équivalents européens.

9. N'ayant pas reçu de statut académique, cette université a, de fait, cessé d'exister dans la deuxième moitié du XVIIIe siècle.

10. Sur la première histoire de l'Académie des sciences et des institutions annexes : Kopelevič, 1977 ; IIET RAN, 2000 ; Alfërov, 2003 ; Alfërov, 2010.

11. Pekarskij, 1862.

12. Gnucheva, 1940.

13. Gavrilova, 1971 ; Moleva et Belûtin, 1956.

14. Première association à vocation scientifique fondée sur l'initiative de Grigorij Orlov sous la tutelle de Catherine II. A cessé son fonctionnement en 1918, pour être relancée en 1982 ; avait pour vocation l'étude et la diffusion des connaissances utiles pour l'agriculture et l'essor économique du pays ; comprenait trois sections : agricole ; d'industries techniques et de mécanique agricole ; d'économie politique et de statistique agricole. Voir : Beketov, 1890 ; Shinkarenko, 2005.

15. Baskakov, 1984 ; Lûbimenko, 1935.

16. Sur les institutions scientifiques de la Russie prérévolutionnaire : Stepanskij, 1987 ; Lebina, 1980.

3 La progressive différenciation de l'espace scientifique russe (seconde moitié du XVIIIe siècle)

Le monopole de Saint-Pétersbourg en matière d'activités scientifiques se voit ébranler en 1755, grâce à l'initiative de Mikhaïl Lomonossov (1711-1765), l'un des premiers et le plus célèbre des académiciens russes de l'époque, qui obtient de l'impératrice la création de l'université de Moscou. L'autorité de l'ancienne capitale, centre historique de l'intellectualisme orthodoxe est ainsi rétablie. Paradoxalement, malgré ses conditions de création, cette nouvelle université est le premier établissement supérieur ou règne une pleine liberté scientifique, pédagogique ou socio-juridique. Financée par l'État et le mécénat, elle bénéficie d'une grande autonomie statutaire. Elle comporte trois facultés : droit, philosophie et médecine mais à la différence de la plupart de ses consœurs européennes, elle ne possède pas de faculté de théologie, vu qu'il existe déjà des institutions religieuses qui prennent cet enseignement en charge, à Moscou et ailleurs. Deux gymnases devant préparer à l'entrée à l'université sont créés, l'un pour les nobles, l'autre pour les représentants du Tiers-État. Le troisième gymnase, mis en place par l'université à Kazan (1758) devient une des premières écoles d'enseignement général de haut niveau en dehors des capitales. Une fois déclenché, le processus se diffuse dans tout le pays et aboutit à la formation, vers la fin du XVIIIe siècle, de tout un réseau d'écoles d'enseignement général d'État accessibles à toutes les couches sociales [17].

Le dernier tiers du XVIIIe siècle, avec son lot de guerres russo-turques, marque une nouvelle étape dans le processus de spatialisation de la science en Russie. D'une part, ces campagnes successives provoquent la création de la Flotte de la mer Noire qui cumule les fonctions purement militaires avec des recherches hydrographiques. Outre la création d'une série d'écoles liées aux professions maritimes dans les villes méridionales (Nicolaev et Kherson, 1798), la conquête des rivages septentrionaux de la mer Noire et la Crimée, issue de ces bras de fer successifs avec l'Empire ottoman, met la Russie devant la nécessité d'explorer les territoires annexés, avec l'organisation régulière d'expéditions scientifiques. Certains académiciens (dont le naturaliste d'origine allemande Peter Pallas) vont jusqu'à élire résidence dans le Sud de la Russie pour y développer leurs activités.

4 Les réformes institutionnelles du XIXe siècle

Le processus de spatialisation des lieux de diffusion et de production des savoirs scientifiques reçoit une impulsion considérable à partir des années 1802-1805, dans le cadre d'une ambitieuse et très fondamentale réforme de l'enseignement entreprise par le jeune Alexandre Ier. Souhaitant donner à l'éducation de ses sujets une formation ordonnée et harmonisée à l'échelle du pays, cet empereur encourage la mise en œuvre d'un nouveau *Règlement des établissements d'instruction publique* (1803) qui pose les bases d'un système national unique de formation, échelonné et ramifié, fondé sur les principes d'égalité « hors caste » (*vnesoslovnost'*), de gratuité pour les niveaux inférieures et de succession (*preemstvennost'*) des programmes. La responsabilité d'administrer ce système incombe au ministère de l'Instruction publique, créé

17. Sur l'université de Moscou, voir Penčko, 1960-1963.

à cette occasion. L'empire est divisé en six arrondissements (Moscou, Vilno, Dorpat, Kazan, Pétersbourg et Kharkov) qui gèrent chacun l'ensemble des établissements scolaires situés sur leur territoire. Ces derniers sont classés en quatre catégories allant de l'élémentaire au supérieur : écoles paroissiales (une à deux par paroisse), écoles de district (une par chef-lieu du district), écoles de gouvernement (une par chef-lieu du gouvernement) et universités (une par arrondissement). C'est dans ce cadre que s'opère le développement du réseau universitaire. En plus de l'université de Moscou héritée du siècle précédent, et des universités de Dorpat (1802, aujourd'hui Tartu, Estonie) et Vilno (1803, Vilnius, Lituanie), on crée celles de Kazan (1804) et de Kharkov (1804, Ukraine actuelle). Chacune de ces universités devient le centre d'enseignement supérieur et de recherche pour son territoire [18]. Elles ont pour tâche commune de former des cadres pour les divers domaines de la fonction publique, y compris pour l'enseignement et la recherche, et en cela, les universités russes ressemblent plus aux grandes écoles « à la française » qu'à leurs homologues européennes, les universités libres. Ce système d'enseignement réajusté moyennant quelques retouches, demeurera intact dans ses fondements jusqu'à la fin de l'Empire.

Le processus se poursuit dans les décennies suivantes : le lycée de Tsarskoe Sélo (établissement classique d'élite pour les jeunes nobles) voit le jour dans l'enceinte de la résidence impériale du même nom en 1811 ; l'université de Varsovie et le lycée Richelieu d'Odessa (appelé à se transformer en université) sont créés en 1817 ; l'Institut pédagogique créé dans cette ville en 1804 est transformé officiellement en université de Saint-Pétersbourg en 1819 ; l'université de Kiev apparaît en 1834.

Les établissements d'enseignement spécialisé qui ouvrent leurs portes à Saint-Pétersbourg dans les années 1810-1830 – qu'ils soient réorganisés ou créés *ex nihilo* – sont déjà des écoles supérieures à part entière. La plupart d'entre eux sont des écoles d'ingénieurs qui alimentent en cadres techniques les grandes administrations d'État. On peut citer l'Institut du Corps des ingénieurs des voies de communication (1809), l'École générale du génie (1819) et l'École d'artillerie (1820), et enfin l'École des mines, transformée en Institut du Corps des ingénieurs des mines en 1834. Toutes ces institutions développent et pilotent les recherches dans leurs domaines respectifs.

La vie académique connaît alors un regain considérable grâce à l'émergence d'une série de structures – instituts, laboratoires et musées académiques – qui vont évoluer durant tout le XIXe siècle pour faire florès au XXe siècle.

Ainsi, le cabinet de physique de l'Académie, réorganisé en 1826-1828, sert de base pour la création du Laboratoire de physique, puis de l'Institut physico-mathématique. Un nouveau laboratoire de chimie – qui succède à un précédent détruit en 1859 par un incendie – s'installe en 1867 dans un bâtiment spécialement conçu pour l'accueillir. Ces deux entités demeureront dans leurs locaux respectifs jusqu'en 1934, année où l'Académie des sciences de l'URSS tout entière sera transférée à Moscou. En 1829, est créé l'Observatoire magnétique qui, en 1849, fusionne avec l'Observatoire météorologique pour former l'Observatoire général de physique Nikolaevskaïa. Vers la fin des années 1870, un réseau de stations météorologiques couvrira une grande partie du

18. Réforme d'enseignement d'Alexandre Ier : ÛSIN, 2000 ; Narodnoe obrazovanie v Rossii, 2000.

territoire de l'Empire [19]. Un autre organisme d'enseignement et de recherche à vocation académique apparaît également durant cette période : l'Observatoire de Poulkovo (1839) [20]. Le Musée asiatique fondé en 1818 accueille dans son giron toutes les collections orientales ; cette initiative marque la naissance des études orientalistes dans le cadre de l'Académie des sciences. En 1836, le Musée zoologique voit le jour, suivi de près par les Musées botanique, ethnographique et minéralogique (et enfin, en 1900, le musée national de Géologie). Aux origines de la plupart de ces institutions on trouve les collections d'objets et d'instruments réunies au XVIIIe siècle, et en premier lieu celles de la *Kunstkamera* [21].

En parallèle avec ce processus intensif au sein de l'univers académique, on assiste au développement actif de structures non académiques : les corps des ingénieurs, les comités savants des administrations techniques, les sociétés savantes en tout genre (Société de minéralogie en 1817, Société russe de géographie en 1845, les deux à Saint-Pétersbourg ; la Société des amateurs de la nature à Moscou, etc.). Deux nouvelles institutions scientifiques ouvrent leurs portes en Crimée : le jardin botanique Nikitski (1812) et le musée des Antiquités de Kertch (1826). Mentionnons aussi des musées spécialisés issus de plusieurs collections impériales qui centralisent des recherches dans leurs domaines respectifs, tels, par exemple, le Musée maritime consacré à l'histoire de la construction navale ou le musée du Kremlin de Moscou (le Palais des armures) où d'importants travaux d'inventaire et de description des collections sont menés sous l'égide d'éminents historiens.

La prolifération des institutions savantes nécessite une redéfinition plus nette de la place de l'Académie des sciences parmi toutes ces instances. On promulgue en 1836 un nouveau règlement de l'Académie qui, avec quelques petites modifications, demeura en vigueur jusqu'à la Révolution de 1917. L'autonomie de l'institution est élargie, et ses activités sont dispensées de la censure. Elle se voit libérée de ses fonctions de formation des cadres scientifiques et d'instance d'expertise technique, lesdites charges étant réparties entre le ministère de l'Instruction publique et les différentes administrations [22]. Elle s'oriente exclusivement vers la recherche. Tout en étant définie par le règlement comme « le premier corps scientifique dans l'Empire russe [23] », l'Académie des sciences cesse d'en être l'unique centre pour demeurer une instance d'autorité et de tutelle en la matière pour les organismes associés [24].

L'exemple des expéditions scientifiques, prérogative traditionnelle de l'Académie, en apporte la preuve. De nouvelles structures spécialisées apparues entre-temps se lancent dans des explorations en poursuivant pour leur compte l'étude de la géographie et des ressources naturelles du pays. Parmi ces nouvelles structures, il faut citer en premier lieu le Bureau topographique militaire de l'État-Major général (1796), le Corps des

19. Letopis'..., 2002 ; Komkov *et al.*, 1977, p. 176, 184-185, 205, 231.

20. Pulkovskoj observatorii 125 let..., 1966.

21. Komkov *et al.*, 1977, p. 197-198, 238-240, 245 ; Semenov-Zuser, 1931 ; Alimov *et al.*, 2000.

22. Deux instances d'expertise sont ainsi créées à Saint-Pétersbourg, sur l'initiative d'Augustin Betancourt, ingénieur espagnol au service de la Couronne : le Comité hydraulique (1816) responsable de tous les ouvrages d'art et d'architecture à Saint-Pétersbourg et dans ses environs, puis dans tout l'Empire, et la Commission des projets et des devis (1820) qui a pour vocation l'expertise technique au sens large. Voir Gouzévitch et Gouzévitch (2005).

23. Ustavy Akademii nauk SSSR, 1975, p. 92 ; Hartanovič, 1999.

24. Pour les détails de cette transformation, voir Gouzévitch et Gouzévitch, 2008.

cartographes militaires (1822), les Départements des mines et des forêts avec ses corps respectifs d'ingénieurs des mines (1834), d'ingénieurs forestiers et d'ingénieurs arpenteurs (1839 et 1849), la Direction générale des voies de communication avec le corps des ingénieurs du même nom, le ministère de la Marine, le Corps du génie militaire et, à partir de 1845, la Société russe de géographie qui se charge de l'organisation des expéditions [25]. Libérée de cette fonction logistique, l'Académie des sciences opte pour le principe de participation en mandant systématiquement ses représentants en qualité de membres des expéditions scientifiques organisées par les tiers. Comme dans le cas de l'expertise technique, la représentation devient réciproque : les membres des organismes en question font partie de l'Académie alors que les académiciens agissent comme conseils auprès des administrations techniques.

Le processus d'expansion géographique des centres de production scientifique s'accélère notoirement durant le dernier tiers du XIXe siècle [26]. D'une part, le nombre d'établissements supérieurs est en progression constante. Ils apparaissent dans des villes jusque là dépourvues de ce type d'institutions. L'un des premiers à être fondé, en 1862, est l'Institut polytechnique de Riga. La Première Guerre mondiale a de l'influence sur la reconfiguration de l'espace géographique de la science. Ainsi, l'évacuation de l'université de Varsovie en 1915 est à l'origine de la création de deux nouvelles universités : celles de Rostov-sur-le-Don et Nijni-Novgorod (Gorki pendant la période soviétique), vite reconnues pour la qualité de leur enseignement.

Ainsi peut-on dire qu'au XIXe siècle, l'activité scientifique en Russie se constitue en système à l'échelle du pays. Quatre filières d'organisation de la science se distinguent clairement en fonction du statut, du financement, des visées et du rapport à la recherche : « académique », « universitaire », « technoscientifique » et « associative ».

La filière académique, spécialisée en recherche fondamentale, demeurera la plus prestigieuse, la mieux financée et la plus efficace des quatre en termes de résultats scientifiques. Dispensés des charges d'enseignement et d'expertise technique (sauf en matière de sciences fondamentales, ainsi que pour décerner des prix), les académiciens ont d'une part la liberté de se choisir eux-mêmes des sujets de recherche et de les mener à leur guise, d'autre part, de s'y consacrer à temps plein. Le contingent de l'Académie se recrute parmi les chercheurs aguerris, la formation des jeunes savants (doctorats) relevant de la filière universitaire. Cette vocation première d'enseignement et d'initiation à la recherche, même si elle est en principe compatible avec le travail scientifique, laisse aux universitaires peu de loisirs pour s'adonner à fond à cette activité qui, de ce fait, demeure globalement plus modeste qu'à l'Académie. Ceci dit, le choix des sujets de recherche est aussi laissé à l'initiative des savants et d'importants travaux sont réalisés [27]. L'élection à l'Académie demeure néanmoins le summum de la reconnaissance scientifique pour les savants universitaires. Dans l'ensemble, ce clivage filière universitaire-Académie génère des tensions et, à terme, un sentiment de frustration lourd de conséquences : c'est de l'Université qu'émaneront plus tard les attaques contre la science académique et les tentatives de la détruire.

25. Russkoe geografichaskoe obshchestvo. . . , 1995.

26. Sur l'organisation de la science en Russie après 1861, voir : Soboleva, 1983 ; pour les années 1880-début des années 1920 : Smirnov B., 2003.

27. Cetkin, 1958.

Les filières techniques, que nous appellerons ici « technoscientifiques », font naître ce que l'on appelle la « science administrative » (*vedosmtvennaïa naouka*), c'est-à-dire une recherche très dépendante des administrations de tutelle qui commanditent et financent les travaux. À la différence de la science académique et universitaire, la science développée au sein des administrations a un caractère exclusivement appliqué, même si elle n'est pas prisonnière de périmètres trop contraignants. En revanche, là aussi, la reconnaissance par l'Académie est la récompense scientifique la plus gratifiante. La filière « associative », quant à elle, est liée à l'initiative personnelle d'individus venant de tous horizons scientifiques (académiciens, universitaires, ingénieurs, médecins, etc.), ou d'amateurs et de mécènes, qui aboutit à la constitution de sociétés savantes. Certaines de ces sociétés sont d'importance nationale et bénéficient d'une protection officielle à haut niveau, d'autres sont actives en province et sont encouragées par les autorités locales. Leur financement est composite : contributions des membres, dons, bénéfices éditoriaux, dotations d'État. Les recherches, déterminées en fonction des intérêts de leurs membres, vont souvent de pair avec l'esprit utilitaire et la vocation civilisatrice.

Ces quatre filières vont coexister et se développer en parallèle, en s'adaptant aux conditions politiques changeantes, jusqu'à la fin de l'époque soviétique [28].

5 La science soviétique

Formellement, la révolution de 1917 change peu de choses à l'organisation de la science : l'Académie des sciences reste en place ; les établissements universitaires se maintiennent, ainsi que quelques structures de recherche rattachées à des administrations techniques ou militaires (les Mines, la Marine, l'Artillerie, les Voies de communications) [29]. Par contre le financement de la science se réduit considérablement dans les années 1920 par rapport à la période prérévolutionnaire. Les premières victimes du changement sont les organisations de statut privé (sociétés savantes, associations techniques et professionnelles). Certaines parviennent à survivre en entrant dans la sphère de l'État. Le meilleur exemple est la Société technique de Russie [30]. Elle comptait en 1916 trente trois représentations en dehors de la capitale, sur tout le territoire de l'Empire, du Pacifique à la Baltique en passant par le Caucase. Elle éditait 21 revues dont 16 hors de la capitale. Son assise géographique était donc très solide. Elle disposait d'une bibliothèque, d'un laboratoire photographique, d'un laboratoire de chimie, d'un musée, et contrôlait 57 écoles techniques.

En 1918 on assiste à la création d'une Association panrusse des ingénieurs appelée à fédérer toutes les sociétés techniques prérévolutionnaires. En 1921 le Soviet des Commissaires du peuple place toutes les associations scientifiques et techniques sous la tutelle du Commissariat à l'éducation (Département de la science). Le premier congrès panrusse des ingénieurs se tient en décembre 1922 à Moscou. Des 13 associations scientifiques et techniques enregistrées en 1923, 8 existaient avant la Révolution. Mais après 1918, leur activité scientifique est réduite au minimum ; elles organisent

28. Sur la science et son rôle dans la culture de la Russie prérévolutionnaire, voir : Vucinich (1965) ; Vucinich (1970) ; Mikulinskij, Ûškevič, 1977.

29. Lebina, 1980.

30. Iz istorii Russkogo tehnicheskogo obshchestva (http ://usea.ru/history-rus-tech-com.shtml).

surtout des congrès techniques, des rencontres, des conférences, forment des commissions d'expertise [31].

6 Le tournant de 1931

La grande mutation institutionnelle se produit en 1931 : les sociétés scientifiques et techniques perdent leur reste d'autonomie, et sont désormais intégralement financées par l'État. Elles sont astreintes au travail de propagande, par le travail dans les musées, des conférences, l'édition de revues et brochures de vulgarisation, et s'impliquent dans quelques expertises. Elles sont réorganisées et dès 1932 quarante associations technico-scientifiques sont créées, avec 256 bureaux régionaux, 1505 organisations de base qui enregistrent 51 749 adhésions. Quelques modifications seront effectuées en 1954, mais la capacité de ces associations à utiliser des ressources privées ou issues du mécénat disparaît totalement. Il faut attendre la perestroïka pour voir naître en 1988 une association indépendante de l'État, l'Union des sociétés scientifiques et techniques d'ingénieurs.

Donc, des quatre principaux types d'organisation scientifiques existant avant la Révolution, seuls trois sont réellement actifs en URSS : la science académique, universitaire et « administrative ».

En ce qui concerne l'Académie des sciences [32], elle passe en mars 1918 sous la tutelle du Commissariat du peuple à l'éducation, mais conserve dans les faits son autonomie interne. Assez tôt, le Commissariat à l'éducation et l'Académie travaillent ensemble à la création d'instituts de recherche académique, d'abord à Pétrograd [33] et Moscou : l'Institut d'analyse physico-chimique (1918), l'Institut d'étude de la platine et autres métaux précieux (1918), l'Institut d'État de radiologie et du rayonnement Röntgen (1918), l'Institut du radium (1922), etc. Au total, en 1927, le Commissariat à l'éducation reconnaît 1 415 structures de recherche, dont 97 instituts. Mais leur situation financière est dans l'ensemble déplorable. Bien que le Département de la science du Commissariat à l'éducation exerce un contrôle idéologique sur toutes ces organisations, 1 034 d'entre elles ne reçoivent pas de financement.

L'Académie des sciences de Russie est reconnue en 1925 comme relevant du niveau de l'Union et change de nom : elle sera désormais l'Académie des Sciences de l'URSS. Corrélativement, l'Académie des Sciences de l'Ukraine, fondée en 1918, devient Académie de niveau républicain.

De grands changements se produisent au début des années 1930. On brise d'abord les reins de l'Académie des sciences de l'URSS en 1929-1930 (dans la terminologie soviétique, c'est un « changement fondamental d'activité [34] »). On lance à grand bruit une « Affaire criminelle de l'Académie [35] ». Une partie des académiciens est envoyée en

31. Sur l'organisation de la science soviétique durant la première décennie de l'existence du pouvoir soviétique et la bibliographie sur le thème, voir Ostrovitatinov, 1968.

32. Pour la situation entre 1918 et 1945, voir : Grakina, 2000 ; Organizacija i razvitie..., 1978.

33. Saint-Pétersbourg est renommé Pétrograd en 1914, au début de la Première guerre mondiale, pour des considérations patriotiques, avant de devenir Léningrad en 1924, suite à la mort de Lénine.

34. Kol'cov, 1982.

35. Akademičeskoe delo, 1993-1998.

prison ou exilée et l'on nomme en masse de nouveaux membres [36]. L'autonomie académique est supprimée dans les faits, même si elle est maintenue *de jure*. L'Académie se transforme progressivement en bureaucratie hiérarchisée, en ministère de la Science. D'un côté, elle exerce sa tutelle sur la plupart des nouveaux instituts de recherche qui apparaissent. D'un autre côté, elle est au sommet d'une pyramide d'académies républicaines, nationales, ou de niveau plus modeste encore. De ce fait la science élargit sa base géographique. On note l'apparition en 1929 de l'Académie de Biélorussie, en 1941 de l'Académie de Géorgie et de Lituanie ; de filiales de l'Académie des sciences de l'URSS qui seront plus tard transformées en académies de leurs républiques soviétiques ou des républiques autonomes respectives : l'Oural (1932), l'Azerbaïdjan et l'Arménie (1935), le Kazakhstan (1938), la base de la Péninsule de Kola (1934). Apparaissent aussi des académies spécialisées : l'Académie Lénine des sciences agronomiques (1929), l'Académie des sciences de l'éducation de Russie (1943, transformée en 1966 en Académie de niveau soviétique), l'Académie de médecine de l'URSS (1944), etc. [37] Mais au-delà des spécificités disciplinaires, nationales et régionales, cette prolifération institutionnelle s'accompagne d'une plus grande uniformisation des orientations et des pratiques scientifiques. Ni le savant, ni l'institution à laquelle il appartient, ne sont plus libres de leurs choix scientifiques, qui étaient dictés par la logique de l'évolution des différentes disciplines.

La recherche fondamentale est placée sous un sévère contrôle idéologique, en fonction de sa compatibilité avec la théorie marxiste, et son contenu s'accorde avec les besoins de la reconstruction socialiste, de l'industrialisation accélérée et de l'éducation d'« un homme nouveau ». L'éradication des savants de l'ancien régime facilite grandement cette tâche. En revanche, au sein de ce monde apparemment contrôlé, de nouveaux paradoxes s'esquissent qui, à terme, aboutiront à de nouveaux clivages. L'obligation d'appliquer partout la théorie marxiste-léniniste prend souvent un caractère formel, et la rhétorique marxiste devient ainsi, selon le cas, une arme redoutable ou un divertissement efficace puisque son maniement habile contribue à dissimuler aussi bien l'absence des résultats attendus que leur nature « dissidente » (surtout en lettres, en sciences humaines [38] et en sciences naturelles) [39]. Déjà les mathématiques et les sciences hautement mathématisées (mécanique [40] et physique théorique) servent d'échappatoire à ceux qui souhaitent se soustraire aux excès du contrôle idéologique, ce que l'on vérifiera aussi dans l'après-guerre.

7 Bilan à la veille de la guerre

Entre 1914 et 1941 le nombre d'institutions scientifiques passe de 289 à 2 359 (en incluant les établissements d'enseignement supérieur), et le nombre de chercheurs et techniciens de la science de 4 240 à 98 300. En 1939, sur 10 000 actifs, on comptait 10 employés dans la recherche. En 1941 le nombre d'emplois liés à la science (recherche et

36. Kremencov, 2004 ; Demidov, Lesin, 1999 ; Ârosevskij, 1991-1994.

37. Vsesoûznaâ akademiâ sel'skohozâjstvennyh nauk imeni Lenina (VASHNIL, 1929) // Wikipedia ; Rossijskaâ akademiâ obrazovaniâ // Wikipedia ; Akademiâ medicinskih nauk SSSR (AMN SSSR ; 1944) // Wikipedia (http ://ru.wikipedia.org/wiki).

38. Sur les sciences humaines et sociales en URSS, voir : Starušenko, 2001 ; Grèhèm (Graham), 1991.

39. Sur le rapport entre la science et le pouvoir à l'époque soviétique, voir Popovskij, 1978.

40. Vlasov, 1950.

fonctions d'appui à la recherche) était de 362 000. On comptait alors 16 893 étudiants de thèse (dont 3 694 dans les Instituts de recherche et 13 169 dans les établissements d'enseignement supérieur). Ce chiffre est à comparer à ceux de 1938 : 8 814 doctorants répartis dans 228 établissements d'enseignement supérieur et 267 instituts de recherche de 63 villes de l'URSS. Mais 6 689 d'entre eux, soit 76 % du total, travaillait dans la Fédération de Russie.

L'Académie des sciences de l'URSS, au début de la guerre, comptait 76 instituts (47 instituts centraux et 29 filiales), 105 laboratoires, observatoires ou stations scientifiques. 123 académiciens et 182 membres correspondants étaient entourés de 4 700 collaborateurs [41].

La recherche « technico-administrative » se développe à un rythme comparable. Dès 1918 le développement de cette recherche appliquée est encadré par le Département des Sciences et Techniques du Soviet Suprême de l'Économie Nationale. En 1920 on dénombre déjà 16 instituts spécialisés, puis 36 en 1927. Mais le rythme de création s'accélère encore dans les années 1930. Ainsi, on dénombre en 1941 à peu près 30 instituts spécialisés dans le seul périmètre du Commissariat du peuple à la métallurgie ferreuse. Au total, on compte en 1940 1 621 instituts de recherche appliquée, employant 26 400 collaborateurs.

La recherche universitaire connaît le même développement, mais elle n'a pas les mêmes tutelles. Elle dépend en effet du Commissariat au peuple (plus tard ministère) à l'Éducation supérieure, sauf les établissements supérieurs liés à l'Armée, la Marine de guerre, les transports...

À partir des années 1920, le nombre d'établissements d'enseignement supérieur croît à une vitesse impressionnante. Certes, le système d'enseignement supérieur perd toute autonomie, mais le nombre de ses étudiants n'a plus rien à voir avec la période prérévolutionnaire. Dans les faits, ces établissements supérieurs sont souvent obligés d'avoir une activité de formation de niveau secondaire. Juste avant le déclenchement de la guerre en 1941, on compte sur le territoire de l'URSS 817 établissements supérieurs, avec 61 400 enseignants, dont 5 300 professeurs, 13 100 maîtres-assistants, 31 600 assistants de statuts divers.

Dans cette palette, la science académique constitue la partie la plus innovante, mais elle n'est jamais la plus importante numériquement. En 1940, l'Académie des sciences de l'URSS contrôle 11 % des « établissements de recherche », 10 % des « instituts de recherche », et emploie 5 % seulement des chercheurs et techniciens de la recherche du pays. Les 9/10es des institutions de recherche soviétiques sont donc non académiques et elles emploient 1/3 de la main-d'œuvre scientifique (le reste dépendant des établissements d'enseignement supérieur).

La géographie de la science avant la guerre est donc la suivante : Moscou et Leningrad demeurent les centres scientifiques majeurs. En 1941 à Moscou sont concentrées 290 institutions de recherche de tous statuts (175 instituts, 74 établissements supérieurs). À Léningrad, en 1940 on dénombre 146 institutions (146 instituts et 62 établissements supérieurs). Parmi les autres villes scientifiques, on peut citer Gorki (Nijni-Novgorod),

41. Sur l'organisation de la science soviétique dans les années 1930-1940, voir Kol'cov, 1997.

Saratov, Sverdlovsk (Ekatérinbourg), Kazan, Kouïbychev (Samara), Tomsk, Novosibirsk, Rostov-sur-le-Don.

La science reste concentrée pour l'essentiel dans la République soviétique de Russie (RSFSR), où l'on trouve les 2/3 du personnel, 1 002 institutions de recherche dont 447 ont rang d'Institut. En Ukraine, en comparaison : 19 300 employés dans la recherche, en Biélorussie 2 200, en Transcaucasie 6 500, en Asie centrale 5 900.

Le saut quantitatif, s'il est impressionnant, ne signifie pas tout. On recrute souvent comme professeurs, maîtres-assistants, techniciens et chercheurs des gens dont les compétences ne sont pas à la hauteur des standards scientifiques mais qui remplissent d'autres critères importants : ils sont issus du prolétariat ou de la paysannerie pauvre et donc soutenus pour des raisons idéologiques. Le recrutement dans les instituts de l'Académie est nettement plus rigoureux : on voit se mettre en place des écarts considérables entre les deux branches principales de la science (académique *vs* universitaire). Les conflits institutionnels, déguisés en affrontements idéologiques, ne tardent pas à éclater. Les premiers émergent dans les années 1930 autour de la génétique et de l'agriculture ; ils réémergeront après 1945.

8 La guerre et ses effets (1941-1945)

L'étape suivante de restructurations / perturbations de la science soviétique est bien sûr les années de guerre, entre 1941 et 1945. D'un côté, tous ceux qui peuvent servir l'effort de guerre le font. D'un autre côté, l'événement est l'évacuation massive des institutions de recherche vers l'Est. Cette évacuation a laissé des traces, à la fois dans l'histoire de ces institutions et dans celle des régions qui les ont accueillies. Si l'on se dégage des circonstances particulières de l'évacuation, on peut considérer d'un certain point de vue qu'il s'agit d'une action forcée de relocalisation et d'élargissement de la géographie de la science soviétique. Ni uniquement *de facto*, ni uniquement *de jure*. Car lors du retour vers l'Ouest (« réévacuation » des institutions évacuées au début de la guerre), beaucoup d'institutions scientifiques restent en place dans les villes et localités d'accueil. Déjà en 1943 se prépare la création de filiales et stations de l'Académie des sciences de l'URSS à l'Est. En février 1944, l'une des plus grandes subdivisions de l'Académie, la « Filiale de Sibérie occidentale » est créée à Novossibirsk. Cette dernière crée des instituts à Tomsk, Kémérovo, Barnaoul, Stalinsk (Novokouznetsk).

Grâce au fait qu'une quantité considérable d'institutions ont été évacuées dans les pays de la Volga, on crée des filiales de l'Académie des sciences de l'URSS au Tatarstan et en Bachkirie. À Kazan, capitale du Tatarstan est concentrée presque la moitié des employés de l'Académie. La création d'une filiale, décidée dès 1943, n'est effective qu'en avril 1945. À Oufa (capitale de la Bachkirie), la création est plus tardive, en 1951. Pour donner la mesure de ce que l'évacuation a apporté au potentiel scientifique en Bachkirie, on peut dire qu'en 1945 il y avait douze fois plus de docteurs ès sciences dans la République qu'en 1939, et six fois plus de docteurs d'État qu'avant la guerre !

Pendant la guerre, de nombreuses filiales de l'Académie soviétique s'autonomisent : la création de l'Académie des sciences de Géorgie est approuvée en 1941 (elle compte

30 instituts dès 1945), celle d'Ouzbékistan et d'Arménie en 1943, d'Azerbaïdjan en 1945.

On se représente bien les processus de développement de la science dans les républiques en dehors de la Russie en prenant l'exemple du Kazakhstan. En 1941 il n'y avait qu'un institut de recherche. En 1945, la filiale kazakhe de l'Académie des sciences de l'URSS comprend 16 instituts, 8 entités autonomes et un jardin botanique. Et, en octobre 1945, l'Académie des sciences du Kazakhstan obtient sa reconnaissance.

Globalement, la création des académies « républicaines » répondait à la volonté politique du gouvernement de développer la « science nationale » desdites républiques. Cette visée a déterminé le contenu des recherches à privilégier localement qui s'organisaient essentiellement autour des trois axes thématiques : les études portant sur la culture, la langue, l'histoire et l'ethnographie des populations concernées ; l'exploration et l'étude des ressources régionales (gisements de minerais, ressources agricoles, etc.) ; et enfin les recherches appliquées liées aux complexes industriels d'importance nationale installés sur ces territoires.

Le processus de renouvellement et de développement de l'activité scientifique s'observe aussi dans les régions occidentales de l'URSS, au rythme de la libération des territoires occupés et de la réoccupation des pays baltes. En février 1945, l'Académie de Lituanie est réinstallée ; celle de Lettonie est créée la même année, celle d'Estonie en 1946. Mais la nature hiérarchique du système demeure : la tête reste l'Académie des sciences de l'URSS, dont le développement s'accélère pendant la guerre. Le nombre de ses instituts passe de 169 à 192, les collaborateurs scientifiques passent de 2 754 à 4 690.

En ce qui concerne la science universitaire, qui souffre plus des années de guerre que la science académique, elle arrive en 1944-1945 à rétablir ses effectifs d'avant-guerre, le nombre de ses enseignants revient à 50 000 personnes.

9 L'après-guerre

En 1946 le gouvernement soviétique décide de multiplier par 2,5 le financement de la recherche [42]. Les premiers bénéficiaires de cette amélioration, sont les secteurs d'importance stratégique : la physique nucléaire, l'aéronautique, etc. – Guerre froide oblige ! Dans les années 1950, le processus se généralise et la situation financière des employés du secteur scientifique et des enseignants du supérieur s'améliore considérablement. Le fait d'avoir une thèse soutenue implique automatiquement une augmentation de salaire, et le nombre de candidats aux grades scientifiques croît en conséquence : la science devient un phénomène de masse. La volonté politique d'affirmer et de démontrer sur la scène internationale, chiffres à l'appui, la puissance accrue de la science soviétique joue là aussi un rôle décisif.

Mais c'est aussi dans ces années d'après-guerre que se rallume la guerre idéologique autour de la génétique (la célèbre offensive de Lyssenko à partir de 1948, cherchant à discréditer les théories scientifiques de l'hérédité). Des problèmes surgissent aussi sur les fronts de la médecine, de la cybernétique et de la physique, même si pour ces deux

42. Kul'tura v SSSR v pervoe poslevoennoe desâtiletie // Gruppa 640 RGRTU (http ://rgrtu-640.ru/istoria/istoria91.html).

dernières disciplines le conflit s'éteint très vite (car Staline avait besoin de la bombe atomique, et c'étaient les chercheurs attaqués qui la concevaient) [43]. Le conflit s'étend aux mathématiques, mais ne va pas non plus très loin. L'analyse montre que les conflits naissent à l'intérieur des communautés scientifiques : c'est la science universitaire qui essaie d'étouffer la science académique et d'accéder à ses privilèges [44]. Le résultat de ces confrontations se traduit en exils, en déportations dans des camps, et pour certains par la mort. Dans le meilleur des cas, les savants mis en cause perdent la possibilité de conduire leurs recherches. C'est l'occasion de rappeler ici l'importance du dispositif des *charachki* [45] (instituts scientifiques du système concentrationnaire, dépendants du NKVD ou du ministère de l'Intérieur), dans lesquels travaillaient des chercheurs emprisonnés. Il s'agissait en fait de prisons scientifiques et techniques, qui se déployaient presque sur l'ensemble du territoire, des rivages occidentaux jusqu'à l'Extrême-Orient. Ces *charachki* apparaissent en tant que « Bureaux spéciaux de construction » en 1928-1930, à l'époque de la première campagne contre les saboteurs (dont le symbole est le « procès de Chakhtinsk ») [46]. En 1930 apparaît déjà une administration spécialisée. Et en 1945 les *charachki* incorporent des prisonniers de guerre allemands hautement qualifiés.

La lutte contre le « cosmopolitisme » (entendons la campagne antisémite) et celle contre l'occidentalisme (campagne anti-occidentale) auront elles aussi un effet très négatif sur le développement scientifique. Il se pourrait d'ailleurs que le niveau de contrôle politique variable des domaines de recherche soient l'une des clés d'explication de la force (en quantité et en qualité) de l'école mathématique et de celle de physique théorique en URSS, à la différence des humanités, de la médecine, de la biologie, etc. Ce fait, qui a toujours intrigué les spécialistes de l'étude de la science, s'explique peut-être par le désir de jeunes et brillants étudiants d'aller vers des disciplines où le contrôle idéologique, s'il a existé, était beaucoup moins pesant qu'ailleurs, y compris pendant les années staliniennes.

En ce qui concerne l'apparition de nouvelles directions de recherche, il n'y a pas de réelle coupure entre la période de guerre et les années suivantes. On observe dès le début des années 1940 la naissance ou le développement accéléré de certaines recherches, pour l'essentiel en liaison avec les impératifs de la Défense : le « projet atomique », dont le patron était Béria (le laboratoire de fission de l'uranium est ouvert sous la direction de Kourtchatov près de Moscou à l'été 1943), la radiolocalisation à Nijni-Novgorod [47], la construction de fusées. Les *charachki* jouent un rôle important dans le développement de ces domaines, et tout particulièrement dans le cadre du « Projet atomique » : d'une part, elles garantissaient le plein secret et, d'autre part, il n'y avait pas à se soucier de la protection et de la sécurité de ceux qui travaillaient avec des matières radioactives. À partir de 1953 et de la mort de Staline, les *charachki* ne sont pas remplacées mais transformées en institutions fermées : instituts, bureaux d'études, usines : là où elles sont implantées, des « villes fermées » émergent. En outre, sont crées des petites villes scientifiques « ouvertes », nombreuses en particulier autour de

43. Ârosevskij, 1991-1994 ; Vizgin, 1998-2003 ; Medvedev, 1978.
44. Krementsov, 1997.
45. Simonenkov, 2011.
46. Kislicyn, 1993.
47. Dahan Dalmedico et Gouzevitch, 2004.

Moscou (Obnisnk, Doubna, etc.), la plus connue étant quand même Akademgorodok (dans la périphérie de Novossibirsk) [48]. En 1949 a lieu le premier essai nucléaire soviétique – le monopole d'utilisation de la bombe atomique des États-Unis est aboli. En 1954 est ouverte la première centrale atomique à Obninsk, et en 1957 le premier brise-glace atomique, le « Lénine » est lancé.

10 La science après Staline (fin des années 1950 – 1985)

Dans les années 1960 et 1970, la science soviétique connaît une sorte d'âge d'or. Dans un contexte de guerre froide, le secteur scientifique incarne le mythe de la puissance soviétique, avec ses succès spectaculaires et sa capacité de mobilisation. Les deux défis majeurs de la période que sont d'abord la maîtrise de l'atome depuis la Deuxième Guerre mondiale, et ensuite la conquête de l'espace mobilisent aussi bien la science militaire que civile. L'arrivée au pouvoir de N. S. Khrouchtchev, un enthousiaste de la conquête de l'espace, joue un rôle important dans la conception et la réalisation du programme spatial. La conquête de l'espace est élevée au rang de projet de société, conciliant rêve de modernité et ambitions géopolitiques. Le premier résultat spectaculaire est l'envoi dans l'espace du premier satellite artificiel (Spoutnik-1) le 4 octobre 1957, puis, un peu plus de trois ans après (1961), la réalisation du premier vol habité.

Le projet atomique comme le projet spatial exigent la mise en place d'une infrastructure sophistiquée et coûteuse – des instituts de recherche, bureaux d'étude, usines spécialisées, polygones d'essai et cosmodromes.

Entièrement financées par l'État, les dépenses de recherche et développement profitent en premier lieu à la recherche militaire : les sources concordent pour estimer que cette dernière, qui se déroule essentiellement dans des instituts fermés, absorbe jusqu'à 75 % des dépenses de R & D. Dans les années 1960 les professions scientifiques sont prestigieuses : elles bénéficient d'une aura romantique et la science apparaît comme une orientation professionnelle désirable. Par le biais des écoles spécialisées, les jeunes élèves brillants, notamment en mathématiques, sont sélectionnés et formés très tôt, ce qui explique en partie le succès et le prestige à l'étranger des écoles de mathématiques et de physique. Le nombre de personnels employés dans les établissements de recherche scientifique et d'enseignement supérieur augmente de façon presque exponentielle : de 162 000 en 1950 il passe à 354 000 en 1960, puis 927 000 en 1970 et 1,2 million en 1975 [49]. Les chiffres sont certes à prendre avec précaution, car tous les personnels recensés ne sont pas impliqués directement dans la recherche, mais l'importance des emplois « parascientifiques » ne fait que souligner le rôle d'ascenseur social que joue la science en URSS. Le développement de l'Académie des sciences de l'URSS mérite une mention particulière. En 1970, soit un quart de siècle après la fin de la guerre, elle emploie 135 000 personnes, dont 35 000 personnels de recherche

48. L'installation d'une cité scientifique en Sibérie, dans la ville concrète de Novossibirsk, s'explique par des raisons multiples. L'une d'elles est la préexistence, à partir de 1948, à la périphérie de Novossibirsk, d'une usine de traitement de l'uranium, nommée pudiquement, « l'usine des concentrés chimiques ». L'idée de créer en Sibérie une filiale de l'Académie des sciences date de cette période. Elle a pris corps en 1957 suivie de très près par l'initiative de quelques académiciens de créer une cité scientifique regroupant un grand potentiel matériel et intellectuel (« un paradis scientifique »). Akademgorodok, littéralement « petite cité académique », est née.

49. Gvisiani, 1977.

parmi lesquels 17 000 ont des diplômes scientifiques. Le contrôle du parti communiste s'accroît sur la structure : si avant la guerre on ne trouvait que 20 % de communistes chez les chercheurs de l'Académie, en 1970 la proportion est de 40 % [50]. La filiale qui connaît le développement le plus important est celle de Sibérie. Il y a 239 académiciens des Sciences de l'URSS en 1974, dont 24 relèvent de la branche sibérienne ; les membres correspondants sibériens sont au nombre de 47 (sur un total de 439). Les chiffres sur le personnel scientifique de l'Académie montrent encore plus le poids de la Sibérie : elle emploie 324 des 2 997 docteurs d'États de l'Académie, et 2 529 de ses 16 729 docteurs. Au total la branche sibérienne représente 6 010 des 40 030 emplois scientifiques de l'Académie des sciences de l'URSS ; selon ces différents critères on voit qu'elle concentre alors entre 10 et 15 % du potentiel total de la structure.

À la fin de la période soviétique, on a l'impression donc que l'URSS est une très grande puissance scientifique. Dans les années 1980, elle compte de 10 à 30 % de chercheurs et d'ingénieurs de plus que les États-Unis (Graham, Dezhina, 2008) et occupe la deuxième place quant au budget consacré à la science. Cependant les succès obtenus dans certains domaines ne doivent pas occulter le fait que cette période voit s'installer des problèmes et dysfonctionnement structurels qui seront autant d'obstacles à son évolution dans le nouveau contexte économique et politique de l'après-communisme. Un facteur de vulnérabilité de la science soviétique tient par exemple à sa dépendance absolue envers les financements de l'État. Ce n'est qu'à partir des années 1987-1989 que des sources de financement alternatifs émergent : on commence à entrouvrir les frontières, et les chercheurs commencent à utiliser les possibilités des programmes occidentaux (États-Unis, Canada, France, Allemagne, etc.). Grâce à diverses bourses et soutiens les scientifiques commencent à partir à l'étranger. Par ailleurs, au sein même de la recherche civile, des cloisonnements existent entre la recherche académique d'une part, et d'autre part les recherches universitaire et appliquée, domaines beaucoup moins favorisés. La science académique est dans un relatif isolement, lequel s'explique par une socialisation de ses membres limitée à son propre microcosme. Les universités sont avant tout un lieu d'enseignement et non de recherche. Les enseignants qui dispensent les cours en université ne sont pas des chercheurs, tandis que ces derniers font en général de la recherche à plein temps et pas d'enseignement. Ce n'est qu'en arrivant en troisième cycle (l'*aspirantoura*) que l'étudiant peut avoir des contacts avec le monde de la recherche, en étant affecté, par exemple, à un Institut de l'Académie des sciences. Le MIFI (Institut d'ingénierie et de physique de Moscou), pionnier en matière d'énergie nucléaire, et l'Université de Novossibirsk sont de rares, mais notables exceptions à cette règle.

La recherche appliquée est l'apanage des Instituts et bureaux d'études dépendant des ministères. Non seulement le financement de tous ces Instituts et bureaux d'études est, bien évidemment, purement étatique, mais les directions de recherche et les commandes sont elles aussi centralisées et planifiées, ce qui entraîne une bureaucratisation du processus d'innovation, un manque d'initiative de la part des chercheurs, et une absence de feed-back entre les utilisateurs finaux de l'innovation (usines...) et les chercheurs. Promouvoir la science appliquée dans ces conditions s'avère difficile, malgré des projets novateurs. Nous pouvons le montrer par un exemple, qui prouve que

50. Information concernant les années 1970-1974 : Komkov *et al.*, 1974.

la dépendance envers la recherche organisée par l'État se traduit par un retard de développement du pays et un désintérêt envers les applications commercialisables et l'utilisateur et consommateur final. Les recherches sur la téléphonie mobile sont en URSS très précoces : elles mènent au développement à partir de 1958 du système « Altaï ». En 1963, une zone de couverture expérimentale est créée à Moscou. L'équivalent américain, IMTS (Improved Mobile Telephone Service), sera mis en service dans une zone-test une année plus tard. Au début des années 1980 le système Altaï compte 25 000 abonnés. Mais il n'est jamais question d'équiper la population en téléphones portables et l'URSS, qui dispose alors des capacités techniques pour entrer sur le marché mondial de la téléphonie mobile, laisse passer cette opportunité commerciale et technologique. Il ne reste rien de ces développements aujourd'hui, alors que l'URSS (puis la Russie) aurait pu devenir leader mondial de ce secteur.

11 Le choc de l'effondrement : de la fin de l'URSS aux premières années de la science « russe »

La fin brutale du système soviétique et la crise économique qui l'accompagne sont ressenties d'autant plus durement dans le domaine scientifique que la science avait joué un rôle de vitrine du communisme. La crise profonde qui connaît la recherche russe dans les années 1990, pendant les premières années d'existence de la Fédération de Russie, ne devrait pourtant pas conduire à idéaliser le bilan de la science soviétique. Car le déclin était déjà perceptible dans les dernières années de l'URSS. Ainsi, après 1975, pas un seul gros réacteur de recherche ou accélérateur n'est construit. Puis la situation se détériore durant les années de la perestroïka : en 1990, le nombre d'employés dans la R & D chute de 12 % par rapport à l'année précédente, puis à nouveau de 14 % en 1991.

Pendant les premières années d'existence du nouvel État indépendant, la science est laissée de côté (tableau 1). Le budget fédéral assigné à la science civile est divisé par quatre entre 1990 et 1993, et l'industrie n'a plus les moyens de passer des commandes de R & D, non plus que les ministères. Par ailleurs, les coupes dans les budgets militaires se traduisent par des réductions considérables des crédits de recherche pour la défense. Cette situation de crise financière majeure s'installe pour longtemps : les dépenses intérieures de R & D seront à leur niveau le plus bas en 1995. Elles ne remontent que très lentement et progressivement : il faut attendre 2002 pour les voir repasser au dessus du chiffre de 1992, niveau auquel elles se stabilisent jusqu'en 2007 (Gokhberg *et al.*, 2011). Mais il faut rappeler que les années 2000 (jusqu'à la crise financière mondiale de 2008) sont une période de croissance très rapide pour la Russie : le PIB croît de plus de 5 % par an en moyenne. Le fait que les crédits de R & D restent stables signifie que la part de PIB consacrée au secteur diminue pendant cette période faste économiquement.

Pendant plusieurs années, les crédits sont consacrés presque entièrement au paiement des salaires, sans que cela permette de maintenir le niveau de vie des chercheurs (il est divisé par 6) confrontés, comme le reste de la population, à l'hyperinflation qui démarre à 1992. Le matériel scientifique ne peut être renouvelé : en janvier 1993, 38,7 % des équipements et instruments a plus de onze ans d'âge. Les abonnements

Tableau 1 – Le financement de la recherche au début des années 1990 (Gokhberg *et al.*, 2011)

	Crédits en roubles constants (base 100 = 1990)	Part des dépenses de R & D (en % du PIB)
1990	100	2,03
1991	67	1,43
1992	29	0,74
...	...	...
1995	23	0,79

aux revues scientifiques ne peuvent être maintenus. La maison d'édition « La Science » (*Naouka*) voit son nombre de publications divisé par 5 (Graham et Dezhina, 2008).

12 Stratégies de survie et aide internationale

Laissés à l'abandon quasiment sans financement, les centres de recherche tentent de trouver leurs propres sources de revenus et de limiter leurs dépenses. Les services annexes typiques du système soviétique (crèche, magasin, centrale électrique...), particulièrement importants dans les petites villes nées autour d'un centre de recherche, sont soit externalisés soit abandonnés. Dans certains cas, les centres de recherche parviennent à tirer des revenus de leur activité scientifique, faisant preuve d'une certaine capacité d'adaptation et d'innovation, notamment dans le domaine de l'ingénierie et de l'informatique. Cela entraîne la formation d'un nouveau marché, encore embryonnaire, de nouvelles technologies. En 1995, ce marché représente tout de même 19 % de l'activité des instituts scientifiques.
Dans d'autres cas, les centres de recherche signent des contrats commerciaux, voire se transforment en entreprises privées pas forcément liées à leur domaine initial d'activité. Dans le meilleur des cas on peut parler de reconversion de la recherche vers la science appliquée. Par ailleurs, fait fréquent notamment dans les grandes villes, les laboratoires et instituts situés dans des quartiers centraux louent à des entreprises une partie de leurs locaux ou de leurs équipements. La baisse des salaires pousse en outre les chercheurs à avoir une activité rémunérée supplémentaire à l'extérieur, tout en restant formellement rattachés à leur centre de recherche. Les directeurs d'instituts y trouvent leur avantage, le budget de l'organisme étant généralement calculé sur la base du nombre de salariés déclarés. L'activité scientifique, évidemment, est la première à en souffrir.

L'affaiblissement de l'État entraîne une plus grande liberté dans la définition des orientations de travail comme dans la recherche des financements et des partenaires. On voit ainsi se développer des coopérations originales. Le centre de virologie Vektor situé à Koltsovo près de Novossibirsk, - dont les recherches sur la guerre bactériologique étaient à l'origine couvertes par le secret défense,- réussit ainsi, autour de son site

d'accès strictement contrôlé, à susciter le développement de PME de hautes technologies (médicaments humains et vétérinaires, cosmétiques, endonucléase et enzymes, traitement des déchets biologiques). Celles-ci travaillent à leur tour avec de nombreux partenaires, dans un rayon géographique plus large, pour produire et distribuer en masse. Vektor est ainsi à l'origine d'un technopôle qui sera labellisé officiellement dès 1996 (Couderc et Franceschi, 2003).

On voit aussi naître des coopérations institutionnelles entre les petites villes de monoactivité scientifique. Situées pour la plupart dans un rayon d'une centaine de kilomètres autour de Moscou, ces villes avaient en commun d'être centrées, et souvent d'avoir été créées, autour d'un ou plusieurs centres de recherche. Durant la période soviétique, ces villes avaient peu de relations entre elles. Dès 1992 les administrations municipales de plusieurs de ces villes se retrouvent autour de la défense du patrimoine scientifique et du développement de l'innovation. Elles fondent alors l'Union pour le Développement des *naukograd* (« villes de science »), forgeant un néologisme qui va durablement s'implanter et finalement être repris dans la législation russe en 1999.

12.1 Le soutien international à la recherche russe

La science russe bénéficie aussi d'un soutien international précoce dès le début des années 1990. Il s'agit certes de venir en aide aux chercheurs qui se retrouvent quasiment sans ressources, mais aussi d'empêcher la fuite des cerveaux et des technologies vers des pays qui pourraient les utiliser dans un but terroriste. L'International Science Foundation, émanation de la fondation Soros, va par exemple distribuer des bourses à 20 000 chercheurs en 1993-1994 (montant : 500 $, soit un an de salaire à l'époque). Elle s'engage aussi sur des projets à plus long terme, finançant des projets de recherche sélectionnés sur dossier. En 1994-1995, alors que le financement de la science par l'État est au plus bas, l'ISF représente jusqu'à 13 % des dépenses de R & D en Russie, et subventionne 1/3 des centres de recherche, jusqu'à apporter 50 % des ressources de centres comme l'Institut de physique et des techniques Ioffé de Saint-Pétersbourg. Plusieurs autres fondations (notamment l'organisation intergouvernemental ISTC : International Science and Technology Center) ont pour priorité la reconversion de la recherche orientée vers le complexe militaro-industriel en recherche civile. L'INTAS [51], financée à 90 % par la Commission européenne, a quant à elle pour but de promouvoir la coopération, les partenariats et la mobilité entre les anciennes républiques soviétiques et les pays d'Europe occidentale. Sur la période 1993-2004 elle finance en Russie plus de 4 000 projets pour une somme de 200 millions d'euros [52].

L'intervention des fondations étrangères va durablement modifier le fonctionnement de la science russe en implantant de nouvelles pratiques et notamment le financement sur programme. Contrairement à l'État, qui finance des instituts entiers en fonction des effectifs, les fondations soutiennent un projet porté par une équipe ou une personne. Les candidats à un financement apprennent à monter un dossier, tandis que d'autres chercheurs, intégrés dans les jurys, se familiarisent avec les procédures et critères de sélection internationaux. Après 1997, la coopération internationale va donner la

51. International Association for Promotion of Cooperation with Scientists from the Independent States of the Former Soviet Union.

52. Graham, Dezhina, 2008.

priorité aux projets cofinancés avec l'État russe, et œuvrer au rapprochement de la recherche avec l'enseignement supérieur et le privé.

Malgré l'importance vitale qu'a eu dans les années 1990 le soutien étranger pour la survie de la science russe, on a eu l'impression en Russie que des transferts de technologie excessifs avaient eu lieu, éventuellement au détriment de la sécurité nationale, ce qui débouche aussi dans les années 2000 sur une reprise en main par l'État.

12.2 Les réformes successives des années 1990

À partir de 1993, le pouvoir prend conscience de l'état de délabrement du secteur de la recherche. Boris Saltykov, ministre des Sciences et Technologies (1991-1997) décrit ainsi le point de vue des gouvernants : pour eux la science russe « vit au dessus de ses moyens » et le salut passera par la sélection des meilleurs centres de recherche et une réforme radicale du fonctionnement du secteur.

L'effet des réformes successives est difficile à décrypter car parfois on ne dépasse pas l'effet d'annonce, avant la vague réformatrice suivante. On voit s'affirmer globalement la volonté de sélectionner quelques dizaines de centres de recherche d'État, de réserver en priorité les financements gouvernementaux à la recherche publique. Une législation sur la propriété intellectuelle et les brevets est mise en place. La création d'une fondation publique de soutien à la recherche est elle aussi une réforme durable : le Fonds russe pour la recherche fondamentale (1992, RFFI en russe) va s'ancrer dans le paysage en finançant exclusivement de la recherche sur projet. Notons que l'un des objectifs des réformateurs, depuis des années, est de rapprocher l'université de la recherche et donc de développer l'activité scientifique dans l'Université. Les années 1990 n'améliorent pourtant pas cette césure déjà bien connue à l'époque soviétique : la part d'enseignants faisant de la recherche diminue, atteignant le seuil très bas de 16 %. Mais il faut rappeler que leurs charges de cours sont très importantes. Par ailleurs, en 2010, sur les 112 revues russes indexées par le *Web of Science*, 95 sont liées à des instituts de l'Académie des sciences, et deux seulement sont d'origine universitaire (Dezhina, 2011).

1996 aurait pu être une année importante pour la restructuration de la recherche, avec le vote d'une loi fédérale « sur la science et la politique scientifique et technique » et la publication de documents programmatiques, mais la crise financière de 1998 va empêcher toute mise en œuvre effective. En plus des difficultés financières, un certain nombre de blocages viennent entraver la mise en place d'une politique scientifique efficace. Il s'instaure une certaine défiance entre l'État et une partie du monde scientifique. L'État n'associe que peu les scientifiques aux prises de décision, par exemple pour l'évaluation des priorités scientifiques. Les réformes sont encore rendues difficile par l'hostilité à tout changement dont font preuve une partie des chercheurs – académiciens, directeurs d'instituts, qui ont peur de perdre leur pouvoir. Il y a concurrence de points de vue sur la réforme de la science : résistance de l'Académie des sciences, des recteurs d'universités, mais aussi du Parlement.

De plus l'État ne remplit pas toujours ses obligations et n'apparaît pas comme un partenaire fiable : 1999 est la première année où les sommes prévues pour la science dans le budget seront effectivement allouées. On ne s'étonne pas du manque de pres-

tige des professions scientifiques dans le contexte postcommuniste. Des chercheurs en place quittent le pays ou passent à d'autres secteurs d'activité, tandis que les jeunes diplômés ne sont plus attirés par les carrières de chercheurs. L'âge moyen du personnel scientifique s'élève année après année.

Cependant, les critiques extrêmement sévères portées à la politique scientifique des années 1990 ne tiennent généralement pas compte du fait que dans un très court délai, des principes complètement nouveaux pour la Russie ont été posés et de nouveaux fonctionnements établis, qui rapprochent la science russe du modèle international : sélectivité de l'aide d'État, diversité des sources de financement, concours, ouverture à la science mondiale, développement de la valorisation et apparition des *spin off*.

13 Les années 2000 : vers une stabilisation, ou un renouveau ?

À partir de 1999 le contexte économique s'améliore et se stabilise. La montée des cours du pétrole permet à la Russie de bénéficier d'une rente pétrolière, qui se traduit entre autres par une augmentation des recettes de l'État. Le contexte idéologique évolue également. On assiste à une sorte de « restauration », les valeurs mise en avant étant celles d'un retour à un État fort et centralisé, avec un désir de puissance, voire de revanche par rapport aux années 1990 où la Russie était perçue comme en situation de faiblesse.

Le discours russe sur la science met en avant deux priorités qui apparaissent dans une certaine mesure contradictoires. D'un côté une volonté de souveraineté s'affirme, ce qui dans le domaine scientifique implique une priorité donnée aux recherches « stratégiques », une nette augmentation du budget de la recherche militaire, ainsi qu'une reprise du contrôle des services de sécurité sur les programmes de collaboration scientifique. C'est au début des années 2000 que l'on voit se multiplier les affaires « d'espionnage » : plusieurs scientifiques sont condamnés à de lourdes peines de prison pour avoir transmis des informations à des organisations étrangères. Il faut signaler que ces verdicts ont été unanimement contestés par les associations de défense des Droits de l'Homme, qui soulignent que les informations transmises n'étaient nullement secrètes, et que les contrats régissant ces échanges avaient tous été soumis aux approbations d'usage. Quoi qu'il en soit, la volonté de « faire un exemple » a été évidente, afin de donner un signal clair au monde scientifique. Sont également mises en place de nouvelles réglementations qui compliquent parfois sérieusement les partenariats avec des structures étrangères.

Parallèlement cependant est affirmée une volonté d'intégrer la science russe à la science mondiale. Les discours officiels, les programmes et les projets de loi témoignent d'une prise de conscience progressive de l'importance de la science et de l'innovation pour l'économie russe, ainsi que l'ambition de devenir concurrentiel sur le plan international. Le modèle de développement scientifique occidental est dans un premier temps accepté sans être discuté. De même les « règles du jeu » et critères d'évaluation de la science mondiale sont validés à priori, sans être remis en question – même pour ceux qui ne font pourtant pas l'unanimité : ainsi, le but affiché est d'augmenter la visibi-

lité de la science russe dans les grandes revues scientifiques, de placer des universités russes dans le classement de Shanghai, de créer des « pôles d'excellence », etc. À partir des années 2000 on assiste à une augmentation significative des dotations budgétaires consacrées à la science (mais sa part dans le PIB reste très faible) (Indikatory Nauki, 2014), ainsi qu'à une multiplication, voire une prolifération des documents officiels consacrés au développement scientifique, au soutien à la science et à l'innovation, au passage de l'économie de rente à l'« économie de la connaissance », etc. Ainsi le texte de 2002 *Fondements de la politique de la Fédération de Russie dans le domaine du développement de la science et des technologies*[53] se veut un programme de développement de l'innovation. Le programme fixe pour les dix ans à venir le financement budgétaire de la science civile.

L'année 2006 voit l'adoption de plusieurs nouveaux documents *Stratégie du développement de la science et de l'innovation en Fédération de Russie jusqu'en 2015*[54], le *Programme de développement socio-économique de la Fédération de Russie à moyen terme*[55], le *Programme fédéral ciblé Recherche et Développement*. Ces documents programmatiques mettent l'accent sur un certain nombre de priorités, et en premier lieu l'intégration de la recherche et de l'enseignement supérieur.

Cette intégration est vue comme la solution à deux problèmes préoccupants : le manque de prestige des universités russes à l'étranger, et les difficultés de renouvellement des cadres de la recherche scientifique. En quelques années, un nombre considérable d'établissements supérieurs a vu le jour. En 2010, ils sont 1 134 dont 660 sont des établissements publics[56]. Paradoxalement, ce phénomène a eu un effet négatif sur la recherche scientifique. Cette croissance quantitative ne s'est en effet pas accompagnée d'un développement qualitatif. Une bonne partie de ces créations ont concerné des matières qui étaient peu enseignées, peu prestigieuses ou inexistantes durant la période soviétique : sciences humaines, droit des affaires, commerce international... D'où un déficit évident d'étudiants formés dans ces matières dans les années 1990, et un effet de rattrapage rapide pour satisfaire aussi aux besoins exprimés par le nouveau secteur privé. Dans les années 2000, ces filières sont toujours perçues comme très attractives, bien que désormais pléthoriques, ce qui naturellement détourne un certain nombre d'étudiants des filières scientifiques. L'enseignement supérieur se généralise (7 millions d'étudiants en 2012 contre 2,6 en 1993-1994), les universités ouvrant de nombreuses filières payantes pour financer leur propre fonctionnement, mais il est plombé par de gros problèmes de corruption et de plagiat. Les effets sont évidents au niveau du 3e cycle. Les thèses soutenues sont de bas niveau, et la Commission nationale de validation des thèses s'inquiète de ce qu'un tiers environ ne serait pas réellement écrit par leurs auteurs. Les nouvelles matières occupent une place croissante : en 1991, 71% des thèses relevaient des sciences expérimentales et formelles, en 2011 plus que 54 %. Y compris parmi les SHS, les déséquilibres sont flagrants : en 2004, les deux tiers des thèses en sciences humaines sont soutenues en droit ou

53. 2002. Titre original : *Osnovy politiki Rossijskoj Federacii v oblasti razvitiâ nauki i texnologii.*
54. 2006. Titre original : *Strategiâ razvitiâ nauki i innovaci v Rossijskoj na period do 2015 goda.*
55. 2006. Titre original : *Programma social'no-èkonomičeskogo razvitiâ RF na srednesročnuû perspektivu.*
56. *Unesco Science Report 2010.*

management. Tout cela ne promet pas un renouvellement du vivier des chercheurs (Katsoueva-Jean, 2013).

L'aide internationale a joué un rôle important dans les premiers programmes d'intégration de la recherche et de l'enseignement. Dès 1997, la Fondation Mac Arthur lance le « *Basic Research and Higher Education Program* », cofinancé à moitié par l'État russe, qui permet la création au sein d'un certain nombre d'universités de Centres de Recherche et d'Enseignement. Le programme finance l'achat d'équipements de recherche de pointe, ce qui permet d'attirer des chercheurs renommés à l'université. Dans un premier temps, par souci de rééquilibrage géographique, Moscou et Saint-Pétersbourg sont exclues du programme, tandis que de vrais « pôles d'excellence » se constituent en province (par exemple à l'Université de Nijni-Novgorod grâce à l'acquisition d'un microscope surpuissant). Ces initiatives permettent de faire évoluer le rapport entre l'Académie des sciences et l'Université et posent les fondements pour la création d'universités de recherche.

À la fin des années 2000, la chute brutale, bien que prévisible, du nombre d'étudiants [57] et le déclin de la réputation de l'enseignement supérieur russe dans son ensemble rendent indispensable un « resserrement » du système d'enseignement supérieur : fermeture d'un certain nombre d'universités, renforcement quantitatif et qualitatif des autres. Ainsi, la Fédération de Russie créé en 2009 le label « Université nationale de recherche », attribué sur concours, qui implique des financements supplémentaires importants (25 universités concernées à ce jour). Par ailleurs, le gouvernement a provoqué en 2008-2009 la transformation d'établissements en grandes universités fédérales (9 à ce jour), en se contentant d'ailleurs parfois de fusionner des universités existantes pour former des entités de « taille critique » (Rostov, Krasnoïarsk, Kazan, Vladivostok, etc.) qui seraient plus visibles dans les classements mondiaux. Enfin, l'année 2010 voit la création de « méga-bourses » pour fonder dans des universités des laboratoires placés sous la direction de chercheurs à réputation internationale. Le montant des bourses est considérable (jusqu'à 5 millions de dollars par laboratoire pour une durée de trois ans). Cependant, seule la moitié des bourses annoncées ont été finalement attribuées. Les bénéficiaires de ces appels d'offres ont été majoritairement des chercheurs russes de la diaspora. Ces chercheurs sont aussi à l'origine de la création de « laboratoires-miroirs », structures permettant un partenariat entre Académie des sciences, Université russe et Université étrangère, et favorisant la mobilité scientifique.

Pour soutenir la recherche dans des domaines ciblés, le gouvernement complète en 2007 la panoplie des agences spécialisées, par exemple dans les nanotechnologies (RosNano), les relations science-industrie (RosTekhnologii), sur le modèle plus ancien de RosAtom et RosKosmos. Il veut aussi créer des centres d'excellence qui pourraient devenir des « locomotives » de l'innovation nationale, comme dans le cas de la création du technopôle de Skolkovo, annoncé à grands renforts de publicité non loin de Moscou, mais qui s'avère aujourd'hui n'abriter qu'une *business school*.

Les résultats de cette politique restent finalement très décevants. Le retard de la Russie vis-à-vis des autres grands pays scientifiques continue de se creuser : on note

57. Phénomène démographique dû au déficit marqué des naissances dans les années qui ont immédiatement suivi la fin de l'URSS.

un déclin continu de la part des publications russes dans le *Web of Science* (voir *infra*), le niveau d'activités innovantes dans l'industrie est très bas, les professions scientifiques restent peu attractives. La part de la Russie dans le marché mondial des hautes technologies n'est que de 0,3 %. C'est que les différentes réformes ont échoué à créer une économie des hautes technologies. La recherche reste largement dépendante des financements publics, tandis que les investissements privés manquent à l'appel. Les problèmes que rencontre la science russe ne peuvent être réglés par de simples mesures d'encouragement, ni même par des réformes sectorielles. La multiplication des textes et des initiatives crée un effet de cacophonie, les résolutions prises par le ministère de la Science et de l'Éducation se retrouvent parfois en contradiction avec d'autres textes (législation sur les brevets, législation fiscale, etc.), les PME scientifiques, moteur attendu de l'innovation, souffrent au même titre que les autres d'un contexte extrêmement défavorable au petit entreprenariat (complexité de la législation, corruption...). Enfin, le gouvernement manque dramatiquement d'outils permettant d'évaluer les résultats et l'efficacité de ses différentes initiatives. (Gokhberg *et al.*, 2011)

Entre 2004 et 2011, le secteur scientifique a semblé bénéficier d'une « fenêtre d'opportunité » : ce furent des années de prospérité économique, marquées, surtout à partir de 2008 avec la présidence de D. Medvedev, par un discours technophile et modernisateur, ainsi que par une certaine volonté de coopération internationale dans le domaine scientifique. Cependant la politique scientifique russe, handicapée par un manque de vision globale, un sous-financement chronique et un défaut de continuité et de cohérence, n'aboutit qu'à de multiples réformes plus ou moins cosmétiques.

Les années 2011-2013 semblent marquer un nouveau tournant dans la politique russe : le retour de Vladimir Poutine à la présidence replonge la Russie dans un contexte de quasi-Guerre froide qui ne manque pas d'avoir des conséquences dans le domaine scientifique. On peut d'ailleurs se demander dans quelle mesure l'échec – inévitable – des tentatives de modernisation entreprises durant les années précédentes n'a pas conditionné le retour au pouvoir de V. Poutine. Quoi qu'il en soit, les mesures prises au cours des deux dernières années sont révélatrices du retour aux traditions soviétiques de centralisation, de contrôle politique et de prédominance du secteur militaire : mise en accusation et quasi liquidation de l'Académie des sciences, nomination à la tête d'instituts prestigieux (Institut Kourtchatov) de personnalités plus connues pour être dans le premier cercle du pouvoir que pour leurs recherches, création d'un Fonds russe pour la recherche unifié, multiplication des obstacles administratifs à la coopération scientifique internationale, augmentation considérable du budget de la défense – une situation qui, pour certains analystes, rappelle celle de l'URSS dans les années 1980 (Klochikhin, 2012).

14 La science russe contemporaine : ce que nous apprend la bibliométrie

L'analyse bibliométrique permet de mieux cerner l'évolution récente de la science russe. Nous privilégierions ici la source internationale la mieux connue : le *Web of Science*. Certes, il ne recense qu'une partie de la production d'articles scientifiques en

Russie (on estime parfois à 10 % son taux de couverture de l'activité de publication scientifique du pays) mais c'est la source qui permet les comparaisons internationales les plus solides. Et ce qui frappe, c'est le déclin continu du pays dans un contexte où la science mondiale se développe. En chiffres absolus, le grand déclin est observé entre 1990 et 1993 (passage de 40 000 articles par an à 25 000). Mais par la suite, qu'il s'agisse de la fin de la décennie 1990 ou des années 2000, le nombre d'article publié ne décolle plus : il reste stabilisé entre 25 000 et 28 000 unités (Markova *et al.*, 2014). De ce fait, comme le contexte général est celui d'un développement continu de la science mondiale (et, corrélativement, d'une croissance régulière du nombre d'articles publiés dans le monde et recensés par le WoS), la contribution en pourcentage de la Russie à la production scientifique mondiale est en recul constant : on pouvait l'estimer à 5,1 % en 1987, puis 3,5 en 1997 et enfin à 2,2 en 2007 (Grossetti *et al.*, 2013a). La Russie est le seul pays de grande tradition scientifique à connaître un tel recul ; c'est aujourd'hui le 15e pays du monde (Grossetti *et al.*, 2013b).

Cette spirale de stagnation, et de déclin par rapport à sa position historique, s'accompagne de traits géographiques particuliers. La géographie de la production d'articles scientifiques en Russie est caractérisée par le poids des très grands centres urbains : le degré de concentration métropolitaine dans ce pays, évoqué au chapitre 2 du même ouvrage, est très important. Ce fait est structurel et ancien : déjà en 1989, Moscou rassemblait 49 % des publications de l'URSS finissante (Marchakova-Chaïkevitch, 1995, citée par Kovalëv, 2002). Dans un article de 2006, B. Milard et M. Grossetti observent aussi une forte concentration spatiale de la production d'articles, cette fois-ci dans le contexte de la jeune Fédération de Russie indépendante : pour la période 1992-1994, la région de Moscou au sens large (ville et région administrative environnante) concentre 59,5 % du nombre total d'articles. Le fait majeur de la décennie 1990 est la diminution du poids relatif de Moscou : au début des années 2000, la première région scientifique du pays ne pèse plus que 49,7 % du total national (*ibid.*). La crise très importante de la période correspond donc à une très significative déconcentration de la production scientifique. La situation s'est à peu près stabilisée dans les années 2000 après ce mouvement de déconcentration : en 2012 la contribution de Moscou était à peu près de 47 % (Markova *et al.*, *op. cit.*).

La carte ci-dessous montre la forte concentration géographique de la recherche russe, et le rôle éminent de trois villes principales : outre Moscou, Saint-Pétersbourg et Novossibirsk (figure 1). Les deux premières sont les capitales historiques de la science nationale, tandis que la place de Novossibirsk est le fruit de deux événements plus récents : le développement de la science sibérienne à partir des années 1930 et surtout des années de guerre (voir *supra*), puis aussi le dynamisme qui caractérise cette ville depuis 1990. C'est une singularité dans le contexte postsoviétique : sa production d'articles est en 2012 le double de ce qu'elle était en 1990, et sa contribution au total national double également, de 5 à 10 % (*ibid.*). D'autres villes plus petites connaissent aussi une dynamique positive, ce qui voudrait dire que le contexte de crise et les réformes ont pesé plus durement sur le milieu de la recherche moscovite et pétersbourgeois.

FIGURE 1 – La production d'articles scientifiques en Russie (2006-2008)

Le tableau ci-dessous (tableau 2) précise la vision d'ensemble de la carte. On remarque que la liste des principaux centres scientifiques actuels est loin d'épouser la hiérarchie urbaine : certaines grandes métropoles d'un million d'habitants, Volgograd par exemple, Perm ou Samara n'apparaissent pas ici. On voit par contre le rang très honorable de petites villes spécialisées : ainsi Tchernogolovka, commune de 20 000 habitants qui, dans l'orbite de Moscou (elle n'est distante que de 60 km du Kremlin), a une contribution supérieure en termes de publication à Volgograd, pourtant ville de plus d'un million d'habitants et dotée de surcroît d'un nombre important d'établissements d'enseignement supérieur !

La singularité de la situation russe se retrouve aussi dans la structure des collaborations internationales. La modification radicale de la situation de la science russe depuis les années 1990 a provoqué une hausse très sensible des collaborations avec l'extérieur, que l'on mesure ici par les cosignatures d'articles de chercheurs de pays différents.

On peut voir les dix premiers liens de collaboration des trois principales villes scientifiques russes (tableaux 3-5). Les liens internes à la Russie sont très importants dans tous les cas. Le lien de proximité de Moscou avec son satellite Tchernogolovka nous fait penser que, fonctionnellement, cette petite *naoukograd* fait partie de l'ensemble moscovite. Moscou a une structure de collaborations assez européenne (seule New York apparaît comme lien à longue portée). La situation de Saint-Pétersbourg est encore plus européenne, marquée par les proximités scandinaves (Finlande) et centre-européennes (Allemagne et Biélorussie). Pour Novossibirsk, les collaborations russes (hors Moscou) sont plutôt dans l'Oural et en Sibérie, et les collaborations à plus longue portée sont très variées (Europe occidentale, Asie, Amérique du Nord).

Tableau 2 – Les treize principales villes publiantes de Russie. Articles 2006-2008 (moyenne mobile)

Villes	Nombre	Pourcentage du total national
Moscou	10 465	43,9
Saint-Pétersbourg	3 111	13,1
Novossibirsk	1 879	7,9
Ekatérinbourg	779	3,3
Nijni-Novgorod	556	2,3
Tomsk	536	2,3
Kazan	469	2
Irkoutsk	436	1,8
Tchernogolovka	409	1,7
Vladivostok	394	1,7
Doubna	311	1,3
Saratov	307	1,3
Oufa	301	1,3

Tableau 3 – Collaborations scientifiques de Moscou (moyenne 2006-2008)

Saint-Pétersbourg	384
Tchernogolovka	236
Paris	189
Novossibirsk	188
Berlin	136
Nijni Novgorod	101
Munich	97
Ekatérinbourg	85
New York	80
Francfort-Mayence-Darmstadt	79

Tableau 4 – Collaborations scientifiques de Saint-Pétersbourg (moyenne 2006-2008)

Moscou	384
Berlin	70
Paris	69
Helsinki	50
Novossibirsk	42
Dresde	40
Ruhr-Dusseldorf	40
Francfort-Mayence-Darmstadt	38
Minsk	35
Tokyo	29

Tableau 5 – Collaborations scientifiques de Novossibirsk (moyenne 2006-2008)

Moscou	188
Irkoutsk	44
Saint-Pétersbourg	42
Berlin	36
Tomsk	34
Göteborg	32
Ekaterinbourg	27
Paris	22
Séoul	15
New York	15

Dans l'ensemble (et c'est ce qui apparaît aussi dans le graphique mondial des collaborations, présenté dans le chapitre 2, figure 3), la Russie se situe plutôt dans un contexte de collaborations européennes dominantes. Il est frappant de voir que, tel quel, l'espace de l'URSS a pratiquement disparu des principaux liens de collaboration, y compris Kiev et les villes ukrainiennes.

Pour ce qui est des relations internes au pays, aux coopérations scientifiques entres villes russes, la figure suivante (figure 2) montre le rôle polarisant de Moscou et l'importance de l'axe Moscou-Saint-Pétersbourg. Mais on observe quelques effets régionaux intéressants : Novossibirsk a des collaborations de deux niveaux : avec les villes

principales du réseau d'une part (les deux capitales scientifiques de l'ouest du pays), et d'autre part dans son environnement ouralien (Ekaterinbourg) et sibérien (Tomsk, Irkoutsk). Certaines proximités géographiques semblent donc jouer dans la structure de ce réseau national.

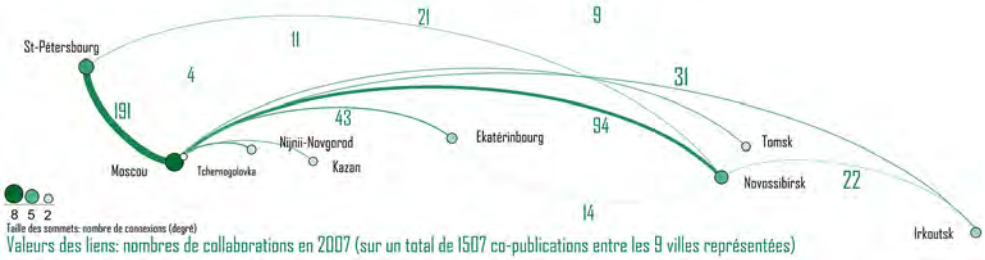

FIGURE 2 – Réseau de collaboration des villes russes en 2007. *Source : SCI Expanded (articles, recensions et lettres), moyenne mobile sur 3 ans. Conception et réalisation Marion Maisonobe*

Pour conclure, la Russie, qui a réellement connu un épisode de déclin marqué de son activité scientifique, s'est en même temps intégrée à l'espace mondial des collaborations de recherche. Le désintérêt de l'État pour ce secteur, malgré des affirmations réitérées de l'importance de la recherche pour le pays, la recomposition institutionnelle toujours inachevée mais qui semble aller vers la liquidation du modèle historiquement construit d'une recherche impulsée par l'Académie des Sciences, portent en germe de nouvelles adaptations à court terme, éventuellement douloureuses, pour la science russe.

Conclusion

Il serait évidemment vain de vouloir résumer l'évolution d'un système scientifique sur les quatre siècles couverts par ce chapitre, entre les balbutiements du XVIIe siècle, la puissance de la science soviétique dont les progrès font la fierté du régime communiste vers le milieu du XXe siècle, et enfin au travers des soubresauts et de la crise durable de la science dans la Russie contemporaine. Exercice un peu vain également du point de vue territorial, puisque le système académique et universitaire se construit d'abord dans l'espace du très vaste Empire russe, avec notamment ses grandes villes occidentales des confins, et que l'URSS organise ensuite la science en développant peu à peu des centres hors des « deux capitales » historiques que sont Moscou et Saint-Pétersbourg / Leningrad. La Russie contemporaine, au territoire réduit par rapport aux États antérieurs, se caractérise par des dynamiques confuses mais où l'on voit que la crise généralisée du système scientifique, la remise en cause du système pluriséculaire de l'Académie des Sciences, ne provoquent pas particulièrement de reconcentration de l'activité vers la capitale. Il n'en reste pas moins que l'histoire de ce système scientifique est aussi, dans ses développements récents, l'illustration de la grande fragilité d'une construction pourtant étalée sur des siècles, dès lors que l'État se désintéresse totalement d'un secteur où la notion de bénéfice à court terme (en termes de prestige comme de croissance économique) est pratiquement absente. La Russie est le contre-exemple tragique de la décadence rapide d'un système dès lors

que la volonté politique s'en détourne, dans un monde où au contraire la science, très généralement, est une activité en expansion.

Références

AGAFONOV N. (1995). Russkoe Geografičeskoe obestvo : 150 let. Moskva : РГО Progress. Pangeâ, 352 p.

Akademičeskoe delo : 1929-1931 gg. : Dokumenty i materialy sledstvennogo dela, sfabrikovannogo OGPU (1993-1998). 2 vyp. v 3 kn. SPb. : BAN, (297) (747) p.

ALFËROV Ž. (éd., 2003). Academic Science in Saint-Petersburg in the XVIII – XX centuries. Sankt-Peterburg : Nauka, 603 p.

ALFËROV Ž. (éd., 2010). The Academy of Science in the cultural history of Russia in the XVIII – XX centuries. Sankt-Peterburg : Nauka, 706 p.

ALIMOV A., TANASIJČUK V., STEPAN'ÂNC S. (2000). « Kollekcii Zoologičeskogo muzeâ RAN – sokroviše mirovoj nauki ». Vestnik RAN, t. 70, n° 1, p. 63-72

ÂROŠEVSKIJ M., éd. (1991-1994) Repressirovannaâ nauka. Vyp. 1-2. Leningrad, puis Sankt-Peterburg : Nauka, 1991-1994. (556) (320) p.

BASKAKOV, V. (1984). « Rossijskaja Akademija i ee rol' v razvitii russkoj filosofskoj mysli : K 200-letiju so dnja osnovanija ». Russkaja literatura, n° 1, p. 133-142.

BEKETOV, A. (1890). Istoričeskij očerk dvadcatipâtiletnej dejatel'nosti Vol'nogo èkonomičeskogo obŝestva s 1865 do 1890 g. St. Petersburg : tip. V. Demakova, 200 p.

BOGDANOV A. (2001). Moskovskaâ publicistika poslednej četverti XVII veka. Moskva : IRI RAN, 492 p.

BRIKNER A. (1878) « Patrik Gordon i ego dnevnik ». Žurnal Ministerstva narodnogo prosveŝeniâ, č. 196, p. 121.

CETKIN S. (1958). Iz istorii naučnoj mysli v Rossii : Nauka i učenye v Moskovskom universitete vo vtoroj polovine XIX veka. Moskva : Izd-vo AN SSSR, 278 p.

COUDERC M.-L., FRANCESCHI V. (2003). « La restructuration d'une ancienne ville fermée en Russie : la création de PME autour de l'Institut Vector à Koltsovo ». Revue *Région et Développement* n° 18-2003, p. 73-85

DAHAN DALMEDICO A., en collaboration avec GOUZÉVITCH I. (2004), « Early Developments of Nonlinear Science in Soviet Russia : The Andronov School at Gor'kiy ». Science in Context, vol. 17, n° 1 / 2, p. 235-265.

DEMIDOV S., LESIN B., éds. (1999). Delo akademika Nikolaâ Nikolaeviča Luzina. Sankt-peterburg : RHGI, 313 p.

DEZHINA I. (2011). « Développement de la R & D dans les universités russes », Russie. Nei. Visions n° 57, IFRI (février 2011).

GAVRILOVA E. (1971). « O pervyh proektah Akademii hudožestv v Rossii ». Russkoe iskusstvo XVIII-pervoj poloviny XIX veka : Materialy i issledovanija. Moskva : Iskusstvo, p. 219-228.

GNUČVA V. (1940). Materialy dlâ istorii èkspedicij Akademii nauk v XVIII i XIX vekah : Hronologičeskie obzory i opisanie arhivnyh materialov. Moskva ; Leningrad : Izd-vo AN SSSR, 310 p.

GOKHBERG L., ZAIČENKO S., KITOVA G., KUZNECOVA T. (2011). Naučnaâ politika : global'nyj kontekst i rossijskaâ praktika. Moscou : Izdatel'skij dom Vysšej Školy Èkonomiki. 310 p. ISBN : 978-5-7598-0791-9

GOUZEVITCH I. (1993). La mise en place de l'enseignement technique en Russie et les problèmes du transfert des connaissances au XVIIIe-XIXe siècle. Paris : Université Paris VIII, DEA en histoire des techniques, 163, 9, 5 p.

GOUZEVITCH I. (2001). Le transfert du savoir technique et scientifique et la construction de l'État russe (fin du XVe – début du XIXe siècle). Paris : Université de Paris VIII, thèse de doctorat, 2 vol., 932 p.

GOUZEVITCH D., GOUZEVITCH I. (2005). « Ingénieurs français et la construction et aménagement de Saint-Pétersbourg : Comité hydraulique (1816-1842) et Commission de projets et de devis (1820-1842) ». In La France et les Français à Saint-Pétersbourg : XVIIIe-XXe siècles : Actes du colloque. SPb : Evropejskij dom, p. 101-123, 263-285.

GOUZEVITCH I., GOUZEVITCH D. (2008). « L'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg : le tournant du XIXe siècle ». In CHALINE J.-P. (dir.). Les Académies en Europe XIXe-XIXe siècles. Paris : Ed. SHN, p. 37-66.

GRAHAM L.M., DEZHINA I.G. (2008). Science in the New Russia : Crisis, Aid, Reform. Bloomington, Ind. : Indiana University Press, xiii, 193 p. ISBN 978-0253219886

GRAKINA È. (2000). Učenye Rossii v gody Velikoj otečestvennoj vojny : 1941-1945. Moskva, IRI RAN, 386 p.

GRÈHÈM (GRAHAM) L., éd. (1991). Estestvoznanie, filosofiâ i nauki o čelovečeskom povedenii v Sovetskom Soûze. Moskva : Politizdat, 480 p.

GROSSETTI M., ECKERT D., JEGOU L., GINGRAS Y., LARIVIERE V., MILARD B. (2013a), « Cities and the geographical deconcentration of scientific activity : a multi-level analysis of publications (1987-2007) », *Urban Studies* ; ISSN 1360-063X, publié en ligne avant impression, DOI : 10.1177/004209801350604 7.

GROSSETTI M., ECKERT D., JEGOU L., MAISONOBE M., GINGRAS Y., LARIVIERE V., (2013b), « La diversification des espaces de production du savoir », CERISCOPE, ISSN 2115-4856 : http ://ceriscope. sciences-po.fr/puissance/content/part2/la-diversification-des-espaces-de-production-du-savoir.

GVISIANI D. (1977). « Naučno-tehničeskij potencial SSSR » in Bol'šaâ sovetskaâ ènciklopediâ, t. 24, kn.2. Moskva : Sovetskaâ ènciklopediâ, P. 282-285.

HARTANOVIČ M. (1999). Učenoe soslovie Rossii *:* Imperatorskaâ Akademiâ nauk vtoroj *četverti* XIX v. Saint-Petersbourg : Nauka, 223 p.

IIET RAN (2000). Letopis' Rossijskoj Akademii nauk, t. 1. Sankt-Peterburg : Nauka, 995 p.

INDIKATORY NAUKI (2013) : Statističeskij sbornik. Moscva : Nacional'nyj Issledovatel'skij Universitet : Vysšaâ Škola Èkonomiki, 2013, 400 p. ISBN 978-5-7218-1310-8

INDIKATORY NAUKI (2014) : Statističeskij sbornik. Moscva : Nacional'nyj Issledovatel'skij Universitet : Vysšaâ Škola Èkonomiki, 2014. 400 p. ISBN 978-5-9904918-3-0

KATSOUEVA-JEAN T. (2013). Les universités russes sont-elles compétitives. Paris : CNRS Éditions, IFRI, 315 p. ISBN : 978-2-271-07714-1

KISLICYN S. (1993). Šahtinskoe delo : načalo stalinskih repressij protiv naučno-tehničeskoj intelligencii v SSSR. Rostov-na-Donu : Logos, 109 p.

KLOCHIKHIN E.A. (2012) « Russia's innovation policy : Stubborn path-dependencies and new approaches ». Research Policy, n° 41, p. 1620-1630.

KOL'COV A. (1982). Razvitie Akademii nauk kak vysšego naučnogo učreždeniâ SSSR : 1926-1932. Leningrad : Nauka, 278 p.

KOL'COV A. (1997). Leningradskie učreždeniâ Akademii nauk SSSR v 1934-1945 gg. Sankt-Peterburg : Nauka, 192 p.

KOMKOV G., LEVŠIN B., SEMENOV L. (1974). Akademiâ nauk SSSR : Kratkij istoričeskij očerk. Moskva : Наука, 521 p.

KOMKOV G., LEVŠIN B., SEMENOV L. (1977). Akademiâ nauk SSSR : Kratkij istoričeskij očerk : V 2 t. T.1 : 1724-1917. Izd. 2e, pererab. i dop. Moskva : Nauka, 384 p.

KOPELEVIČ Û. (1973). « Franc Timerman i astronomičeskoe opredelenie dogoty Moskvy ». Priroda, n° 4, p. 90-93

KOPELEVIČ Û. (1977). Osnovanie Peterburgskoj Akademii Nauk. Leningrad : Nauka, 212 p.

KOVALEV I. (2002). Geografiâ mirovoj nauki. Moscou : Gardariki, 156 p. ISBN 5-8297-0103-0

KREMENTSOV N. (1997). Stalinist Science. Princeton : Chichester : Princeton University Press, 387 p.

KREMENCOV N. (2004). V poiskah lekarstva protiv raka : Delo « KR ». Sankt-Peterburg : Izd-vo RHGA, 326 p.

KUZAKOV V. (1976). Očerki razvitiâ estestvennonaučnyh i tehničeskih predstavlenij na Rusi v X-XVII vv. Moskva : Nauka, 316 p.

LEBINA B., éd. (1980). Očerki istorii organizacii nauki v Leningrade : 1703-1977. Leningrad : Nauka, 315 p.

Letopis' Rossijskoj Akademii nauk (2002). T.2 : 1803-1860. Saint-Pétersbourg : Nauka, 622 p.

LÛBIMENKO I. (1935). « Ob osnovanii Rossijskoj akademii ». Arhiv istorii nauki i tehniki, ser. I, vyp. 6. Moskva ; Leningrad, p. 97-115

MARKOVA Y., LARIVIERE V., GINGRAS Y. (2014), The transformation of the scientific production of the major Russian scientific cities (1990-2012), *manuscrit non publié*

MEDVEDEV Zh. (1978). Soviet Science. New York : W.W. Norton & C°, 262 p.

MIKULINSKIJ S.R., Ûškevič A.P. (1977). Razvitie estestvoznaniâ v Rossii : XVIII – načalo XX veka. Moskva : Nauka, 536 p.

MILARD B., GROSSETTI M. (2006), « L'évolution de la recherche scientifique dans les régions de Russie : déclin ou déconcentration ? », *M@ppemonde*, n° 81, ISSN 1769-7298 : http ://mappemonde.mgm.fr/num81/articles/art06105.html.

MOLEVA N., BELÛTIN E. (1956). Pedagogičeskaâ sistema Akademii hudožestv XVIII veka. M. : Iskusstvo, 520 p.

Narodnoe obrazovanie v Rossii : Istoričeskij al'manah (2000). Moskva : Народное образование, 393 p.

Organizacija i razvitie otraslevyh naučno-issledovatel'skih institutov Leningrada : 1917-1977 (1978). Leningrad : Nauka, p. 27-170.

OSTROVITATINOV K., éd. (1968). Organizaciâ nauki v pervye gody Sovetskoj vlasti (1917-1925) : Sbornik dokumentov. Leningrad : Nauka, 416 p.

PEKARSKIJ P. (1862). Nauka i literatura v Rossii pri Petre Velikom. 2 t. S.-Petersbourg, (VI, 579) (694, XXV) p.

POPOVSKIJ M. (1978). Upravlâemaâ nauka. London : Overseas publ. Interchange ltd., 317 p.

PULKOVSKOJ OBSERVATORII 125 LET : Sbornik statej. (1966). Moskva : Leningrad : Nauka, 109 p.

SEMENOV-ZUSER S. (1931). « Ot Petrovskoj kunstkamery k sovetskomu muzeû ». Vestnik AN SSSR, n° 6, col. 27-35.

SIMONENKOV V. (2011). « Šaraški » : Innovacionnyj proekt Stalina. Moskva : Èksmo : Algoritm, 190 p.

ŠINKARENKO P. (2005). Vozrôždennyj Feniks : očerki dejatel'nosti Vol'nogo Èkonomičeskogo obŝestva Rossii : 1765 – 2005, Москва : Vol'noe Èkonomičeskoe obŝestvo Rossii, 359 p.

SMIRNOV B., éd. (2003). Vlast' i nauka, učenye i vlast' : 1880-e – načalo 1920-h godov : Materialy meždunarodnogo naučnogo simpoziuma. S.-Peterburg : Dmitrij Bulanin, 530 p.

SMIRNOV R., éd. (1980). Estestvennonaučnye znaniâ v Drevnej Rusi. Moskva : Nauka, 184 p.

SMIRNOV S. (1855). Istoriâ Moskovskoj Slavâno-Greko-Latinskoj Akademii. Moskva : Tip. V. Got'e, 428.

SOBOLEVA E. (1983). Organizaciâ nauki v poreformennoj Rossii. Leningrad, Nauka, 263 p.

STANUKOVIČ T. (1953). Kunstkamera Peterburgskoj akademii nauk. Moskva ; Leningrad : Izd-vo AN SSSR, 240 p.

STARUŠENKO G., éd. (2001). Nauka i vlast' : Vospominaniâ učenyh-gumanitariev i obŝestvovedov. Moskva : Nauka, 320 p.

STEPANSKIJ A. (1987). Istoriâ naučnyh učreždenij i organizacij dorevolûcionnoj Rossii : Posobie po speckursu. Moskva : MGIAI, 87 p.

ÛSIN I. (2000). Obrazovanie v Moskve : Istoriâ i sovremennost'. Moskva : Izd-vo ob"edineniâ « Mosgorarhiv » Moskovskie učebniki, 416 p.

USTAVY AKADEMII NAUK SSSR (1975). Moskva : Nauka, 1975. 208 p.

VIZGIN V., éd. (1998-2003). Istoriâ sovetskogo atomnogo proekta : Dokumenty, vospominaniâ, issledovaniâ. Vyp. 1-3. Moskva : Ânus-k ; PHGI, (392) (655) (411) p.

VLASOV V. *et al.*, éds. (1950). Mehanika v SSSR za tridcat' let : 1917-1947. Moskva ; Leningrad : Tehteorizdat, 416 p.

VUCINICH A. (1965). Science in Russian Culture : A History to 1860. London : Peter Owen, 463 p.

VUCINICH A. (1970). Science in Russian Culture : 1861-1917. Stanford, California : Stanford University.

Enjeux et tensions entre science et développement au Maroc

Mina Kleiche-Dray et Kamal Mellakh

Introduction

Au Maroc, l'organisation et la structuration de la recherche scientifique ont débuté au milieu des années 1990 dans un contexte de réflexions générales du gouvernement sur le rôle de la recherche scientifique dans le développement économique et social du pays. La recherche marocaine n'avait à la suite de l'indépendance et pendant longtemps reçu ni soutien ni attiré l'attention du gouvernement pris par d'autres urgences. Elle s'était développée essentiellement à l'université avec le soutien de la coopération internationale, principalement sous la forme de soutenances (individuelles) de thèses. À partir des années 1995 la recherche se trouve engagée dans des enjeux liés à la fois à la modernisation industrielle du pays et à la réforme du système éducatif dans son ensemble. En filigrane se trouvent posée la question de sa fonction, et celle de son autonomie relative. Les années 1990 voient émerger au Maroc des discours d'une part sur l'insuffisante compétitivité de l'industrie nationale et d'autre part sur le profil non adapté des diplômés de l'enseignement supérieur au marché de l'emploi (Kleiche-Dray, 2006).

La crise énergétique du milieu des années 1970 et la mise en place des Plans d'ajustement structurels dans les années 1980 avaient poussé le gouvernement marocain à une diminution des dépenses publiques et à l'accélération de la libéralisation des échanges internationaux. Ce grand mouvement international de libéralisation des échanges économique de la fin des années 1980, avait placé la « compétitivité » des entreprises et des économies au centre des préoccupations politiques nationales. Parallèlement à ce soutien public à la modernisation industrielle, la science fit d'une part l'objet au milieu des années 1990, d'une timide tentative du premier gouvernement de gauche pour la création d'un « système national de recherche » *autonome*. Et d'autre part, les activités scientifiques essentiellement développées dans les universités eurent à chercher leur

place dans la Réforme générale de l'éducation et plus spécifiquement dans la mise en place du modèle européen *LMD* (Licence-Master-Doctorat). C'est dans l'évolution de ce contexte que s'inscrivent les différentes tentatives du gouvernement marocain d'organiser, de structurer et de coordonner les activités et les productions scientifiques. Trois orientations gouvernementales ont alors commencé à se dessiner : soutenir une recherche *autonome* telle qu'elle avait été développée depuis l'indépendance, faire de la recherche un soutien pour la formation dans les établissements d'enseignement supérieur et/ou faire de la recherche *un levier pour le développement économique*. Aujourd'hui ces orientations portées par une diversité d'acteurs aux perceptions, actions, motivations différentes, persistent et posent la question de la fonction de la science au Maroc.

Dans notre texte, après une description de l'état des lieux des activités scientifiques aujourd'hui au Maroc, nous inscrirons leurs singularités dans leurs origines et leurs recompositions historiques depuis l'indépendance. Puis nous analyserons les débuts, la mise en place et les effets des politiques publiques sur les lieux de pratiques scientifiques depuis la fin des années 1990 pour comprendre les enjeux et les jeux d'acteurs multiples qui au niveau national et international reconfigurent la place des activités scientifiques au Maroc.

1 État des lieux

1.1 Les institutions de science aujourd'hui au Maroc : organisation et coordination

Comme nous l'avons montré dans nos travaux précédents, la recherche scientifique marocaine s'est institutionnalisée et professionnalisée dans les années 1980 (Kleiche-Dray, 2003, 2008). Elle s'est développée depuis l'indépendance à l'intérieur des universités principalement grâce aux enseignants-chercheurs motivés par l'obtention puis l'encadrement de thèses d'État, rompus aux standards internationaux et soutenus par la coopération internationale. Aujourd'hui la recherche scientifique marocaine possède un personnel universitaire et quelques centres dans des domaines scientifiques spécifiques, des instruments de coordination, des équipements, un budget et des valeurs ancrées dans le monde universitaire.

Selon les statistiques 2010 du MESRSFC [1], le Maroc compte seize universités réparties sur le territoire (Annexe, tableau 1) rassemblant cent douze établissements universitaires (72 facultés, 34 écoles, dont 16 écoles d'ingénieurs) et six instituts universitaires de recherche scientifique. On compte également cinq universités privées créées au cours des dernières années respectivement à Casablanca, Rabat, Marrakech, Fès et Agadir. Le nombre des écoles supérieures privées s'élève aujourd'hui à deux cent trente. Ces écoles forment en majorité dans le domaine du commerce, de la gestion, du management et de la communication (71 %). S'y ajoutent soixante et un établissements dits de « formation de cadres » (hauts techniciens ou cadres intermédiaires dans les domaines scientifiques et techniques, mais aussi juridiques, économiques et pédago-

1. La majorité des chiffres de cette section sont issus des statistiques du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche scientifique et de la Formation des cadres. Par ailleurs les autres sources seront aussi citées.

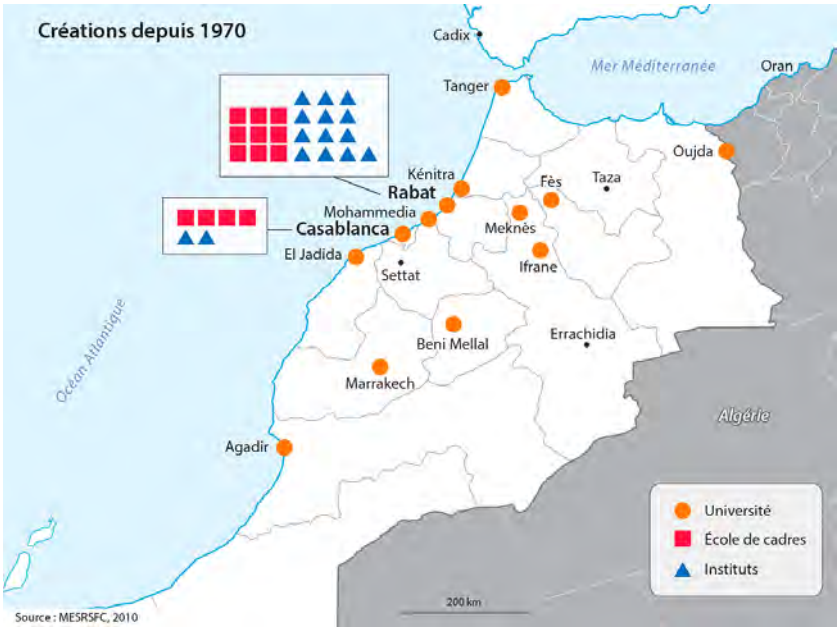

FIGURE 1 – Répartition des institutions d'enseignement supérieur et de recherche

giques – Annexe, tableau 2). Ces écoles contribuent à la production scientifique avec leur style propre (plus tourné vers « l'ingénierie »). Elles comprennent vingt-trois écoles normales supérieures à caractère pédagogique ; quatorze établissements relevant des sciences administratives, économiques, juridiques et sociales ; vingt-quatre écoles d'ingénieurs. Tous ces établissements sont sous la tutelle d'une Direction spécifique du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche scientifique et de la Formation des cadres (MESRSFC).

Le dispositif se complète avec vingt centres de recherche publics produisant une recherche orientée par les différents départements ministériels qui en ont la tutelle (Agriculture, Énergie et Mines, Commerce et Industrie, etc.). En outre, certaines grandes entreprises ont leur centre de R & D interne (Annexe, tableau 3) (figure 1).

37 246 personnes sont impliquées en principe dans les activités de R & D dont 13 230 sont enseignants-chercheurs exerçant en très grande majorité à l'Université (pour 11 746 d'entre eux), alors qu'à peine plus de 1 % sont chercheurs à plein-temps (exerçant principalement dans les Centres de recherche), et environ 4.6 % préparent un doctorat. Parmi les enseignants-chercheurs, 47,48 % sont titulaires d'un doctorat et 9,66 % sont ingénieurs. On peut noter que 60 % des enseignants-chercheurs ou chercheurs dans les établissements d'enseignement supérieur public travaillent dans le domaine des sciences, technologie et sciences de l'ingénieur, 40 % dans les SHS. La plus grande proportion se répartit entre Rabat, Casablanca, Marrakech et Fès (figure 2).

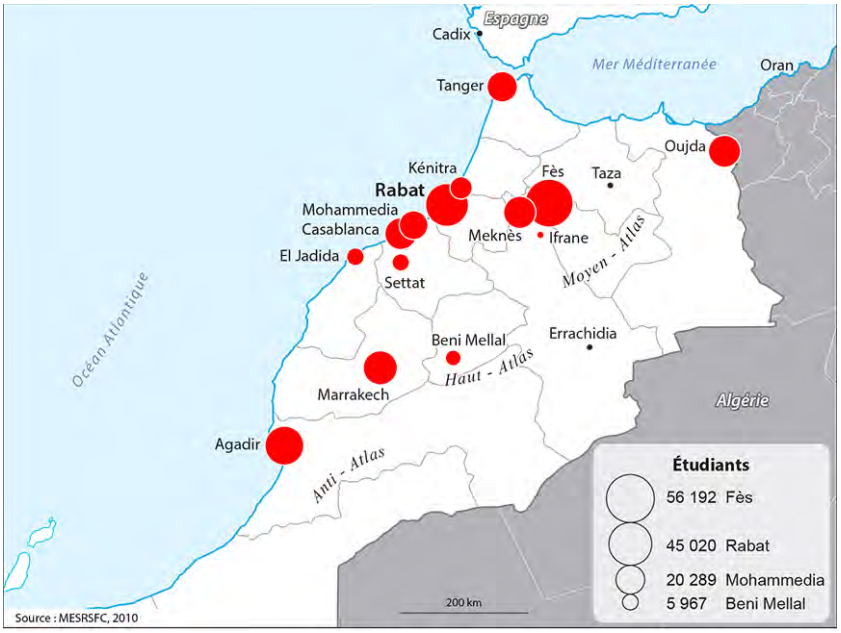

Figure 2 – Nombre et répartition des étudiants

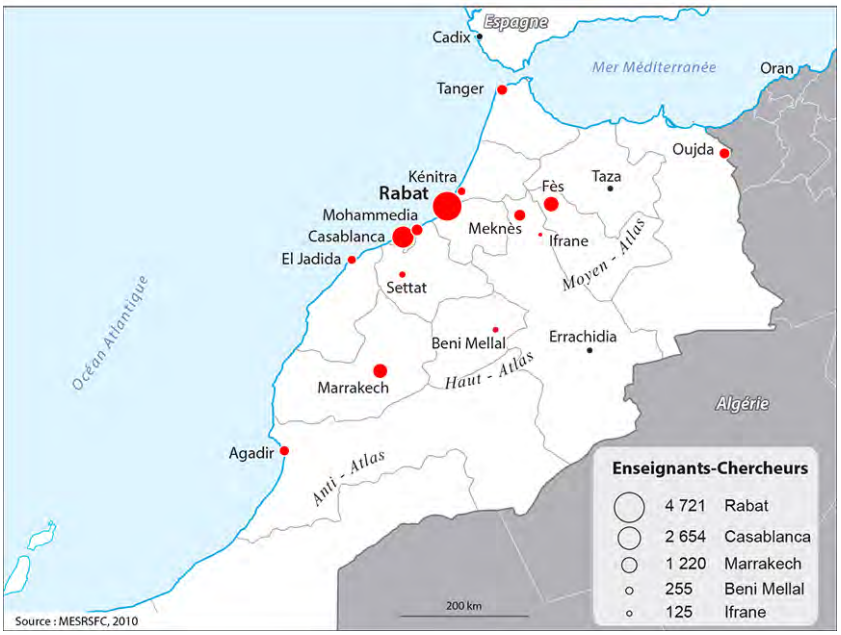

Figure 3 – Nombre et répartition des enseignants-chercheurs

Il faut noter cependant qu'il y a un écart important entre ce « potentiel théorique » et le personnel effectivement engagé dans la recherche. Nos études ont montré qu'une part notable des « enseignants-chercheurs » ne font pratiquement pas de recherche, tandis que partie des personnels de centres de recherche privés (et même publics) sont largement retenus par des tâches de pure ingénierie. Les résultats en termes de publications mondialement indexées confirment cette observation et laissent à penser qu'en termes d'Equivalent plein-temps (EPT), le potentiel mobilisé est de l'ordre d'un tiers du potentiel théorique. Des voix convergentes s'élèvent au Maroc même pour souligner la démotivation et le manque d'incitations à la recherche en particulier chez les enseignants.

De 1999 à 2010, la communauté scientifique marocaine n'a publié que 16 120 articles. Sur 2 117 articles publiés en 2009, 52 % appartiennent aux domaines de la physique, 24 % dans les sciences de la santé, 20 % dans les sciences de la vie et 4 % dans les sciences sociales (IMIST, 2010). L'étude réalisée sur les SHS en 2009 (Cherkaoui, 2009) a montré que 55 % des enseignants-chercheurs dans ce domaine n'avaient jamais publié. De plus en 2006, le Maroc n'occupe plus la 3e place dans le classement de la production scientifique du continent africain comme en 2003 derrière l'Afrique du Sud et l'Égypte, mais la 6e position derrière la Tunisie, l'Algérie, le Nigeria et le Kenya. En 2010, le Maroc a publié 2 377 articles référencés dans la base de données Scopus alors que l'Algérie, la Tunisie et l'Égypte y ont respectivement publié, 2 998, 4 547 et 8 894 papiers [2].

En ce qui concerne les brevets, l'Office marocain de la propriété industrielle et commerciale (OMPIC) a reçu en 2012, 1 017 demandes de brevets dont 196 de la part des nationaux et 821 provenant des étrangers. Les universités ont déposé 58 demandes et les institutions de recherche appliquées, 61 dont la plupart provenant de la fondation Mascir (« Moroccan Science, Innovation and Research Foundation »). Nous constatons la prédominance de brevets déposés par les étrangers. Dans les dépôts marocains, près de 75 % sont effectués par des inventeurs individuels contre 25 % par les entreprises et les universités (ministère de l'Industrie et de Commerce, 2013).

En 2010, on compte 448 358 étudiants dans l'ensemble de l'enseignement supérieur – 309 327 à l'université, 22 277 dans les écoles de formation des cadres, 35 118 dans l'enseignement supérieur privé – environ 9 000 étrangers. Le ratio est de 14 étudiants pour 1 000 habitants, 47 % des étudiants sont des femmes (Académie des sciences et de la technologie Hassan-II, 2012) et la plus grande proportion des ces étudiants est localisée principalement à Fès, Casablanca, Rabat et Marrakech. En effet, malgré la politique de décentralisation initiée par le roi Mohamed VI en 2008, Rabat, Casablanca et Marrakech restent les trois régions [3] les plus dynamiques en termes de recherche et d'activités économiques et industrielles (figure 3).

Parmi ces étudiants, 39 381 sont inscrits en 3e cycle, dont 19 195 en Master et 20 186 en doctorat et représentent ainsi une force importante en dehors des chercheurs de

2. Ce qui positionne le Maroc avec une participation à la production scientifique mondiale de 0,116 % derrière ses voisins nord-africains : la participation de la Tunisie étant de 0,208 %, celle de l'Algérie de 0,135 % et celle de l'Égypte de 0,425 %.

3. Le Maroc est divisé en 16 régions administratives incluant 68 provinces et préfectures.

métier. C'est dans le domaine des sciences qu'ils sont les plus nombreux avec 7 490 dans le domaine des sciences, des techniques et des sciences de l'ingénieur, 5 981 en sciences humaines et sociales et sciences de l'éducation, 5 797 dans les sciences juridiques, économiques et sociales, de commerce et de gestion ; 1 875 dans les sciences médicales.

Dans la gestion des infrastructures, des ressources humaines et des activités scientifiques, les financements publics sont les plus importants. Mais la participation du privé a commencé à faire une apparition non négligeable ces dix dernières années. La part principale de ce financement se trouve dans un *budget de la « recherche »* attribué au MESFCRS chaque année. S'y ajoutent des financements publics exceptionnels comme Le Plan d'Urgence (2009-2012) dont il sera question plus loin.

On peut distinguer les attributions selon leurs modalités : des dotations de fonds non compétitives sont attribuées chaque année par l'État aux différents établissements universitaires et écoles de formation de cadres. Le plus clair et la plus grande part du budget « recherche » de l'État consiste en outre à servir une prime conséquente, dite « de recherche », en réalité versée à tous les enseignants à titre individuel – qu'ils fassent ou non de la recherche. Pour ce qui est d'un financement plus ciblé de l'activité et de son fonctionnement, on mentionnera les dotations incitatives appuyant la politique de recherche proprement dite, elles sont souvent gérées par des agences telles que le CNRST (Centre National de la Recherche Scientifique et Technique) ; les financements « stratégiques », cofinancés par divers ministères, sont adressés à des acteurs qui ne sont pas tous chercheurs (mais aussi à des entreprises, en vue d'innovations, ou à des dispositifs de liaison recherche-société) ; les financements privés sont généralement contractuels, ou sont réalisés par la R & D interne de la firme.

En 2010, les dépenses en R & D ont été de 253 millions d'euros dont 45,28 % proviennent du secteur public, 29,23 % du secteur privé et 23,08 % des Centres de recherche publics. Ces dépenses représentent 0,73 % du PIB ce qui est loin des 1 % qui devaient être atteint en 2010 dans la vision Horizon 2025. Cependant, on note une nette progression de la participation du secteur privé qui est passée de 12 % à presque 30 % entre 2006 et 2010 (l'Académie des sciences et de la technologie Hassan-II, 2012).

Le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche scientifique et de la Formation des cadres avec en son sein la Direction des sciences et la Direction de la technologie, est en principe le principal coordinateur de la recherche. Il a sous sa tutelle directe le principal vivier de la recherche sur le plan des effectifs humains et gère les infrastructures de base (MARWAN, IMIST, UATRS, Campus, etc.). Il est en charge du secrétariat du « Comité permanent interministériel » qui est l'organe gouvernemental édictant la politique nationale de la recherche.

Il communique avec les ministères techniques et leurs services, ou directions spécialisées.

Il prend l'avis d'un grand nombre de conseils ou de commissions nationaux (l'Académie des sciences et techniques Hassan-II, le Conseil supérieur de la recherche scientifique, le Conseil supérieur de l'enseignement, la Commission de coordination des

universités, la Conférence des présidents d'universités, la Commission nationale d'évaluation, et certaines commissions *ad hoc*).

Il a l'appui de son agence (le Centre national de recherche scientifique et technique joue ce rôle, sous sa tutelle), mais il est aussi en lien avec d'autres agences ou fondations à vocation connexe : ainsi l'association R & D Maroc, l'Office marocain de la propriété intellectuelle (OMPIC), l'Agence nationale pour les petites et moyennes entreprises (ANPME) et le Centre marocain d'innovation (CMI).

Récemment (est-ce une concurrence ?), dans le cadre de l'Initiative Maroc Innovation, un nouveau Comité interministériel a vu le jour en parallèle : celui de l'innovation et de la recherche industrielle (nous reviendrons sur sa création dans notre section 2.3).

1.2 Origine, structuration et évolution (1956-1996)

Ces infrastructures et cette organisation de la recherche « moderne » s'appuient principalement à la fois sur *le legs* colonial (stations agricoles expérimentales, centre de recherche médical, disciplines privilégiées, agriculture, santé ; un modèle d'organisation et peut-être une conception de la recherche) et sur une volonté nationale de former un personnel doté d'une formation supérieure pour remplir les fonctions de cadres administratifs au moment de l'indépendance.

Durant la mise sous protectorat du Maroc par la France, comme dans le reste de l'Empire colonial français, la recherche scientifique a consisté essentiellement en l'inventaire des ressources naturelles et la collecte de données sur la population marocaine. Elle a été réalisée par les services techniques du Protectorat dans quelques centres de recherche appliquée principalement dans les domaines de la santé et de l'agriculture (les Instituts Pasteur de Tanger puis de Casablanca, le Centre expérimental agricole) (Kleiche, 2000 : 15-16) (Annexe, tab. 3).

Du côté de la formation, un Centre d'études juridiques à Rabat et à Casablanca ouvre en 1928 pour former des licenciés en droit, puis en 1945 un Centre d'études supérieures scientifiques et une École d'agriculture à Meknès, pour former des techniciens agricoles. Enfin dans les années 1950, sont créées l'École marocaine d'administration à Rabat, ainsi que trois écoles d'agriculture de niveau secondaire (elles forment des « moniteurs », chargés de vulgarisation).

Fermés de fait aux Marocains (« musulmans »), du moins au départ, ces établissements (figure 4) sont destinés principalement à former les adjoints techniques dont la colonisation a besoin [4].

Aussi au moment de l'Indépendance, alors que la plupart des techniciens coloniaux quittent le pays, le Maroc dispose à peine d'une centaine d'ingénieurs (dont moitié en agriculture), d'une vingtaine de médecins et de six pharmaciens (Laberge, 1987) formés à l'extérieur. Le gouvernement marocain se retrouve donc en charge de toutes sortes d'infrastructures dont le fonctionnement est compromis par l'absence de cadres : qu'ils soient administratifs, scientifiques ou techniques. Sur le modèle français et em-

4. Il faut ajouter que le Maroc disposait, avant la colonisation déjà, d'un enseignement supérieur musulman. Celui-ci ne fut pas supprimé. Mais il resta enfermé dans un système de recrutement propre, déconnecté de toute formation à l'emploi, et de tout enseignement des sciences « modernes ». Voir Kleiche-Dray, 2003.

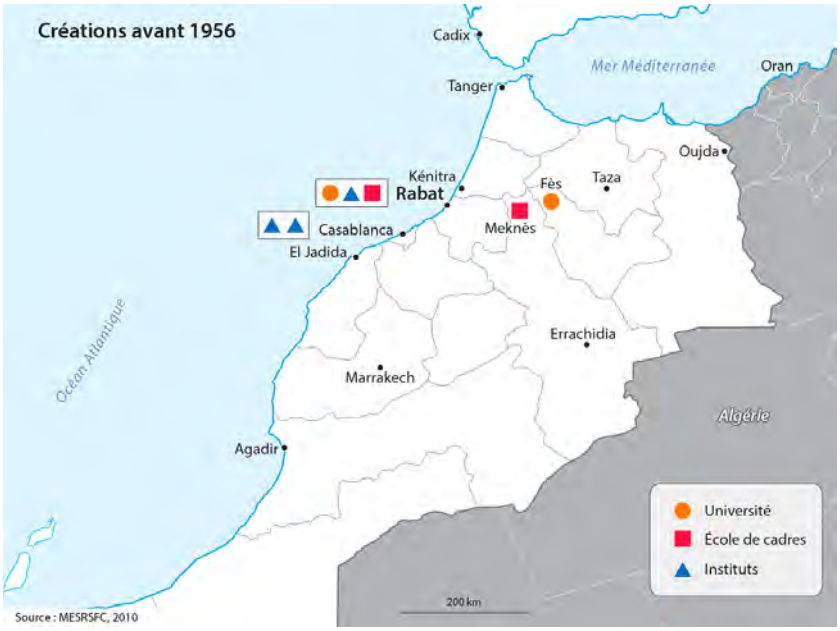

FIGURE 4 – Institutions d'enseignement supérieur et de recherche au Maroc avant 1956

ployant des coopérants français, qui y enseignent, l'Institut des hautes études marocaines (recherches en sciences humaines et sociales), le Centre d'études supérieures scientifiques et le Centre d'études juridiques sont fusionnés au sein d'une Faculté des lettres en 1957. L'Institut scientifique chérifien (recherches en sciences naturelles) est intégré pour sa part à la Faculté des sciences. Les deux facultés forment l'université Mohamed-V. La formation des cadres techniques débute plus tard avec la création de l'École Mohammadia des ingénieurs en 1961 et l'Institut agronome et vétérinaire Hassan-II en 1963-1966 : prestigieuses et de grande qualité, elles n'arrivent pas jusque dans les années 1970 à combler le déficit en ingénieurs (tableau 1).

Dès le milieu des années 1970, dans un contexte économique et politique fortement dégradé (baisse du prix des phosphates, la principale exportation), sous le coup des chocs pétroliers, puis dans les années 1980, sous la contrainte de plans d'ajustement structurel imposés par le FMI et limitant les dépenses d'État, le gouvernement doit à la fois répondre à une forte demande d'éducation, qui s'oriente vers les lettres, et aux besoins des grands services publics et d'une base industrielle qui s'élargit, réclamant des compétences nouvelles.

Tableau 1 – Répartition des étudiants marocains par filières d'enseignement : années 1960

	Sciences	Médecine	Génie	Agronomie	Lettres et Droit
1964-1965	12 %	10 %	4 %	1 %	63 %
1969-1970	4 %	11,9 %	2,6 %	2 %	79,5 %

Source : Laberge (1987)

Confronté à de l'agitation à l'université (que nourrit la question de l'arabisation), le gouvernement opte alors d'un côté pour la multiplication des facultés en province, dotées de faibles moyens et la création de nouvelles « écoles de cadres », inspirées du modèle des grandes écoles françaises : sélectives à l'entrée, beaucoup plus densément encadrées, bilingues (voire uniquement francophone), avec des filières spécialisées (commerce, génies divers, eaux et forêts, etc.) et sous la tutelle de différents ministères (hors Éducation nationale). Les aides provenant de fonds de coopération, bilatéraux ou internationaux, sont dirigées préférentiellement vers cette nouvelle filière de formation. Le plan quinquennal de 1973-1977, qui encourage les investissements privés et cherche à moderniser les secteurs susceptibles de rapporter des devises, s'appuie sur ce dispositif pour former les cadres nécessaires à la réalisation des nouveaux projets de développement, agricoles et touristiques.

En 1975 une loi est promulguée, qui organise l'enseignement supérieur. Les nombreuses facultés créées en dehors de Rabat et rassemblées dès 1975 sous la tutelle du tout nouveau ministère de l'Enseignement supérieur ont principalement vocation à l'enseignement ; et le gouvernement n'y stimule nullement la recherche. Cependant les enseignants chercheurs sont dotés d'un statut. Malgré la mise en place du Plan d'ajustement structurel qui entrave les recrutements, gèle les salaires et les promotions, en 1988, la rémunération des enseignants-chercheurs est fortement améliorée par l'attribution de primes (« encadrement pédagogique » et « de recherche »). En même temps la forte croissance des effectifs étudiants induit celle du corps enseignant et celle du réseau des universités. La massification n'est pas une illusion. Le nombre d'étudiants passe de 25 000 (en 1975) à 50 000 (en 1980), 100 000 en 1985 et 200 000 en 1990. L'université recrute. En moins de quarante ans, le nombre des enseignants d'université est passé d'une centaine à 10 000. Il a donc été multiplié par 100 (tableau 2). La conséquence sur la recherche est ambiguë. Le nombre des enseignants-chercheurs s'amplifie mais leur charge pédagogique leur laisse peu de temps pour la recherche. En outre l'université conçoit toujours la formation comme sa mission principale voire exclusive. La « recherche » n'y apparaît que comme subordonnée, ou comme une affaire privée (une question personnelle de gestion de carrière, la détention d'une thèse étant requise pour accéder aux grades supérieurs).

Tableau 2 – Évolution du nombre d'étudiants et d'enseignants dans les établissements universitaires au Maroc (1955-2000)

Années universitaires	Nombre d'étudiants	Nombre d'enseignants-chercheurs
1955-1956	1687	0
1960-1961	5117	172
1970-1971	14808	488
1980-1981	86844	2490
1990-1991	206725	6437
1998-1999	249253	9867

Source : ministère de l'Enseignement supérieur : http ://www.dfc.gov.ma/

Avec la pleine « marocanisation [5] », l'entrée en lice de nombreux jeunes enseignants, exposés à la recherche lors de leurs récentes études doctorales ou postdoctorales, et le lancement de formations de troisième cycle, la production scientifique marocaine devient visible. Certes le rôle des coopérations est essentiel dans la « montée en puissance » observée et influence très fortement le choix des sujets traités qui dérivent largement du choix des collaborateurs étrangers (ou plutôt des opportunités de financement extérieur qu'ils savent conquérir).

Hors université, plusieurs types d'acteurs s'ajoutent au potentiel de recherche. Ce sont évidemment les Centres de recherche à mission, développant une recherche « orientée » (halieutique, agronomique, sismique, etc.) par les ministères techniques et quelques grandes entreprises publiques qui ont aussi créé leurs propres Services et parfois leurs Centres de recherche-développement dans plusieurs domaines (l'énergie, les technologies nucléaires, la télédétection, les mines, et surtout les phosphates où la grande entreprise paraétatique qu'est l'Office chérifien des phosphates a établi assez tôt un Centre de R & D interne très bien équipé : le CERPHOS...) (Annexe, tableau 3). Des écoles, toujours de qualité et parfois prestigieuses, sont créées en plusieurs vagues (autour de 1970, de 1980, de 1990), sous tutelle de ministères techniques (mais aussi parfois au sein de l'université) (Annexe, tableau 2). Une tendance apparaît en certains secteurs (agriculture, énergie), pour construire un conglomérat de telles institutions, incluant des écoles, des institutions de recherche appliquée et des centres de recherche-développement, susceptibles d'évoluer en « pôles technologiques ».

Ces centres de recherche appliquée emploient des chercheurs à plein temps, souvent contractuels. Ils sont souvent mieux équipés que l'université, et mieux dotés en moyens de fonctionnement. On attend d'eux des résultats d'application plus sûre et plus immédiate qu'on ne l'exige de recherches universitaires supposées exploratoires ou à visée pédagogique.

5. Sur les 9 600 enseignants du supérieur en 1996-1997, moins de 1 % sont étrangers.

Ainsi la *dualité* construite dans l'enseignement supérieur, entre université et écoles de formation des cadres, se retrouve aussi *dans la recherche entre un secteur « académique » et un secteur « technologique »*.

Nous voyons donc que l'organisation des recherches s'est développée spontanément avec l'expansion du système de formation. Aucun texte n'organise la recherche dans son ensemble. Aussi dans l'université au Maroc au milieu des années 1990, se trouvent en grande majorité des groupes informels de recherche dans les départements d'enseignement. Leur existence repose sur un enseignant-chercheur, parfois soutenu par quelques disciples ou un petit groupe aux ressources limitées. Les budgets consacrés à la recherche scientifique étaient essentiellement à la charge des universités. Celles-ci affectaient de l'ordre de 10 % de leurs ressources (hors traitement du personnel) au financement des activités de recherches. En général le leader d'un petit groupe est connecté à des réseaux étrangers construits lors de sa formation universitaire et/ou grâce à des séjours scientifiques à l'étranger (généralement en Europe et plus particulièrement en France).

Mais est-il possible qu'un nouveau contexte fasse converger les deux styles de sciences ? Est-il possible de faire converger intérêts économique et éducation ? Quel est l'intérêt des chercheurs, quelles initiatives les autorités peuvent-elles prendre (quand pendant longtemps ni les uns ni les autres n'ont su ou voulu s'y prêter) ? Ce n'est pas une question d'école : mais celle que des développements ultérieurs permettent d'analyser. C'est le nouveau paradoxe d'une recherche spontanément développée, brusque objet d'intentions régulatrices. En effet dans les années 1990, la volonté de participation à une économie de marché plus compétitive et la perspective de l'association à l'espace économique européen mettent au premier plan les exigences de qualité en matière de produits, d'amélioration des procédés et de capacités d'innovation. L'université est alors poussée à développer des filières professionnalisantes pour favoriser l'interaction avec le secteur productif et réorienter la recherche académique. Le besoin de recherche « orientée » vient soudain au premier plan, pour moderniser un appareil productif vieillot, et peut-être aider à pénétrer des créneaux à forte valeur ajoutée, autres que ceux des industries classiques de pays en développement [6]. Ainsi la recherche scientifique et technique gagne une attention accrue de la part du gouvernement et du secteur productif. Les orientations prises à partir du milieu des années 1990 engagent alors le gouvernement premièrement dans un long processus de réforme de l'Université pour notamment développer des formations techniques et professionnalisantes et deuxièmement dans le soutien à une recherche dans le but de faire converger les deux styles de science et les deux secteurs, éducation et économie.

6. L'industrie marocaine étant avant tout spécialisée soit dans les filières classiques banales (textile, cuir, agroalimentaire d'exportation), soit dans la production de matériaux de construction et de biens de consommation à faible valeur ajoutée, ou encore dans les activités extractives et dérivées (phosphate).

2 De la reconnaissance de la recherche à la quête d'innovation

2.1 Un secrétariat d'État pour la recherche scientifique et technique (1996-2004)

En 1996, le Maroc lance pour la première fois un appel d'offre, le PARS (Programme d'appui à la recherche scientifique). 227 projets sur les 731 déposés par la communauté scientifique sont financés grâce à une subvention de 37,78 millions de dirhams. L'opération permet grâce à cet « *Open Programme* » (sans thématique imposée) de connaître les sujets et les thématiques d'intérêts portés par la communauté scientifique (universitaire ou non), d'identifier de jeunes équipes, et d'imaginer de futurs programmes thématisés. En 1998, intervient un changement politique historique : l'arrivée d'un gouvernement de l'alternance, coalition des gauches accédant au pouvoir. Le nouveau gouvernement crée, pour la première fois au Maroc, un *secrétariat d'État à la Recherche*, autorité gouvernementale dédiée spécifiquement à la recherche. Il est placé au sein du ministère de l'Enseignement supérieur, mais on verra bientôt que son ambition en déborde, que sa vision est globale, et que son action se veut intersectorielle. Elle dépasse le champ limité de l'aménagement d'une recherche dans l'enseignement supérieur, et garde en vue l'arrimage à la société et aux secteurs productifs. Durant sa courte existence (entre 1998 et 2004), le *secrétariat d'État à la Recherche* (1998-2002), devenu « *ministère délégué à la Recherche* » (2003-2004) prend une série d'initiatives pour encourager et structurer le potentiel de recherche. Pour lui, il s'agit *d'institutionnaliser* les activités scientifiques, de manière qu'elles participent à la résolution des problèmes économiques et sociaux du pays et que se constituent des masses critiques dans un certain nombre de domaines. Des dispositifs originaux soutiennent cette action qui se garde d'être autoritaire et bureaucratique. Suite au PARS, des « Programmes thématiques d'appui à la recherche scientifique » (PROTARS I, II, III), ont été identifiés – « Vers une meilleure qualité de vie », « Connaissance, préservation et valorisation des ressources naturelles », « Développement socio-économique et culturel », « Sciences et technologies d'information », « Agriculture en conditions difficiles », « Innovation et compétitivité des entreprises ». Des commissions d'experts par grands domaines sont nommées pour évaluer les projets sur la base de leur qualité scientifique, de leur faisabilité, mais aussi sur des critères de structuration : pluridisciplinarité, programmation pluriannuelle, travail de groupe, association dans le cadre de coopérations internationales, partenariat avec le monde productif et cofinancements. On notera que les appels d'offre sont ouverts aux compétences potentielles quelle qu'en soit l'affiliation (universités, écoles, centres) avec l'espoir de les faire travailler ensemble. Dans la même veine, des réseaux thématiques, ou pôles de compétences, sont constitués en 2000 pour assurer des synergies entre chercheurs travaillant sur les mêmes thèmes, dans des unités de recherche structurées. Dans un premier temps, cinq réseaux thématiques ont été identifiés comme pôles de compétences : Le Pôle de compétence qualité (PCQ : d'esprit plus « industriel »), le Réseau national des sciences et techniques de la mer (REMER), le Réseau universitaire des sciences et techniques de l'espace (RUSTE), le Réseau universitaire de la physique des hautes énergies (RUPHE) (ces derniers en haute technologie), le Pôle de compétences microbiologie du sol et biotechnologie des plantes (MISOBIOP). Au regard de l'intérêt

accordé par la communauté nationale des chercheurs à ce programme douze autres pôles de compétences ont été mis en place en 2001 notamment dans les domaines des TIC, de l'eau et des plantes médicinales et aromatiques (domaines d'excellence).

S'ajoutent des appuis à la publication scientifique, à l'organisation d'événements scientifiques, et la mise en chantier de puissants outils de travail partagés : le réseau informatique national MARWAN (Moroccan Academic and Research Wide Area Network), destiné à porter la communication entre établissements de recherche et l'accès rapide des chercheurs à internet, l'IMIST (Institut marocain d'information scientifique et techniques), centre de documentation destiné à apporter « sur le bureau du chercheur » la documentation scientifique et autres informations pointues : veille technologique, etc.), enfin des plateformes nationales d'analyse très bien équipées (UATRS, d'abord en chimie).

Pour le secrétariat d'État, il s'agit aussi de multiplier et de diversifier les collaborations non seulement scientifiques mais aussi technologiques et d'orienter les activités scientifiques vers des thèmes prioritaires pour l'économie nationale et pour lesquels il existe des potentialités au Maroc. Parmi les outils créés à cette fin figure le crédit d'impôt-recherche consenti aux entreprises qui s'engagent dans une R & D avérée. En outre, avec l'aide de la coopération française, un Fonds de solidarité prioritaire « Développement de la recherche industrielle et valorisation du statut des entreprises marocaines » (2002-2007) implique à la fois le ministère des Affaires étrangères de la France, le ministère de l'Enseignement supérieur et le ministère de l'Industrie. Il permet de soutenir les actions de mise en relation entre l'université et le secteur productif. Le gouvernement met alors à la disposition du secrétariat d'État des moyens de financement (enveloppe identifiée au niveau des universités, appels d'offre ministériels, projet de fondation nationale de la recherche), de structuration (en laboratoires et pôles de compétence), d'orientation (vers des domaines stratégiques déjà identifiés) et de rapprochement avec l'industrie locale (avec le souci d'élever la qualité des produits que celle-ci peut proposer). Le budget alloué pour la première fois à la recherche avait été de 20 millions de dirhams en 1996. Il est confirmé et passe à 45 millions de dirhams. De plus la mise en action du plan quinquennal 2000-2004 apporte un financement exceptionnel, de 567,8 millions de dirhams incluant : un budget de base, un budget pour des actions spécifiques (PROTARS 1, 2, 3, 199-200 millions de dirhams), un budget pour la stratégie, l'autorisation pour l'ouverture d'un fonds privé contractuel (très peu), un fonds pour la coopération (Kleiche-Dray, 2007), et un budget pour la création de groupements d'intérêt public, GIP.

Parallèlement à ces actions, un important travail est réalisé dans le domaine législatif. De 2001 à 2003 est menée une évaluation externe du potentiel de la recherche nationale (Kleiche & Waast, 2008). Elle permet en 2005 à un comité d'experts marocains sélectionné à cet effet de définir une stratégie : « Vision à l'horizon 2025 ». Celle-ci insiste sur la nécessité de renforcer *la gouvernance* de la recherche et les ressources humaines (créer un statut du chercheur ; possibilité de recruter des chercheurs sur projet à court terme mais avec un haut salaire) ; elle envisage aussi de labelliser les laboratoires de recherche (agréés sur la base d'une évaluation) ; elle suggère d'augmenter le budget de la recherche et d'améliorer les infrastructures dédiées. Ces mesures

devaient jeter les bases de la construction d'un *système national de recherche* ainsi que le recommandaient les conclusions de l'Évaluation externe de 2003.

L'action du secrétariat d'État a visé notamment à *mobiliser* les enseignants-chercheurs. C'est en effet l'université qui a la charge de former des cadres scientifiques et c'est aussi à l'université que le gros des effectifs marocains en capacité de faire des recherches est localisé [7]. En phase avec la réforme envisagée de l'enseignement supérieur, d'importantes mesures concernant le statut des enseignants-chercheurs ont été prises : organisation et normalisation des recrutements, attribution d'une « prime de recherche [8] », principe de la prise en compte des résultats de recherche dans l'avancement des carrières, création en 2003 de *bourses doctorales* pour amplifier le vivier.

Cependant, même si les décideurs ont qualifié la recherche de « levier du développement », d'autres urgences en diminuent considérablement la priorité. L'arrivée d'un nouveau gouvernement change la donne. Sa volonté est de concentrer toutes les énergies sur la Réforme de l'éducation alors en panne [9] et sur la modernisation du secteur productif. Le ministère délégué à la Recherche est purement et simplement supprimé en 2004 : ce qui montre bien que si la fonction de recherche a été formellement reconnue, elle reste mal comprise et n'a pas été réellement intégrée dans la politique générale du pays. Confiée à deux simples directions (Recherche et Technologie), elle est diluée dans l'énorme ministère national de l'Éducation, de l'Enseignement supérieur et de la Formation des cadres. Dans son Plan d'action (2006-2010), celui-ci fait disparaître les projets de création d'un statut de chercheur, et la labellisation de laboratoires de recherche au niveau national.

2.2 La recherche à l'épreuve des réformes universitaires

En effet, l'enseignement supérieur est soumis à un mouvement de réformes initié dès le milieu des années 1990. Il faut d'abord noter la création, à l'intérieur des universités, d'établissements professionnalisants de type nouveau dont la mission est de lutter contre le chômage croissant des diplômés universitaires (Kleiche, 2006). Il s'agit d'établissements sélectifs à l'entrée, bien équipés, bien encadrés, et faisant place à la pratique. Ainsi les *facultés des sciences et techniques* (FST) visent à décentraliser l'enseignement scientifique et technique et à prendre la tête de pôles de compétences spécifiques à chaque région. Les *écoles supérieures de technologie* (EST), sont destinées, dans l'université même, à former des techniciens (bac +2). Leur cursus comprend une large part de pratiques, pouvant déboucher sur des TD créatifs, et sur une recherche opératoire qui sait se brancher sur des projets européens (Fès : traitement de l'image pour caractériser les matériaux patrimoniaux). Les *écoles nationales de commerce et gestion* (ENCG) forment des cadres supérieurs en commerce et gestion (bac +4). De *nouvelles écoles d'ingénieurs* sont créées : l'École nationale supérieure

7. La R & D d'entreprise est rare, ancrée dans quelques puissantes firmes paraétatiques. Les services et centres de recherche relevant de ministères sectoriels mènent une recherche appliquée en rapport avec la « mission » opérationnelle qui leur est confiée. Les uns et les autres ont une activité très pertinente, mais peu de relais avec une science imaginative plus en amont lorsque le besoin en existe.

8. Malheureusement dénommée telle, mais donnée à tous et modulée en fonction du grade, sans exigence de résultats.

9. Mise en place d'un plan d'urgence en 2009 pour relancer la Réforme de l'éducation lancée en 2000 et qui n'arrivait pas atteindre les objectifs escomptés. Nous développerons ceci dans la section suivante.

des arts et métiers (ENSAM) de Meknès, et les Écoles nationales des sciences appliquées (ENSA) de Tanger, de Marrakech, de Oujda, d'Agadir, de Fès et Safi. Enfin, des *licences appliquées* (LA) voient le jour au sein même des facultés classiques. En 2009-2010, l'ensemble des formations de ce type nouveau, mit en place à partir du début des années 1990, accueille 24 556 étudiants, soit 7,9 % de la population estudiantine.

La création de ces établissements préfigure la réorientation majeure que veut donner le gouvernement à l'enseignement universitaire. L'université « classique » est structurée par disciplines (cursus et départements). La rupture immense consiste à y substituer des filières pluridisciplinaires, à caractère appliqué ou professionnel pour répondre à la demande du secteur socio-économique lui-même en voie de renouveau [10]. Cette orientation se précise avec la réforme de tout le système éducatif (du primaire au supérieur) lancée en 2000.

Cependant celle-ci entre aussi et plus généralement dans le cadre d'une réflexion et de mesures de réforme globale de l'État marocain, entamée depuis le milieu des années 1990. Elle trouve son origine dans le rapport de la Banque mondiale sur « la stratégie d'assistance au Maroc » publié en 1995. Ce rapport débouchait sur plusieurs projets de réforme de l'État, dont la mise en place d'une Commission spéciale éducation formation (COSEF) ; celle-ci mit au point une charte nationale d'éducation et formation (1999), faisant de la décennie 2 000 la « Décennie de l'éducation ». C'est suite aux recommandations de la COSEF (levier 11 de la charte nationale de l'éducation et de la formation) que fut adoptée en janvier 2 000 l'importante *loi 01-00 réformant l'Université.* Bien au-delà de la réglementation et de l'amélioration considérable du statut des enseignants-chercheurs (déjà mentionnées), cette loi introduit le principe de *l'autonomie* des universités, de nouveaux organes de *gouvernance* (conseil de l'université, conseil de la faculté...) et *une nouvelle organisation pédagogique (LMD* = Licence, Master, Doctorat). La recherche n'y est pas oubliée, l'université *devant* dorénavant assurer – et pour la première fois – une activité de recherche fondamentale et de recherche appliquée, s'ouvrir plus vers le monde économique en assurant des formations professionnelles diplômantes et continues, des services de conseil et d'expertise, en déposant et en exploitant des brevets et des licences et même en créant des sociétés filiales pour mieux valoriser la recherche.

Soutenue par la coopération française, la réforme est basée sur l'architecture « LMD » et mise en place à partir de 2003 à travers le projet FSP 2004-2007 (Fonds de solidarité prioritaire appuyé par la coopération française) intitulé « Appui à la Réforme de l'enseignement supérieur marocain » (Benchenna, 2009).

Or, la mise en place de cette réforme profonde a d'abord mobilisé toutes les énergies pour sa construction *pédagogique.* Soigneusement mise en place année par année, l'opération a pris beaucoup de temps. D'autant plus que la forte augmentation du nombre de bacheliers (70 % entre 2009 et 2011 pour atteindre 177 490 bacheliers) a entraîné une augmentation considérable du nombre d'étudiants, beaucoup plus rapide

10. Le nombre de filières professionnalisantes est passé de 560 à 960 filières entre 2007-2008 et 2010-2011 enregistrant une augmentation de 71 %.

que les décennies précédentes [11]. Cette nette augmentation doit s'accommoder d'une diminution de l'encadrement universitaire, de 14 416 à 13 909 professeurs, suite au départ volontaire d'enseignants-chercheurs dans le cadre du « Programme de départ volontaire de la fonction publique » (mis en place en 2005) [12]. Ce qui n'est pas sans conséquence sur *la qualité* même de l'encadrement pédagogique des étudiants, alors que la réforme exige de plus petits groupes de travail, suivis de façon plus « lycéenne » c'est-à-dire avec des évaluations fréquentes et un contrôle continu. Il est alors exigé davantage de travail aux enseignants-chercheurs (augmentation du nombre d'heures supplémentaires), ce qui les prive de temps de recherche (Kleiche-Dray et Belcadi, 2008 ; Ghouati, 2009).

Aujourd'hui, plus de dix ans après l'implantation de la Réforme, les transformations organisationnelles et pédagogiques de l'université marocaine sont notables : semestrialisation des programmes, découpage des enseignements en modules indépendants, système des dettes et de prérequis. Elle a donné lieu à une multiplication des filières professionnelles et de Masters. Le bilan Kleiche-Dray et Belcadi réalisé en 2008 fait ressortir les problèmes de gestion : contrôle *a priori*, retard des subventions ; et surtout manque de gestionnaires compétents agiles auxquels seraient proposés un salaire attrayant. De plus la réforme LMD (2002-2008) puis le Plan d'urgence (2009-2012) ont mis la priorité avant tout sur la réforme des premier et second cycles universitaires et stoppé l'élan impulsé dans les années 2000 par le secrétariat d'État à la Recherche. Les incitations manquent dramatiquement, pour des enseignants-chercheurs qui doivent faire face à de lourdes charges pédagogiques et pour lesquels la prime à la recherche dans l'avancement de carrière n'est pratiquement plus appliquée. Ceci peut certainement expliquer la diminution du nombre des publications observé (l'Académie des sciences et de la technologie Hassan-II, 2012).

Il semble que le ministère de l'Éducation, qui en a la charge fasse désormais du « surplace ». La multiplication de diagnostics répétitifs, la prise d'avis d'experts étrangers et l'organisation d'événements à visée de communication, montrent et aboutissent avant tout à des retouches (somme toute formelles et bureaucratiques) sur des dispositifs mis en place depuis longtemps.

Les pôles de compétences créés en 1999 ont été restructurés. Ils avaient été créé pour construire une synergie entre les enseignants-chercheurs autour de thèmes de recherche fédérateurs. Cependant ils ont connu de graves difficultés de gestion et d'organisation du fait de la grande diversité des thématiques de recherche et de la faible mobilisation des chercheurs autour de projets communs. Ces difficultés ont poussé en 2010, le ministère à revoir sa stratégie de soutien financier à ces pôles. Désormais, les pôles de compétence ne sont plus des structures pérennes à financer chaque année, mais des structures contractuelles dont le renouvellement dépend de l'évaluation à mi-parcours et finale. Aujourd'hui, le nombre de Pôles de Compétence a été réduit de 18 à 11 et le travail de leur restructuration est toujours en cours. Enfin, alors que

11. En 2009-2010, l'effectif global des étudiants (universités publiques, écoles de formation des cadres et enseignement privé) a enregistré une augmentation de 9 % par rapport à l'année 2007-2008.

12. Suite aux recommandations de la Banque mondiale, le gouvernement marocain a mis en place le « Programme de départ volontaire de la fonction publique » qui propose des incitations financières au départ volontaire pour diminuer le nombre d'enseignants chercheurs dont la plupart possédait le grade le plus élevé dans les échelons universitaires.

la réforme du 3e cycle ne démarre pas avant 2008, les UFR ont été abandonnées au profit d'un vaste projet de mise en place de normes nationales d'accréditation des laboratoires, de structuration et restructuration des pôles de compétences et de création des centres d'études doctorales (Kleiche-Dray, 2007 ; Kleiche-Dray et Belcadi, 2008). Les « laboratoires » et les « équipes de recherche » de l'université ont été transformés en (petites) structures de recherche labellisées et/ou associées au CNRST. En 2007-2008, 982 structures de recherche ont été accréditées par les conseils des universités (et non par une commission nationale) (tableau 3) sur la base de critères minimaux (au moins trois équipes sont nécessaires pour monter un laboratoire et trois enseignants chercheurs sont exigés pour construire une équipe, etc.).

Tableau 3 – Répartition des structures de recherche accréditées (2008)

Type de structures de recherche	Nombre de structures accréditées
Laboratoires	488
Équipes	445
Groupes	25
Centres d'études et de recherches	20
Observatoires	4
Total	982

Source : ministère de l'Enseignement supérieur

La disparition des UFR, a aussi eu un impact sur un des principaux moteurs de la science marocaine : les soutenances des thèses. Leur nombre est passé de 820 thèses soutenues en 2007-2008 à 583 thèses soutenues en 2009-2010. Malgré la création des 51 centres d'études doctorales en 2008 et la distribution des premières bourses doctorales dans le cadre de cette réforme, le nombre de doctorats soutenu chaque année demeure faible jusqu'à aujourd'hui.

Un nouveau souffle aurait du venir, à partir de 2008, non du ministère lui-même mais de la mise en place d'un « Programme d'urgence » (2009-2012) concernant de nombreux aspects du développement national. Ce plan d'urgence tenta notamment de renforcer le principe de la *contractualisation entre le ministère et les universités*. De nouveaux crédits furent octroyés aux universités pour appuyer la recherche scientifique à travers la mise en place d'un programme d'appui à la recherche scientifique dans des domaines estimés prioritaires (aéronautique, mécatronique et électronique, santé, biotechnologies et amélioration génétique végétale, environnement, énergie et efficacité énergétique, matériaux et nanomatériaux, sciences humaines et sociales, mobilité urbaine). Le renforcement de financement de la recherche s'appuie sur de nouvelles subventions allouées aux unités de recherche accréditées, mais aussi sur le programme INNOV'Act de l'Association R & D Maroc et les appels d'offre de l'Académie des sciences et de la technologie Hassan-II. Toutefois, la lenteur des procédures administratives et financières retarde la mise en place des crédits au niveau des établissements.

Et en 2011, soit à mi-parcours du programme du plan d'urgence, seulement 31 % des budgets alloués dans le cadre du projet et destinés à la recherche – le projet 14, « Promotion de la recherche scientifique », du Plan d'urgence, pour un budget total de 72 millions d'euros – avaient été consommés.

Aujourd'hui, il semble que ce mouvement de structuration-restructuration de la recherche amorcé par le ministère de l'Enseignement supérieur parallèlement et en complément à la réforme pédagogique depuis environ une dizaine d'année est loin d'être achevé. Ces actions répétées et toujours renouvelées ont beaucoup de mal à aller au-delà des procédures pour mobiliser la communauté scientifique. Les normes nationales adoptées pour l'accréditation des laboratoires ont été perçues par les enseignants-chercheurs plus comme imposées de l'extérieur que comme le résultat d'une action concertée (Mellakh, 2012).

Par exemple, la structuration de la recherche s'est limitée au travail mené par l'administration qui consiste à accréditer les équipes et les laboratoires sans la prise en compte de la production scientifique dans l'évaluation pour l'avancement des carrières, comme cela avait été prévu dans les textes législatifs (article 77 de la loi 01-00). En l'absence d'une organisation de l'évaluation de la recherche impliquant les enseignants chercheurs, l'administration a procédé à la mise en place de commissions nationales qui produisent des normes (regroupement des enseignants chercheurs au sein de nouvelles structures, passage de groupes informels de recherches à des structures accréditées, mutualisation des moyens et matériels et scientifiques...) qui demeurent faiblement ancrées dans l'espace universitaire où évolue le plus grand nombre des chercheurs.

Pourtant à la base et malgré tout, un certain nombre d'enseignants restent fidèles à l'activité de recherche. Leurs publications en témoignent (Rossi et Waast, 2008) ; mais aussi des initiatives, parfois hétérodoxes, qui montrent qu'une remobilisation serait possible si les goulots d'étranglement majeurs étaient desserrés. Un vice-président recherche (il en est maintenant, comme prévu par la loi 00-01, à peu près dans toutes les universités) a par exemple passé un accord avec une université privée voisine pour gérer les projets internationaux en contournant l'inertie et les incompétences des gestionnaires de l'institution à laquelle il appartient. Un autre offre une prime intéressante à tout auteur d'un article indexé dans une revue internationale de rang A. Dans certaines université, un vif débat s'est tenu sur les principes de labellisation des équipes de recherche ou sur la répartition de la dotation recherche à l'établissement : saupoudrage sur une myriade de mini-groupes (dont plusieurs intègrent par complaisance des collègues notoirement non chercheurs) ou concentration sur des équipements partagés et des laboratoires importants aux résultats évalués ? Le ministère est au fait de ces mécontentements, mais ne s'attaque pas aux questions de fonds. En substance, il met en place des modalités nouvelles d'encouragement pour impulser les activités de recherche : rétributions, avancements accélérés, décharges de cours, séjours sabbatiques, crédits modulés en fonction de la productivité ; mise en place de bourses en lien avec le secteur productif ; obtention de principes de gestion adaptés (contrôle *a posteriori*, détaxe de l'équipement scientifique) et le recrutement de gestionnaires opérationnels.

Cependant, la recherche universitaire « vivote » avec peu de moyen et parait cantonnée à une fonction ancillaire de l'enseignement. Mal dotés, les chercheurs encore actifs

semblent voués à penser petit, local et technologie douce : ce qui ne manquerait pas d'intérêt, s'ils n'étaient pas tenus de chercher eux-mêmes tous leurs financements et toutes leurs collaborations, en ordre dispersé et chacun pour soi.

Or le Conseil interministériel de la recherche (dont le ministère de l'Éducation assume le secrétariat) n'a plus été réuni depuis 2007. La stratégie de recherche du pays semble en déshérence : le MNESRSFC n'a formulé ni axes prioritaires ni plan d'action. On pourrait craindre que dix ans aient été perdus. Mais pendant ce temps l'environnement économique et la politique de développement ont bougé. Des centres d'impulsion et d'initiative en matière de recherche se manifestent ailleurs. Il y a là un tournant que nous devons examiner.

2.3 En quête d'innovation. Initiatives d'État (1995-2012)

Cette impasse ne doit pas occulter en effet les efforts de structuration et d'organisation, en parallèle, d'une recherche scientifique orientée par les mutations (souhaitées puis en cours) du secteur productif. On peut dire que cette option a été officialisée avec force depuis une quinzaine d'années.

En 1995, la lettre royale envoyée par Hassan II lors du congrès sur « La valorisation de la recherche et le transfert du savoir entre l'université et l'entreprise » marque un tournant dans l'intérêt que porte le gouvernement aux rapports entre la production de la connaissance, le transfert technologique et la R & D dans la production industrielle marocaine. En effet, la période des « Plans d'ajustement structurel » (1983-1992), encadrée par le FMI et la BM, a été suivie par une période de « mise à niveau » pour adapter l'économie marocaine aux normes exigées pour son intégration à la zone de libre-échange avec l'UE (accords signés en 1996), puis les accords euroméditerranéens de Barcelone, les accords avec les USA (accords signés en 2003) et avec les pays arabes (Grand Accord arabe, la GAFTA, ratifié en 2004) (Hibou, 1996 ; Catusse, 2009). Dans ce contexte le gouvernement marocain choisit de baser son développement sur une croissance dont il se fixe pour objectif de la faire passer de 2 % à 6 % par an. Il veut diminuer sa dépendance à l'égard du secteur agricole pluvial (représentant alors 20 % du PIB). Il s'agit donc de développer l'industrialisation et de monter en gamme. Or au milieu des années 1990, l'industrie marocaine, composée à 95 % de PME/PMI, était avant tout spécialisée dans les filières du textile, du cuir, de l'agroalimentaire d'exportation, dans la production de matériaux de construction et de biens de consommation à faible valeur ajoutée, ou encore dans les activités extractives et dérivées (phosphate). La politique de « mise à niveau » industriel a alors consisté à la fois à encourager le transfert technologique, à prendre des mesures législatives et fiscales, à mettre en place des fonds de soutien financier dans le but à la fois de moderniser les industries locales et d'attirer les investisseurs privés locaux ou étrangers, quitte à leur céder plusieurs activités riches de potentiel mais restant à doper. Le Maroc est conscient que la corruption, la fiscalité complexe et les lourdeurs administratives constituent un frein majeur au développement de ses PME et à l'attraction de l'investissement étranger (Hibou, 1996 ; Hibou & Tozy, 2002, 2009). Il s'y attaque. Plusieurs secteurs économiques importants sont privatisés : télécommunications, certains secteurs industriels, le tourisme et l'énergie par exemple (privatisation du Maroc Telecom en 2001, de la SAMIR [pétrole], de SONASID [sidérurgie]) (Catusse, 2005).

La recherche scientifique et technologique et l'innovation sont alors convoquées pour jouer un rôle déterminant dans ce projet politique.

Suivent en effet deux périodes où le rôle assigné à la science passe d'une vision développementaliste classique de rattrapage par le transfert technologique, imaginée, encouragée et pilotée par le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Formation des cadres et de la Recherche scientifique à partir de la fin des années 1990 (l'université en est supposée la source et doit mettre une partie de ses activités de recherche au service de l'entreprise) ; à une stratégie basée sur l'incitation à la R & D dans le milieu entrepreneurial et pilotée par le ministère de l'Industrie depuis le milieu des années 2000.

En effet, selon la lettre royale, les institutions marocaines pionnières dans la recherche appliquée n'avaient pas évolué en de véritables pôles technologiques capables de propulser le pays dans l'économie de marché nécessaire à sa compétitivité dans un monde de plus en plus globalisé. Aussi, en plus du soutien à la recherche de base comme nous l'avons analysé plus haut, le gouvernement de coalition de gauche (Kleiche-Dray, 2006b), se préoccupe dès son élection en 1998 du rôle que peut jouer l'Université dans l'amélioration des capacités de production scientifique et de R & D des entreprises. Nous en avons largement fait état en examinant l'action du secrétariat d'État à la Recherche (1998-2004). Le gouvernement Driss Jettou, nouvellement élu (élections législatives de 2002) vise aussi par d'autres moyens la création d'emplois et l'augmentation de l'exportation de *produits à haute valeur technologique* dans des secteurs ciblés qui permettraient d'assurer au Maroc un avantage concurrentiel. Il privilégie ainsi les actions dans le milieu entrepreneurial pour encourager « la modernisation » de l'industrie. Une zone franche industrielle est créée à Casablanca. Des multinationales à technologie avancée sont invitées à s'installer (y compris avec part de leur R & D) : ST Micro-Electronics, Thalès, et d'autres peu à peu répondront à la proposition. Certaines collaborent de près avec des incubateurs de PME liés à des écoles prestigieuses, comme l'École Mohammedia des ingénieurs par exemple. L'innovation devient le terme clé pour caractériser le processus de modernisation qui ferait du Maroc un pays producteur de technologie, capable d'attirer les talents scientifiques, les producteurs de R & D et les entrepreneurs et investisseurs étrangers.

Ainsi d'une part le processus de rapprochement entre les universités et les entreprises est en marche sous l'impulsion du secrétariat d'État à la Recherche : son « bras armé », le CNRST, gère les grands moyens communs (MARWAN, IMIST, UATRS) ; mais il opère aussi comme une *agence*, lance des appels d'offre (à projets ou pour organiser des pôles de compétence), et s'implique dans des nouveaux programmes de coopération encourageant la R & D et l'innovation, tels qu'EUREKA (Réseau paneuropéen pour le soutien de projets innovants orientés vers le marché, conjoignant entreprises, universités et centres de recherche). D'autre part le ministère de l'Industrie est doté dès 2002 de sa propre agence de financement (l'Agence nationale pour la promotion des PME/PMI), ainsi que de l'OMPIC (Office marocain de la propriété industrielle et commerciale). Leur objectif est de soutenir la création d'entreprises innovantes, de promouvoir des activités R & D dans les entreprises, et de favoriser les

collaborations entre firmes et structures de recherche autour de projets de recherche portés par l'entreprise.

Industrie et enseignement supérieur sont donc convoqués pour contribuer (concurremment ? conjointement ?) à une « politique d'innovation ». L'expression ne cessera d'être reprise officiellement (dans le Plan d'action gouvernemental de 2004-2009) et dans les plans d'action plus spécifiquement consacrés à la recherche (PAIDT : Plan d'appui à la recherche scientifique et au développement technologique).

Les nouveaux programmes commencent à associer de nouveaux acteurs. Par exemple, le programme Innova'act lancé en 2006 avec le soutien de la GTZ (Agence allemande de la coopération internationale) a été piloté par R & D Maroc (l'Association marocaine pour la Recherche Développement, regroupant des industriels novateurs et de poids). Il est construit en partenariat avec l'ANPME (Agence nationale de la promotion de la petite et moyenne entreprise) et avec le CNRST. Les acteurs impliqués dans ce programme proposent d'apporter un appui financier et logistique à des projets de R & D et d'Innovation soumis par des PME, en partenariat avec des laboratoires de recherche publics, privés ou des centres techniques.

C'est un véritable changement qui s'opère dans le rapport entre la production de connaissance et le développement de l'économie marocaine et qui fait du ministère de l'Industrie, du Commerce et des Nouvelles Technologies, le porteur d'un projet politique d'innovation planifié et encadré par l'État. Ainsi, dans un contexte général de transformation de l'environnement économique et politique marocain aussi bien au niveau national qu'international, le gouvernement marocain a décidé de soutenir son secteur économique par la mise en place d'un modèle d'innovation dans lequel la position de la recherche scientifique est redéfinie. On abandonne l'idée selon laquelle les entreprises des pays moins avancés adoptent passivement les technologies étrangères, pour se conformer à des percées radicales issues de la pointe des recherches mondiales. La politique industrielle initiée au Maroc depuis le milieu des années 2000 remet en cause ce modèle en tablant sur des innovations souvent incrémentales, incluant l'innovation de procédés, l'innovation des produits et la commercialisation : ce qui réfère à une structure plus complexe de la production des savoirs.

La nouvelle politique industrielle s'inspire d'un audit réalisé par le cabinet américain, Mac Kinsey et prend forme dans le plan Émergence (2005-2009) puis dans le Pacte d'émergence industrielle lancé en 2009, et enfin dans le plan Envol, ou Nouveau Pacte de l'émergence industrielle (2011-2014) (Piveteau & Rougier, 2011). La stratégie visant à atteindre 1 % du PIB pour les dépenses en R & D est désormais plus précise, puisque les objectifs à atteindre en 2015 ont été clairement définis : création de 220 000 emplois, de 200 *start-up* innovantes, dépôt de 1 000 brevets par an, pour arriver à augmenter à 50 millions d'euros le PIB industriel et à 95 millions d'euros l'ensemble des exportations. En associant pour la première fois, agents du gouvernement, chercheurs, entrepreneurs, institutions financières, associations professionnels [13], le ministère de

13. Les différents ministères techniques (Santé, Agriculture, etc.), les instances gouvernementales (CNRST), les associations professionnelles (Association des professionnels des technologies de l'information et de la communications, APEBI ; Confédération générale des entreprises marocaines), les institutions en charge de la diaspora marocaine (Fondation Hassan-II pour les Résidants marocains à l'étranger), la fondation Mascir (Moroccan Foundation for Adavanced Science, Innovation, Research), le Club marocain de

l'Industrie, du Commerce et des Nouvelles Technologies met en place la « stratégie Initiative Maroc Innovation » pour soutenir cette politique industrielle. Quatre axes d'intervention stratégique sont identifiés à travers un petit nombre de domaines d'action : (1) l'amélioration de la gouvernance ; (2) la mise en place d'infrastructures et de pôles technologiques groupés en « *clusters* » ; (3) l'attraction de « talents » (y compris de la diaspora) ; (4) la diffusion de la culture de l'innovation et de l'entreprenariat (dont l'outil sera le Club marocain d'innovation). Ces axes doivent être soutenus par le renforcement des instruments publics de financement de l'innovation dans le cadre de la nouvelle stratégie industrielle. Celle-ci a été mise en place pour répondre à un double objectif : assurer une meilleure intégration des industries nationales classiques dans l'économie mondiale (textile et habilement, agro-alimentaire) et développer des nouvelles filières industrielles telles l'*offshoring*, l'aéronautique et l'automobile pour accrocher de la train de la mondialisation.

Ces secteurs sont considérés comme stratégiques dans l'exportation de produits à haute valeur technologique. Le gouvernement prend en charge de soutenir l'industrialisation de ces secteurs, d'attirer les investisseurs étrangers, de créer un climat favorable à « l'innovation » et de mobiliser la diaspora marocaine. Au regard des ambitions affichées, il apparaît que cette stratégie va au-delà du secteur industriel pour s'ériger en plan global visant à promouvoir l'innovation dans tous les secteurs économiques. En effet, les défis majeurs affichés par cette stratégie ne sont pas sectoriels puisqu'il s'agit de : (1) renforcer la compétitivité de toutes les entreprises marocaines par le biais de l'innovation ; (2) permettre au Maroc de produire de la technologie ; (3) exploiter les capacités de R & D y compris celles des universités marocaines ; (4) rendre le Maroc attractif pour les talents et les projets de R & D et favoriser une culture de l'innovation et de l'entrepreneuriat.

Les instruments de cette politique restent largement inspirés du modèle français des pôles de compétitivité où entreprises, unités de recherche, centres de formation s'engagent autour de projets communs à caractère innovant. Au Maroc, il s'agit d'une part de poursuivre les efforts de création des parcs technologiques et de mettre en place des plateformes industrielles intégrées (P2I). Certes, un premier parc technologique, TechnoPark, avait été inauguré en 2001 à Casablanca, abritant aujourd'hui plus de 160 entreprises (en majorité des startups avec moins de cinq salariés) spécialisés dans les TIC (micro-électroniques, Internet mobile, e-commerce, multimédia : plutôt service qu'industrie). Cependant, si aujourd'hui ce Technopark couvre à lui seul 10 % du marché marocain des TIC, il se présente plutôt comme un ensemble d'entreprises spécialisées dans une filière et regroupées sur un même site, qui n'abrite ni unités de recherche ni établissement de formation supérieure. On peut se demander si les résultats de cette première expérience ont été pris en compte avant le lancement des nouveaux technopoles à Rabat, à Casablanca, Tanger, comme Tanger Med, Maroc Numeric, Clusters, et cités d'innovation. Il semble qu'aujourd'hui les pouvoirs publics s'orientent plus vers la mise en place de pôles technologiques capables de cristalliser une synergie entre formation, recherche et entreprise. C'est du moins ce que nous constatons au regard de l'exemple de la Technopolis de Rabat. Inaugurée en 2008

l'innovation, l'OMPIC, les institutions financières (Caisse de dépôt et gestion, Groupement professionnel des banques marocaines, Centre marocain d'investissement).

et lancée en 2009, la Technopolis de Rabat est dotée depuis 2010 d'un pôle universitaire (l'Université privée internationale de Rabat) dont les enseignants-chercheurs sont pour la plupart issus de la diaspora scientifique à l'étranger. De 2010 à 2013, les équipes de recherches de la Technopolis ont déposé 24 brevets dans le domaine des énergies renouvelables et de la sécurité routière. S'agit-il de l'émergence d'une nouvelle dynamique dans laquelle l'enseignement universitaire privé est amené à jouer un rôle déterminant dans la valorisation de la recherche ? Il est pour l'instant sans doute trop tôt pour tirer des enseignements sur l'impact des universités privées sur la R & D au Maroc : mais force est de constater qu'elles sont en plein essor dans le pays, et que quelques unes se présentent comme une nouvelle génération d'établissements, ambitionnant une capacité d'innovation qui sied au gouvernement.

Par ailleurs, l'État marocain continue de proposer plusieurs mécanismes d'incitation des entreprises à la R & D, dont les principaux sont désormais gérés par le tout nouveau Centre marocain d'innovation : Intilak (démarrage) est un fonds destiné aux *start-up* (110 millions de DH, pour 200 projets, 2011-2014), Tatwir (220 millions de DH pour 105 projets, 2012-2014) est destiné à leur développement. Un programme finance des diagnostics technologiques et des prestations de service (« Provision Technologique Réseau » [PTR], 50 millions de DH pour 500 projets, 2012-2014). Le Fonds Innovation TIC est un fonds spécifique de 100 millions de DH pour soutenir les technologies de l'information et de la communication.

Parallèlement à l'action du Centre marocain d'innovation, l'offre de soutien à la R & D-I se multiplie au niveau des autres acteurs publics. L'Agence nationale pour la promotion de la petite et moyenne entreprise (ANPME) propose aussi des financements aux PME dans le cadre de son programme « Imtiaz / Excellence » mis en œuvre en 2009 dans le cadre du déploiement d'un pacte national d'Émergence Industrielle. Apparaissent aussi de nouveaux acteurs dédiés à la R & D-I, tels que la fondation Mascir (Fondation marocaine pour la science, l'innovation et la recherche). Créée en 2007 comme laboratoire privé à but non lucratif dédié à la recherche appliquée dans les domaines de technologie avancée, elle s'oriente désormais vers la valorisation de la R & D avec l'objectif de développer un pôle compétitif et innovateur dans la recherche de base dans les domaines estimés à haute valeur ajoutée tels que la micro électronique, la biotechnologie et les énergies renouvelables.

Soulignons d'autre part les opportunités de financement de l'innovation offertes par les différents *plans sectoriels* lancés à partir du milieu des années 2000. Ces plans orientent la politique de R & D vers l'appui à des *secteurs d'activité* économique considérés comme *stratégiques* : les énergies renouvelables (Programme national éolien et solaire), la pêche (plan Halieutis), l'agriculture (plan Maroc vert, notamment, le pilier concernant la recherche agronomique), les nouvelles technologies de l'information et la communication (plan Maroc Numeric, 2013), le tourisme (plan Azur).

Enfin plusieurs actions sont également menées par le ministère de la Recherche pour faire participer *les marocains résidant à l'étranger et hautement qualifiés* à des projets

de formation et de recherche ciblant les entreprises (programme FINCOME – Forum international de compétences marocaines à l'étranger lancé en 2006) [14].

La stratégie « Maroc Innovation » a été mise entre les mains d'un Comité national de l'innovation présidé par le chef du gouvernement et composé d'acteurs publics et privés impliqués dans la recherche et l'innovation. Ce comité doit assurer la coordination des activités scientifiques et technologiques et piloter la stratégie « Maroc Innovation ». Pourtant, comme nous l'avons vu il existe déjà depuis 1999-2000, un Comité interministériel de la recherche, dont le secrétariat est assuré par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique : leurs attributions ne risquent-elles pas de se chevaucher du moins en partie ?

Aujourd'hui, certes la dynamique favorable à la R & D-I amorcée par l'État depuis une quinzaine d'année est visible. En 2005, 20 % des entreprises marocaines menaient des travaux de R & D (ministère de l'Industrie et du Commerce, 2005), mais cette proportion s'est élevée à 29 % en 2010 selon une récente enquête menée par l'association R & D Maroc (R & D Maroc, 2010). De plus les dépenses R & D du secteur privé sont passées à 22 % [15]. Malgré cette présence désormais significative du secteur privé dans les dépenses de R & D, la dynamique de l'innovation reste fragile : le Maroc a régressé de la 88e à la 92e place sur les 142 pays figurant dans le *Global Innovation Index* de 2013. L'objectif d'atteindre les 1 % du PIB pour les dépenses R & D en 2010 n'a pas été atteint (celles-ci sont de 0,8 %). Certes on peut noter une augmentation dans les exportations des produits de haute technologie qui composent aujourd'hui 10,1 % des exportations totales, surtout dans les équipements électriques, les équipements de télécommunication, ainsi que l'industrie pharmaceutique. Cependant les performances de croissance réalisées par le pays restent encore dépendantes d'une conjoncture favorable pour l'agriculture, de la hausse ou baisse des matières premières et du niveau des transferts de fonds par les Marocains résidant à l'étrangers (MRE).

Le développement de l'Innovation ne peut se réaliser d'un coup de baguette magique. Il y faut du temps, et des essais-erreurs dont il y a des leçons à tirer. La politique marocaine d'innovation essentiellement basée sur des financements publics révèle des obstacles dans sa mise en marche. Les acteurs visés se montrent peu enclins à utiliser les fonds proposés [16]. Nous avions déjà relevé dans nos travaux antérieurs que cette politique d'incitation manque de souplesse et que la lourdeur des procédures administratives d'accès au financement n'est pas favorable à l'adhésion des entreprises. Se pose ainsi la question des rapports des entreprises à une politique d'innovation essen-

14. Certes cet intérêt n'est pas nouveau. Il avait débuté dès 1993 avec le programme TOKTEN (Transfer of Knowledge Through Expatriate National) lancé par le PNUD qui avait abouti à la constitution d'un annuaire répertoriant les talents scientifiques marocains à l'étranger. Cette initiative est reprise en 2004 par le MESRSFC en collaboration avec le ministère délégué chargé des Ressortissants marocains à l'étranger. Le programme FINCOME a suscité débats publics et discours spéculatifs sur l'apport des compétences marocaines de l'étranger. Il a surtout consisté en l'invitation pour des séjours de courte durée de chercheurs à réputation internationale pour donner des cycles de conférences. Il semble que des programmes d'invitations pour des séjours de plus longue durée dans des institutions de recherche et d'enseignement supérieur sont en cours d'élaboration. Pour l'instant, l'impact de ce programme est assez mal connu.

15. . La participation du secteur public est évaluée à 73 %. 1 % serait en outre lié au partenariat public-privé et 3 % proviendraient de la coopération (document du MESRCFC, 2010).

16. Le nombre des entreprises qui utilisent les fonds publics alloués à l'innovation demeure très faible. Pour la période 2012-2014, l'État a prévu de financer 500 projets. Mais peu d'entreprises répondent aux appels d'offre. De 2011 à 2013, le nombre des entreprises bénéficiaires de soutien financier n'a pas dépassé 48 entreprises.

tiellement aux mains de l'État. Il s'est avéré que certaines entreprises, notamment les PME et PMI ne font pas appel à l'aide public d'innovation par méfiance et manque de confiance (Mellakh, 2007). Aussi, il n'est pas sûr que beaucoup de PME marocaines soient aptes ou disposées à une montée en gamme, par la technologie et/ou par l'innovation. Ce n'est d'ailleurs pas nécessairement la stratégie : l'objectif étant de viser les PME opérant dans des secteurs d'activité déclarés stratégiques, et souvent de technologie avancée. En cause aussi, un certain flou dans les priorités sectorielles de recherche : le Centre marocain d'innovation (CMI) [17] qui gère les crédits publics d'appui à l'innovation et au développement technologique s'en inquiète : « [Nous apportons] des financements pour les entreprises de divers secteurs de production. Nous examinons les demandes en réponse à nos appels d'offre *au cas par cas. Mais le problème, c'est que nous n'avons pas une idée claire sur les priorités de Recherche-Développement et Recherche d'innovation selon les secteurs* [18]. » Autre problème : le faible engagement de la recherche universitaire : « Les projets de collaboration associant l'entreprise et l'université sont quasi inexistants pour le moment. On n'a reçu, jusqu'à présent aucune demande de subvention de ce type [19]. »

Au-delà de l'insuffisante précision de certains plans d'action sectoriels en matière de R & D, ce qui est en cause selon certains analystes est toutefois davantage la difficulté à mettre en place une « gouvernance » d'ensemble de la politique d'innovation (Arvanitis *et al.*, 2009) : c'est-à-dire la mise en cohérence des programmes, projets et actions de soutien à l'innovation portés par différents acteurs. L'absence de vision globale entraîne la dispersion des moyens. Il s'agirait d'articuler la Stratégie Maroc Innovation aux différents plans de développement économiques ; et d'assurer au moins la convergence entre les actions menées par les divers secteurs gouvernementaux (université, énergie, mines, agriculture, industrie, etc.). La construction d'une stratégie de Recherche (y compris RD-I) se heurte à la faible opérationnalité des comités censés assurer la gestion intersectorielle de la recherche (déjà souligné ci-dessus, le comité inter ministériel de la Recherche créé en 2001 n'a pas pu fonctionner pour le moment comme plaque tournante de dispositif marocain de recherche ; il a même cessé d'être réuni de 2006 à 2014). La politique est fragmentée et fonctionne plus selon une logique de programmation sectorielle sans vision bien établie pour les priorités de recherche. Pour l'heure, c'est le ministère de l'Industrie qui semble de fait orienter et coordonner la politique de R & D-I, laissant à la marge le Ministère de l'enseignement et de la recherche. Mais cette séparation est-elle souhaitable ? Sans le renforcement de la recherche dans ses lieux historiques (principalement les universités), et son association à la politique marocaine de l'Innovation, celle-ci sera-t-elle viable à la longue ?

17. Le Centre marocain d'innovation a été créé en 2011 dans le cadre de la stratégie « Maroc Innovation » de 2009. Il dépend du ministère de l'Industrie et du Commerce et a été crée pour gérer le Fonds de soutien à l'innovation (FSI).

18. Entretien avec le directeur du Centre marocain d'innovation.

19. *Id.*

Conclusion

La politique de la science et de l'innovation menée depuis 1990 s'est développée en pointillé dans un contexte de déficit des organes de gouvernance, d'instabilité institutionnelle et a été accompagnée par l'entrée en jeu de nouveaux acteurs. Les actions publiques en matière de recherche changent avec les gouvernements, ce qui se traduit par des arrêts fréquents de la politique scientifique et un manque de continuité des politiques de recherche. Les mesures prises au début des années 2000 ont initié un cadre institutionnel pour favoriser les relations entre université et secteur productif. Le ministère délégué à la Recherche avait été conçu par le gouvernement de l'alternance comme l'outil de coordination des activités scientifiques sur la base d'une vision à un moment où la science marocaine était en plein essor. Cependant, l'urgence de la réforme de l'éducation dans l'agenda politique a rétrogradé la priorité qui venait d'être accordée à la recherche et fragilisé sa structuration.

Parallèlement, le processus de modernisation du secteur productif national a fait émerger une politique d'innovation, essentiellement animée par le ministère de l'Industrie et laissant à la marge le processus de structuration de la recherche à l'université.

Si nous admettons que des structures stables et une coordination nationale de l'ensemble des acteurs et des institutions impliqués dans les activités de recherche sont nécessaires pour l'institutionnalisation de la recherche et la reconstitution des liens science-industrie, force est de constater, au regard de l'expérience marocaine de ces quinze dernières années, qu'il demeure une absence de continuité dans les politiques de structuration de la recherche. Certes le discours officiel sur l'innovation promeut *la bonne gouvernance* avec l'action multi-acteurs pour rapprocher la science et l'industrie, mais celui-ci se heurte, à plusieurs obstacles. Premièrement et comme nous l'avons déjà souligné la participation du secteur privé dans le financement de la recherche demeure faible. Deuxièmement les conflits entre les tutelles et dans distribution des responsabilités entre les différents acteurs persistent. Enfin la coordination entre les différentes institutions est déficitaire. Ainsi si les initiatives prises depuis le milieu des années 1990 ont permis une reconnaissance accrue du rôle de la recherche scientifique dans l'économie, en 2000, il restait encore à les faire évoluer et les faire converger en actions d'impulsion et de soutien pour la R & D-I. Aujourd'hui, quinze ans après cette première reconnaissance politique, même si les derniers remaniements ministériels, ont remis en place un ministère de l'Enseignement supérieur de la Recherche scientifique et de la Formation des cadres, la recherche scientifique marocaine semble toujours en cours de structuration et d'organisation. Et l'horizon des 1 % du PIB de dépenses pour les activités scientifiques n'est toujours pas atteint. Cependant les textes officiels font apparaître les termes de Système national de recherche et récemment celui de Système national d'innovation pour délimiter le champ des activités lies à la production scientifique.

Cette terminologie a pour but de rendre visible cette nouvelle dynamique de la politique d'innovation portée depuis 2009 par le ministère de l'Industrie dans le cadre de la stratégie nationale « Initiative Maroc Innovation ».

Aujourd'hui, en effet, le ministère de l'Industrie apparaît comme le principal promoteur de la science au service du secteur productif en soutenant à la fois l'innovation dans le secteur industriel et les collaborations entre l'université et l'entreprise.

Que devient alors le rôle du ministère de l'Enseignement et de la Recherche scientifique ? Le ministère de l'Industrie peut-il à lui seul assurer cette collaboration entre secteur productif et recherches prioritaires, quels qu'en soient le type (de base, stratégique, appliquée, de démonstration) et les lieux où elle se produisent (universités, écoles, centres, laboratoires R & D d'entreprise) ? Les structures de mise en relation sciences-industries prévues par la politique marocaine d'innovation peuvent-elles être réellement opérationnelles sans l'intervention conjointe au moins des deux ministères (de la Recherche et de l'Industrie) ? Aussi les dynamique d'innovation essentiellement aux mains de l'État nous invite à poser la question suivante : jusqu'à quand et à quel point l'État marocain pourra-t-il jouer le rôle de chef d'orchestre ? À l'ère de la crise financière et des agitations sociales qui secouent la plupart des économies et des sociétés du Maghreb et du Proche-Orient, l'État marocain aura-t-il toujours les moyens pour supporter seul les coûts de sa politique de science et d'innovation ? Sera-t-il toujours en mesure de continuer à s'engager dans une politique de science et d'innovation en menant des actions sur plusieurs fronts en même temps : la réforme de l'éducation, la restructuration de la recherche, le développement technologique, l'innovation, la modernisation de l'appareil productif, l'employabilité des jeunes... ?

Références

Sources officielles

Académie Hassan-II des Sciences et Techniques. (2009). Rabat. Pour une relance de la Recherche Scientifique et Technique au service du Développement du Maroc. Rapport Mars

Académie Hassan-II des Sciences et Techniques. Rabat (2012). Développer la recherche scientifique et l'innovation pour gagner la bataille de la compétitivité. Un état des lieux et recommandations clés. Novembre

Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique. Rabat (2006). Vision et Stratégie de la Recherche Horizon 2025.

Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique. Mars Rabat (2006). Système National de Recherche : Sciences et Techniques. Analyse de l'existant.

Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique. Rabat Mars (2012) Plan d'action 2013-2016 (en arabe)

Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique. Juillet (2009). Les priorités nationales de recherches. Programmes, Axes et Thèmes pour la période 2009-2012

Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique. Novembre (2009). Stratégie nationale pour le développement de la recherche scientifique à l'horizon 2025. Mise en œuvre à travers le programme d'urgence 2009-2012

Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique. Juillet (2009). Structuration de la recherche scientifique dans les universités Résultats à fin avril 2008

Ministère de l'Industrie, du Commerce et des Nouvelles technologies. Rabat (2005). Enquête nationale sur l'Innovation et la Recherche Développement au Maroc au Maroc 2005

Ministère de l'Industrie, du Commerce et des Nouvelles technologies. Rabat 2013. État des lieux de la Stratégie Maroc Innovation. Rapport d'étape.

Secrétariat d'État Chargé de la Recherche Scientifique. (2000). La Recherche Scientifique - Situation à la veille du XXIe siècle

Références bibliographiques

ARVANITIS R. (2007). ESTIME : Towards science and technology evaluation in the Mediterranean Countries. Final report. Sixth framework programme. Project n°INCO-CT-2004-510696. ESTIME : Evaluation of Scientific, Technology and Innovation capabilities in Mediterranean countries : http ://www.estime.ird.fr/rubrique8.html.

ARVANITIS R., M'HENNI H.et TRISPOURI L.(2009). « Y a-t-il une gouvernance des systèmes d'innovation dans les pays d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient ? » Dans Action publique et Gouvernance en méditerranée Maghreb-Machrek n° 202

AZZIOUI I. (2012). Erawath Country report 2012. Morocc. Europeean commission

BENCHENNA A. (2009). « L'appui de la France à la Réforme de l'Enseignement supérieur (ES) au Maroc : quelles finalités et quels enjeux ? » Publication de Conseil pour le développement de la recherche en sciences sociales en Afrique JHEA / RESA Vol. 7, Nos. 1 & 2,

BOSHOFF N., KLEICHE-DRAY, M. (2009). The Science And Technology System Of The Kingdom Of Morocco. Country Report. Unesco : http ://portal.unesco.org/education/en/files/55536/11998897825Morocco.pdf/Morocco.pdf.

CATUSSE M. (2004). Acteurs privés, action publique. Patronat et politique au Maroc. In ROQUE M.-A. (dir.). *La Société Civile au Maroc. L'émergence de nouveaux acteurs de développement.* Paris, Barcelone, Casablanca : Publisud, IE Med, Sochepress, 161-185.

CATUSSE M. (2005), La réinvention du social dans le Maroc ajusté. In LONGUENESSE E., CATUSSE M. et DESTREMAU B. (dir.), « Le travail et la question sociale au Maghreb et au Moyen-Orient », *REMMM*, n° 105-106, p. 221-246.

CATUSSE M. (2009), Ambiguous Privatization and the Emerging Social Question. In Pioppi D., Guazzone L., *The Arab State and Neo-liberal Globalization. The Restructuring of State Power in the Middle East*, Uthaca Press, pp.185-216, 2009.

CUGUSI B. (2008). Le système national d'innovation au Maroc, CESPI

CHERKAOUI M. (2009). Rapport de synthèse et plateforme pour un débat sur la politique de recherche en sciences humaines et sociales.

HIBOU B. (1996), Les enjeux de l'ouverture économique au Maroc : dissidence économique et contrôle politique. *Les Études du CERI*, FNSP, n° 15, avril.

HIBOU B., TOZY M. (2002), De la friture sur la ligne des réformes : la libéralisation des télécommunications au Maroc. Critique internationale 14 (1) : 91.

HIBOU B., TOZY M. (2009), « La lutte contre la corruption au Maroc : vers une pluralisation des modes de gouvernement ? », Droit et société 2009 / 2 (n° 72), p. 339-357.

GAILLARD J., GAILLARD A.-M. (2006) « Les laboratoires de recherche marocains, caractéristiques, fonctionnement et production » In. Khelfaoui H, Intégration de la science au développement. Expériences maghrébines, Éditions Publisud

GAILLARD J., AFIFI A.I.(2013) Appui au système national de la recherche (SNR) au Maroc pour une intégration à l'Espace européen de recherche (EER) : jumelage institutionnel MA09 / ENP-AP / OT14 : rapport final du 11 mai 2011 au 10 juillet 2013. Rabat (MAR), Paris : MESRSFC, MESR, 133 p.

GHOUATI A. (2010). « L'enseignement supérieur au Maroc : de l'autonomie à la dépendance ? » JHEA / RESA Vol. 8, No. 1

GHOUATI A. (2009). « Réforme LMD au Maghreb : éléments pour un premier bilan politique et pédagogique » JHEA / RESA Vol. 7, Nos. 1 & 2

KLEICHE-DRAY M., WAAST R. (2008). Le Maroc Scientifique. Paris : Ed Publisud

KLEICHE-DRAY M. (2006) « Les actions publiques marocaines en faveur de la recherche de 1996-2004 », In. Khelfaoui H, Intégration de la science au développement. Expériences maghrébines, Éditions Publisud

KLEICHE-DRAY M. (2006), « Du ressentiment au désenchantement : analyse du parcours d'insertion sociale et professionnelle de docteurs universitaires au Maroc », In : Gérard, E. (dir.). *Savoirs, insertion et globalisation : vu du Maghreb.* Paris : Publisud, p. 109-136. ISBN 2-86600-919-3

KLEICHE-DRAY M., BELCADI S. (2008). L'université marocaine en processus d'autonomisation Rapport pour le Conseil Supérieur d'Enseignement

KLEICHE-DRAY M. (2007). La recherche scientifique au Maroc Rapport de synthèse pour Estime « Évaluation des Capacités Scientifiques et Techniques et d'Innovation des Pays Méditerranéens ».

KOHSTALL F. (2015). « Free transfer, limited mobility : A decade of higher education reform in Egypt and Morocco », *Revue des mondes musulmans et de la Méditerranée* [En ligne], 131 | juin 2012, mis en ligne le 2 juillet 2012, consulté le 14 décembre 2015 : http ://remmm.revues.org/7624.

LABERGE P. (1987). Politiques scientifiques du Maghreb : l'implantation du système scientifique dans les sociétés maghrébines de 1830 à 1980. Phd, Université de Montréal.

LARBI J. (1994), « La zone de libre-échange Union européenne / Maroc : impact du projet sur l'économie marocaine ». In Cahier du GEMDEV n° 22 (Vers une zone de libre-échange Europe-Maghreb), Paris,

MELLAKH K. (2007). Enquête qualitative sur le dispositif institutionnel et les dynamiques de l'innovation dans les entreprises au Maroc, Rapport de recherche pour Estime « Évaluation des Capacités Scientifiques et Techniques et d'Innovation des Pays Méditerranéens.

MELLAKH K. (2011). « Enseignement supérieur, formation des cadres techniques et transition libérale au Maroc » In Leclerc Olive M, Scarfò Ghellab G, Wagner A. Les mondes universitaires face aux logiques du marché : circulation des savoirs et pratiques des acteurs Sous la direction de Michèle Leclerc Olive, Grazia Scarfò Ghellab, Anne Catherine Wagner éditions Éd Karthala

MELLAKH (2006). « Le modèle étatiste de formation des ingénieurs au Maroc : une recomposition à l'épreuve de la libéralisation » In. Khelfaoui H, Intégration de la science au développement. Expériences maghrébines, Éditions Publisud

PIERMAY J.-L et PIVETEAU A. (2009). « L'impensé du local dans le programme Emergence du Maroc ». In. Mezouaghi M. (ed.). Les localisations industrielles au Maghreb : attractivité, agglomération, territoire. Paris (FRA), Tunis : Karthala, IRMC, 2009, p. 207-230. ISBN 9782811101824

PIVETEAU A., ROUGIER E. (2011). « Le retour en trompe l'œil de la politique industrielle : l'expert, l'État et l'économie politique locale ». In. Revue Tiers Monde, 2011, (208), p. 177-292. ISSN 1293-8882

ROSSI P.L., WAAST R. (2008). La production scientifique du Maroc. Données récentes. Communication faite en séance plénière à l'Académie Hassan II des Sciences et des Techniques Rabat, 21 février 2008 : http ://www.estime.ird.fr/rubrique8.html.

WAAST R., KLEICHE-DRAY M. (2009). Évaluation of a national research system : Morocco. EUROPEAN COMMISSION. Directorate-General for Research International Cooperation : http ://ec.europa.eu/research /iscp/pdf/morocco_evaluation.pdf.

Liste des abréviations

ANPME : Agence nationale pour la promotion de la petite et moyenne entreprise

ANPME : Agence nationale pour les petites et moyennes entreprises

BM : Banque mondiale

CMI : Centre marocain d'innovation

CNRST : Centre national de la recherche scientifique et technique

COSEF : Commission spéciale d'éducation et de formation

FMI : Fonds monétaire international

IMIST : Institut marocain d'information scientifique et technique

INNOV'A CT : Programme d'appui aux projets d'Innovation et de R & D des entreprises

LMD : Licence-Master-Doctorat

MARWAN : Moroccan Academic and Research Wide Area Network

MASCIR : Moroccan Science, Innovation and Research Foundation

MESRSFC : ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche scientifique et de la Formation des cadres

MICNT : ministère de l'Industrie, du Commerce et des Nouvelles Technologies

OMPIC : Office marocain de la propriété industrielle et commerciale

PME : petites et moyennes entreprises

PMI : petites et moyennes industries

PROTARS : Programme thématique d'appui à la recherche scientifique et technique

R & D : Recherche-Développement

SAMIR : Société anonyme marocaine de l'industrie du raffinage

SHS : Sciences humaines et sociales

SONASID : Société nationale de sidérurgie

TD : travaux dirigés

TIC : technologies de l'information et de la communication

UTARS : Unités d'appui technique à la recherche scientifique

Annexe – Institutions de formation et de recherche scientifique au Maroc

Tableau 1 – Les universités

Date de création	Nom	Ville(s)	Nombre d'étudiants	Nombre d'enseignants-chercheurs	Champs			
					Sc. Méd.	SN	SI	SHS
859	Université Al-Qaraouiyine	Fès	5 237	124				+
1956	Université Mohamed-V-Agdal	Rabat	22 669	990		+	+ 1959	+
1992	Université Mohamed-V-Souissi	Rabat	15 760	1 132	+ 1962		+ 1991	+
1974	Université Hassan-II-Ain-Chock	Casablanca	22 254	1 042	+	+	+ Après 1990	+
1992	Université Hassan-II Mohammedia-Casablanca	Mohammedia	20 289	755		+	+ 2010	+
1975	Université Med-Ben-Abdellah	Fès	50 955	1 202	+ 1998	+	+ Après 1990	+
1975	Université Cadi-Ayyad	Marrakech	28 432	1 220	+ 1998	+	+ Après 1990	+
1978	Université Mohamed-Ier	Oujda	25 162	648	+ 2010	+	+ 1990	+
1989	Université Ibn-Tofail	Kénitra	12 161	412		+	+ 2009	+
1990	Université Chouaib-Doukkali	El-Jadida	7 567	462		+	+ 2009	+

1990	Université Moulay-Ismail	Meknès	24968	712		+	+ Après 1990	+
1989	Université Abdelmalek-Essaadi	Tanger	22 516	649		+	Après 1990	+
1990	Université Ibn-Zohr	Agadir	36 867	578			+ Après 1990	+
1997	Université Hassan-Ier	Settat	7 201	286			+ 2009	+
2007	Université Sultan-Moulay-Slimane	Beni-Mellal	5 967	255		+		+
1992	Université Al-Akhawayn (*)	Ifrane	1 322	125			+	+
Chiffres en 2010	16		309 327	10 592				

Sc. Méd. : sciences médicales ; SN : sciences naturelles ; SI : sciences de l'ingénieur ; SHS : sciences humaines et sociales ; NB : nombre.
(*) Université publique à gestion privée (université semi-publique).

Tableau 2 – Les écoles de la formation des cadres

					Domaines			
Date de création	Nom	Ville(s)	Nombre d'étudiants	Nombre de chercheurs	Agronomie Agriculture Foresterie	Génie civil, chimie électronique, informatique, mines, industrie, architecture	Gestion, administration, économie, droit, information, patrimoine	Sciences de l'éducation
1970	École nationale forestière des ingénieurs (ENFI)	Salé	97	26	+			
1963-1966	Institut agronomique et vétérinaire Hassan-II (IAV)	Rabat	1 761	236	+			
1945	École nationale d'agriculture de Meknès (ENAM)	Meknès	446	59	+			
1971	Institut supérieur de commerce et d'administration (ISCAE)	Casablanca	834	34			+	
1971	Institut national des postes et télécommunications (INPT)	Rabat	588	53		+		
1971	École Hassania des travaux publics (EHTP)	Rabat	650	72		+		
1972	École nationale de l'industrie minérale (ENIM)	Rabat	753	78		+		
1986	École supérieure d'industries textiles et d'habillement ESITH	Casablanca	878	44		+		
2000	Académie internationale Mohamed-VI de l'aviation civile (AIAC)	Casablanca	401			+		

1961	Institut national de statistique et d'économie appliqué INSEA	Rabat	635	36		+	+	
1978	Institut supérieur d'études maritimes (ISEM)	Casablanca	234	25		+		
1980	École nationale d'architecture ENAR	Rabat	531	17		+		
1981	Institut national d'aménagement et d'urbanisme (INAU)	Rabat	52	17			+	
1977	Institut supérieur de l'information et de la communication (ISIC)	Rabat	554	19			+	
1985	Institut national des sciences de l'archéologie et du patrimoine (INSAP)	Rabat	14	28			+	
À partir de 1978	Écoles normales supérieures (ENS et ENSET) (8)	Casablanca, Rabat, Fès, Tétouan, Marrakech, Meknès et Mohammedia	2 863	668				+
1974	École supérieure des sciences de l'information (ESI)	Rabat	353	20		+	+	
1950	École nationale d'administration ENAD (ex ENAP)	Rabat	647	19			+	
1996	Institut supérieur d'administration	Rabat	53	–			+	
	Autres		9 933	883			+	
Total	61 établissements de formation des cadres		22277	2 334				

Tableau 3 – Les instituts et centres publics de recherche

Date de création	Nom	Ville	Effectifs du personnel (*)		Champs			
			Total	Femmes	Agronomie, agriculture, foresterie	Génie civil, chimie, électronique, mines, énergie, industrie	Recherche médicale	SHS
1930	Institut national d'hygiène (INH)	Rabat	286	168			+	
1929	Institut Pasteur Maroc (IPM)	Casablanca	250	129			+	
1982	Institut national de recherche agronomique (INRA)	Rabat	1 100	282	+			
1982	Institut national de recherche halieutique (INRH)	Casablanca	224	73	+			
1945	Laboratoire public d'essais et d'expérimentation (LPEE)	Casablanca	1035	165		+		
1985	Centre national d'énergie, sciences et techniques nucléaires (CNESTEN)	Rabat	259	66		+		
2004	Centre de recherche et d'études démographiques (CERED)	Rabat	17	5				+
1982	Agence nationale pour le développement des énergies renouvelables et l'efficacité énergétique (ADEREE) (ex CDER)	Rabat	143	33		+		
1992	Centre national de recherche forestière (CNRF)	Rabat	182	23	+			

1993	Centre national d'études et recherche routière (CNER)	Rabat	17?			+		
1975	Centre d'études et de recherches sur les phosphates (CERPHOS, groupe OCP)	Casablanca	150	53		+		
1981	Centre national pour la recherche scientifique et technique (CNRST)	Rabat	184	92	+	+	+	+
1990	Office national des hydrocarbures et des mines (ONHYM) (ex ONAREP)	Rabat	899	215		+		
1989	Centre royal de télédétection spatiale (CRTS)	Rabat	57	20		+		
2001	Institut royal de la culture Amazigh (IRCAM)	Rabat	110	20				+
1993	Académie Hassan-II des sciences et techniques (AH2ST)	Rabat	32	8	+	+	+	+
2005	Institut royal pour la recherche sur l'histoire du Maroc (IRRHM)	Rabat	22					+
2007	Institut royal des études stratégiques (IRES)	Rabat	15					+
Total	4 965	1 352						

(*) Ensemble du personnel (chercheurs, ingénieurs de recherche, techniciens et personnel de soutien).

L'internationalisation de la recherche au Liban. Choix ou contrainte ?

Rigas Arvanitis, Sari Hanafi et Jacques Gaillard

Introduction

De nombreux travaux menés depuis une dizaine d'années ont permis de cerner les contours de la recherche au Liban avec un peu plus de précision aussi bien du point de vue de l'organisation de l'activité de recherche que du point de vue des publications. Notre chapitre se veut un exposé sur l'organisation institutionnelle de la recherche au Liban pour présenter les principaux défis qui se posent dans le cas d'un petit pays de recherche. En effet, le Liban avec ses quatre millions d'habitants *environ* [1], présente des caractéristiques qui le rendent assez différent des pays arabes voisins : haut niveau de scolarisation et importante population estudiantine [2], production scientifique notable, qualité reconnue de ses médecins et de ses hôpitaux, fort taux d'émigration, économie tournée prioritairement vers les services. C'est aussi une démocratie parlementaire en même temps qu'une société divisée en communautés reconnues officiellement par le système politique et partiellement par sa constitution héritée du protectorat français, marqué profondément par une guerre civile longue et meurtrière (1975-1990) [3]. Ces divisions communautaires se traduisent dans les recrutements des organismes publics et singulièrement ceux effectués par l'Université libanaise, la grande université nationale qui regroupe la moitié de la population d'étudiants. Les communautés sont aussi responsables de l'éclatement de l'enseignement, y compris l'enseignement supérieur, en écoles et universités qui recrutent étudiants et enseignants principalement parmi leur propre communauté. À cela s'ajoute une population étrangère importante de réfugiés, palestiniens depuis fort longtemps, victimes d'un ostracisme inscrit dans des

1. Pour des raisons politiques, il n'y a pas eu de recensement au Liban depuis 1932 afin de ne pas changer les équilibres communautaires.

2. C. Nahas (2009, p. 15) mentionne un ratio du nombre d'étudiants pour chaque 100 000 hab. de 0,4143, l'un des plus élevés du monde arabe.

3. Rappelons que la guerre civile au Liban a été une des plus meurtrières du XXe siècle : un tiers de la population libanaise a été déplacée ; un tiers de la population résidente a quitté le pays ; 150 000 personnes ont été tuées, 180 000 blessées, 13 000 kidnappés, 17 000 disparus et 13 000 handicapés. K. Abou-Rjeily, B. Labaki, *Bilan des guerres du Liban, 1975-1990*, Paris, L'Harmattan, 1993.

Figure 1 – Carte du Liban

lois interdisant certains emplois aux palestiniens et depuis le début des massacres en Syrie, une population de réfugiés syriens estimée officiellement en septembre 2015 à un quart de la population libanaise. En apparence donc, un pays riche mais fragilisé par une situation politique instable peu propice à la recherche et l'innovation.

Jusqu'en 2006, peu de documents décrivaient la recherche au Liban [4]. La revue *Bahithat* (revue de l'Association libanaise des femmes chercheures, n° 3, 1996-1997) avait en son temps rassemblé des articles essentiellement d'opinion sur l'état de la recherche. C'est probablement là le premier recueil un peu systématique sur ce thème [5]. En 2006, une équipe de recherche fut mise en place pour examiner les différentes facettes de l'organisation de la recherche (projet ESTIME, dirigé par R. Arvanitis, 2007). Le rapport de Jacques Gaillard (2007) présente une vision d'ensemble du système institutionnel, fondé sur une enquête auprès du Conseil national de la recherche scientifique (CNRS) libanais, de chercheurs et d'autres institutions. Ce projet fut aussi l'occasion d'une enquête importante sur les pratiques de recherche dans les sciences naturelles (Bechara et Kabbanji, 2007), les sciences sociales (Kabbanji et Moussaoui, 2007 ; Zakhia, 2007) [6], le système d'innovation (Kabbanji, 2007) et les financements de la recherche disponibles localement (Hanafi, 2007). Ce fut le seul travail complet sur le système de recherche et, depuis, malgré plusieurs tentatives, la recherche au Liban n'a pas fait l'objet d'une évaluation aussi générale.

Depuis lors, on peut trouver des analyses de la situation de la recherche au Liban essentiellement dans des rapports concernant l'ensemble du monde arabe. Les trois premiers rapports sur le développement humain dans le monde arabe du PNUD (2004), dont celui de 2005 qui a été prémonitoire des soulèvements dans les pays arabes, ont lancé une série de travaux qui se sont rapidement orientés vers la question des connaissances (*Arab Knowledge Report* [2009], publié avec la fondation Al-Maktoum). La Banque mondiale repris le flambeau en insistant sur le nécessaire développement d'une économie de la connaissance et cette idée a été reprise par les *think tanks* arabes (voir la Fondation de la pensée arabe). Tous ces rapports s'accordent pour parler de la nécessité de renforcer la recherche dans les pays arabes mais dans les différents classements qu'ils établissent la position médiane accordée au Liban est surprenante, ce pays ayant une réputation de haut niveau de formation, d'universités anciennes et d'excellent niveau [7]. Cette question du rôle de la recherche dans le monde arabe a reçu un traitement complet d'Antoine Zahlan (2012) dans un livre où il soutient que la recherche est freinée par l'absence d'un projet de renforcement de la souveraineté nationale. La recherche, dit-il, est nécessaire pour assurer le contrôle de la vie sociale et économique ainsi que la sécurité nationale, mais aucun pays arabe ne semble y prêter attention (p. 14 *sq.* ; p. 195) : malgré quelques efforts, la dépendance technologique et l'absence de recherche y sont chroniques. De même, le Liban n'est pas particulièrement visé dans notre rapport sur le « lien cassé » entre recherche et usages de la recherche dans les pays arabes (Hanafi et Arvanitis, 2013). Mais contrairement aux rapports mentionnés ci-dessus, nous ne défendons pas l'idée de l'avènement prochain d'une économie de la connaissance : nous insistons plutôt, comme Zahlan, sur la nécessité de donner plus de moyens aux enseignants et chercheurs, de favoriser la recherche dans

4. Seul le Conseil national de la recherche scientifique publiait un rapport d'activité annuel jusqu'à la guerre civile.

5. À notre connaissance une des rares références sur le travail en équipe de recherche au Liban est la description fournie par Claude Dubar (2006) qui décrit, du point de vue de sa réalisation pratique, l'enquête sur les classes sociales au Liban, publiée en 1976, qu'il intitule d'ailleurs une « recherche collective improbable » (p. 39).

6. J. Kabbanji a publié plus tard ce rapport sous forme d'ouvrage (Kabbanji, 2010).

7. Nous examinons cet aspect dans le détail dans notre livre : Hanafi et Arvanitis (2015).

les universités, de renforcer la capacité à mener à bien des collaborations scientifiques internationales. Or sur tous ces aspects, le Liban se place plutôt de manière favorable par rapport à ses voisins. Pourtant, si ces organismes s'obstinent à donner du pays une vision peu favorable, c'est pour lui préférer des pays comme les Émirats du golfe Persique ou le Qatar notamment en matière « d'innovation ». Malgré l'impressionnante mécanique statistique mobilisée pour aboutir à ce surprenant résultat, nous pensons que le petit Liban est certainement mieux placé pour offrir une recherche de qualité. C'est là, par soi même, un paradoxe eu égard au contexte politique et social du pays. D'ailleurs, dans la première enquête sur l'innovation jamais réalisée dans le pays (Arvanitis, 2014), plus de 78 % des compagnies interrogées sentent que la situation politique et sécuritaire du Liban est un facteur qui freine l'innovation et la R & D dans les entreprises. On peut encore se demander comment se fait-il que ce petit pays connaisse l'un des très rares incubateurs d'entreprises innovantes (Berytech) qui soit fonctionnel dans un pays arabe de la région [8]. Ces particularités font du Liban un cas d'espèce particulièrement intéressant.

1 Une production scientifique satisfaisante

Une première approximation de la recherche au Liban est l'analyse de sa production d'articles dans les grandes bases de données. La figure 1 présente cette production sur le long terme depuis 1975. Cette date correspond au début de la guerre civile qui a duré jusqu'à l'année suivant la signature des « Accords de Taef » (1990). La courbe de la production scientifique commence alors à être ascendante (1991-1997), puis augmente rapidement jusqu'en 2006, date de l'attaque militaire israélienne et des bombardements sur le Liban. Elle ne monte que plus lentement après cette date. Actuellement, la production moyenne d'articles répertoriés dans les bases de données bibliométriques se situe entre 1 200 articles par an (Web of Science, figure 1 ci-dessous) et 1 300 articles par an (Scopus, *cf.* Hanafi et Arvanitis, 2013). L'influence de la courte « guerre » de juillet 2006 a été particulièrement néfaste, de nombreuses personnes ayant, à cette époque, fui le pays. Depuis 2011, le pays a considérablement accéléré sa production pour rejoindre la production de la Jordanie. Pourtant ce dernier pays, qui a fait des efforts considérables pour améliorer son système de recherche (Larzillière, 2010), compte (probablement [9]) deux fois plus de chercheurs que le Liban. En termes de mesure d'impact, le Liban se situe au-dessus de la moyenne des pays arabes, notamment du fait de sa forte production dans le domaine biomédical qui est un domaine très productif et de qualité reconnue à travers le monde (Gaillard, 2010).

Concernant la production des sciences humaines et sociales, les difficultés méthodologiques connues nous ont poussé à tenter une estimation du nombre d'articles en langue arabe pour la période 2006-2013 en employant une base de données académiques nou-

8. Malgré l'apparition de plusieurs incubateurs d'entreprises, il n'existe pas plus d'une dizaine d'incubateurs technologiques autour de la Méditerranée dont le plus ancien est le Technoparc El-Ghazala en Tunisie. La plupart de ces incubateurs sont publics, à l'exception de Berytech au Liban et du PICTI de l'université de Gaza (Territoires palestiniens).

9. Les chiffres farfelus publiés par l'Unesco à ce sujet (ou, pire encore, ceux du COMSTECH) renvoient encore une fois à des définitions variables d'un pays à l'autre. Bien qu'il devrait le faire, suivant les recommandations du manuel de Frascati, le Liban ne compte par exemple pas ses doctorants dans le personnel de recherche comme le fait la Jordanie. *Cf.* les données reproduites dans le rapport de l'ESCWA (Hanafi et Arvanitis, 2013, p. 51).

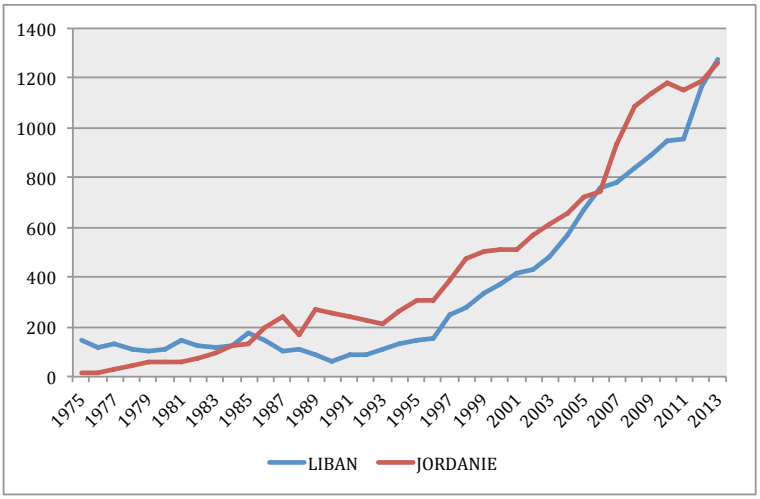

FIGURE 2 – Production d'articles Liban et Jordanie (1975-2013). *Source : WoS (SSCI et SCI 1975-2013, et base des « Proceedings »). Interrogation en ligne avril 2014*

velle qui est attentive au recueil de revues universitaires locales (base E-marefa). Nous obtenons le chiffre de 164 articles donc une moyenne de 20,5 articles par an [10]. Dans le Web of Science sur la période 2000-2011, nous avons décompté 558 articles en langue anglaise et nous notons une très forte augmentation depuis 2009 ; la moyenne sur la période comparable des deux échantillons (2006-2011) est de 59 articles par an. La base SCOPUS enregistre 130 articles en SHS pour l'année 2010. L'importance grandissante de cette production est une tendance extrêmement récente. Il nous semble qu'elle est parallèle à cette forte croissance que nous notons depuis 2011 de l'ensemble de la production libanaise. Cependant, ce chiffre, certainement inférieur à 150 articles par an, nous semble relativement faible. Auparavant nous avions exprimé l'idée d'une opposition entre ceux qui publient internationalement et périssent localement et ceux qui publient localement, mais périssent internationalement (Hanafi, 2011) ; en réalité, il semblerait que la production locale soit assez faible et que les chercheurs en SHS « publient et périssent localement ».

2 Les principaux piliers de la recherche au Liban

Pour comprendre cette forte croissance de la recherche au Liban depuis la guerre civile (malgré le ralentissement 2006-2011), il faut identifier les pôles de croissance de l'activité de recherche : les universités (qui représentent autour de 95 % de la production avec les hôpitaux qui leurs sont rattachés), le rôle d'agence du Conseil national de la recherche scientifique (CNRS) avec son programme de soutien à la recherche, les centres nationaux de recherche publique et les centres privés de recherche. La figure

10. L'estimation est effectuée à partir de la nouvelle base de données située en Jordanie E-marefa (http ://www.e-marefa.net/) (71 articles) en plus des deux principales revues dans la région : *Idafat, revue arabe de sociologie* (21 articles) et *Al-Mustaqbal Al-Arabi*, revue du Centre de l'unité arabe (72 articles) pour 2006-2013. Cette dernière publie aussi une version en anglais avec un choix d'articles publiés précédemment en arabe *Contemporary Arab Affairs*.

suivante montre l'importance des principales universités et centres de recherche du pays dans la production. Comme nous l'indiquerons, cette distribution n'est pas exactement conforme à la distribution effective du nombre de chercheurs par domaines.

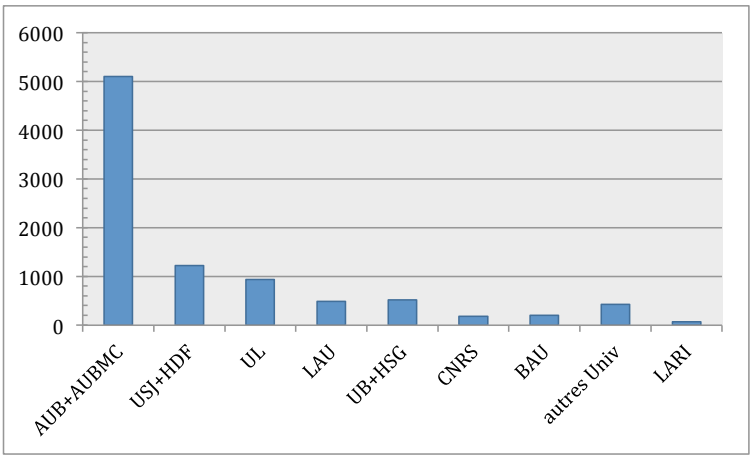

FIGURE 3 – Production scientifique des principales institutions libanaises (2000-2011). *Source : base WoS, traitement C. Tayoun / R. Arvanitis. Juillet 2012.*
AUB et AUBMC = Université américaine de Beyrouth ; USJ et HDF = Université Saint-Joseph et Hôtel-Dieu de France ; LAU = Université libano-américaine ; UB et HSG = Université Balamand et Hôpital Saint-Georges ; CNRS = Conseil national de la recherche scientifique (quatre centres de recherche) ; BAU = Université arabe de Beyrouth ; LARI = Institut de recherches agricoles

Le profil scientifique du Liban saisi par ses publications indexées dans le Web of Science est assez différent de celui des pays arabes. En effet, ces derniers ont une spécialisation très forte dans les sciences de l'ingénieur et sciences de la matière, alors que le Liban (comme aussi la Tunisie parmi les pays arabes) a un profil plus fortement orienté vers les sciences médicales et la biomédecine (Arvanitis, 2007).

De plus, nous pouvons noter que la part du Liban dans la production mondiale (que nous avons estimée sur les indicateurs publiés par *Scimago*[11] à partir des publications dans la base SCOPUS) a augmenté de 30 % en dix ans entre 2000 et 2010, pour représenter 0,344 pour mille, une proportion honorable pour un pays de plus de 4 millions d'habitants et probablement autour de 1 200 chercheurs équivalents temps plein. Ce chiffre est en forte progression par rapport à 1999 (0,08 pour mille) et 2004 (0,13 pour mille)[12] ; certains domaines ont connu une progression spectaculaire jusqu'à deux à trois fois supérieure à la production mondiale dans certains domaines comme les mathématiques et surtout les sciences informatiques (+ 329 %), les sciences sociales (+ 333 %), les sciences de l'ingénieur (+ 259 %), la biologie (+ 245 %), et les sciences agricoles (+ 221 %)[13]. Ces progressions se traduisent aussi dans les projets de recherche financés par le CNRS, comme nous l'indiquerons plus loin.

11. Country Rankings : http ://www.scimagojr.com/countryrank.php.
12. Calculé par l'OST pour le projet ESTIME (Gaillard, 2007). L'estimation était effectuée à partir des données du Web of Science qui a une base de revues plus restreinte que Scopus. *Cf.* Notice méthodologique publiée sur le site www.estime.irf.fr.
13. Calculs des auteurs sur la base des articles indexés dans le Web of Science 2000-2011.

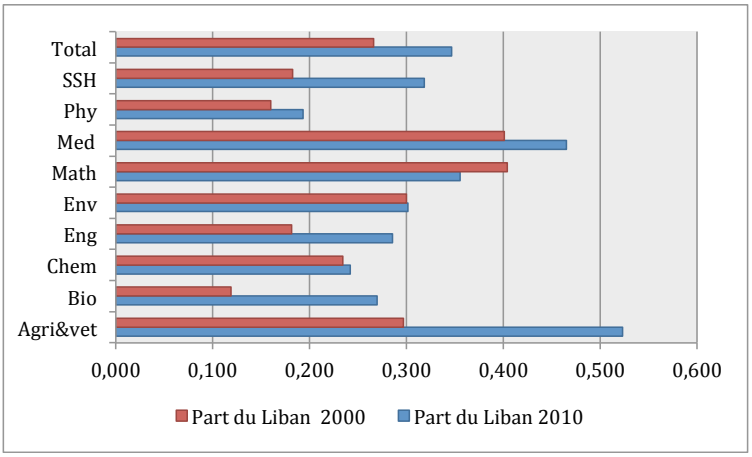

FIGURE 4 – Part du Liban dans la production mondiale (comparaison de la production annuelle dans SCOPUS en 2000 et en 2010). Chiffres pour mille. *Source : Indicateurs Scimago, base SCOPUS. Interrogation octobre 2012*

2.1 Les universités

Jacques Gaillard (2010) souligne le caractère essentiellement universitaire du système libanais de recherche. Le pays compte 42 universités, toutes privées en dehors de l'Université libanaise, dont douze d'entre elles comptent des facultés de science ou de sciences de l'ingénieur. Cependant, comme le montre la figure 1, la production scientifique se concentre dans quelques universités : l'Université américaine de Beyrouth (AUB) qui compte aussi un hôpital universitaire de haut niveau, l'Université Saint-Joseph de Beyrouth (USJ) à laquelle est aussi rattaché l'hôpital universitaire Hôtel-Dieu de France (un des plus grands du pays) [14], l'Université libanaise (publique), l'Université libano-américaine (LAU), l'Université Balamand dont le campus principal se trouve près de Tripoli et à laquelle est affilié l'hôpital Saint-Georges et l'Université arabe de Beyrouth (BAU), fondée comme filiale de l'Université d'Alexandrie en Égypte qui accueille essentiellement des étudiants de langue arabe mais qui depuis quelques années a acquis une entière autonomie. Le tableau suivant permet de détailler la situation de ces principales institutions.

14. Les deux premières facultés de médecine libanaises ont été fondées en 1867 (pour celle de l'Université américaine dont elle faisait partie intégrante de la création même de l'université) et l'autre en 1883 (FM de l'université Saint-Joseph, soit huit ans après la fondation de l'université).

Tableau 1 – Institutions effectuant de la recherche au Liban (en fonction de leurs publications scientifiques)

Universités ou centres de recherche	Localisation	Publications annuelles 2009-2011[1]	Personnel R&D FTE[2]	Dépenses de R&D [2]	Personnel enseignant total [3]	Étudiants [3]	Année de fondation
American University of Beirut (AUB) + Centre médical AUB	Beyrouth	265	100	17,8	813	7 000	1866
Université libanaise (UL)	Beyrouth, Tripoli et autres sites	122	150	11,4	4 400	73 000	1953
Université Saint-Joseph (USJ) + Hôtel-Dieu	Beyrouth et autres sites	65	90	8,0	1 830	9 400	1875
Lebanese American University (LAU)	Beyrouth et autres sites	65	10	Ensemble 6,0	180	6 300	1924
Université Balamand (BU) + hôpital Saint-Georges	Tripoli	38	20		940	2 800	1988
Beirut Arab University (BAU)	Beyrouth	17	10		670	11 000	1960
34 autres universités	Divers sites (Beyrouth et Mont Liban)	55	Sup. à 50		4 900	39 000	3 ou 4 par an depuis 1996

CNRS : 4 centres de recherche	Divers sites	21	50	5,5			
LARI (agriculture)	Tal Amara		55	5,2			
IRI (Industrie)	Beyrouth		10	0,3			
5 autres centres de recherche	Beyrouth et Mont Liban		30				

1. Publications dans WoS, traitement Claude Tayoun

2. Estimations publiées dans Gaillard (2007)

3. Données du ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur

Plusieurs autres universités ont créé des directions de la recherche, comme l'université Saint-Esprit du Kaslik ou l'université Notre-Dame (NDU), université pontificale fondée par les frères maristes, mais leur contribution à la recherche est encore modeste et repose sur quelques enseignants-chercheurs. Sur une période de onze ans (2000-2011) [15], leur production représente moins de 5 % des publications. Au contraire, les cinq principales universités de recherche représentent, dans cette même période, 94,6 % de la production, une concentration donc de la recherche qui est stable au cours du temps, et massivement implantée à Beyrouth.

L'importance de la recherche dans les universités est sans rapport avec leur nombre d'étudiants. En effet, l'Université libanaise est la plus importante (73 698 étudiants en 2011-2012), suivie de l'Université arabe de Beyrouth (11 392 étudiants), l'université Saint-Joseph (9 362 étudiants), l'Université américaine de Beyrouth (7 826 étudiants), l'université Notre-Dame (6 827 étudiants), l'université Saint-Esprit Kaslik (6 645 étudiants) et l'Université libano-américaine (6 320 étudiants) [16].

Les deux principales universités privées du Liban, en matière de recherche, sont parmi les plus anciennes universités de la région. L'actuelle Université américaine de Beyrouth (AUB) a été fondée en 1866 comme Syrian Evangelical College, suivie par la création de l'université Saint-Joseph (USJ) en 1875 fondée par les pères jésuites. La concurrence entre les deux universités est réelle même si elle est niée par leurs autorités respectives ; dans cette course, c'est toujours l'AUB qui ressort très fortement en premier, notamment du fait de son assise économique auprès des élites économiques

15. Nous utilisons à partir d'ici les données d'un fichier de production issu du Web of science dont les affiliations ont été nettoyées et corrigées par Claude Tayoun que nous remercions. Le fichier comporte 8 007 références d'auteurs ayant des affiliations au Liban sur la période 2000-2012, ce qui correspond à 18 836 adresses d'affiliations (libanaises et des coauteurs étrangers) et permet d'examiner différences facettes de la production d'auteurs affiliés à des institutions libanaises.

16. Statistiques du *Rapport statistique*, 2010-2011, Centre de recherche et de développement pédagogique (CRDP), issu du ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur [en ligne]. Citées par R. Dimassi (travail de recherche en cours).

et des entreprises. Elle est ainsi devenue, après la guerre civile, la principale université d'élite du pays, comme en témoigne le choix de cette université dans les vœux d'intégration des élèves du secondaire dans les écoles les mieux cotées – y compris dans le lycée des jésuites – et le premier employeur au Liban après la compagnie aérienne Middle East. L'USJ a joué un rôle historique essentiel dans la formation des élites politiques et a été jusqu'à la guerre civile, un haut lieu de formation du personnel politique de l'État (Kabbanji, 2012). En témoigne encore l'importance de sa faculté des sciences politiques et de droit. Par contre, contrairement à l'AUB qui détient la palme du principal producteur d'articles et ouvrages scientifiques avec 63,7 % de la production sur la période 2000-2011, l'USJ se contente d'un modeste 15,5 % de la production d'articles au Liban [17]. La langue anglaise et le fait que les enseignants de l'AUB soient formés souvent aux États-Unis ou en Europe explique en grande partie leur facilité dans la publication d'articles de revues en anglais.

Cette inégalité est étonnante quand on sait que les deux universités ont une taille sensiblement similaire ; elle a fait l'objet d'une évaluation approfondie demandée par le nouveau recteur de l'USJ en 2012 et elle est source d'inquiétude parmi le corps professoral de cette université. Le rapport remarquable (et non publié) de cette évaluation, basée sur 92 entretiens menés en interne, des réunions nombreuses et une série de travaux de fond, examine les différentes faiblesses de la recherche scientifique au sein de l'USJ [18]. Il y est proposé des changements de structure pour améliorer la situation de la recherche et encourager les universitaires titulaires « cadrés » à publier de manière plus systématique. Le plus surprenant est une liberté de ton rare et une perception aiguë de la fragilité de la situation actuelle. Il faut aussi remarquer que l'USJ compte à son actif, une récente faculté des sciences orientée vers la recherche mais qui ne compte que 24 professeurs titulaires ou « cadrés » selon l'expression qu'utilise cette université. Cette faculté, de plus, a des liens très étroits avec un grand nombre d'entreprises qui financent des travaux de recherche (chimie, agroalimentaire) et des orientations de recherche qui tiennent compte de l'univers industriel. La même université a fondé l'incubateur d'entreprises Berytech qui est aujourd'hui l'un des plus dynamiques autour de la Méditerranée (Hanafi et Arvanitis, 2013, p. 47). De son côté, l'AUB a eu, paradoxalement, moins de succès dans ses contacts avec les entreprises malgré l'existence d'un centre pour la promotion de l'entreprenariat [19]. Pourtant sa « clientèle » est bien l'élite économique du pays. Mais les orientations de la recherche sont finalement plutôt fondées sur une conception de la recherche où le lien avec les entreprises, sans être refusé, est accessoire.

De manière plus générale, la recherche dans les universités – en dehors des exemples que nous avons cités ci-dessus – est très fortement liée au besoin d'avancement des professeurs bien plus qu'à la pertinence des sujets pour le pays. Nous savons ce que

17. Nous calculons ces données à partir de notre base de données sur les publications dans le Web of Science 2000-2011.

18. Il faut rappeler que l'université Saint-Joseph avait demandé un rapport d'évaluation à l'Agence d'évaluation de la recherche française (AERES) en 2009, malheureusement superficielle, se contentant de reproduire les lieux communs qui ont cours au sein de l'Université.

19. Le Center of Entrepreneurship and Innovation a été créé le 10 juillet 2008 par la signature d'un accord entre « Olayan Business School » de l'AUB et la Fondation Mohammed-Bin-Rashid-Al-Maktoum de Dubaï qui a fait un don d'environ $5 millions pour sa création. Le cœur des études porte sur l'entrepreneuriat régional et fournit des analyses économiques par secteur et par pays.

cette affirmation a de polémique et qu'il existe de nombreux contre-exemples. Cependant, après avoir effectué une enquête approfondie auprès des enseignants dans trois universités (AUB, USJ et UL), ce constat apparaît comme une évidence : le produit de la recherche (le seul ayant une valeur aux yeux des universitaires car se traduisant en termes de promotion), ce sont les publications dans des revues cotées (à fort « facteur d'impact »), de langue anglaise et nombreux furent les témoignages de professeurs nous indiquant que ces revues sont souvent réticentes à mentionner la spécificité locale, les références à la vie politique et sociale du pays, notamment dans les sciences sociales [20]. De même, nous avons constaté la marginalisation de la langue arabe, même dans le domaine des sciences sociales et des humanités (Hanafi et Arvanitis, 2013) qui, dans le Maghreb, sont plus souvent publiées en langue arabe (Arvanitis, Waast et Al Husban, 2010). L'obligation de publication dans le cadre des revues « à facteur d'impact » s'impose aux auteurs et les rend prisonniers d'une logique qui les place dans une hiérarchie des savoirs sur laquelle ils ont peu de prise, comme le soulignait W. Keim (2010) pour les sciences sociales dans les pays non hégémoniques.

D'autres différences entre les deux universités sont importantes à mentionner. L'AUB est anglophone et les cours sont dispensés en anglais ; elle est largement interconfessionnelle et sa base de recrutement est constituée non seulement des enfants de l'élite mais d'une quantité importante d'enfants des classes moyennes (et parfois populaires) dont les notes permettent d'accéder à des bourses. L'USJ, plutôt francophone, même si elle prône le multiconfessionnalisme et la tolérance, demeure encore très marquée comme une université à orientation religieuse : son recteur est d'ailleurs un père jésuite. La guerre civile a profondément marqué ces institutions et un des effets collatéraux de la guerre a été un affaiblissement de l'USJ qui ne détient plus ce quasi-monopole de la formation de l'élite politique (dans le cabinet ministériel de 2014 seulement deux ministres sont issus de l'USJ). De plus, l'USJ ressent plus fortement la pression exercée par la marchandisation du secteur de l'enseignement supérieur, dénoncée par J. Kabbanji (2012). Moins coûteuse que ses concurrentes anglophones (AUB et LAU), l'USJ consent à ouvrir ses portes aux classes moyennes, rôle autrefois dévolu aux plus petites universités privées ainsi qu'à l'Université libanaise. Tout porte à croire que la classe moyenne est aussi la plus fragilisée par la situation de crise politique permanente que vit le Liban depuis l'assassinat de Rafic Hariri (2006). En tout cas, 32 % des étudiants de cette université envisageaient de partir à l'étranger poursuivre leurs études mais surtout y rechercher un emploi (Kasparian, 2006) même si plus rares étaient ceux effectuant les démarches pour le faire.

Une autre différence fondamentale entre l'AUB et l'USJ est l'obligation de publier. L'AUB impose une norme depuis longtemps pour garder son emploi ou obtenir une promotion : celle d'un certain nombre d'articles publiés dans des revues reconnues ou d'ouvrages imprimés (plutôt dans les sciences sociales et les humanités). Malgré les précautions exprimées par la direction des facultés pour ne pas s'en tenir au décompte des publications et effectuer des évaluations qualitatives, les professeurs eux-mêmes

20. Nous sommes ici dans un cas de figure typique de l'opposition des profils de carrière des universitaires qui s'investissent presqu'exclusivement sur la recherche et ceux qui construisent des carrières autour de plusieurs activités pédagogiques, de recherche et de service, comme les signalent S. Louvel et A. Valette (2014) dans le cas français.

ont tendance à compter le nombre d'articles en appliquant la règle de « un papier par an » ; ainsi, au bout de sept ans, l'enseignant qui n'a pas publié un minimum de sept articles est renvoyé de l'Université. Cette norme assez violente explique sans doute une grande part de l'incitation à la publication. Mais elle s'insère dans une vision d'ensemble de la recherche « académique » où le principal objectif reste la publication des résultats dans les revues à fort facteur d'impact. De son côté, l'USJ ne tient pas véritablement compte de la recherche dans la promotion et la carrière des enseignants-chercheurs, malgré les incitations fortes exprimées par diverses instances de cette université, aspect qui a été souligné par le groupe de travail interne qui a effectué une évaluation des activités de recherche. En rester là serait difficilement tenable dans un contexte où la publication obligatoire pour la promotion est aussi en train de devenir la norme dans plusieurs grandes universités publiques au Proche-Orient.

Rappelons que l'AUB et l'USJ sont certes des universités de statut privé mais elles sont avant tout des institutions qui sont censées ne pas faire de profits. La recherche n'a donc pas à se justifier en termes économiques : par contre elle doit pouvoir se financer et surtout créer une infrastructure de moyens. De ce point de vue, les deux institutions ont sans aucun doute, sous des modalités différentes, créé des plateformes instrumentales solides avec des équipements de haut niveau. On aurait plutôt ici une inflation d'équipements de ce type (nous avons vu, par exemple trois équipements de RMN dans une aire urbaine réduite, de moins de 10 km^2 – sans compter les RMN à usage médical). L'absence de mutualisation des grands équipements est le produit de cette fragmentation de l'espace universitaire. Remarquons qu'en termes de financement de la recherche, les deux universités connaissent une différence importante : bien que le budget propre de l'université dédié à la recherche soit à peu près le même dans les deux universités (autour de 1 million de dollars – en dehors de la faculté de médecine de l'AUB qui dispose d'un fonds propre additionnel d'environ US$ 250 000 annuels, constitué par des retenues sur les salaires des enseignants-chercheurs de l'hôpital) et qu'il serve dans les deux cas à financer des projets de recherche par appel à projets en interne, l'AUB semble plus efficace pour gérer les financements externes dont le montant cumulé avoisine les 7 millions de dollars annuels (l'AUB a enregistré 306 projets à financements externes entre 2007 et 2011) (Hanafi, Arvanitis et Baer, 2013). L'USJ n'a pas de mécanisme permettant de faire le décompte des financements externes mais au vu de la diversité des projets identifiés (TEMPUS, projets FP7, CEDRE, projets de l'ANR française, AUF, USAID, etc.), les montants doivent se situer dans des valeurs proches.

Bien après les universités privées, en 1951, l'Université libanaise (UL) a été créée comme université publique pour leur faire contrepoids et dès sa création a voulu être un pôle d'intégration et de formation interconfessionnel. L'UL était le lieu de tous les débats politiques (Favier, 2004). Elle a été le lieu où se sont exprimées les luttes estudiantines, la lutte politique et la guerre ayant souvent trouvé un terrain fertile parmi une population estudiantine qui en 1958 puis en 1975 a été fortement mobilisée ; c'est encore cette seule université publique qui regroupe pratiquement la moitié de la population étudiante du pays, malgré la multiplication des petites universités privées. L'UL fondée en 1951 était l'université pour « les classes moyennes ». Cette assertion

est confirmée par la gratuité des études à l'UL et l'importance de sa population estudiantine. Elle a été – et demeure – certainement une des principales institutions éducatives du pays et permet à des familles de revenus modestes d'y accéder. Au moment de sa création, le projet d'une université nationale est fortement cadré par sa position vis-à-vis des universités existantes et ses promoteurs font leur possible pour « créer des branches non disponibles dans les autres universités » ; c'est ainsi que le premier recteur de l'université, Fouad Ephrem Boustany, s'est longtemps opposé à la création d'une faculté de médecine pour ne pas entrer en concurrence avec l'AUB et l'USJ (Favier, 2004, p. 71-72). La pleine constitution de l'Université peut être située en 1959 avec la création de 3 facultés et d'un Institut des sciences sociales. La guerre civile marque une très profonde rupture car l'Université a été divisée en campus dispersés (Est et Ouest de Beyrouth). Cependant, les écoles et facultés se sont regroupées partiellement et, depuis quelques années, l'École doctorale en science et technologie a créé une vaste plateforme regroupant l'essentiel des étudiants en sciences situés à Beyrouth (à El Haddath).

Cet effort est soutenu par le Conseil national de la recherche scientifique qui finance de nombreuses bourses de recherche pour des étudiants et des projets soumis au programme de soutien à la recherche de cet organisme. De plus, l'École doctorale s'appuie sur des bourses attribuées à des étudiants en Master et Doctorat pour des séjours d'étude surtout en France avec des financements français ou franco-libanais (AUF, ambassade de France, programme CEDRE). La création de cette école doctorale multidisciplinaire apparaît comme une véritable révolution dans l'organisation au sein de l'Université libanaise et « a pu être réalisée grâce à la mise en place du système LMD qui a créé un terrain propice à la réforme [21] ». Enfin, le projet aurait abouti car « ce fut la volonté de notre Recteur qui a donné beaucoup d'importance à la recherche ». La directrice insiste sur le rôle de pivot que jouent les étudiants, « pièce maîtresse de ce dispositif. En créant des laboratoires, des plateformes, ils viennent ici travailler toute la journée, ils sont intégrés dans des équipes de recherche. De plus, l'implication des étudiants et leur appui (bourses et conditions de travail) sont quelque chose de facile à valoriser ».

L'enjeu n'est pas seulement financier, même si la meilleure visibilité permet un meilleur accès aux financements ; il est de transformer la recherche au sein de l'Université libanaise qui jusque-là, y compris dans les sciences expérimentales, était pensée et réalisée comme une activité individuelle, comme le confirmait aussi le travail de terrain de J. Gaillard (2007) et Kabbanji (2010). Malgré la courte vie d'un comité central de recherche entre 2001 et 2006 qui a distribué des fonds sur projets à plus de 500 propositions, la recherche n'avait pas réussi à se consolider. Nombreux sont les chercheurs qui en réalité ne sont pas du personnel permanent de l'université tandis que « la vieille garde » de professeurs titulaires semblerait moins intéressée par la recherche (Kabbanji, 2010). Le projet de l'École doctorale faisait d'ailleurs partie des recommandations d'un rapport interne d'évaluation de la recherche (jamais rendu public) (Gaillard, 2007) qui mentionnait aussi la formation d'unités associées au CNRS, programme qui en effet a été mis en place par le CNRS, le développement d'une base de données des enseignants et étudiants (toujours inexistante), l'appui à des projets de

21. Interview Z. Saad, 20 juillet 2011.

recherche dans des domaines de pointe, en s'appuyant sur un ensemble d'équipements (plateforme qui est aujourd'hui une réalité) et un mécanisme de financement par projets de recherche qui, aujourd'hui, n'existe toujours pas. Remarquons que l'école doctorale en sciences sociales de l'UL est aussi dans une phase de restructuration qui, à ce jour, n'a pas encore porté ses fruits avec la même rapidité, notamment du fait d'une plus grande dispersion des effectifs dans ces domaines.

Pour terminer notre rapide tour d'horizon des principales universités, nous pouvons signaler deux universités qui ont une activité de recherche visible dans les bilans bibliométriques : l'Université libano-américaine (LAU) et l'Université arabe de Beyrouth.

L'Université libano-américaine (LAU) dont le précurseur fut un collège presbytérien de filles fondé en 1924, a obtenu son statut d'établissement d'enseignement supérieur en 1996 et compte aujourd'hui 7 facultés. L'Université affichait un peu moins de 5 000 étudiants en 2007. Après 2004, l'un des objectifs de son processus d'accréditation par un organisme américain a été d'intégrer la recherche dans l'enseignement. Cependant, en dehors de certains domaines particuliers (informatique et quelques domaines en pharmacie, médecine, psychiatrie, psychologie et système de santé publique), la recherche reste une activité marginale à la LAU.

L'Université arabe de Beyrouth, autrefois filiale de l'Université d'Alexandrie fut créée comme contrepoids aux universités chrétiennes. Elle a longtemps attiré une majorité d'étudiants palestiniens. Malgré une croissance ralentie, elle demeure une université importante dans le paysage institutionnel par son nombre d'étudiants et sa spécificité (cours en arabe, notamment) ; progressivement, elle structure sa recherche notamment autour des disciplines physiques, chimiques et sciences de l'ingénieur.

La grande nouveauté dans le paysage universitaire est l'apparition des petites universités privées. L'une d'entre elles, la Lebanese International University (LIU) marque une progression très rapide et en sept ans s'approcherait de la taille de la BAU en nombre d'étudiants (Kabbanji, 2012). En tout état de cause, elle commence à apparaître parmi les institutions déposant des projets de recherche au CNRS dans le domaine biomédical.

L'intérêt renouvelé pour la recherche fait partie d'un processus de reconstruction du pays après la guerre civile (1975-1990). La recherche est perçue comme nécessaire autant dans les universités (privées) d'élite du pays qu'à l'Université libanaise (publique). Elle est en partie un sous-produit de la croissance des universités qui tentent de consolider leur niveau international en favorisant la recherche. Cependant, les orientations de la recherche universitaire se décident finalement assez peu au niveau universitaire puisque les stratégies, quand elles existent, se bornent à faciliter la volonté individuelle des enseignants de poursuivre leurs travaux de recherche particuliers. L'un des moteurs de la production scientifique est certainement l'obligation de publier pour la promotion dans la carrière académique. Enfin, il faut souligner que par la prédominance des recherches biomédicales dans la recherche universitaire au Liban, cette question de la pertinence de la recherche et des stratégies à poursuivre s'est posée

tardivement et de manière très inégale selon les institutions [22]. L'évidence de l'intérêt d'une recherche médicale qui, de plus, publie beaucoup a servi d'écran à la réflexion des acteurs de la recherche. Historiquement, cette question « stratégique » ne s'est posée qu'à propos de la recherche à l'Université libanaise et à travers la promotion de la coopération internationale par le CNRS libanais, c'est-à-dire quand les institutions publiques se sont engagées dans le soutien à la recherche.

Ainsi, la recherche universitaire du Liban semble tout à fait correspondre à ce constat important que faisait Roland Waast (2006) : la recherche ne peut être que le produit d'un pacte que doit sceller la société (ses élites, ses corps constitués, ses organes politiques, ses institutions d'enseignement supérieur) avec ses chercheurs pour que ceux-ci obtiennent les conditions d'exercice d'une recherche vivante, diversifiée, ouverte, libre et correctement soutenue financièrement. L'exemple de la Tunisie, même au-delà de la période autoritaire, ou encore ceux de l'Afrique du Sud ou d'Israël (pays que nous mentionnons bien qu'il soit devenu un sujet tabou au Liban alors même que des fonctionnaires libanais n'hésitent pas à le mentionner quand il est question de recherche), font partie de ces exemples qui correspondent bien à ces situations où société et savoir vont de pair, où l'enjeu stratégique de la recherche est saisi par les institutions nationales pour affirmer – comme le souligne Antoine Zahlan – la souveraineté nationale. Question qui va au-delà du Liban et même de la question somme toute administrative de l'intégration de la recherche dans les universités. Question à laquelle le CNRS, seule institution politique de recherche dans le pays, a tenté de répondre durant plus de cinquante ans.

2.2 Le CNRS et ses programmes de soutien à la recherche

Une deuxième source de renforcement de la recherche est l'appui du Conseil national de la recherche scientifique (CNRS) qui cumule trois fonctions : agence de financement de la recherche, que nous examinerons dans cette section, centre de recherche (en fait le CNRS regroupe quatre centres de recherche) et conseil (*majliss*) de science et de technologie chargé de coordonner les activités de recherche au niveau national et d'établir la politique nationale en matière de recherche que nous évoquerons ci-dessous (Gaillard, 2007 et 2010).

Dans sa fonction d'agence de financement, le CNRS distribue des subventions de recherche sur appel à projets soumis par les universités et les centres de recherche depuis 1960. Le programme de financement a duré quinze ans jusqu'à la période 1975-1992 et s'est interrompu *de facto* du fait de la guerre civile. Le nouveau programme de soutien a repris en 1998. En poursuivant cette consolidation, en 2005-2006, le CNRS a développé une politique nationale de science et technologie dont la mise en application a été stoppée avec l'assassinat du président Rafic Hariri en février 2006. Après cette période la situation budgétaire du CNRS devient bien plus difficile.

Le fonds de financement de la recherche subventionne des projets de recherche de petite taille régulièrement depuis 1998. Son objectif était de financer des recherches

22. La question de la mesure de la productivité des médecins publiants est loin d'être simple. Une revue des travaux menés dans ce sens conclut sur l'ambiguïté des mécanismes de promotion et de leurs effets sur la production dans les hôpitaux universitaires (Akl *et al.*, 2012).

dans différents domaines avec des montants faibles. Il fallait relancer la recherche, assurer son maintien au sein des universités et des centres de recherche. De ce fait le fonds était – et reste – assez ouvert en termes de thématiques et pendant longtemps il a été peu compétitif car, dans les faits, presque tous les projets présentés étaient financés (des montants autour de 2 000 euros par an). En 2000, une réorganisation de l'appel à projet a été entreprise, les comités qui sélectionnent et évaluent les projets se sont consolidés et c'est le conseil d'administration qui prend la décision d'attribuer la subvention. Ce programme de financement par projets (GRP) a été accompagné d'un programme de financement d'unités associées (ARU) qui permet de financer des projets se déroulant entre plusieurs institutions. À partir de 2004, le programme s'est ouvert aux sciences sociales et humaines, ce qui a nécessité une modification de la loi régissant le CNRS. Le programme a certainement un effet structurant sur la recherche dans le pays. D'une part, obtenir une bourse du CNRS est un label de qualité plus qu'une manne financière, les montants étant faibles. De plus, il s'agit du seul programme national de financement de la recherche. L'AUB, par exemple, complète souvent les financements des projets qui ont été d'abord sélectionnés par le CNRS. Enfin, la demande des projets doit aussi émaner des institutions et non pas de chercheurs individuels, ce qui oblige l'institution de rattachement d'être tenue au courant de la demande, de l'approuver et, par voie de conséquence, de la gérer de manière visible.

Tableau 2 – Distribution du soutien financier du CNRS selon les différentes disciplines (2007-2011)

Discipline	Nombre de projets	Subventions en millions L. L.	Pourcentage de subventions totales
Informatique, ingénierie et sciences fondamentales	128	2 000	35,6
Sciences médicales, santé publique et biologie	96	1 800	31,7
Environnement et ressources naturelles	49	850	14,7
Agriculture et technologie alimentaire	33	600	10,5
Sciences humaines et sociales	45	430	4,5
Total	346	5 680	100,0

Source : données extraites du Five Years Report, 2007-2011, National Council for Scientific Research (CNRS), p. 12-14

Note : montants estimés

Dans les sept années qui ont suivi la réorganisation du programme (2000-2006), 614 projets ont été approuvés pour un budget total de US$ 3,2 millions. À cette époque, le taux de sélection était autour de 48,5 %, ce qui représentait un taux assez élevé d'acceptation. Sur la période suivante (2007-2011), le CNRS a dépensé un budget total de US$ 3,782 millions, dans 14 institutions académiques et de recherche (tableau 2). On note donc une baisse du financement du CNRS en termes monétaires réels car l'inflation était de 1,3 % en 2000-2006 et de 5,7 % en moyenne en 2007-2011, notamment du fait des 10 % d'inflation en 2008 suite à la crise financière mondiale. Enfin le nombre moyen de projets financés par an est passé de 87 projets en moyenne par an à 69 projets. L'année 2013 a été particulièrement mauvaise pour le CNRS qui a « perdu » près d'un tiers de son budget de financement, rétabli partiellement l'année suivante. Là encore, comme nous le précisions au paragraphe précédent, en période d'instabilité politique, la recherche n'est pas une priorité politique importante pour le gouvernement (un gouvernement d'ailleurs « de service » puisqu'il a fallu presque un an et demi pour le former après la crise politique de 2011).

En 2013, US$ 1,1 million ont été alloués pour financer 36 nouveaux projets : le taux de succès des projets s'est nettement resserré par rapport au début de la décennie puisqu'il est de 31,5 % de projets [23] acceptés contre près de 50 % en 2000.

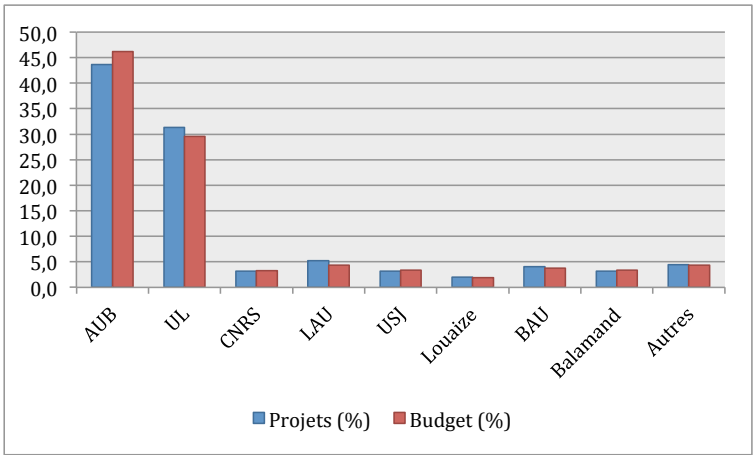

Figure 5 – Nombre de projets (en pourcentage du total de projets acceptés) et pourcentage du financement du programme de financement du CNRS (GRP) 2010-2013. *Source : CNRS*

Les projets se concentrent autour de quelques institutions : l'Université américaine de Beyrouth a profité de presque la moitié de ces subventions (44,6 % en 2007-2011), suivie de l'Université libanaise (27,6 %) et des centres de recherche du CNRS (8 %). Il est remarquable que l'USJ obtienne moins de projets (3,6 %) que l'Université Balamand (4,6 %) pour se situer au même niveau de financements reçus que l'Université libano-américaine (3,2 %). Les chercheurs de l'USJ préfèrent nettement les financements bilatéraux et autres financements. De même, la figure 4 montre la distribution sur

23. On se rapproche ici des taux communément pratiqués dans la plupart des pays de l'OCDE ou dans les institutions internationales.

les trois dernières années. Les chercheurs des centres de recherche du CNRS semblent également avantagés eu égard notamment à leur nombre relativement faible. Remarquons enfin que la distribution par institutions est sensiblement la même depuis 2000 malgré la plus importante institutionnalisation et structuration de la recherche qui s'est produite au cours de la décennie écoulée.

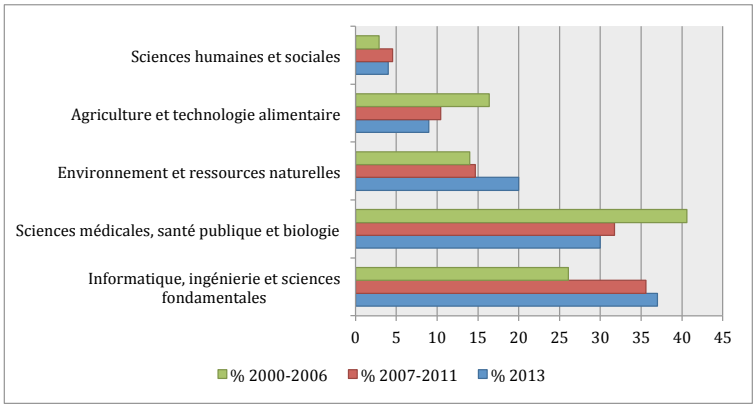

Figure 6 – Distribution des subventions par disciplines. Comparaison des périodes 2000-2006, 2007-2011 et année 2013. *Source : CNRS*

Par contre la distribution par domaines disciplinaires a sensiblement varié (figure 5). Les sciences médicales autrefois dominantes, sont maintenant moins importantes que les sciences de base et les sciences de l'ingénieur (une baisse de 20 % au profit essentiellement des sciences de base et de l'ingénierie qui augmentent de plus de 30 %). Cette modification reflète un certain rééquilibrage de la recherche dans les universités qui provient du renforcement des disciplines autres que médicales. Le nombre et la qualité des projets n'ont pas diminué, d'après les observations des gestionnaires du fonds. Au contraire, la concurrence étant plus forte, la qualité se serait plutôt améliorée. En bref, ce que reflète ce changement est un renforcement de la recherche académique. Seule la faiblesse des moyens du CNRS freine leur expansion sur financement national.

Le CNRS attribue aussi des bourses à des étudiants pour effectuer des doctorats à l'étranger ou au Liban. Depuis son lancement en 1962 (jusqu'en 2012), le CNRS a distribué 999 bourses pour étudier à l'étranger. Pendant la période 1999-2012, parmi les 277 bourses, 244 l'ont été pour des doctorats en France, 14 en Angleterre ainsi qu'aux États-Unis, Canada et Belgique (5 dans chaque pays). Des bourses sont aussi attribuées à des étudiants inscrits à l'étranger qui effectuent leurs travaux au Liban. Enfin depuis 2001, le CNRS attribue des bourses (programme « Bourses pour l'excellence ») aux meilleurs lauréats du baccalauréat.

2.3 Les centres de recherche publics

Une troisième source d'activités de recherche provient des centres de recherche appliquée, dont quatre appartiennent au CNRS, et du Centre national de recherche agronomique qui appartient au ministère de l'Agriculture. Ces différents centres de recherche sont orientés vers des missions de suivi et sur le maintien d'une base d'in-

formation pertinentes concernant les ressources nationales (sécurité alimentaire et agriculture, gestion des ressources naturelles, protection de l'environnement, observation de la faune et la flore, cartographie, suivi des radiations nucléaires, etc.). Ils ont aussi une mission d'appui à la législation et de soutien des politiques nationales. Le tout qui supposerait des moyens largement supérieurs à ceux disponibles. Le CNRS et le Centre de recherches agricoles (LARI) disposent, à eux deux, d'un total ne dépassant pas vingt-cinq chercheurs. Le budget de ces centres publics provient pour l'essentiel de l'État, notamment en ce qui concerne les salaires. S'ajoutent quelques autres centres dont la mission principale n'est ni l'enseignement ni la recherche comme l'IRI (institut de normalisation industrielle et de contrôle au profit de différents ministères), la CAS (agence officielle de statistiques économiques et démographiques) et quelques autres rares unités. Il est important à ce propos de signaler qu'en 2012, comme pour l'université publique, les salaires du CNRS ont été réévalués et les plans de retraites revalorisés, ce qui devrait rendre de nouveau attractifs les emplois dans le secteur universitaire.

Notons que certains de ces centres de recherche publics, bien que de proportions modestes, ont des trajectoires historiques longues. C'est le cas d'un des quatre centres du CNRS, le centre de recherche en géophysique fondé en 1975 mais qui fait suite à l'Observatoire de Ksara (1920-1975) lequel était dirigé par des jésuites et qui pendant de longues années a été le seul observatoire de la Méditerranée orientale. Le centre de recherche agronomique remonte à la création de la station agronomique de Tal Amara dans la Vallée de la Bekaa après l'indépendance (1946) comme centre de formation, soutenu par l'assistance technique française. Le centre de recherche en télédétection, le centre de recherches marines de Batroun et la Commission libanaise pour l'énergie atomique (créée en 1996 avec l'appui de l'AIEA) ont été fondés comme centres du CNRS.

La guerre civile a interrompu l'activité de ces centres. Ainsi par exemple, le centre de recherches marines a été déplacé de Batroun à Jounieh (plus près de Beyrouth) pendant la guerre et il a récupéré son emplacement originel à Batroun après la guerre. De par leur taille réduite, ces centres restent fragiles comme le prouve la mésaventure d'un cinquième centre du CNRS spécialisé dans les énergies renouvelables. Un fond saoudien avait financé ce centre mais a participé ensuite à sa mort puisque ses neuf chercheurs ont été embauchés pour travailler en Arabie saoudite. Récemment encore, le CNRS s'est prononcé contre des financements importants de ce type qui risquent toujours de mettre en danger l'existence même des centres.

Les quatre centres du CNRS sont très fortement impliqués dans des activités sur financement international à travers la coopération par exemple avec l'Agence internationale de l'énergie atomique, l'Union européenne, la coopération bilatérale italienne et française, ainsi que de nombreuses institutions internationales : le CIHEA, la FAO, le PNUD, l'ICARDA, l'ACSAD et la Banque mondiale. Sans ces financements, les projets auraient été de faible ampleur.

Une situation similaire prévaut à l'Institut libanais de recherches agricoles (Lebanese Agricultural Research Institute – LARI) qui dépend du ministère de l'Agriculture et qui est la seule institution publique dédiée à la recherche (mais pas la seule institution

travaillant dans le domaine agricole : les facultés d'agriculture de l'AUB et de l'UL sont importantes et les centres du CNRS travaillent également sur les ressources y compris agricoles comme les sols, la fertilisation, etc.). Mais au LARI les chercheurs confirmés dédient environ 60 % de leur temps à la recherche. Par ailleurs, jusqu'en 2006, le LARI était exclusivement financé par les fonds publics. Ce n'est que très récemment qu'il s'est mis à rechercher des participations dans des projets internationaux (Gaillard, 2007, p. 28 *sq.*).

2.4 Les centres de recherche privés

Le dernier pôle de croissance de la recherche que nous devons mentionner est constitué d'une multitude de centres privés de recherche, notamment sociopolitique et économique, qui fonctionnent comme centres de consultance pour des clients externes, publics ou privés, nationaux et internationaux. L'essentiel de ces centres privés se concentre dans les sciences sociales et leurs origines, motivations, financements, sont aussi variés qu'ils sont nombreux. Récemment, la création d'un Conseil arabe des sciences sociales, budgété sur fonds internationaux, tente de constituer un pôle de financement pour les sciences sociales qui ne soit pas uniquement motivé par des considérations privées.

Les nombreux petits centres de recherche privés ont généralement un statut d'ONG, ce qui leur permet de mobiliser des fonds et de répondre à des sollicitations extérieures. Mais ce statut privé est probablement moins important en ce qui concerne l'emploi de chercheurs. Par exemple, l'enquête IFPO sur les chercheurs en sciences sociales et les centres de recherche avait établi un petit catalogue de 71 chercheurs dont seuls 9 appartenaient à ces centres indépendants des universités et des organismes publics (Zakhia, 2007). L'enquête MIRA, que nous examinerons ci-dessous, enregistre 10 réponses de chercheurs provenant d'un centre indépendant sur 117 réponses. Par contre, plus courante est la situation où des chercheurs et enseignants professionnalisés dans un autre cadre sont engagés par un centre privé pour travailler et publier sous leur enseigne. Ainsi, J. Kabbanji et son équipe ont interrogé 45 chercheurs en sciences sociales dont 22 disaient avoir obtenu un financement pour un travail provenant d'un centre de recherche libanais (Kabbanji, 2010). S. Hanafi (2010, 2007) examine cette multiplicité des centres qui ont surgi en Palestine et au Liban et l'explique par une multiplicité de sources de financement provenant essentiellement d'agences européennes, américaines ou d'organismes des Nations Unies qui semblent préférer ces ONG de recherche. Il concorde ainsi avec plusieurs auteurs qui parlent de l'apparition d'intellectuels entrepreneurs (Romani, 2008), d'experts-sociologues (Kabbanji, 2010) ou de chercheurs-consultants (El Kenz, 2005) [24]. Ces chercheurs produisent des travaux à la commande, essentiellement empiriques, avec un faible ancrage théorique. Mais surtout, c'est le fait de se situer en dehors des universités qui caractérise ces centres de recherche. Une étude qui se veut complète sur les « centres de recherche qui effectuent des recherches et produisent des connaissances orientées vers les politiques » (*policy research institutes*) dans les pays arabes, avait identifié 240 centres de ce type (IFI, 2011), dont le plus grand nombre se trouve au Liban, Palestine et au Maroc ; 40 % de ces centres sont des organisations indépendantes. L'étude concluait sur « l'absence de

24. Une version en français de cet article est publiée sur le site ESTIME (El Kenz, 2005).

capacité de recherche de la plupart de ces centres, l'interférence des financeurs et des gouvernements dans leurs orientations et l'absence de transparence dans la fabrique des politiques publiques ».

Enfin, il est important de signaler que le secteur industriel n'est pas dépourvu de centres de R & D industriels intégrés dans les entreprises. L'enquête sur l'innovation (qui concerne les activités des entreprises en 2010 et 2011) au Liban a permis de chiffrer l'existence de centres de R & D industriels dans le pays : 23 % des entreprises déclarent avoir un centre de R & D et 38,7 % effectuent des activités de R & D en n'ayant pas de centre ou d'unité formelle de R & D dans leur organisation. S'il s'agit dans l'ensemble d'unités modestes (entre 1,7 et 2,8 employés en moyenne selon la taille), on trouve aussi sept grandes entreprises qui emploient en moyenne 18 personnes dans leurs activités de R & D. L'enquête, représentative du secteur industriel du pays, a permis d'avancer une estimation de 120 millions d'US$ de dépenses de recherche et développement dans les entreprises en 2011 (Arvanitis, 2014). Ce chiffre, jamais estimé auparavant, indique de véritables opportunités pour la recherche qui ont été négligées par les universités, sauf quelques rares initiatives. Au niveau national, en dehors de l'incubateur Berytech, il faut signaler le programme LIRA (Lebanese Industrial Research Association, fondée en 1997) interrompu en 2011 faute de moyens. Ce programme mettait en contact entreprises et universitaires ayant des propositions de développement technologiques. LIRA permettait chaque deux ans, à l'occasion d'un forum technologique public, de financer des travaux de recherche appliquée à orientation industrielle et des prix pour des inventeurs. L'association semblerait en voie de restaurer ce programme dans les prochains mois.

Cependant, la même enquête sur l'innovation, menée dans le secteur industriel et les entreprises de TIC a constaté l'absence presque totale de liens entre le secteur privé et les chercheurs universitaires ou centres de recherche dans le développement de produits ou procédés industriels. Du côté des universités, la mise en place d'un système de promotion fondé sur le nombre de publications décourage les enseignants de mettre en place des relations avec des entreprises, nécessairement coûteuses en temps et peu reconnues par le système de promotion. De plus, les universités ne sont pas en mesure de soutenir la rédaction et le dépôt de brevets. Il n'existe d'ailleurs pas à proprement parler d'unités qui s'occupent de transferts de technologie. Il est probable que seule la faculté des sciences de l'USJ, pour des raisons assez particulières, qui ne sont pas strictement liées au besoin de financement, s'est ouverte aux entreprises car elle a développé ses lignes de recherche en relation avec elles.

3 Une politique nationale de recherche tournée vers l'international

Le CNRS est en charge, par son mandat, de la politique de recherche nationale. Aussi, en 2001, avec l'objectif d'établir un plan national de la recherche scientifique, le CNRS a mobilisé un expert de l'Unesco pour mettre en place un exercice de définition de priorités nationales et de recommandations sectorielle. Le STIP (« *Science, Technology, and Innovation Policy* », CNRS, 2006) rédigé après des ateliers organisés a ainsi vu le jour grâce à l'aide d'une trentaine d'intéressés pour la plupart chercheurs et

universitaires. Le plan d'action avait été approuvé en 2002 par le CNRS et le gouvernement, mais sa mise en œuvre, prévue à partir de 2005, a été interrompue par l'assassinat du Premier ministre Hariri. Cependant, on peut se demander si, dans leurs grandes lignes, les activités proposées n'ont pas fait leur chemin, malgré tout. D'une part, le CNRS a gagné ses galons d'organisme de coordination de la recherche et c'était là un des objectifs majeurs du plan. Si l'homme de la rue n'a aucune idée de ce que peut bien être ce Conseil, le petit monde de la recherche ne l'ignore plus et s'y réfère à de multiples occasions. D'autre part, les opportunités identifiées par le travail des experts (industrie, y compris les TICs, agriculture et environnement ; médecine et santé publique) sont effectivement la cible de plusieurs activités soutenues par le CNRS : équipes de recherche associées, projets, promotion de propositions au comité de sélection du programme CEDRE franco-libanais, appui au développement de projets internationaux, soutien aux activités parlementaires quand celles-ci concernent les ressources naturelles, enquête sur l'innovation en collaboration avec la Banque mondiale et le bureau du Premier ministre, projet de cartographie des risques sismiques en collaboration avec l'IRD français et l'université Saint-Joseph, lancement d'un Observatoire de la science et de la technologie (LORDI) en coopération avec l'IRD, appui aux efforts de structuration de la communauté scientifique nationale avec le soutien à l'association libanaise pour l'avancement de la science (LAAS) et la publication de la revue scientifique arbitrée *Lebanese Science Journal / Journal scientifique libanais*, soutien à des réunions scientifiques thématiques, etc.

Si la politique explicite [25] du CNRS n'existe donc pas au-delà de ce document de référence, la politique implicite s'incarne plutôt dans le soutien aux équipes et aux bourses : une politique de « *capacity building* » mais où certains choix se font sentir. Par exemple dans les choix de projets, comme nous le signalons plus haut où nous constatons une augmentation des recherches sur l'environnement et les ressources naturelles. Cette orientation a encore été renforcée par la création en 2013 d'un Observatoire libanais sur l'environnement (OLIFE) qui servira de plateforme de coordination de la recherche dans le pays. La coopération italienne a aussi versé plus de 5 millions d'euros avec le lancement du vaisseau océanographique Cana et la mise en place d'un large projet CANA sur les ressources marines et les ressources du littoral en relation avec le centre de recherches marines. Le CNRS a aussi été très fortement impliqué dans les projets euro-méditerranéens en relation avec l'Union européenne [26]. Il serait donc injuste de limiter le rôle du CNRS au seul soutien aux projets et à la formation ; l'ensemble des activités internationales du CNRS sont aujourd'hui son cœur de métier.

25. Comme l'appelait Amilcar Herrera (1971) pour la distinguer de la politique implicite mise en œuvre « par défaut » comme on dirait aujourd'hui.

26. Projets ESTIME, MIRA, INCAM et depuis fin 2013 : MEDSPRING, ERANET MED, PRIMA. Le détail de ces activités se trouve dans le livre que nous avons codirigé à la fin du projet MIRA (Morini *et al.*, 2013).

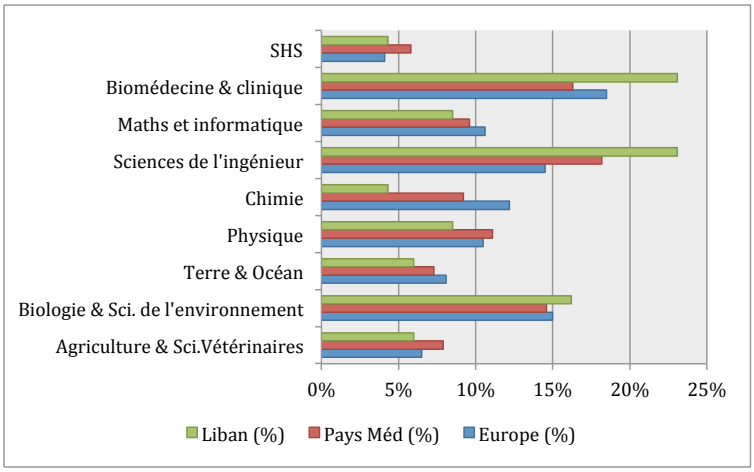

FIGURE 7 – Distribution par disciplines des réponses à l'enquête MIRA. Comparaison Liban, pays méditerranéens et pays européens. *Source : Enquête MIRA. Traitements des auteurs*

4 Des chercheurs, mais pas de communauté scientifique

Le phénomène de la fragmentation de la « communauté scientifique » nous semble être le fait le plus marquant au Liban. Elle va de pair avec la forte internationalisation de la recherche. Nous allons utiliser deux enquêtes distinctes pour en souligner certains aspects. La première est une enquête auprès de 65 enseignants chercheurs de l'Université américaine de Beyrouth (Hanafi, Arvanitis et Baer, 2013) [27]. La seconde source est composée des réponses des chercheurs libanais à l'enquête menée sur les collaborations entre les chercheurs européens et les chercheurs des pays méditerranéens en 2011-2012 (enquête MIRA) (Gaillard *et al.*, 2013).

L'enquête MIRA a obtenu des réponses de 117 chercheurs basés au Liban ayant travaillé en coopération avec des collègues européens (86 hommes et 31 femmes soit 26,5 % et 73,5 % de l'échantillon, une distribution équivalente à la moyenne obtenue dans l'enquête MIRA). Ces réponses correspondent à 5,2 % des réponses des pays méditerranéens. 85,5 % sont professeurs et 8,5 % chercheurs à temps plein ; 42 % des personnes en position de direction de structures (6 directeurs de faculté, 26 chefs de département et 17 chefs de laboratoire) ont répondu à l'enquête. Il s'agit donc pour moitié d'une population reconnue par les institutions comme exerçant une activité de direction et pour moitié des enseignants-chercheurs actifs. Toutes ces personnes exercent principalement des activités d'enseignement, la recherche étant dans l'ensemble une activité secondaire, si on se réfère au temps passé aux différentes activités professionnelles. En effet, seuls 13,5 % passent plus de la moitié de leur temps à effectuer des travaux de recherche contre 33 % qui exercent des activités d'enseignement

27. Nous avons établi un échantillon représentatif des 321 professeurs de l'AUB ayant un doctorat (PhD) en choisissant au hasard deux professeurs dans chaque département de l'Université. Le détail de l'échantillonnage et ses caractéristiques se trouve dans notre article publié en 2013 (Hanafi, Arvanitis et Baer, 2013). Notre enquête s'est aussi portée sur des chercheurs de l'UL et de l'USJ, mais l'analyse est en cours.

pour la moitié de leur temps ou plus. Ce sont donc avant tout des enseignants. La consultance occupe, contrairement à notre attente, très peu de temps et ceci est aussi confirmé par les interviews. Par contre, les personnes rattachées à des centres de recherche indépendants ou des ONG sont généralement commandités pour des travaux de recherche plus ou moins ponctuels qui peuvent être assimilés à des travaux de consultance. Enfin, l'activité de consultance est probablement plus développée pour les sciences sociales, en particulier du fait de la forte présence d'organismes internationaux dans le pays, d'organismes des Nations unies et d'agences et fondations européennes ou nord-américaines présentes dans le Proche-Orient (Hanafi, 2011). Cette particularité des sciences sociales est problématique et nous y reviendrons.

Les domaines de recherche majoritaires sont ceux des sciences de l'ingénieur et des sciences biomédicales ainsi que de la biologie (y compris sciences de l'environnement). Ils sont suivis par les sciences liées à l'environnement au sens large (écologie, agriculture, biologie de la faune et la flore, biologie fondamentale, etc.). Notons que les sciences biomédicales sont majoritaires dans la production du pays alors que la population de l'enquête, assez représentative de la distribution du potentiel de recherche du pays, est plutôt dominée par les sciences de l'ingénieur. La distribution par domaine obtenue par l'enquête indique l'importance des sciences de l'ingénieur, des sciences biomédicales et de la médecine clinique.

Cette distribution est différente de celle que l'on peut observer en comparant les publications où le Liban apparaît comme spécialisé dans les sciences médicales et la biomédecine mais, au contraire, peu spécialisé en sciences de l'ingénieur. Il faut en conclure que la distribution des publications ne doit pas correspondre à celle du nombre de personnes par domaines et que les sciences de l'ingénieur produisent, proportionnellement moins d'articles que leurs collègues dans le biomédical (ce qui est le cas dans tous les pays). Enfin, l'importance des sciences biologiques et de l'environnement est conforme aux résultats que nous avons exposés plus haut sur la distribution par domaines des projets de recherche soutenus par le CNRS.

5 Une ouverture à l'international dès les études

Les personnes interrogées dans l'enquête MIRA ont effectué massivement leurs études à l'étranger (86 %). Ce chiffre est particulièrement élevé. La moyenne pour les pays méditerranéens de l'enquête MIRA est de 40 % et 15 % pour les européens. Un tiers des libanais a effectué un post-doc et 22 personnes (68,7 % parmi ceux ayant effectué un post-doc) indiquent l'avoir effectué à l'étranger. Ici les résultats sont conformes à ceux de la moyenne de l'enquête parmi les chercheurs des pays méditerranéens (69 % des chercheurs de ces pays ont effectué un post-doc à l'étranger). Rappelons que ce chiffre pour les européens est évidemment beaucoup plus faible (29 %) ce qui reflète la multiplicité des centres de recherche dans les pays européens en comparaison avec les pays méditerranéens.

Tableau 3 – Études à l'étranger

	Nombre	%
Vous avez effectué une partie ou toutes vos études à l'étranger	102	85,7
Vous avez effectué un post-doc	32	26,9
Votre post-doc a été en partie ou entièrement effectué à l'étranger	22	18,5

Source : Enquête MIRA

De plus, les libanais effectuent des séjours beaucoup plus longs à l'étranger. Il faut aussi signaler que 29,4 % des personnes ayant répondu ont une deuxième nationalité (14 françaises, 6 canadiennes, 4 américaines, en plus d'autres pays). La population libanaise dans son ensemble compte plus de la moitié de doubles nationaux (Kasparian, 2003), le pays ayant été, de longue date, un pays d'émigration, ce qu'il est encore.

À cette différence importante des libanais par rapport aux autres pays de la région (et même cette particularité nationale), s'ajoute une ouverture à l'étranger qui est inscrite dans le multilinguisme du pays. L'Université libanaise, publique, est à dominante arabe mais de nombreux enseignants parlent et publient en français, essentiellement, en particulier dans les sciences sociales. L'école doctorale de la faculté des sciences de l'UL, récemment réorganisée, compte aussi beaucoup sur les collaborations et partenariats avec des universités françaises. C'est aussi le cas de l'université Saint-Joseph et de nombreuses universités d'obédience religieuse chrétienne (université Saint-Esprit du Kaslik, NDU, etc.). L'AUB et la LAU sont de langue anglaise. Cette internationalisation par la langue qui provient de l'histoire du Liban renforce la capacité des universitaires libanais à se connecter à l'étranger mais en même temps on peut se demander si elle n'explique pas leur manque d'ancrage dans la société (Hanafi et Arvanitis, 2013).

6 Les cadres de la coopération internationale

Nous avons souligné la dispersion et la faiblesse des budgets publics ou des budgets propres aux universités pour la recherche. C'est donc la coopération internationale qui permet en grande partie de combler ce manque. Le tableau 4 indique les cadres dans lesquels se déroulent les coopérations selon les chercheurs interrogés dans le projet MIRA. On remarquera que la part de chercheurs ayant engagé des collaborations internationales est beaucoup plus élevée que dans le cas des autres pays méditerranéens et, ce qui est remarquable, dans le cadre de projets internationaux.

Tableau 4 – Cadre des collaborations internationales (pourcentage du nombre de réponses)

	Liban	%	Pays méditerranéens	%
En dehors d'un cadre officiel	57	72,2 %	1 104	58,5 %
Coopération bilatérale	55	71,4 %	920	48,8 %
Projet international	25	53,2 %	461	24,4 %
Projet européen (UE)	22	50,0 %	402	21,3 %
Projet étranger sur financement public	16	42,1 %	234	12,4 %
Projet étranger sur financement privé	3	12,0 %	51	2,7 %
Projet à financement arabe	12	35,3 %	90	4,8 %
Total réponses à la question	117		1 887	

Source : Enquête MIRA

Ainsi, d'après les chercheurs libanais interrogés dans l'enquête MIRA, les collaborations internationales sont essentielles : elles leur permettent d'avoir accès à des thèmes de recherche nouveaux et intéressants (85,5 %), à améliorer l'impact et la visibilité de leurs travaux (82,4 %), à résoudre des problèmes scientifiques et techniques outrepassant les moyens locaux (80,8 %), à publier internationalement (76,9 %), à accéder à des équipements et de meilleures conditions de recherche (76,8 %), à accéder à des savoir-faire de pointe (76,7 %). Par contre, dans l'enquête, les collaborations sont bien moins liées au besoin d'accéder à des sujets scientifiques (46,1 %). À ces objectifs possibles pour s'engager dans des collaborations internationales, s'ajoutent les réponses aux principales motivations : accéder à un financement international est une très importante motivation (90,5 % des réponses), suivie par la possibilité de financer des mobilités (84,5 %) et un partenariat plus diversifié ; sont aussi mentionnées : profiter de la diversité des approches (82,7 %), participer à des réseaux d'expertise internationaux (88,5 %), intégrer leurs recherches dans des problématiques mondiales (79,8 %) ou accroître la visibilité scientifique (85,4 %). La possibilité de publier internationalement apparaît comme la motivation la plus fréquemment citée (91,3 %) et on peut se demander si justement cette motivation n'est pas induite par le système de promotion dans lequel se trouvent insérés ces enseignants-chercheurs.

Dans les interviews à l'AUB [28], nous avons trouvé une majorité de professeurs qui entretiennent des contacts acquis par leurs années à l'étranger. De même presque toutes les personnes interrogées à l'AUB signalaient ne pas avoir de contact avec les enseignants des autres universités. Les rares cas sont souvent dus à des questions matérielles, comme par exemple l'unité de recherche associée sur la pollution urbaine qui est une collaboration AUB-USJ. De même, rares sont les collaborations régionales. Comme le signalait un professeur de la faculté de médecine de l'AUB : « Les chercheurs des pays arabes ne communiquent pas entre eux ; ils restent dans leur domaine longtemps alors que les chercheurs étrangers évoluent dans leur recherche. » Dans le domaine des sciences de l'ingénieur, disait cet autre professeur avec une longue expérience de projets internationaux, « la collaboration est plus compétitive aux États-Unis ; ici au Liban on a facilement l'impression de faire un travail original car de nombreux domaines sont inexplorés. Et dans le pays, lorsqu'on se spécialise, il n'y a qu'une seule unité ou personne qui devient la référence sur le sujet ».

En interne, les enseignants de l'AUB collaborent souvent avec leurs étudiants du fait de la nature même de l'institution pour laquelle l'enseignement constitue la principale activité. Comme il n'existe pratiquement pas de doctorat dans cette université « une grande partie de mon activité consiste à amener les étudiants à se préparer pour un doctorat qu'ils réaliseront à l'étranger avec l'espoir qu'un jour ils reviendront au pays » précisait cet autre interviewé à l'image de plusieurs autres. En fait, 75 % des enquêtés à l'AUB se disaient connectés avec des collègues étrangers. La moitié des enquêtés à l'AUB se disait connectée avec des collègues étrangers, 15 % se disaient très bien connectés et, à l'inverse, le reste disait être faiblement connecté. Nous n'avons trouvé qu'un seul enseignant déclarant n'avoir aucune connexion internationale. Un tiers des personnes ont déclaré avoir des collaborations dans la région du Proche et du Moyen-Orient. La difficulté la plus fréquemment mentionnée freinant les relations avec les pays voisins est que « si on obtient un financement pour assister à un colloque de la part de l'université, on ne va pas l'utiliser pour aller dans un pays proche mais plutôt pour aller aux US ou en Europe. Je cherche à aller dans un pays où je peux m'attendre à voir des choses nouvelles », comme le disait un peu cyniquement l'un de nos interviewés.

Les difficultés à mettre en place des programmes de collaboration ne doivent pas être sous-estimées. Parmi les réponses à l'enquête du projet MIRA, 79,7 % d'entre elles estiment que l'absence de cadres de coopération est la principale raison pour laquelle ils ne s'engagent pas dans des projets internationaux, 45 % mentionnent des difficultés interinstitutionnelles et 40 % des personnes interrogées signalent que la mise en place des collaborations consomme beaucoup de temps, la ressource finalement la plus rare dans le système de recherche libanais.

À l'opposé des sciences exactes et naturelles, dans les sciences sociales, le financement international n'est pas véritablement lié à la formation d'équipes de recherche. Dans nos interviews, nombreux furent ceux qui mentionnaient des sources de financement provenant d'agences des Nations unies ou des fondations pour la recherche étrangères (Ford, Heinrich Böll, etc.). Trop ponctuels ou trop liés à une personne en

28. Voir notre article (Hanafi, 2013) pour le détail de cette enquête auprès des professeurs de l'AUB.

particulier, ces financements posent aussi une question de fond sur le type d'objets, de méthodologies et d'orientations qui peuvent être pertinents dans les pays occidentaux sans pour autant répondre à une réalité nationale [29]. Il faut toutefois signaler que les chercheurs locaux nous ont signifié que ces projets peuvent amener des objets nouveaux La participation de chercheurs libanais à des projets financés par l'ANR française en est un bon exemple. Dans six projets [30] récents que nous avons identifié, la participation des libanais se borne à financer leur venue à quelques réunions. Dans la mécanique budgétaire ils sont considérés comme du travail de sous-traitance mais même à ce titre, les assistants de recherche sur place ne sont pas financés – ou, s'ils le sont, les sommes en jeu sont notoirement insuffisantes. Le produit final de ces projets n'inclut presque jamais de retombées dans les pays arabes. De la même façon, Candice Raymond (2013), en étudiant les travaux des historiens au Liban, constate que les collaborations se font plutôt avec des occidentaux. Cependant, certains centres à portée régionale comme le Centre pour l'unité arabe (CAUS) et le Centre arabe d'études et de politique (Doha Institute) créent des plateformes pour des coopérations interarabes. Mais dans l'ensemble, il nous semble que la constitution d'équipes internationales en sciences sociales est très minimale et que les collaborations sont souvent à titre individuel.

Finalement, l'absence de collaborations internationales est souvent volontaire, parfois pour des raisons invoquées qui sont personnelles ou idéologiques. Nous avons ainsi pu interroger des chercheurs qui parlent parfaitement le français ou l'anglais qui refusent de travailler avec des pairs à l'étranger. Ces quelques rares cas ne sont pas des marginaux car ils sont connus de leur collègues libanais mais ils estiment que les collaborations internationales les engageraient dans des voies qu'ils/elles ne veulent pas explorer ; en disant « ça ne m'intéresse pas d'être dans ces réseaux internationaux », ces chercheurs probablement adoptent cette position contre-hégémonique que signalait Wiebke Keim dans l'exemple de la sociologie. Selon cette position qui reste malgré tout marginale [31], « la seule manière de développer un "potentiel contre hégémonique" réel et pratique consisterait à refuser la participation à cette arène commune et le refus de nommer cette arène comme l'arène centrale d'une discipline. Cela arrive, plus souvent dans la pratique même de la recherche et de l'enseignement que dans la discussion théorique : dès qu'une communauté scientifique suffisamment grande tourne le dos à la soi-disant "communauté internationale" pour s'orienter vers des arènes alternatives – locales ou régionales, éventuellement non académiques – le champ disciplinaire nord atlantique correspondant perd de l'importance et la fondation même de la dimension de centralité / marginalité commence à se dissoudre » (Keim, 2010, p. 590). Finalement, le drame pour ces chercheurs est la taille réduite de la population de chercheurs au Liban.

29. Le CRDI canadien a organisé un atelier de réflexion en janvier 2014 qui confirme ce constat, bien au-delà du Liban, pour plusieurs pays arabes.

30. Projets : Hauran III, Tanmia, « Mobilités, frontières et conflits dans les espaces israélo-palestiniens , du golfe arabo-persique à l'Europe : entre violences et... », projet CITADAIN, « Les Palestiniens entre État et diaspora ».

31. La recherche en sciences sociales internationale est de plus en plus publiée en anglais et fait, de plus, largement référence aux travaux américains et européens (Gingras et Mosbah-Natanson, 2010).

En résumé, les domaines des sciences exactes et naturelles sont portés par des cadres de collaboration institutionnels puissants. Pour des raisons historiques, de nombreuses relations s'établissent avec la France, comme nous l'avons montré. Cette tendance se traduit maintenant par de plus fortes collaborations dans le cadre de projets européens. De plus en plus, ces collaborations passent par le suivi de doctorants en cotutelle, nouvelle pratique favorisée par les universités françaises et qui est devenue assez commune avec les doctorants libanais. Les articles en coauteur avec des européens ont progressé très nettement. Rares sont les collaborations avec d'autres chercheurs des pays arabes ou au Moyen-Orient. Enfin, les liens que l'AUB et la LAU ont instaurés pour l'accréditation des diplômes aux États-Unis facilitent ces collaborations avec ce pays sans pour autant exclure l'accès à des financements européens ou arabes.

Conclusion

La recherche au Liban est à l'image du pays : profondément fragmentée, certainement en grande partie du fait de la grande variété des universités mais aussi, paradoxalement, de leur ouverture à l'étranger. Si les collaborations internationales sont un ingrédient nécessaire au développement de la recherche, et même vitales dans un petit pays comme le Liban (ainsi que le signale Caroline Wagner 2006), il n'en demeure pas moins qu'elles peuvent avoir comme conséquence une certaine dispersion des thématiques. Dans la mesure où le CNRS n'a pas réussi à mettre en place sa politique de recherche, il est difficile de parler de stratégie nationale de recherche. Sa politique récente résolument tournée vers l'international est un choix contraint par le manque de moyens disponibles localement. Les universités, même la plus productive d'entre elles qu'est l'AUB, n'ont pas à proprement parler de politique si ce n'est d'aider leurs enseignants à prendre les contacts nécessaires et établir des relations durables avec des partenaires étrangers. À la différence des autres universités, cependant, l'AUB a renforcé la gestion des fonds externes en fondant un service spécialisé efficace qui ne se borne pas à gérer a posteriori des fonds mais effectue du « *fund raising* » en allant à la rencontre des principales sources de financements externes. Pour les enseignants-chercheurs, l'activité de recherche est parfois difficile à intégrer dans leur emploi du temps et seule la pression de la promotion dans la carrière les force à entreprendre des travaux de recherche. Du coup, pour nombre d'entre eux, dans la mesure où ils sont plus souvent en contact avec des pairs étrangers que des collègues nationaux, la recherche reste une activité assez individuelle. L'absence d'équipes structurées est encore une réalité pour la plupart des domaines et des institutions d'enseignement supérieur. Les efforts récents, comme par exemple ceux de la faculté des sciences de l'USJ ou l'école doctorale des sciences et des technologies de l'UL que nous avons cités dans l'article, indiquent une volonté d'aller au-delà de cette situation de fait.

Le CNRS demeure malgré tout, autant par son programme de financement que par sa capacité à mobiliser des ressources à l'étranger, le seul organisme capable de fédérer la recherche. De plus, les universitaires engagés dans la recherche sont volontaires pour collaborer avec le CNRS dans le cadre d'actions clairement délimité. Son manque chronique de personnel cependant induit une dispersion toujours difficile à éviter. De plus, dans le cas particulier des sciences sociales, la multitude de sollicitations et des guichets qu'offrent les financeurs internationaux rendent vaines les tentatives de re-

groupement et de création d'équipes et de pôles solides de recherche. Dans le contexte d'un état faible et sous contrainte budgétaire, seules les initiatives des particuliers et d'entreprises privées semblent pouvoir apparaître, dans la recherche comme dans d'autres domaines, des moteurs d'initiatives efficaces.

Nous devons évoquer la menace principale pour la recherche, à notre avis, en dehors du domaine médical, qu'entraîne cette dispersion et cette absence de structuration de la communauté scientifique : l'absence de mise en relation de la recherche avec les besoins du pays, l'absence de pertinence des sujets de recherche au regard des besoins de connaissance des ressources et de leur mobilisation. Nous avons commencé en évoquant le travail de Antoine Zahlan qui a l'énorme mérite d'insister sur cette nécessité pour l'ensemble des pays arabes et nous avons nous-mêmes proposé des pistes de politique de recherche pour redonner à la recherche la place qu'elle mérite (Hanafi et Arvanitis, 2013). Reste que la pertinence de la recherche ne peut se limiter à des problèmes de formation et de gestion ; elle est aussi une décision politique et, à ce titre, nécessite une réflexion mobilisant les acteurs au-delà de l'université et des centres de recherche.

Remerciements

Nous tenons à remercier les nombreuses personnes qui ont répondu à nos questions et à nos interrogations à l'AUB, l'USJ et l'UL. Nous remercions tout particulièrement le Conseil national de la recherche scientifique, en particulier son secrétaire général, le Dr Mouïn Hamzé, qui nous a ouvert les portes de cette institution importante pour le pays. Remerciements particuliers à Mme Amal Habib et à M. Fawaz Fawaz pour leurs lectures attentives.

Références

AKL, E., MEERPOHL, J.J., RAAD, D., GIULIA, P., MATTIONI, M., PAGGI, M.G. *et al.* (2012). « Effects of assessing the productivity of faculty in academic medical centres : a systematic review. ». *Canadian Medical Association Journal,* vol. 184, n° 11, p. E602 – E612.

AL MAKTOUM FOUNDATION et UNDP (2009). *Arab Knowledge Report 2009. Towards Productive Intercommunication for Knowledge* Dubai : Mohammed bin Rashid Al Maktoum Foundation and United Nations Development Programme (UNDP).

ARVANITIS, R. (2007). « ESTIME : Towards science and technology evaluation in the Mediterranean Countries (Final report). » Paris IRD Project n°INCO-CT-2004-510696. ESTIME : Evaluation of Scientific, Technology and Innovation capabilities in MEditerranean countries, 2007.

ARVANITIS, R. (2014) « Analysis of the innovation survey 2011 in Lebanon. An exploratory investigation. » Beirut : CNRS Lebanon, 2014.

ARVANITIS, R., WAAST, R. et AL HUSBAN, A.H. (2010). « Les sciences sociales dans le monde arabe ». *World Social Science Report (VF).* Paris : Unesco, p. 68-72.

BECHARA, J. et KABBANJI, J. (2007), « Rapport sur l'état des Sciences Exactes au Liban », Beyrouth : Background report for ESTIME, 2007.

CNRS. (2006). *STIP : Science, Technology, and Innovation Policy in Lebanon. Comprehensive document*, Science Policy Studies. Paris : CNRS (Lebanon) & Unesco.

DUBAR, C. (2006). *Faire de la sociologie. Un parcours d'enquêtes.* Paris : Belin.

EL KENZ, A. (2005). « Sciences sociales dans le monde arabe. ». *Idafat. Arab Journal of Sociology (en arabe)* vol. 2005, n° 2, p. 17-48.

EL KENZ, A. (2005). *Les sciences sociales dans les pays arabes.* Bondy : IRD - Projet ESTIME.

FAVIER, A. (2004). « Logiques de l'engagement et modes de contestation au Liban. Genèse et éclatement d'une génération de militants intellectuels (1958-1975) », Université Paul-Cézanne – Aix-Marseille-III.

GAILLARD, A.-M., CANESSE, A.-A., GAILLARD, J. et ARVANITIS, R. (2013). « Euro-Mediterranean Science and Technology Collaborations : a Questionnaire Survey. » In MORINI, C., RODRIGUEZ, R., ARVANITIS, R. et CHAABOUNI, R. (dir.). *Moving to the future in the Euro-Mediterranean Research and Innovation partnership - The experience of the MIRA project.* Bari & Paris : Options Méditerranéennes (Series B - Studies and research), CIHEAM.

GAILLARD, J. (2007) « Evaluation of Scientific, Technology and Innovation Capabilities in Lebanon » (in collaboration with Jacques Kabbanji, Joseph Bechara and Mona Assaf). IRD, Paris :, 2007.

GAILLARD, J. (2010). « Science and Technology in Lebanon : a university-driven activity ». *Science, Technology & Society,* vol. 15, n° 2, p. 271-307.

GINGRAS, Y. et MOSBAH-NATANSON, S. (2010) « Where are social sciences produced ? ». *World Social Sciences Report.* Paris : Unesco, p. 149-153.

HANAFI, S. (2007) « Impact of Western Funding System on Social Sciences' Research in the Arab East. The Dilemma of the Research Centers External to Universities. » Beyrouth : Background report for ESTIME, 2007.

HANAFI, S. (2010) « Donor Community and the Market of Research Production : Framing and De-Framing the Social Sciences. » In BURAWOY, M., CHANG, M.-K. et FEI-YU HSIEH, M. (dir.). *Facing an Unequal World : Challenges from Sociology* : International Association of Sociology, p. 3-35.

HANAFI, S. (2011). « University Systems in the Arab East : Publish Globally and Perish Locally Vs. Publish Locally and Perish Globally ». *Current Sociology,* vol. 59, n° 3, p. 291-309.

HANAFI, S. et ARVANITIS, R. (2013). *The broken cycle between research, university and society in Arab countries : proposals for change.* Beirut : ESCWA (United Nations) / CNRS (Lebanon) / IRD (France).

HANAFI, S. et ARVANITIS, R. (2014). « The marginalization of the Arab language in social science : Structural constraints and dependency by choice. ». *Current Sociology, vol. 62, N° 5, pp. 723-42.*

HANAFI, S. et ARVANITIS, R. (2015). *Arab research and knowledge society : The impossible promise*, London : Routledge.

HANAFI, S., ARVANITIS, R. et BAER, J. (2013) « Internationalization of Research in Lebanon : The case of the American University of Beirut. » In KUHN, M. (dir.). *Spatial Social Thoughts in Global Knowledge Encounters.* Stuttgart : IBIDEM, p. 167-197.

HERRERA, A.O. (1971). *Ciencia y política en América Latina.* México : Siglo XXI.

IFI. (2011) « Public Policy & Research in the Arab World : Pre & Post Uprising. Report of the first meeting of the CAPRI (Consortium of Arab Policy Research Institutes). » Beirut : Issam Fares Institute, 2011.

KABBANJI, J. (2007), « L'innovation au Liban. Structures, institutions, apports et limites », Beyrouth : Background report for ESTIME, 2007.

KABBANJI, J. (2010). *Rechercher au Liban : Communautés scientifiques, chercheurs et innovation.* Beyrouth : Publications du Centre de Recherche de l'Institut des sciences sociales de l'université libanaise.

KABBANJI, J. (2012). « Heurs et malheurs du système universitaire libanais à l'heure de l'homogénéisation et de la marchandisation de l'enseignement supérieur. ». *Revue des Mondes Musulmans et de la Méditerranée,* vol. juin 2012, mis en ligne le 3 juillet 2012, n° 131, p. 127-145.

KABBANJI, J. et MOUSSAOUI, A. (2007), « Rapport sur l'état des sciences sociales et sciences exactes au Liban », Beyrouth : Background report for ESTIME, 2007.

KASPARIAN, C. (2006). *Le devenir des diplomés de l'Université Saint-Joseph 2000-2004 : enquête réalisée en 2005 par Observatoire universitaire de la réalité socio-économique.* Beyrouth : Observatoire universitaire de la réalité socio-économique, Presses de l'USJ.

KEIM, W. (2010). « Counter hegemonic currents and internationalization of sociology. Theoretical reflections and one empirical example. ». *International Sociology,* vol. 25, n° 2, p. 1-23.

KEIM, W. (2010). « Pour un modèle centre-périphérie dans les sciences sociales. Aspects problématiques des relations internationales en sciences sociales ». *Revue d'Anthropologie des Connaissances,* vol. 4, n° 3, p. 570-598.

LARZILLIÈRE, P. (2010). « Research in Context : Scientific Production and Researchers' Experience in Jordan. ». *Science, Technology & Society,* vol. 15, n° 2, p. 309-338.

MORINI, C., RODRIGUEZ, R., ARVANITIS, R. et CHAABOUNI, R., dir. (2013). *Moving to the future in the Euro-Mediterranean Research and Innovation partnership - The experience of the MIRA project.* Bari & Paris : Options Méditerranéennes (Series B - Studies and research), CIHEAM.

NAHAS, C. (2009), « Financing and Political Economy of Higher Education in Lebanon », Beirut : Economic Research Forum, 2009.

ROMANI, V. (2008). « Sciences sociales et lutte nationale dans les territoires occupés palestiniens. La coercition comme contrainte et comme ressource scientifique. ». *Revue d'Anthropologie des Connaissances,* vol. 2, n° 3, p. 487-504.

UNDP. (2004), « Le Rapport du Développement Humain dans le monde Arabe 2003 », P.N.U.D., 2004.

UNDP. (2005). *Arab Human Development Report 2004. Towards Freedom in the Arab World.* Amman : UNDP. Regional Bureau for Arab States.

WAAST, R. (2006) « Savoir et société : un nouveau pacte à sceller. » In GÉRARD, E. (dir.). *Savoirs, insertion et globalisation. Vu du Maghreb.* Paris : Publisud, p. 373-403.

WAGNER, C. (2006) « International Collaboration in Science and Technology : Promises and Pitfalls. » In BOX, L. et ENGELHARD, R. (dir.). *Science and Technology Policy for Development. Dialogues at the Interfaces,* London / New York / Dehli, p. 165-176.

ZAHLAN, A.B. (2012). *Science, development, and sovereignty in the Arab World.* New York : Palgrave Macmillan.

ZAKHIA, E., dir. (2007). *Répertoire des chercheurs, Répertoire des centres de recherche : Liban / Syrie / Jordanie.* Beyrouth : ESTIME Background report : http ://www.estime.ird.fr/article255.html.

Constitution d'une communauté scientifique dans un pays moins avancé (PMA)

Le cas du Niger

Emmanuel Gregoire et Kadijatou Marou Sama

Pays sahélien enclavé et ayant pour unique ressource ses exportations d'uranium, le Niger (14 millions d'habitants pour 1 267 000 km^2) est un des pays les plus pauvres de la planète. Son indice de développement humain (IDH) le situe en effet à la 186e place (2011), soit à l'avant dernière dans le classement établi, chaque année, par le « Programme des Nations unies pour le développement » (PNUD). Dans ces conditions, la lutte contre le sous-développement (2/3 des Nigériens vivent en dessous du seuil de pauvreté) est une priorité absolue pour les responsables politiques du pays devenu une démocratie à l'aube des années 1990 avec l'élection au suffrage universel du Président Mahamane Ousmane (1993).

Dans ce contexte difficile, la recherche est un secteur négligé : la communauté scientifique nationale est faible que ce soit du point de vue de ses effectifs que de ses capacités réelles à s'investir dans la recherche. Si l'État parvient tant bien que mal à lui assurer un soutien de base (rémunération du personnel, entretien des infrastructures et prise en charge des dépenses courantes), les chercheurs demeurent tributaires de l'assistance extérieure : ils doivent sans cesse solliciter leurs partenaires pour financer leurs travaux notamment dans les sciences de la vie et de la terre, moins cependant en sciences sociales. Dans ces conditions, il n'est guère surprenant que la recherche soit balbutiante au Niger comme dans d'autres pays d'Afrique de l'Ouest francophones confrontés à des problèmes plus urgents et graves (autosuffisance alimentaire, éducation pour tous, santé publique, chômage urbain, etc.). Le cas du Niger tranche donc par rapport aux pays (du Nord ou émergents) abordés dans cet ouvrage, mais son étude permet de s'interroger sur la capacité d'un pays les moins avancés (PMA) et plus globalement d'un petit pays à développer une recherche utile à son développement.

Figure 1 – Carte du Niger

Dans une perspective historique, nous analyserons, tout d'abord, la politique de l'État nigérien à l'égard de l'enseignement supérieur puis retracerons la genèse de l'université Abdou-Moumouni (UAM). Nous verrons qu'elle tente tant bien que mal de remplir ses missions en consacrant son (maigre) budget au seul enseignement afin de répondre aux besoins de formation du pays et faire en sorte qu'elle soit « une université au service du développement » comme le veut sa devise. Nous examinerons ensuite la politique nationale de recherche (ou l'absence de politique) et les différentes structures nationales et étrangères. À partir d'entretiens réalisés auprès de chercheurs et d'enseignants chercheurs nigériens, nous décrirons enfin le fonctionnement de la communauté scientifique nationale : la structurer, la doter de moyens initiaux pour mettre en place des laboratoires et former des jeunes chercheurs de qualité doivent être les premières étapes d'un long processus qui doit aboutir à une certaine autonomie scientifique et financière des enseignants et des chercheurs nigériens. Mais, cet objectif est loin d'être atteint au Niger qui, dans le domaine de la recherche comme dans beaucoup d'autres, ne peut survivre sans une forte assistance extérieure.

1 L'enseignement supérieur au Niger

Celui-ci sera traité à travers l'examen de la politique nationale suivie depuis l'indépendance du pays et la présentation de l'université nationale.

1.1 La politique nationale à l'égard de l'enseignement supérieur

Un ministère de l'Éducation publique et de la Jeunesse a été créé à la fin de l'époque coloniale (1957) par le premier Conseil du gouvernement du territoire du Niger. Au

sein de ce ministère, il existait un bureau universitaire chargé d'assister l'association des étudiants du Niger, ceux-ci suivant leur cursus universitaire à l'étranger. Au lendemain de l'indépendance (1960), il n'existait aucun centre d'enseignement supérieur pour les 51 étudiants alors recensés. Jusqu'en 1971, la formation des cadres supérieurs nigériens se faisait exclusivement à l'extérieur du pays, notamment au Sénégal, en Côte d'Ivoire et en France. Étant donné qu'il y avait beaucoup d'étudiants à l'étranger et au regard de la nécessité de rendre les programmes de formation conformes aux besoins du pays, la création d'une structure appropriée apparut nécessaire. Le Centre d'enseignement supérieur (CES) vit donc le jour le 6 septembre 1971, celui-ci étant placé sous la tutelle du ministère de l'Éducation nationale. Il concernait des disciplines scientifiques alors que celui de Ouagadougou (Burkina Faso) était chargé des disciplines littéraires, les deux centres étant en quelque sorte jumelés accueillant les étudiants de l'un et de l'autre pays (répartition spatiale de leur formation). Du point de vue des bourses accordées aux étudiants, celles-ci étaient attribuées par deux commissions (la Commission des bourses créée en 1959 et la Commission des bourses de l'aide extérieure mise en place en 1963) jusqu'en 1964, année de la création de la commission nationale des bourses qui a unifié le système.

La création d'un ministère délégué à la présidence chargé de l'Enseignement supérieur et de la Recherche est intervenue seulement en 1978 (décret n° 78-90/PCMS du 5 septembre 1978). Celui-ci stipule que le ministre chargé de l'enseignement supérieur et de la recherche est responsable de :

- l'élaboration et de l'exécution de la politique nationale en matière d'enseignement supérieur et de recherche en liaison avec les ministères intéressés ;
- des relations avec les pays étrangers et les organisations internationales, en liaison avec les ministères et organismes concernés ;
- du placement des étudiants et des stagiaires ainsi que de la gestion de leurs bourses [1].

Ce ministère devient un ministère autonome en 1979 par décision du gouvernement du général Seyni Kountché arrivé au pouvoir cinq ans auparavant suite à un coup d'État qui renversa Diori Hamani, premier Président de la république du Niger. En 1985, ce ministère fusionne avec le ministère de l'Éducation nationale dont il se sépare trois ans plus tard pour s'appeler pour la première fois ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de la Technologie (MESR/T). Il devenait en effet indispensable de lui rendre son autonomie car le nombre d'étudiants inscrits à de l'université de Niamey ne cessait de croître : entre 1975-1976 et 1979-1980, il est ainsi passé de 294 à 685. Au cours de la même période, le nombre d'étudiants nigériens inscrits à l'étranger est quant à lui passé de 684 à 1 206 [2]. Si on considère à présent la période 1976-1986, on constate que les effectifs de l'université ont été multipliés par 3,5 passant de 538 à 1 887 pour les seuls Nigériens et par 5,2 (549, 2 861) en incluant les étudiants étrangers [3]. Cette progression a été marquée par la perte de poids des

1. Ministère des Enseignements secondaire et supérieur, de la Recherche et de la Technologie, 2003.

2. La France était leur principale destination (299) devant la Côte d'Ivoire (203), le Togo (190) et le Sénégal (169). Trente-cinq étudiants étaient alors accueillis en Union soviétique (*Annuaire statistique 1978-1979*).

3. Plan de développement économique et social du Niger 1987-1991, ministère du Plan, 30 avril 1987.

facultés scientifiques jusqu'alors prépondérantes au profit des facultés littéraires et économiques : ainsi, la faculté des sciences représentait 37 % des étudiants en 1976, 28,4 % en 1980 puis 18,3 % en 1986. Le document du ministère du Plan [4] relevait un problème de programmation des cadres car les besoins du pays concernaient les cadres scientifiques alors qu'il mettait l'accent sur les disciplines littéraires et assimilées.

Au cours de cette période, de gros efforts ont été accomplis en matière d'attribution de bourses : en 1980, l'université de Niamey comptait 538 boursiers, leur nombre s'élevant à 2 173 en 1986. Dans le même temps, le nombre de boursiers effectuant leurs études à l'étranger diminuait de 1 202 à 973 : la part de l'université de Niamey dans la formation des étudiants boursiers est donc passée de 30 % à plus de 70 %. À partir de 1982, les étudiants boursiers nigériens furent plus nombreux à suivre leur cursus universitaire au pays qu'à l'étranger (1 335 contre 1 280) [5]. Cette progression sensible des boursiers est louable car le pays traversait une grave crise économique en raison de la chute des recettes financières tirées de ses exportations d'uranium, seule ressource du pays depuis la fin de la traite de l'arachide qui cessa avec la terrible sécheresse de 1973-1974. Afin de mieux gérer ces bourses, l'ordonnance n° 99-070 du 20 décembre 1999 créa l'Agence nigérienne d'allocation des bourses (ANAB) qui succéda à la Direction des bourses du ministère de l'Enseignement supérieur mise en place en 1979. L'ANAB qui ne dépend pas directement du ministère est un établissement public à caractère administratif, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière placée sous la tutelle technique du ministère chargé de l'Enseignement supérieur[1]. Elle a pour principale mission « d'apporter plus de lisibilité dans la gestion des subventions de l'éducation » et est chargée d'assurer l'allocation des bourses nationales et de celles qui sont offertes par la coopération internationale. Au sein de l'ANAB, la CNOAB (Commission nationale d'orientation et d'attribution des bourses) est chargée de sélectionner les bénéficiaires [6]. La gestion des subventions a pris une importance singulière à cause non seulement de son caractère sensible, mais aussi de l'enveloppe substantielle allouée : le dixième du budget de fonctionnement du secteur éducatif. Dès lors, l'État dans un contexte économique difficile entend veiller à ce que ses ressources soient judicieusement utilisées. La formation des étudiants s'effectue au Niger et dans 21 pays se trouvant dans les quatre continents (Afrique, Amérique, Asie et Europe). Parmi les principaux pays d'accueil, on trouve l'Algérie, le Maroc et la Tunisie qui offrent près de 200 bourses de coopération par an dont les deux tiers sont assurés par le premier pays cité dont, par exemple, l'ITPEA (Institut des techniques de planification et d'économie appliquée) qui a formé les premiers planificateurs du pays qui ont été affectés ensuite dans les différents services départementaux.

En 2001, le MESR/T prend la dénomination de ministère des Enseignements secondaire et supérieur, de la recherche et de la technologie puis devient, en 2010, ministère des Enseignements secondaire, supérieur et de la recherche scientifique. Au Niger, « la politique nationale en matière d'enseignement supérieur et de recherche vise, par une gestion cohérente et globale du système d'enseignement supérieur [...], à satisfaire

4. Ministère du Plan, 1987, *Plan de développement économique et social du Niger 1987-1991*, document provisoire, Niamey, 464 pages.

5. *Id.*

6. La presse a souvent dénoncé les nombreuses pressions, intrigues et fraudes qui ont influé sur ses décisions en raison de manipulations politiques.

les besoins nationaux en cadres supérieurs surtout scientifiques et techniques, adaptés aux besoins du développement national et aptes à la production ». Sept objectifs lui sont assignés [7] :

- concevoir et mettre en œuvre les axes, programmes et projets nationaux d'enseignement et de formation supérieure en accord avec les besoins nationaux en cadres ;
- organiser et assurer le suivi et l'évaluation de l'ensemble des enseignements et de la formation supérieure ;
- développer les capacités nationales d'enseignement et de formation supérieure ;
- professionnaliser les filières de formation ;
- redéfinir la fonction sociale de la bourse ;
- assurer la centralisation et la diffusion de l'information sur l'enseignement et la formation supérieurs ;
- améliorer les conditions d'études et de travail de la communauté éducative.

C'est la direction de l'Enseignement supérieur, aidée du Conseil national de l'enseignement supérieur, qui est désignée comme organe d'exécution de la politique nationale sous la supervision de la direction générale des enseignements. Pour mener à bien cette tâche, cette direction « se doit d'être organisée, structurée, équipée et dotée conséquemment en ressources humaines, financières et matérielles [8] ». Toujours selon les textes officiels, l'enseignement supérieur vise à [9] :

- fournir aux services publics de l'État et au secteur privé des cadres qualifiés ;
- former des cadres supérieurs capables de jouer un rôle significatif dans la création et le développement de la pensée et de la science universelles.

Ses missions sont :

- d'assurer les formations initiales et continues ;
- de faire de la recherche scientifique fondamentale et appliquée et d'en diffuser les résultats, notamment dans les domaines relatifs aux besoins du pays ;
- de contribuer à la diffusion de la culture et de l'information scientifique et technique, notamment en collaborant avec les divers partenaires et acteurs ;
- de former une identité culturelle et une conscience nationale et africaine ;
- de développer la coopération régionale et internationale.

Les établissements dans lesquels est dispensé l'enseignement supérieur sont les universités, les instituts, les grandes écoles et les centres spécialisés.

1.2 L'Université Abdou-Moumouni (UAM)

L'UAM est une jeune institution qui a connu un fort développement depuis sa création en 1971 soit onze ans après l'Indépendance. Au départ, elle se réduisait au Centre d'enseignement supérieur qui accueillait une centaine d'étudiants. La loi n° 73-23 du 20 septembre 1973 transforma le CES en université de Niamey, établissement

7. Ministère des Enseignements secondaire et supérieur, de la Recherche et de la Technologie, 2003, *op. cit.*

8. *Id.*

9. *Id.*

public à caractère administratif qui s'inspirait du modèle français [10]. À ses débuts, elle accueillait non seulement des étudiants nationaux, mais également des étrangers venus des pays voisins (Bénin, Burkina Faso, Mali). En 1992, elle prit le nom d'université Abdou-Moumouni (UAM) en hommage à l'illustre professeur de physique Abdou Moumouni Dioffo. Enfin en 1999, l'UAM devient un établissement public à caractère scientifique, culturel et technique placé sous la tutelle du ministère des enseignements secondaire et supérieur, de la recherche et de la technologie (MESSRT).

Elle regroupe aujourd'hui cinq facultés [11] : Sciences, Sciences économiques et juridiques (depuis 1980), Agronomie, Sciences de la santé (depuis 1984), Lettres et sciences humaines [12]. Sont rattachés à elle une École normale supérieure (ENS) qui se consacre essentiellement à la formation et un peu à la recherche, trois instituts de recherche (Institut de recherche en mathématiques, Institut de recherche en sciences humaines, Institut des radio-isotopes) que nous examinerons plus loin et trois instituts universitaires de technologie à savoir : les IUT de Maradi (génie civil), de Tahoua (banque et finance) et de Zinder (aménagement du territoire et urbanisation). En 2011, ces IUT ont été transformés en universités : l'enseignement supérieur et la recherche alors concentrés sur la seule capitale (Niamey) s'ouvraient au reste du pays même si des zones demeuraient exclues (régions d'Agadez et de Diffa). Dans son discours de lancement officiel des activités de l'université de Tahoua, le ministre des Enseignements secondaire, supérieur et de la Recherche scientifique a précisé que ces trois nouvelles universités ont été créées pour atteindre trois objectifs : « Rendre notre système d'enseignement supérieur plus performant, plus pertinent, plus moderne au point de le hisser au rang de ceux qui sont compétitifs dans l'arène communautaire et internationale en diversifiant les centres d'enseignement supérieur et de recherche, optimiser considérablement les rendements de l'enseignement supérieur, insérer les universités dans leurs environnements appropriés. » Cette création de structures universitaires à l'intérieur du pays était rendue possible par une forte remontée des recettes tirées des exportations d'uranium [13].

Conscient de ses besoins impératifs en cadres pour promouvoir le développement économique et social, l'effort de formation fut poursuivi. Toutefois, à partir de la fin des années 1980, période qui correspond à la fin du régime du général Seyni Kountché décédé en 1987 et le début de la transition démocratique marquée par l'organisation d'une Conférence nationale (1991) qui marqua l'avènement de la IIIe République et de la démocratie, la fonction publique sous ajustement structurel n'absorba plus les nouveaux diplômés.

10. L'UAM a été créée longtemps après certaines universités africaines comme l'« University College » d'Ibadan (Nigeria) où les premiers cours furent donnés en 1948, l'université de Kinshasa en 1954 (elle fut l'une des plus réputées d'Afrique centrale) et l'université de Dakar fondée en 1957 (Gaillard, 1989).

11. Avant l'ordonnance n° 84-03 du 12 janvier 1984, les facultés portaient le nom d'écoles.

12. Certaines facultés n'offrent pas de formation de 3e cycle l'obligeant ainsi les étudiants à se rendre à l'étranger.

13. Après avoir longtemps acheté le kilogramme d'uranate 17 500 francs CFA (soit 26,28 euros), son prix a été porté à 25 200 francs en 2006. Au terme d'âpres négociations entre le gouvernement nigérien et le groupe français Areva (13 janvier 2008), il fut revalorisé de 50 % et fixé à 40 000 francs CFA (61 euros) pour l'année 2007. En 2008 et 2009, le prix a été de nouveau revu à la hausse soit 55 000 francs CFA (83,87 euros). C'est donc des sommes importantes qui se déversèrent alors sur le Niger (Grégoire, 2010).

Tableau 1 – Évolution des effectifs des étudiants à l'UAM, des étudiants bénéficiant d'une bourse nationale pour se rendre à l'étranger, des professeurs et des maîtres de conférence de l'UAM

Années	Étudiants à l'UAM	Étudiants boursiers à l'étranger	Professeurs (nationaux)	Maîtres de conférences (nationaux)	Maîtres assistants nationaux	Assistants nationaux
1971-1972	103	–	–	0	–	–
1975-1976	294	684	2	0	13	7
1979-1980	685	1 206	3	4	28	13
1984-1985	2 450	n.d.	5	8	42	41
1986-1987	3 257	973	6	12	43	62
1990-1991	3 628	1 617	11	19	57	68
1996-1997	5 136	2 127	19	22	122	83
2002-2003	6 585	2 297	18	27	159	84
2005-2006	8 710	1 300	16	34	136	98
2008-2009	9 882	1 398	19	51	152	75
2009-2010	11 266	1 475	20	47	151	86

Sources : Annuaires statistiques du Niger, site Web UAM

Les effectifs de l'université atteignaient donc 2 342 étudiants en 1990 puis 3 690 en 1995. Parallèlement, le nombre d'étudiants nigériens à l'étranger passait de 914 (29,5 %) à 2 707 (42,3 %) : cette augmentation importante renvoyait à la situation désastreuse de l'université nationale. Celle-ci enregistra trois années blanches (non tenue des cours et incapacité d'organiser les examens de fin d'année) entre 1990 et 1996 en raison de mouvements sociaux répétés : suite aux politiques d'ajustement structurels imposées par la Banque mondiale et le Fonds monétaire international, le pays traversait une grave crise économique qui s'est traduite par de nombreux mouvements de grèves. Les enseignants dont les salaires comme ceux des autres fonctionnaires n'étaient plus versés furent démotivés et cessèrent le travail durant de longs mois suivis des étudiants qui ne recevaient plus leurs bourses. Parfois, c'était le gouvernement qui décidait de la fermeture de l'université. Cette crise entraîna le départ d'enseignants chercheurs vers d'autres emplois et la désertion des étudiants étrangers et des Nigériens dont les parents avaient les moyens de leur payer des études hors du pays, ce qui était le cas des enfants des couches aisées et des « barons » du régime [14]. Toutefois, que l'université continua de fonctionner lorsque l'État la priva de tout financement durant un an (mai 1998 – mai 1999), les enseignants et les personnels administratifs ayant alors fait preuve d'une grande abnégation (Yenikoye, 2007).

Au cours des années 2000, le nombre d'étudiants inscrits à l'université poursuivit sa progression, ses effectifs passant de 6 585 en 2002 à 7 693 en 2006. Toutefois, le

14. On note un accès très inégalitaire à l'université, les enfants des classes défavorisées étant exclues.

nombre de boursiers stagna (1 779 en 2003, 1 735 en 2007). Il en a été de même pour les bourses nationales en faveur des étudiants se formant à l'étranger dont le nombre resta stable (1 186 en 2003, 1 210 en 2007). Aujourd'hui, la situation s'est améliorée car on enregistre un nouvel afflux d'étudiants. Pour l'année scolaire 2007-2008, l'UAM a accueilli 8 630 étudiants. En 2009-2010, leur nombre s'élevait à 11 266, soit une augmentation de 30,54 % par rapport à l'année 2007-2008.

Tableau 2 – Répartition des étudiants par institutions de formation pour l'année 2009-2010

Établissements	Nombre d'étudiants	%
Faculté d'agronomie (FA)	418	3,7
Faculté des lettres et sciences humaines (FLSH)	3 591	31,9
Faculté des sciences (FS)	1 720	15,3
Faculté des sciences de la santé (FSS)	1 954	17,3
Faculté des sciences économiques et juridiques (FSEJ)	3 008	26,7
École normale supérieure (ENS)	278	2,5
IUT de Maradi	96	0,9
IUT de Tahoua	130	1,2
IUT de Zinder	71	0,6
Total	11 266	100

Cette forte progression de l'effectif global de l'UAM est principalement liée à l'accroissement du nombre d'étudiants de la Faculté des sciences et des techniques (FST) qui a accueilli 440 étudiants en 2006-2007 puis 1 720 en 2009-2010, soit une augmentation de presque 300 %. En 2015, l'UAM devrait accueillir plus de 15 720 étudiants ce qui nécessitera de très gros efforts en matière d'infrastructures et de personnel enseignant.

Pour assurer ses missions, l'UAM s'appuie sur 311 enseignants-chercheurs (dont 297 Nigériens et 14 contractuels), 206 enseignants vacataires et 415 personnels administratifs et techniques (Yenikoye, 2011) [15]. Au Niger, les femmes sont peu nombreuses dans le corps enseignant [16]. En effet, durant l'année universitaire 2008-2009, l'UAM comptait 304 enseignants chercheurs dont seulement 31 femmes soit 10,20 % du total. De même, elles demeurent sous-représentées dans les effectifs étudiants, la répartition en fonction du genre n'ayant pratiquement pas évolué de 2003 à 2010 : le rapport hommes / femmes se situe toujours autour de 80 % contre 20 % (13 % en 1994 et 16 % en 1997) [17]. Un effort important devra donc être accompli pour rééquilibrer ce

15. L'université recrute, chaque année, de nombreux enseignants vacataires qui représentent 40 % du corps enseignant, ce chiffre variant selon les facultés (Yenikoye, 2007).

16. Celles-ci sont, par contre, nombreuses au sein du personnel administratif (secrétaires).

17. La proportion de jeunes filles est plus élevée dans les filières de la santé, des lettres et des sciences humaines (Yenikoye, 2007).

ratio, mais aussi pour que certains enseignants-chercheurs de rang magistral et de jeunes assistants ne quittent plus l'université en raison des mauvaises conditions de travail et de rémunération.

L'UAM est administrée par un recteur assisté d'un vice-recteur élus par les représentants de la communauté universitaire (enseignants chercheurs, personnel technique et administratif, étudiants) pour un mandat de trois ans renouvelable une fois. Présidé par le recteur, le Conseil de l'université assure l'administration de l'institution. Il est composé des doyens des facultés, des directeurs d'écoles et d'instituts, de représentants élus des enseignants, du secrétaire général de l'université, des représentants des ministères impliqués dans la formation des étudiants, de représentants des étudiants et des personnels administratifs. Chargé de l'administration de l'UAM, le rectorat est constitué d'un secrétariat général et de onze services centraux. Ce sont eux qui gèrent le budget. En 2011, il s'élevait à 10,51 millions d'euros, soit une augmentation de 8,64 % par rapport à l'année 2010. Les recettes de l'UAM sont constituées des recettes propres de l'université (droits d'inscription, droits d'inscription aux examens du baccalauréat, recettes exceptionnelles) et de la subvention de l'État (Yenikoye, 2011). En 2011, selon cet auteur, les recettes propres (sans les recettes exceptionnelles) s'élevaient à 1,33 millions d'euros, et la subvention de l'État à 9,18 millions (Yenikoye, 2011). Aujourd'hui, l'État est donc le principal bailleur de fonds de l'UAM. Ses rubriques de dépenses sont constituées de la rémunération du personnel, de l'achat de matériel et de fournitures de bureau, des transports et des déplacements, de l'enseignement, de la recherche, de la documentation, de la formation des enseignants chercheurs, des prestations et de la formation des personnels administratif et technique et enfin des charges communes. Les dépenses de personnels représentent à elles seules plus de la moitié du budget (56,66 % en 2011) (Yenikoye, 2011).

Dans le cadre du réseau pour l'excellence de l'enseignement supérieur en Afrique de l'Ouest (REESAO), l'UAM s'est engagée dans la mise en œuvre du LMD qui doit favoriser la mobilité des étudiants et proposer une offre de formation facilitant leur insertion professionnelle.

Selon des témoignages d'enseignant chercheurs, les autorités se demandaient jusqu'à un passé récent si la recherche pourrait réellement jouer un rôle dans le développement du pays alors que la fonction même de l'université est de former des cadres adaptés à ses besoins en matière de développement et à ceux de la sous-région. Aussi, l'État a cessé quelque temps de financer les institutions nationales de recherche. À présent, le discours est différent et l'université est désormais au cœur des préoccupations car l'État entend améliorer la qualité de l'enseignement et celle de la recherche. Du point de vue de l'enseignement, il a construit de nouvelles salles de cours pour répondre à l'explosion des effectifs et offrir aux enseignants chercheurs et aux étudiants un cadre favorable. Du point de vue de la recherche, un fonds d'incitation a été mis en place pour financer des projets de recherche et permettre des voyages d'études hors du pays. Il y a donc un réel effort pour réduire la dépendance financière de l'UAM à l'égard des institutions étrangères. D'après un enseignant chercheur, cette prise de conscience s'explique par une intense mobilisation du Syndicat national des enseignants et chercheurs du supérieur (SNECS). Concrètement, elle s'est traduite

par la création d'un conseil scientifique chargé de définir les grands axes de l'UAM en matière de recherche selon les critères suivants : pertinence, qualité, capacité de travailler en équipes, impact social. Entre 2004 et 2006, 54 projets ont été ainsi financés pour un montant de 285 millions de francs CFA. Les thèmes privilégiés sont la sécurité alimentaire, l'eau et l'environnement, les ressources naturelles, l'énergie, la santé et la démocratie.

Pour conclure, soulignons l'absence d'un plan national de développement de l'enseignement supérieur qui aurait permis une meilleure gestion des flux et d'instaurer une véritable continuité entre enseignement secondaire et supérieur en permettant une orientation plus performante des étudiants afin de réduire les redoublements trop nombreux et les réinscriptions abusives (Yenikoye, 2007). À cela s'est greffée une situation financière qui s'est considérablement détériorée sous l'effet des politiques d'ajustement structurel qui ont eu pour conséquences la dégradation importante du taux d'encadrement des étudiants au sein des différentes Facultés et des taux d'échecs élevés. La situation s'améliore grâce aux recettes budgétaires plus importantes tirées des exportations d'uranium, l'enseignement supérieur étant très tributaire de celles-ci. Ainsi, les années 1974-1975 à 1984-1985 qui correspondent au « boom » de l'uranium et à la période pré-ajustement structurel (1986) a été marquée par la construction de nombreuses infrastructures (amphithéâtres et salles de cours des nouvelles facultés) ; la période 1985-1995 qui vit les moyens de l'État fortement diminués ne s'accompagna, au contraire, pas ou peu de création de nouveaux locaux. Quant aux années 1990, l'État n'avait même plus les moyens d'assurer l'entretien de l'existant ni le versement des salaires de ses agents. De plus, cette période connut une forte instabilité politique avec l'arrivée au pouvoir du Président Mahamane Ousmane puis son renversement par le général Ibrahim Baré Maïnassara (1996), lui-même renversé trois ans plus tard. Depuis 2007, le « second boom de l'uranium » dont bénéficia le Président Mamadou Tanja, élu démocratiquement en décembre 1999, puis réélu en novembre 2004, permet donc à l'État de doter l'enseignement supérieur et la recherche de nouveaux moyens : sa subvention à l'UAM est ainsi passée de 2,8 milliards de francs CFA en 2005 à 5 milliards en 2007, puis à 6 milliards en 2011.

2 La recherche au Niger

Comme pour l'enseignement supérieur, nous allons examiner la politique suivie par l'État en la matière puis nous nous pencherons sur les différentes structures nationales et étrangères.

2.1 La politique nationale

La recherche est d'une importance capitale pour guider le pays dans ses actions de développement et ses décisions d'investissement. Aussi, la loi n° 68-23 du 17 avril 1968 créa le CNRST (Centre national de la recherche scientifique et technique) qui s'est cependant montré peu actif tant dans ses arbitrages entre les différentes branches de la recherche que dans ses options concrètes en matière de mise en œuvre de programmes de recherche précis. Aussi, sa dissolution en 1974 n'a fait que renforcer la dispersion et l'isolement des instituts de recherche existants tels que l'IEMVT (Institut d'élevage

et de médecine vétérinaire pour les pays tropicaux), l'IRAT (Institut de recherche agronomique tropical), le CTFT (Centre technique forestier tropical), l'IRSH (Institut de recherche en sciences humaines) et l'Onersol (Office national de l'énergie solaire). Hormis, ces deux derniers instituts de recherche, tous les autres étaient régis par la Convention générale du 20 février 1961 passée entre la France et le Niger. Avec la création de l'INRAN (Institut national de recherche agronomique du Niger) en 1975, tous les instituts régis par la convention franco-nigérienne ont été absorbés par l'INRAN.

La création d'un ministère de la Recherche en 1978 peut être considéré comme une mesure opportune pour tenter de faire face aux besoins du pays en cadres, notamment après la sécheresse de 1973-1974 qui a durablement affecté son économie et plus encore la communauté rurale. Toutefois, des blocages importants subsistaient, d'une part, au niveau institutionnel en raison de l'absence de coordination des instituts de recherche nationaux[18] et, d'autre part, au niveau financier du fait du manque de moyens. La conséquence a été la marginalisation de la recherche qui est devenue au mieux une activité d'appoint.

Durant de longues années, l'État avait opté pour une politique basée sur la mise en place d'un instrument appelé la « programmation ». Cette dernière consistait à orienter les Nigériens vers l'une ou l'autre des deux institutions nationales de recherche (l'université Abdou-Moumouni ou l'Institut national de recherche agronomique du Niger) uniques structures de recherche nationales. La formation à l'étranger était en effet considérée comme un danger pouvant amener les chercheurs à s'installer définitivement dans leur pays d'études (Vinck, 2013) au détriment du Niger. Cet auteur souligne que la migration temporaire « enrichit le migrant et son pays lorsqu'il revient ». On est alors amené à se poser des questions sur les mécanismes que le pays d'origine doit mettre en place pour attirer ses chercheurs qui se trouvent confrontés au « *dilemme du retour* » (Fontes, 2007, cité par Vinck, 2013). L'État nigérien confiait la mise en œuvre de cet instrument de politique aux différents ministères. Ces derniers choisissaient des bacheliers, des étudiants ou des fonctionnaires (enseignants de collège ou de lycée) et les envoyaient à l'étranger suivre des études universitaires (notamment une thèse) en leur donnant une bourse nationale ou en leur trouvant des bourses étrangères. Le choix des bénéficiaires se faisait sur la base des notes qu'ils avaient obtenues ou au vu de leur dossier. Les ministères concernés par la programmation fixaient au préalable l'institution dans laquelle ceux qui avaient été choisis travailleront après leur formation. En d'autres termes, c'était l'État qui décidait de l'orientation et qui se chargeait du choix de l'institution de recherche nationale dans laquelle les bénéficiaires de la programmation allaient travailler. La programmation s'inscrivait dans une politique de remplacement des chercheurs et des enseignants chercheurs étrangers qui officiaient dans les institutions de recherche par des nationaux. Une fois leurs études terminées, ces derniers programmés pour occuper un poste précis avaient l'obligation de revenir servir leur pays. La programmation constituait donc une politique de retour permettant d'éviter le phénomène du *brain-drain* observé dans de nombreux pays en développement dont les chercheurs, en quête de meilleures

18. Le cloisonnement observé entre les facultés et les institutions de recherche entraîne une dispersion des moyens et des efforts (Yenikoye, 1997).

conditions de vie, de travail et de rémunération, s'installaient à l'étranger. L'État a abandonné la programmation en 1999 et lui a substitué l'ANAB précédemment évoquée ce qui pose un certain nombre de questions politiques quant au retour obligatoire au pays puisqu'il n'y a plus de liens entre la thèse et le retour obligatoire pour travailler dans les institutions nationales. Les chercheurs nigériens interrogés à ce sujet ont eu l'occasion de préparer un diplôme (licence, maîtrise, thèse) à l'étranger, certains y séjournant plusieurs années. Tous sont revenus travailler au pays alors que les conditions de travail et de rémunération ne sont pas aussi satisfaisantes que celles offertes à l'étranger. En réalité, la plupart des personnes enquêtées sont bien passées par la programmation, mais tous ceux qui ont été « programmés » n'avaient pas autre choix que de revenir au pays après leur formation.

Dès la fin des années 1980 puis au cours des années 1990, on assista à un retrait de l'État incapable financièrement de soutenir la recherche alors qu'il s'était, au départ, efforcé de l'institutionnaliser. Aujourd'hui, le manque de moyens ou plutôt l'inexistence des moyens affectés à la recherche par les pouvoirs publics demeure un problème réel. Allant de pair avec cette carence, l'absence de politique de recherche nationale doit être soulignée comme le reconnaît la direction de la recherche du ministère des enseignements secondaire, supérieur et de la recherche scientifique. Une véritable politique de recherche impliquerait que des priorités soient clairement définies, que des financements soient recherchés auprès des partenaires étrangers et qu'un dispositif scientifiquement incontestable d'incitation, de sélection, d'évaluation et de subvention soit mis en œuvre (de Sardan, 2008). À cela, il faut ajouter, d'une part, la raréfaction dramatique des bourses de master et surtout de doctorat vers les pays du Nord et, d'autre part, la dégradation de la qualité du système d'enseignement au Niger sous l'effet des politiques d'ajustement structurel, et ce depuis le primaire en passant par le collège et le lycée jusqu'à l'université. Cette dégradation rend particulièrement difficile le recrutement de bons doctorants. Hors sans bons étudiants, pas de bons docteurs ni donc de bons chercheurs (de Sardan, 2008). Aussi, quels que soient les indicateurs, tous les voyants sont au rouge : il y a très peu de chercheurs nigériens qui publient dans des revues internationales à comité de lecture (dites de rang A) et peu d'entre eux lisent et encore moins publient en anglais [19]. En sciences sociales, la place excessive prise par les consultations et les expertises est une des conséquences de ce dénuement financier : ce marché qui distribue des revenus élevés permet à de nombreux professionnels nigériens de multiplier par trois, cinq ou dix au plus leur salaire tout en leur donnant des moyens de travail et d'enquêtes. Le principal inconvénient de ces expertises est de les détourner de la recherche proprement dite et de les amener à passer leur temps libre hors enseignement [20] à rechercher ou à faire des consultations (de Sardan, 2008). Toutefois, il faut remarquer qu'ils continuent à être dans leur domaine de compétence et ont survécu grâce à ces consultations qui ont pallié le manque de ressources financières locales, le Niger n'étant pas suffisamment aisé pour prendre en charge la recherche proprement dite.

19. Au départ, les chercheurs nigériens ont publié leurs travaux dans les (rares) supports nationaux. À présent, ils privilégient les revues internationales pour donner un écho plus large à leurs recherches.

20. Ces tâches d'enseignement sont très lourdes et ne laissent déjà guère de temps à la recherche.

Les chercheurs nigériens (300 enseignants chercheurs à l'université de Niamey, 63 à l'INRAN) dépendent donc beaucoup de l'extérieur pour la conduite de leurs activités de recherche. Toutefois, ils ne peuvent le plus souvent pas poursuivre leurs travaux une fois l'assistance extérieure partie. L'autonomie scientifique et surtout financière de la recherche nigérienne n'est donc pas atteinte même si des progrès ont été accomplis en termes de structuration, d'équipement et de formation de jeunes chercheurs. Le Niger souffre d'un fort enclavement scientifique et n'a pas encore intégré les grands réseaux internationaux de recherche même si on peut relever des progrès dans des domaines particuliers (agronomie).

2.1.1 Les institutions de recherche nationales

Elles sont au nombre de quatre.

(1) L'Institut national de recherche agronomique du Niger (INRAN)

Jusqu'en 1975 les recherches agronomiques étaient entreprises par des institutions étrangères notamment françaises : l'IRAT (Institut de recherche agronomique tropical), l'Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux (IEMVT) dont le partenaire était le Laboratoire de l'élevage fondé en 1964 et le Centre technique forestier tropical (CTFT) pour les eaux et forêts. Si des travaux intéressants ont été entrepris, les activités de ces institutions n'étaient pas toujours coordonnées et leurs objectifs bien définis. De plus, elles œuvraient « pour le compte de l'étranger » sans réellement prendre en compte les préoccupations des populations (Sanda, 2008). Créé en 1975, l'INRAN qui est le principal organisme de recherche national a pour rôle d'apporter son concours technique et scientifique à la solution des problèmes de développement rural, d'organiser et de développer la recherche dans tous les domaines agronomiques : écologie, agriculture, forêts, économie rurale et élevage. Sa mission principale est de « contribuer à la réalisation de la sécurité alimentaire et au développement rural du Niger » (Stads, Kabaley et Gandah, 2004). Au départ, l'INRAN a beaucoup travaillé sur le mil, le sorgho, le niébé, ainsi que sur la fertilité et la cartographie des sols. Par la suite, toutes les disciplines spécialisées ont été représentées, mais l'accent a été surtout mis sur les cultures sèches, en s'intéressant moins aux cultures maraîchères. L'INRAN est le principal institut de recherche du pays ce qui reflète à la fois l'importance de l'agriculture et la priorité donnée à la recherche agricole par les gouvernements successifs et les pays qui coopèrent avec le Niger.

Afin d'assurer l'autosuffisance alimentaire, l'INRAN a opté pour une politique de recherche principalement axée sur les cultures pluviales (mil, sorgho, niébé, arachide), en se concentrant sur des domaines de recherche comme l'amélioration génétique et les recherches agronomiques. L'INRAN a accordé une importance particulière pour l'obtention de semences sélectionnées concernant les variétés cultivées dans les régions recevant de 300 à 800 mm par an. Toutefois, selon Kadi Kadi et Hassane (2009) et Sanda (2008), les variétés sélectionnées, disponibles au niveau de l'INRAN ont été très peu vulgarisées. L'INRAN fait entre autres des travaux de recherche en protection des plantes. La gestion de la fertilité des sols a également fait l'objet de travaux de recherche axés sur les fertilisations minérales et organiques, la gestion des résidus de récolte, la bio-fertilisation et l'apport des engrais en micro dose. Les besoins en

eau de diverses variétés ont été déterminés grâce à la réalisation de travaux sur la gestion de l'eau, des sols et des plantes. L'intérêt accordé aux études agronomiques permet de formuler des recommandations au sujet des dates de semis et des systèmes d'exploitation dominants. En matière de recherche, l'INRAN s'investit également dans des domaines comme la production animale, la gestion des ressources naturelles, les cultures irriguées, la transformation des produits agricoles, les systèmes de production et les mécanismes de transfert de technologies. Les chercheurs de l'INRAN (Kadi Kadi et Hassane, 2009 ; Sanda, 2008) notent une augmentation des rendements et revenus des producteurs grâce à la vulgarisation de leurs technologies auprès de ces derniers.

Au milieu des années 1980, des projets surtout américains sont venus épauler ceux de l'État et ont beaucoup assisté l'INRAN. Mais, ils ont brusquement pris fin en 1990, ce qui freina l'avancée de la recherche agricole. À partir de 1994, le Projet national de recherche agricole (PNRA) a été mis en place. L'État a bénéficié d'un prêt de huit millions de francs CFA de la Banque mondiale pour réhabiliter les structures et former les chercheurs. Ce projet a pris fin en 1998. Depuis lors, l'État s'est désengagé, les financements ne couvrant désormais que les salaires du personnel local [21] et non plus ceux liés aux travaux de recherche ce qui entraîna une grave crise au sein de l'institution (Stads, Kabaley et Gandah, 2004) [22]. Dans la conduite de ses activités de recherche, l'INRAN se tourne donc exclusivement vers les bailleurs de fonds internationaux. En effet, si l'État prend en charge les frais dépenses courantes et le paiement des salaires, il ne fournit pas de financements pour la recherche, contrairement à ce qu'il a commencé à faire avec l'université, position étonnante quand on sait que l'agriculture constitue la principale activité économique du Niger. On peut donc se demander si l'intérêt porté par l'État à l'université vise réellement à contribuer à l'essor des deux activités universitaires (enseignement et recherche) ou plutôt à préserver le développement de l'enseignement au détriment de celui de la recherche.

(2) L'Institut de recherche en sciences humaines (IRSH)

Issu du centre IFAN (Institut français d'Afrique noire) créé en 1944 et de l'ancien Centre de recherches en sciences humaines (CNRSH, 1964), l'IRSH a été intégré à l'UAM en 1974. À ce titre, il est l'un des plus anciens établissements de recherche au Niger. Il contribue à la formation des enseignants chercheurs dans les domaines de l'art et de l'archéologie, de l'histoire et des traditions populaires, de la sociologie du développement, de la géographie et de l'aménagement de l'espace, de l'étude des manuscrits arabes et de l'Ajami. Chaque domaine est organisé en département ce qui lui confère une notoriété spécifique reconnue par la communauté de la recherche universitaire.

L'IRSH effectue donc des travaux de recherches en Sciences Humaines et sociales en particulier sur le Niger et l'Afrique mais également dans certains domaines apparentés comme la paléontologie et la paléoanthropologie. Il contribue à la formation et à l'encadrement des étudiants et chercheurs en sciences humaines en collaboration avec

21. Outre ses 63 chercheurs, l'INRAN compte 52 personnels techniques, 26 personnels administratifs, 78 personnels d'exécution et 137 agents de service (Sanda, 2008).

22. À partir du moment où l'État n'accorda plus aucun financement aux chercheurs, ceux-ci se sont désintéressés de leur institution selon un témoignage recueilli.

les autres départements de l'université. Il participe à l'effort national de sauvegarde et de valorisation du patrimoine culturel nigérien. Il participe aussi à la recherche de solutions aux problèmes de développement en affirmant sa double vocation d'institution de recherches fondamentales et appliquées. L'IRSH qui copte une dizaine de chercheurs a hébergé des personnalités reconnues comme l'historien Djibo Hamani, l'archéologue Boubé Gado, ou le géographe Sidikou Hamidou. Enfin, l'IRSH publie une revue scientifique, *Mu Kara Sani*, qui présente les travaux réalisés en son sein et les *Études nigériennes*, collection qui a publié de nombreux ouvrages de chercheurs nationaux et étrangers.

(3) L'Institut de recherche en mathématiques (IREM)

L'IREM a pour missions la recherche sur l'enseignement des mathématiques, la formation continue des enseignants, la conception, la production et la diffusion des documents et matériels didactiques, la rénovation et l'adaptation des programmes de mathématiques et la promotion des mathématiques. Pour réaliser ses missions, l'IREM qui regroupe moins de cinq chercheurs organise des séminaires regroupant les enseignants de mathématiques, dispense des cours de formation continue et collabore sur des programmes d'études et de recherche avec d'autres institutions du Niger (ENS, INDRAP [23], ministères). Depuis de longues années, l'IREM a des collaborations avec l'université de Rennes 1 et fait partie du réseau francophone en mathématiques SARIMA (un groupement d'intérêt scientifique qui signifie « Soutien aux activités de recherche en informatique et en mathématiques en Afrique » et qui regroupe l'essentiel de la recherche africaine francophone en ces domaines). Cet institut est tourné vers la géométrie, l'algèbre et l'informatique et est considéré « dynamique et de bon niveau » lors d'une évaluation récente du réseau SARIMA.

(4) L'Institut de recherche des radio-isotopes

Créé en 1984 (décret n° 84.9/PCMS/MES/R), l'Institut des radio-isotopes est installé sur le campus universitaire entre l'EMIG (École des mines, de l'industrie et de la géologie) et la Faculté des sciences de la santé. Il a pour missions d'entreprendre et promouvoir les activités de recherche appliquée et fondamentale en matière d'utilisation pacifique des radio-isotopes, d'assurer des enseignements, formations et des recherches spécifiques dans le domaine de l'utilisation des techniques nucléaires en vue du développement du pays et enfin de réaliser des prestations techniques, des projets et des contrats d'étude et de recherche dans le domaine de ses compétences. Il est organisé autour de trois départements : physique et chimie nucléaire, radio-agronomie et écophysiologie végétale, médecine nucléaire. Il dispose d'un laboratoire électronique et informatique qui lui permet d'accueillir des stagiaires désireux de se former. Il reçoit des étudiants en thèse notamment des facultés de médecine et d'agronomie et collabore avec le CEA (Commissariat à l'énergie atomique, France) et l'AIEA (Agence internationale de l'énergie atomique). Ses effectifs sont composés d'une dizaine de chercheurs.

23. Institut national de documentation, de recherche et d'animation pédagogiques.

o *Le Laboratoire d'études et de recherches sur les dynamiques sociales et le développement local (LASDEL)*

Le LASDEL, qui regroupe 23 chercheurs nationaux et étrangers, est une unité de recherche en sciences sociales indépendante à vocation sous-régionale créée en 2001 à l'initiative de Jean-Pierre Olivier de Sardan, directeur de recherche émérite au CNRS. Le laboratoire qui n'est pas une structure étatique est spécialisé dans la mise en œuvre de programmes de recherche empirique ayant trait à la gouvernance au quotidien, autrement dit à la délivrance et à la gestion de biens et services publics et collectifs en Afrique. Ses missions sont multiples et complémentaires :

- mener des recherches empiriques de qualité, sur des thèmes ayant un intérêt à la fois scientifique et social, en développant une dynamique d'équipe ;
- nouer des collaborations à cet effet avec des partenaires nationaux et internationaux multiples et diversifiés, sur le plan scientifique comme au niveau des financements ;
- accepter le dialogue avec des acteurs engagés dans l'action (entre autres dans le domaine du développement ou de la réforme de l'État) ;
- développer une animation scientifique et, par ce biais, contribuer au débat public ;
- mener une politique active de publications (collection « Études et travaux du LASDEL ») ;
- accueillir et appuyer des doctorants et chercheurs de pays africains ou du Nord ;
- former à la recherche par la recherche, en particulier par l'Université d'été du LASDEL ;
- gérer le centre documentaire du LASDEL.

L'analyse des espaces publics en Afrique se trouve au cœur de ses recherches [24], ce qui permet la production des connaissances non seulement sur l'État « réel » (en particulier ses corps professionnels ou ses segments locaux en contact avec les populations), mais également sur l'ensemble des institutions qui se chargent de fonctions « collectives » et sur leurs interactions avec les usagers, en tenant compte des dynamiques sociales qui les traversent. Le LASDEL porte une attention particulière sur les techniques qualitatives de production de données de terrain, provenant d'approches de type socio-anthropologiques. Aussi, il œuvre de façon à alterner les démarches collectives et individuelles. Des enquêtes multi-sites sont réalisées pour privilégier le comparatisme synchronique ou diachronique, à l'échelle locale, régionale, ou nationale.

Dès le départ, l'IRD a apporté au LASDEL un fort soutien en l'accueillant dans une concession lui appartenant, en lui transmettant sa bibliothèque et en lui octroyant des financements directs et indirects (mis à la disposition du personnel local). Ce laboratoire qui constitue un pôle d'excellence en sciences sociales est un cas original et unique en Afrique de l'Ouest. Enfin, il est lié à de nombreuses institutions nationales et étrangères et a ouvert une antenne à Parakou (Bénin).

24. Ses recherches se déclinent en cinq axes : État local et services publics ; Pouvoirs locaux, communes, développement local ; Santé ; Gestion des ressources naturelles et foncier ; Dispositifs de lutte contre la précarité et l'indigence.

2.1.2 Les institutions de recherche étrangères

Aux côtés des instituts nationaux et en liens étroits aussi avec l'université, des institutions étrangères se sont progressivement et souvent durablement implantées dans le pays où les coopérations internationales sont nombreuses, variées et parfois anciennes. Parmi elles, figurent des universités et des instituts de recherche français (CNRS, INRA, IRD), européens, nord-américains (canadiens), africains et quelques institutions internationales (FED, Francophonie, etc.). Ces multiples partenariats permettent aux chercheurs et enseignants chercheurs nigériens d'effectuer de la recherche lorsque leur charge d'enseignement le leur permet et de financer leurs doctorants.

o *L'Institut de recherche pour le développement (IRD)*

Autrefois Orstom (Office de recherche scientifique et technique d'outre-mer), l'IRD est représenté au Niger depuis 1957. Durant près de vingt ans, ses activités ont été essentiellement axées sur l'hydrologie et plus précisément sur l'évaluation des ressources en eaux du pays et l'étude des mécanismes de ruissellement et d'érosion. Ces recherches étaient effectuées en relation avec les services techniques nationaux (Génie rural, Travaux publics, Direction des ressources en eaux) et accompagnées d'un volet formation du personnel nigérien. Si jusqu'en 1976, l'hydrologie a été la seule discipline de l'Orstom représentée de manière continue, des actions furent toutefois menées dans d'autres domaines : la pédologie (établissement d'une série de cartes), la géophysique, la géographie humaine avec les travaux d'Edmond Bernus sur les sociétés touarègues et l'archéologie dont les travaux auxquels étaient associés des chercheurs l'IRSH (Boubé Gado) ont porté sur le Nord du pays. En 1987, l'Orstom débuta une collaboration avec la direction de la météorologie nationale à travers le projet « EPSAT-Niger » (Estimation des pluies par satellite) qui entreprit une analyse fine de la répartition spatio-temporelle des pluies au Sahel, thème essentiel pour un pays qui doit faire face à des épisodes réguliers de déficit pluviométrique et par là alimentaire.

Au cours des années 1990, d'importants programmes de recherche ont vu le jour comme le projet HAPEX-SAHEL (Hydrology-Atmosphere Pilot Experiment in the Sahel) qui porte sur l'observation atmosphère-surface terrestre, le projet EPSAT-NIGER, le projet concernant l'analyse des schistosomes et leurs hôtes mené avec l'université de Niamey et l'ICRISAT (International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics), le programme de génétique végétale portant sur le mil et le niébé ainsi que le programme archéologie (étude du peuplement préhistorique du nord du pays). Aussi en 1992, le centre ORSTOM accueillait 23 chercheurs, 10 ingénieurs et techniciens, 7 allocataires ou stagiaires de recherche, 7 volontaires du service national, 7 chercheurs nigériens et 36 agents nationaux. Son budget de fonctionnement était de 350 millions de francs CFA.

Depuis lors, les effectifs de l'ORSTOM devenu IRD en 2000 se sont amenuisés puisqu'on dénombre, en 2011, 14 chercheurs / ingénieurs de recherche expatriés et 20 employés locaux permanents. Les principaux programmes de recherche portent désormais sur les ressources en eau, l'hydrogéologie du bassin du lac Tchad, le climat, l'érosion des sols cultivés, la génétique du mil et son adaptation au changement cli-

matique, la gestion par l'homme des ressources naturelles, l'étude des rongeurs, la sécurité alimentaire et la santé humaine.

o *Le Centre régional de formation et d'application en agro-météorologie et hydrologie opérationnelle (AGRHYMET)*

L'AGRHYMET qui a vu le jour en 1974 constitue l'une des écoles implantées par le CILSS (Comité permanent inter-États de Lutte contre la sécheresse dans le Sahel). Le Centre regroupe neuf États-membres (Burkina Faso, Cap-Vert, Gambie, Guinée-Bissau, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal et Tchad). Il s'agit donc d'un établissement interétatique doté de la personnalité juridique et de l'autonomie financière. Il a un statut international dont le siège est donc à Niamey.

Il a pour objectif de « contribuer à la sécurité alimentaire et à l'augmentation de la production agricole dans les pays membres du CILSS et d'aider à l'amélioration de la gestion des ressources naturelles de la région du Sahel [25] ». C'est un centre régional d'excellence en matière de :

- formation des cadres des pays du Sahel et d'ailleurs ;
- suivi agro-météorologique et hydrologique au niveau régional ;
- statistiques agricoles et de suivi des cultures ;
- banques de données régionales ;
- gestion et de diffusion de l'information sur le suivi des ressources naturelles au Sahel ;
- documentation sur : l'agro-météorologie, la protection des végétaux, le suivi de l'environnement, la désertification, la gestion des ressources naturelles, etc. ;
- maintenance des instruments météorologiques et des équipements électroniques ;
- renforcement de la coopération inter-États à travers l'échange de méthodologie et technologies.

Ses travaux portent essentiellement sur l'agriculture sahélienne, l'hydrologie et la météorologie d'où ses liens étroits avec des organismes bilatéraux et multilatéraux (OMS, FAO, USAID, IRD, CIRAD, etc.). Le centre AGRHYMET participe à des rencontres internationales relatives au développement durable, à la sécurité alimentaire, à la lutte contre la désertification, à la gestion des ressources naturelles. Il dispose de deux revues : la revue électronique *Sécheresse* en ligne qui constitue un produit complémentaire aux *Cahiers / Sécheresse*, revue papier trimestrielle créée en 1990 par l'AUF (Agence universitaire de la Francophonie) et les éditions John Libbey Eurotext et la revue *Sciences et changements planétaires / Sécheresse* qui édite quatre numéros par an venant compléter les nombreux manuels et rapports techniques publiés chaque année.

o *L'International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT)*

D'origine indienne, l'ICRISAT mène des recherches agricoles pour le développement en Asie et en Afrique sub-saharienne avec un large éventail de partenaires à travers le monde. Couvrant 6,5 millions de km^2 dans 55 pays, les zones tropicales semi-

25. http ://www.agrhymet.ne/ (consulté en juillet 2012).

arides sont habitées par deux milliards de personnes dont 644 millions sont les plus pauvres de la planète. L'ICRISAT et ses partenaires se proposent d'aider ces démunis à surmonter la pauvreté, la famine et la dégradation de l'environnement à travers une agriculture plus productive et respectueuse de celui-ci. L'ICRISAT appartient au consortium des centres soutenus par le Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (CGIAR), dont la coordination est assurée par la Banque mondiale.

En 1989, l'ICRISAT a inauguré un centre à Sadobé devant servir de station régionale pour la recherche sur le mil, l'arachide et les systèmes de production qui venait concrétiser un partenariat établi avec le Niger depuis 1981 (nombreux travaux conjoints menés avec l'université de Niamey et l'IRD). Son programme porte actuellement sur les zones en marge du désert, l'écoferme sahélienne, le jardin africain, la conservation des ressources génétiques, la diversification des cultures et la gestion des ressources naturelles. Ses responsables proposent que la station de recherche de Niamey soit transformée en une grande institution de recherche collaborative cofinancée par la Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification (UNCCD), le Nouveau Partenariat pour l'Afrique (NEPAD) et l'ICRISAT.

o *L'International Livestock Research Institute (ILRI)*

L'ILRI qui appartient aussi au CGIAR travaille avec des partenaires nationaux pour aider les populations pauvres à garder leur bétail vivant et productif, à accroître et maintenir le cheptel et la productivité des champs et à trouver des marchés profitables pour leurs produits animaux.

Si ces partenariats étrangers ont eu un effet positif sur l'émergence d'une petite communauté scientifique nationale, notamment du point de vue de la formation, la pérennité de leur action se pose avec acuité une fois leur programme d'aide achevé. Le manque de moyens affectés à la recherche par les pouvoirs publics nigériens conjugué à l'absence d'une véritable politique nationale définissant des priorités fait que les structures mises en place par l'assistance étrangère ne peuvent souvent plus poursuivre leurs travaux ou les cessent le temps de trouver de nouveaux financements qu'elles n'obtiennent pas toujours [26].

3 Les acteurs de la recherche : la communauté scientifique nigérienne

Pour saisir comment s'est opérée l'émergence d'une communauté scientifique nationale qui regroupe à la fois les enseignants chercheurs et les chercheurs, nous avons mené des entretiens auprès de cadres des ministères concernés et surtout auprès des chercheurs afin de reconstituer leur parcours [27]. Les entretiens avec ces derniers [28] ont été réalisés dans les institutions de recherche pour appréhender les différentes étapes de leur

26. Au départ, l'État s'impliquait dans le financement de la recherche : ainsi la subvention annuelle moyenne par chercheur était de 500 000 francs CFA, mais elle est tombée à 9 700 en 1995 puis à zéro en 1996.

27. Les effectifs étant peu nombreux, notre objectif est de couvrir 10 % de la population des chercheurs afin de traiter des questions d'âge, de discipline, de domaine, d'institution, etc. Cependant, la question du genre n'a pu être couverte car il y a très peu de femmes chercheures au Niger.

28. Ces entretiens ont été réalisés auprès de 14 enseignants chercheurs de l'UAM, 4 chercheurs de l'INRAN et 2 chercheurs du LASDEL. Notre échantillon compte une femme et quatre jeunes chercheurs.

carrière, les modalités de leur formation, le financement de leurs travaux et leurs collaborations scientifiques. Nous pourrons alors aborder leurs thématiques et voir si elles répondent aux besoins du pays en leur donnant largement la parole.

3.1 La formation et le choix de faire de la recherche

Tous les chercheurs enquêtés ont effectué toute ou partie de leurs études universitaires à l'étranger. 16 d'entre eux sur 20 (soit 80 %) ont fait leur thèse hors du pays (12 en Europe soit 60 % et 8 en Afrique soit 40 %) selon la ventilation suivante : Cameroun (1), Cote d'Ivoire (1), Nigeria (1), Sénégal (1), Belgique (2), France (8) et ex-Union soviétique (2). Les quatre thèses effectuées au Niger (soit 20 %) ont porté sur l'entomologie, la chimie, la reproduction animale et l'agronomie. En Europe, la France constitue le principal pays d'accueil : sans doute devons-nous voir là l'influence du passé et de la langue. Plusieurs personnes ont expliqué avoir opté pour l'étranger parce que l'UAM ne couvrait pas toutes les disciplines scientifiques et surtout n'assurait pas d'enseignements de 2e et de 3e cycle. Autrement dit, le séjour à l'étranger n'était pas une fin en soi, mais une nécessité pour qui voulait obtenir des diplômes non délivrés au pays. On note enfin des relations Sud-Sud relatives à la formation à la recherche non négligeables, celles-ci se renforcent.

Pour l'ensemble des enquêtés, le choix de faire de la recherche semble être le fruit d'un hasard plus qu'un choix préalable voire une vocation. Certains chercheurs nous ont confié avoir opté pour la recherche suite aux incitations de leurs professeurs d'université. C'est le cas d'un des jeunes chercheurs dont la thèse est en cours. Il n'avait pas, au départ, l'intention de faire de longues études, ni de la recherche ; il voulait juste avoir un diplôme pas très élevé lui permettant de trouver du travail. Mais il a été motivé par des enseignants chercheurs qui lui ont montré la nécessité de poursuivre ses études. En particulier son directeur de thèse qui fut l'un de ses anciens professeurs d'université l'a non seulement dissuadé de se limiter à la maîtrise, mais il l'a par la suite initié à la recherche. Une autre raison ayant poussé des Nigériens à se tourner vers la recherche est la volonté de devenir membre de la communauté scientifique internationale.

3.2 Rôle des financements externes dans la carrière des chercheurs

Il constitue une variable essentielle pour comprendre la situation qui prévaut au Niger. En effet, dans le cadre de la préparation de leur thèse et/ou pour la conduite de leurs travaux, les chercheurs et les enseignants chercheurs ont tous bénéficié de financements nationaux ou internationaux. Pour les financements liés aux études, on peut distinguer trois cas de figure :

- le premier a trait aux chercheurs ou enseignants chercheurs qui, grâce aux liens tissés avec des réseaux de recherche ou à partir de liens personnels noués avec des chercheurs étrangers ou nigériens ont obtenu des financements pour effectuer leur thèse à l'étranger ;
- le deuxième concerne les personnes qui n'ont pas suivi de parcours à l'étranger pour la thèse ;

- le troisième renvoie à ceux qui ont bénéficié de la « programmation » : les étudiants nigériens ne décidaient alors pas eux-mêmes de s'orienter vers la recherche, l'État choisissant pour eux en leur octroyant des bourses nationales ou en leur trouvant des financements étrangers [29].

À propos des financements liés aux activités de recherche, on peut formuler deux constatations :

(1) Il y a une continuité entre faire des études universitaires et faire de la recherche. Lors de la préparation de leur thèse à l'étranger, les personnes enquêtées ont été encadrées par des directeurs de thèse étrangers avec lesquels certains d'entre eux ont commencé à publier. Une fois leur thèse soutenue, ces chercheurs et enseignants chercheurs retournèrent au pays où ils poursuivirent leurs activités de recherche. Il arrive souvent qu'ils gardent le contact avec leur directeur de thèse, leur université d'étude et leurs collègues étrangers, ce qui peut donner lieu à la mise en œuvre de projets de recherche conjoints, à des publications communes voire à l'encadrement d'étudiants. Toutefois, il y a des enseignants chercheurs qui, au contraire, une fois de retour au Niger, abandonnent presque complètement la recherche et/ou l'enseignement pour s'orienter vers d'autres activités. Un enseignant chercheur ayant effectué sa thèse en Belgique témoigne :

> « La recherche, j'en fais très peu maintenant. Le problème c'est qu'on ne fait pas la recherche les mains vides, il faut des financements, il faut de l'argent pour faire de la recherche [...]. Il faut dire que je suis dans une situation particulière, je suis traducteur, j'ai même un diplôme de traducteur et je voyage beaucoup. Je travaille pour des organisations internationales, notamment l'ONU. Donc je ne suis pas du tout dans la situation d'un enseignant chercheur classique. J'ai un autre métier, c'est la traduction [...]. Maintenant je suis plus traducteur qu'enseignant. J'ai d'ailleurs un petit cabinet de traduction. En tout cas, côté recherche, je ne fais de la recherche avec personne [...]. En Afrique, au Niger en particulier, il y a beaucoup de gens qui font des thèses mais le problème c'est que la recherche n'est pas un domaine facile. Vous avez des enfants à nourrir, vous avez la famille. Déjà ici qui fait encore de la recherche ? Les problèmes quotidiens prennent le dessus. »

Autre cas que celui de cette enseignante-chercheure ayant soutenu aussi sa thèse en Belgique. De retour au Niger, elle a d'abord fait de la recherche pendant huit ans, puis a cessé pendant dix ans comme elle nous l'a expliqué :

> « J'ai mené des recherches jusqu'en 1998, année au cours de laquelle j'ai eu, je ne sais pas s'il faut appeler ça de la chance ou de la malchance – un poste au ministère. [...] Pendant dix ans j'étais dans l'administration et sincèrement j'ai alors abandonné la recherche [...]. J'ai continué les enseignements, mais pour la recherche j'ai perdu la main et pour reprendre c'est un problème. Si j'ai été au ministère, c'est par hasard. En

29. L'avantage de la programmation était d'assurer un emploi dans l'administration à ses bénéficiaires lors de leur retour au pays. L'inconvénient est qu'on ne leur donnait pas le choix et qu'ils se pouvaient se retrouver dans une filière qui ne correspondait pas à leurs aspirations.

effet, j'avais un collègue qui a été nommé ministre et qui, connaissant mes compétences, a fait appel à moi pour l'aider. Sinon j'étais réticente à l'idée de faire de l'administration ; sincèrement ça ne m'intéressait pas ; j'ai fini par accepter. »

(2) Les financements jouent un rôle dans le choix du sujet de recherche. Dans un pays comme le Niger où le statut de chercheur n'est pas valorisé et où les financements sont insuffisants pour faire de la recherche, les chercheurs sont tentés de l'abandonner s'ils trouvent d'autres opportunités plus rémunératrices. Grâce aux financements nationaux, l'UAM a mis en place, en 2005, un fonds d'incitation à la recherche, ce qui a permis de financer 18 projets répondant aux priorités du pays. La plupart des personnes enquêtées ont l'habitude de chercher des financements à travers les appels d'offres internationaux. Y répondre les oblige à travailler en équipe avec des partenaires étrangers, ce qui est une bonne chose car cela permet la constitution d'équipes de recherche qui privilégient le partenariat entre les chercheurs du Nord et du Sud tel le programme CORUS (Coopération pour la recherche universitaire et scientifique). Un des objectifs de CORUS est « d'aider à l'émergence de pôles scientifiques d'excellence et de développer des capacités de recherche et d'expertise utiles au développement à travers une dynamique d'échange et de travail en commun entre les communautés scientifiques françaises et des pays de la ZSP (zone de solidarité prioritaire), ainsi qu'entre communautés scientifiques du Sud » (Bolay, Michelin *et al.*, 2008, p. 29). Les organismes internationaux qui lancent des appels d'offre décident des grandes thématiques auxquelles doivent se rapporter les projets comme l'illustre cet enseignant chercheur nigérien :

> « Mon expérience me fait dire que la faiblesse en matière de collaboration internationale est que, en général, ils veulent travailler sur des thèmes qui les intéressent, ce qui est normal. Et en général, les sujets qui sont pertinents pour le pays passent au second rang. Ceux qui travaillent avec nous, c'est pour faire des recherches et faire avancer les carrières. En général, les sujets de recherche qui nous intéressent ne font pas partie de leur priorité. »

Les projets soumis sont sélectionnés par un Comité Scientifique qui juge de leur qualité scientifique. Quand ils sont acceptés, ces projets peuvent constituer une ouverture pour les bénéficiaires qui acquièrent des financements et des équipements. Toutefois, la mise en œuvre de projets de recherche entre chercheurs du Nord et du Sud peut donner lieu à une collaboration déséquilibrée, c'est-à-dire un rapport de force qui n'est pas le même du fait que c'est le Nord qui apporte les moyens. Selon H. Khelfaoui (1996), les chercheurs algériens trouvent qu'en collaborant avec les chercheurs du Nord, ils se trouvent confrontés à une relation de « maître à élève ».

3.3 Les équipements

La majeure partie des laboratoires nigériens souffre d'un déficit en matériel, celui-ci étant généralement obsolète, ou manquant de place pour l'installer et le faire fonctionner. La dépendance vis-à-vis de l'étranger est très importante pour faire des expé-

rimentations et accéder à certains matériels. En effet, même à l'université de Niamey qui bénéficie pourtant du soutien de l'État, certains départements comme celui de biologie travaillent toujours avec des microscopes datant des années 1980. Au département de chimie, les chercheurs disposent des matériels adéquats, mais n'ont pas les locaux pour les installer. Un enseignant-chercheur de ce département nous a ainsi dit être obligé de se tourner vers l'étranger pour envoyer ses échantillons à l'analyse. Il ajouta que les résultats tardent souvent à lui être communiqués à moins qu'il ne s'y rende en personne.

3.4 La production scientifique

La production scientifique du Niger est faible, inégale et fluctuante. La production annuelle enregistrée par le Science Citation Index est autour de trente articles en moyenne par an, voire quarante dans les années de forte production, comme le montre le graphique suivant.

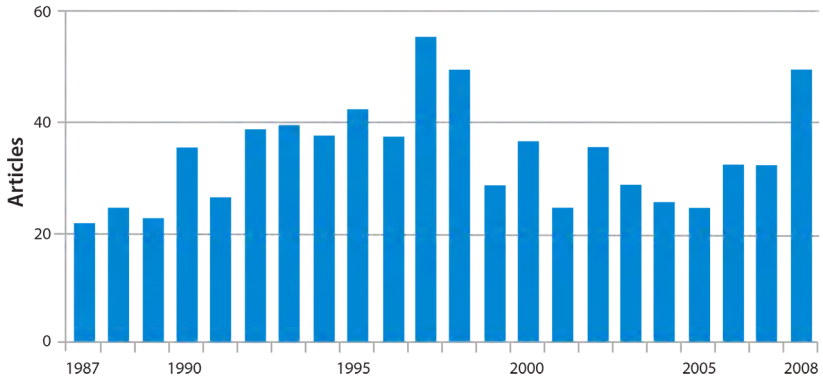

Figure 2 – Nombre d'articles scientifiques du Niger. *Source : SCI-Expanded. Traitement P. L. Rossi, IRD*

La plupart des membres de notre échantillon ont commencé à publier au cours de la préparation de leur thèse. Une fois de retour au Niger, la plupart tente de publier avec leur directeur de thèse et/ou des scientifiques étrangers. Les Annales de l'Université constituent la seule revue nationale. Un des enseignant chercheur nous a confié :

> « [...] Personnellement, je n'ai jamais fait de publications dans les *Annales* de l'Université parce que quand on publie c'est pour être lu. Imaginez qu'on trouve dans le même journal un article de biologie à côté d'un article d'économie. Moi, je préfère quand même viser les revues spécialisées. Je publie dans beaucoup de revues internationales [...]. »

Tout comme cet enseignant chercheur, les personnes enquêtées publient principalement dans des revues internationales. Selon les témoignages recueillis, elles s'intéressent très peu aux revues nationales pour différentes raisons : elles sont multidisciplinaires, peu lues, ont une faible crédibilité, les articles tardent à y être publiés, elles ne sont pas indexées, et donc mal cotées. La langue de publication est majoritairement

le Français ; néanmoins, deux chercheurs de notre échantillon publient exclusivement en Anglais.

Les rencontres scientifiques constituent des occasions pour publier les résultats des recherches, rencontrer des collègues et échanger avec eux. Les chercheurs accèdent aux rencontres scientifiques sur invitation. Ainsi, ils peuvent être tenus au courant de l'organisation de rencontres scientifiques par mail, par contacts personnels ou par les institutions avec lesquelles ils collaborent. La participation à ces rencontres scientifiques est liée d'une part, à l'insertion des chercheurs dans des bases de données d'étudiants, d'autre part, à leurs activités permanentes. La plupart des enquêtés ont fait remarquer que l'appartenance à des réseaux constitue un élément clé pour participer aux rencontres scientifiques. Il faut souligner que des institutions comme le LASDEL et l'Université de Niamey organisent des rencontres scientifiques au Niger et même à l'étranger.

3.5 Les opinions des chercheurs sur leur communauté scientifique

Bien que réduite en effectifs, la communauté scientifique nigérienne compte des chercheurs de bon niveau. En effet, la plupart d'entre eux sont certifiés CAMES (Conseil africain et malgache pour l'enseignement supérieur). Cependant cette communauté scientifique se trouve confrontée à un problème crucial : le manque de concertation entre chercheurs. En effet, il n'y a pas de notion d'équipe. Cette situation s'explique par le fait que les possibilités de financements sont quasi inexistantes. De ce fait, on assiste à une concurrence entre chercheurs et entre institutions. Aussi, il peut arriver qu'un chercheur soit seul dans une spécialité donnée, ce qui l'incite à travailler plus avec ses collègues étrangers qu'avec ses compatriotes. Beaucoup d'enquêtés ont soulevé le problème de manque de concertation entre chercheurs. Chacun en est conscient, mais il ne semble pas y avoir d'initiative pour le résoudre. Un chercheur s'est exprimé comme suit :

> « Je ne pense pas que la communauté scientifique nationale ait des points forts. Le problème, c'est que chacun travaille dans son coin, il n'y a pas de notion d'équipe, chacun cherche son financement, il y a une concurrence entre les différentes institutions. Ce n'est pas la faute des chercheurs ni des enseignants chercheurs ; le problème vient du fait qu'il n'existe pas ici d'institutions nous regroupant. »

Un autre enseignant chercheur explique :

> « Les points forts et les points faibles de la communauté scientifique nationale sont liés à l'évolution du statut des enseignants chercheurs. Avant, la communauté scientifique était peu productive, ses membres avaient d'autres préoccupations. Maintenant, la productivité est importante, il y a beaucoup de publications et de projets de recherche directement financés par l'étranger. »

Néanmoins, ce témoignage doit être pris avec prudence car il ne reflète pas la situation de toutes les institutions de recherche nigériennes. En effet, depuis le désengagement

de l'État (1998), la situation est alarmante à l'INRAN, dont l'un de ses chercheurs nous a confié : « Je trouve que la communauté scientifique nationale est maigre, vieillissante, en tout cas en ce qui concerne le domaine des publications. »

Conclusion

Le Niger ne peut aujourd'hui raisonnablement continuer à ignorer le mouvement de mondialisation de l'enseignement supérieur et de la recherche qui doit constituer une priorité pour un pays confronté au sous-développement et à la pauvreté. Soulignons toutefois qu'à aucun moment il n'a recouru aux formules classiques qui consistent à réduire le nombre des étudiants en mettant en œuvre des critères sélectifs (concours d'entrée, *numerus clausus*, etc.). Mentionnons aussi l'existence d'un cadre juridique et institutionnel qui définit précisément le fonctionnement de chaque institution et leur attribution. Enfin, l'enseignement supérieur et la recherche ont apporté une contribution significative au changement démocratique, de nombreux cadres s'étant impliqués dans la conférence nationale et la vie politique. Une réflexion qui associerait toutes les parties prenantes sur les missions de l'enseignement supérieur et la recherche et tiendrait compte des initiatives des pays de la sous-région apparaît plus que nécessaire.

Références

BOLAY J.-C., MICHELIN B. *et al.* (2008), « Évaluation du programme "Coopération pour la Recherche Universitaire et Scientifique" CORUS 1, 2002-2007 », Lausanne, 17 octobre 2008.

FONTES, M. (2007), « Scientific mobility policies : How Portuguese scientists envisage the return home ». *Science and Public Policy*, 34 (4), 284-298.

GAILLARD, J. (1989), « Les chercheurs des pays en développement : Origines, formations, pratiques de la recherche et production scientifique ». Éditions de l'Orstom, 220 pages.

GREGOIRE, E. (2010), « Coup d'État au Niger : le président Tandja Mamadou chassé par l'armée et Rentes minières et pétrolières et coup d'État constitutionnel au Niger », *Hérodote*, numéro spécial, 12 pages.

KHELFAOUI, H. (1996), « La coopération technique internationale : acteurs et institutions Le cas du pôle technologique de Boumerdès ». Dans Jacques Gaillard (ed.), *Coopérations scientifiques internationales*, Vol. 7, Les sciences hors d'occident au XXe siècle, Paris : éditions de l'Orstom, 347 pages, pp. 187-201.

Ministère de l'Économie et des finances, Annuaire statistiques 50 ans d'indépendance, Institut national de la statistique, 338 pages.

Ministère de l'Économie et des finances, 2008, Annuaire statistique 2003-2007, Institut national de la statistique, Niamey, 262 pages.

Ministère du Plan, 1987, Plan de développement économique et social du Niger 1987-1991, document provisoire, Niamey, 464 pages.

Ministère du Plan, 1995, Annuaire statistique édition 1994-1995, direction de la statistique et des comptes nationaux, Niamey, 236 pages.

Ministère du Plan, 1980, Annuaire statistique édition 1978-1979, direction de la statistique et des comptes nationaux, Niamey, 210 pages.

Ministère du Plan, 1979, Plan quinquennal de développement économique et social 1979-1983, Niamey, 666 pages.

SANDA, S. (2008), « Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN) : Instrument de lutte pour l'autosuffisance alimentaire ». In réseau nigerdiaspora.net. 02/10/2008. Article paru dans le journal Le Sahel : http ://www.lesahel.org/sahel/index.php ?option=com_content&view=article&id=187 :institut-na tional-de-la-recherche-agronomique-du-niger-inran-instrument-de-lutte-pour-lautosuffisance-alimentaire&ca tid=35 :articles-de-societe&Itemid=54.

OLIVIER DE SARDAN J.P. (2008), Les problèmes de la recherche en sciences sociales au Niger, LASDEL, Niamey, 2008.

STADS, P. G-J., KABALEY, M. H. et GANDAH, M. (2004), « Le Niger : indicateurs relatifs aux sciences et technologies agricoles ». IFPRI / INRAN. Les Abrégés de l'ASTI No. 24. 10 pages. Décembre 2004 : http ://www.asti.cgiar.org/pdf/Niger_CB24_Fr.pdf.

UNIVERSITE ABDOU MOUMOUNI, « *Quelques chiffres clés* ». 12 pages : http ://uam.refer.ne/spip.php ?article98.

VINCK, D. (2013), « Formation des chercheurs et mobilité internationale : utilité pour le pays d'origine ». Contribution à Leresche J.Ph. (éd.) (2013), *Penser la valeur d'usage des sciences*. Paris : Éditions des Archives Contemporaines.

YENIKOYE, A. (2011), Convocation adressée aux Membres du Conseil de l'Université pour l'adoption du budget 2011 et divers. 32 pages.

YENIKOYE, A. (2007), L'université Abdou Moumouni de Niamey, Ministère des Enseignements supérieurs de la recherche et de la technologie, éditions l'Harmattan, collection *Écrire le développement*, Paris, 250 pages.

Cinquième partie

Formation des disciplines

À la recherche de la science arabe

En partant d'un observatoire égyptien des sciences biomédicales

Anne-Marie Moulin

Introduction
Réévaluation d'un passé et d'un avenir

Dans un ouvrage s'interrogeant sur la fabrication de la science dans le monde au cours des trois derniers siècles, une place à part s'impose pour le monde arabe et musulman, ne serait-ce que parce que, alors que l'islam politique concentre les curiosités et les passions, la science dans ces pays reste un peu *terra incognita* (Polanco, 1990, p. 36). Affichons d'emblée un refus d'assimiler ces pays à un Orient mythique figurant l'Autre et rappelons l'intégration ancienne de cet Orient à une forme première de science-monde. L'hôpital de Gundishapur en Perse (VIe siècle) est couramment évoqué comme l'ancêtre (contesté) des hôpitaux universitaires (Dols, 1987 ; Nutton, 2004). La *Bayt al-Hikma* (« Maison de la Sagesse ») à Bagdad, au Xe siècle, est restée proverbiale, à la façon de l'Académie ou du lycée d'Athènes, comme un lieu mémorable de la science.

Cependant il est vrai que la revendication d'un prestigieux héritage largement partagé avec l'Europe s'associe à l'aveu d'un déclin, sans que les historiens s'entendent sur sa date (XIIIe siècle ? XVIe siècle ?), et encore moins sur ses causes. Pour les uns, l'effondrement économique, ou la défaite devant les envahisseurs successifs. Pour d'autres, l'échec de la tolérance qui permettait à la science d'être le creuset de cultures et de groupes ethniques et religieux divers : le miracle des « Andalousies » (Berque, 2009). L'historien américain Bernard Lewis a résumé la situation de façon lapidaire : la Renaissance, la Révolution scientifique et le siècle des Lumières seraient également passés inaperçus dans le monde musulman (1993, p. 183). On peut dire plutôt que son évolution a échappé en grande partie à l'Europe.

Il s'agit donc bien de découvrir une histoire méconnue, celle de la modernisation d'un vaste espace pouvant aller du Maroc à l'Afghanistan. L'historiographie se borne à rapporter qu'au XIXe siècle, le monde arabe aurait été envahi par de nouvelles techniques sans avoir contribué à la science qui a permis leur développement. En Égypte, en Syrie, en Irak et en Iran, ce fut le plus souvent avec l'aide d'étrangers ou de minorités en rapport privilégié avec l'extérieur que les souverains ont opéré un transfert des technologies. Après la deuxième guerre, le besoin d'une science locale autonome s'est exprimé avec force dans la plupart des pays, avec la construction des États-nations indépendants. En 2014, une floraison d'universités et d'instituts orne la région.

Cette reconstitution de l'histoire scientifique peut s'accompagner dans le monde arabe d'un désir de revanche et d'affirmation d'une identité séparatiste. Dans *The Touch of Midas* (1984), Ziyauddin Sardar a dénoncé, en référence à la fable antique, l'immoralité d'une science qui transforme tout ce qu'elle touche en un or inutile. Un peu à la façon dont au même moment les marxistes revendiquaient une science prolétarienne ou une science « pour le peuple », des théoriciens ont tenté de rebâtir une science islamique authentique aux fondements, méthodes et valeurs spécifiques, supérieure à celle de l'Occident, car fondée sur le respect de la Nature et de la Création.

La science en soi soulève pourtant un vif intérêt dans des populations dont le niveau d'éducation a beaucoup augmenté ces dernières années. La Foire annuelle du livre au Caire reçoit plusieurs milliers de personnes, et les maisons d'édition en arabe consacrent de nombreux ouvrages aux dernières avancées de la science, en particulier la biologie et les biotechnologies. Une partie des ouvrages est destinée, il est vrai, à prouver que les grandes découvertes peuvent être tirées du Livre saint, ce qui ne signifie pas que les efforts pour déchiffrer les mystères de la nature soient découragés mais pose des questions sur la façon dont la science aujourd'hui, avec ses liens à la finance et à l'économie mondiale, est comprise par le public (Zahlan, 2012). Les facultés de sciences ont d'ailleurs la réputation de compter plus d'islamistes que celles de lettres ou de droit. L'informatique a été adoptée avec enthousiasme, Facebook a été une machine de guerre contre les autocrates : trois jours de privation d'internet au Caire ont déchaîné les jeunes, aux jours fatidiques de janvier 2011, au point d'être discutés comme une des causes de la Révolution (Gonzalez-Quijano, 2011).

Depuis le début du XXIe siècle, la science « arabe » (métaphore commode pour désigner une nébuleuse de la Méditerranée au golfe Persique), dont l'arabe n'est pas la seule langue ni l'islam la seule religion, a évolué vers l'intégration à l'espace international. Ce mouvement a été facilité, plus que par une volonté commune de la région, par la prise de conscience des grandes puissances, après le 11 septembre 2001, de l'importance de la diplomatie par la science. Les États-Unis et l'Union européenne ont lancé des programmes, offert des bourses et créé des fondations pour ouvrir et consolider un espace pacifique et pacifiant, l'espace global de la recherche. La participation du monde arabe à cet espace est vue comme un gage d'équilibre et de paix pour le troisième millénaire.

La découverte de la science arabe d'aujourd'hui porte avec elle le pronostic de l'évolution politique des siècles à venir. Le XXe siècle a éliminé Bagdad qui avait été la

métropole de la science dans les premiers temps de l'islam. La terre sacrée de la péninsule arabe saisira-t-elle un jour le flambeau ?

Le choix d'un observatoire égyptien des sciences médicales

Nous ne disposons pas aujourd'hui de véritables observatoires de la science, ni pour la région, ni par pays (Hanafi et Arvanitis, 2014). Certes la « télédétection » que représente la scientométrie, et de récentes études de terrain opiniâtres et systématiques (Arvanitis, 2008) ont permis l'esquisse d'un panorama des institutions et des capacités de recherche existantes. Il existe quelques études excellentes, mais ponctuelles et peu suivies dans le temps, souvent centrées sur une unique catégorie d'acteurs (comme les ingénieurs et les médecins), ou sur un domaine précis (par exemple, la biologie moléculaire en Égypte). Ces études fournissent des aperçus sur la dynamique du système de la science dans le monde arabe, mais ne permettent pas d'entrer dans les contenus, le choix des sujets, la montée en puissance de certaines disciplines, de décrire les communautés de chercheurs et la perception de la science par le public et les gouvernements (Al Husban, 2008), de préciser les questions éthiques soulevées par les orientations de certains travaux et les applications de leurs résultats, de saisir les enjeux, les pressions exercées (politiques, religieuses et idéologiques) et les controverses nées des pratiques.

Faut-il renoncer pour autant à toute vue d'ensemble ? Pour avancer, j'ai pris un risque et *restreint le champ aux sciences biologiques et médicales*, intermédiaires entre les sciences dites exactes, mathématiques physique chimie, et les sciences sociales. La médecine moderne a incontestablement participé aux révolutions scientifiques de la Renaissance, du XVIIe et du XIXe siècles. Elle offre en même temps une certaine continuité avec les temps anciens, en raison du long maintien de la théorie humorale, associée à Ibn Sina et Razi (X^e^ et XIe siècles) comme à Hippocrate et Galien (IVe siècle av. J.-C. et IIe siècle ap. J.-C.), et d'une tradition d'histoire naturelle qui se prolonge jusque dans la génétique contemporaine. La médecine a contribué à l'augmentation spectaculaire de l'espérance de vie. Elle a aussi bouleversé les modes de procréation et élargi la gamme des transformations du corps humain, imposant de reformuler les termes du « contrat » entre science et société (Waast, 2006).

Le choix d'un point de départ géographique s'est aussi imposé. L'Égypte a été appelée « la mère du monde », en arabe *Oumm al-Dounya* : elle tient en effet une place éminente dans l'histoire des sciences, depuis la période des pharaons jusqu'au long Moyen Âge qui se termine au XIXe siècle. Pendant toutes ces années, l'université d'al-Azhar, fondée en 969 par la dynastie chiite des Fatimides dans sa capitale d'Al Qahira (« La Victorieuse »), a drainé les étudiants musulmans, occupant les *riwaq* aux quatre coins de la cour de la mosquée, représentant les quatre points cardinaux. D'autre part, dans la période qui nous intéresse, l'Égypte a joué un rôle central dans la modernisation du monde arabe (Crozet, 2008). Une modernisation précoce au XIXe siècle, une floraison d'universités au XXe, un soutien étatique de longue date à l'enseignement supérieur, une attraction exercée sur l'ensemble du monde musulman font de l'Égypte un observatoire incontournable pour une comparaison avec les autres pays arabes et musulmans, même si son hégémonie tend à s'effacer. Au moment de la prise de pouvoir par Gamal Abd al-Nasser et les Officiers libres en 1952, le royaume d'Égypte comptait

le plus grand nombre de scientifiques et d'intellectuels du monde arabe. À l'époque de Nasser (1952-1970) qui a aspiré au rôle de *leader* du tiers-monde, l'Égypte s'est positionnée au centre de trois cercles, celui du monde arabe, de la communauté musulmane (*umma)* et du continent africain. Il y a dix ans, l'Égypte venait encore en tête de la bibliométrie en termes de production scientifique (Arvanitis, 2008). Elle peut ainsi figurer le pivot (instable) d'un monde uni par la religion et la culture mais aux histoires disparates. À défaut de disposer d'un réseau d'observatoires des sciences dans chaque pays de la région, entreprise toujours inaboutie (Hanafi et Arvanitis, 2014), le choix du *belvédère égyptien* permet donc une *lecture comparative* des pays alentour avec leurs spécificités, traversés qu'ils sont eux aussi par des courants centripètes et centrifuges.

À partir de là, je pouvais rassembler *un faisceau d'observations* portant sur les sciences biologiques et médicales, que j'ai essayé de poursuivre sur l'ensemble de la région jusqu'au au début du XXIe siècle. Le monde alentour est en effet marqué par une référence commune à l'islam et une identification symbolique à un passé scientifique brillant, malgré les traumatismes de l'occupation (*ihtilâl*), de la tutelle des pays occidentaux et l'inégalité du développement économique. Cette patrimonialisation est fondée sur l'encouragement donné par le Prophète à la connaissance, qui a inspiré une antienne sur les mérites de celui qui cherche la science « du berceau à la tombe », et aussi « jusqu'en Chine », un appel à la circulation des savants et des idées formulé par Al Kindi au IXe siècle : « Il nous faut accueillir la science, d'où qu'elle vienne, même si elle vient de peuples différents de nous. »

L'observatoire égyptien permet, par comparaison au sein de cercles concentriques, d'embrasser l'ensemble des pays de la zone et même, au delà des sciences médicales, de tracer des orientations d'ensemble de la recherche et finalement de risquer un panorama des sciences arabes.

Plan du chapitre

Dans ce qui suit, nous effectuerons un rapide survol historique des institutions de recherche et d'enseignement supérieur, en partant du belvédère égyptien et en élargissant progressivement l'horizon à d'autres pays. Ensuite, nous tenterons un panorama des institutions et de la production scientifique des pays de la région, appuyé sur des travaux récents, en particulier de bibliométrie, comparant les systèmes de recherche et les performances scientifiques telles qu'elles ressortent de la consultation des grandes bases bibliographiques mondiales. Dans la troisième partie, notre faisceau d'observations sur la recherche biomédicale se resserrera autour d'établissements clés comme les instituts Pasteur et leur évolution. Nous procéderons enfin par coups de sonde dans quelques domaines de recherche aux enjeux sociaux particulièrement sensibles : transplantation d'organes, génétique moléculaire, surveillance des maladies émergentes.

Nous espérons que cette démarche stimulera de nouvelles questions et formera un tremplin à une critique constructive des développements de la science dans le monde arabe.

1 Survol historique des institutions d'enseignement et de recherche

Nous retraçons ici les premiers pas de la « modernisation » des pays arabes, en particulier dans les sciences qui évoquent l'âge d'or de la civilisation arabe, les sciences biologiques et médicales.

1.1 L'Égypte et la création des écoles de médecine

C'est en Égypte et dans l'empire ottoman que furent créées les premières écoles modernes de médecine, au début du XIXe siècle. Dans les années qui suivirent l'expédition de Bonaparte en Orient (1788-1801) le pacha Mohammed Ali prit l'initiative de fonder des institutions d'enseignement supérieur moderne, convaincu des vertus du vaccin jennérien contre la variole et des atouts du progrès médical, pour assurer la nombreuse population dont il avait besoin.

À Istanbul, le sultan Mahmoud II crée en 1837 une École de médecine militaire qui préfigure le programme de réforme des Tanzimat. En Iran, la Dar ol-Fonün (« École polytechnique »), fondée en 1851 à Téhéran par le souverain qâdjâr Nasrod-din, comporte également un enseignement de la médecine. Mais l'initiative de Mohammed Ali est la plus complète (Moulin, 2002). L'École de médecine de 1827 avec à sa tête le médecin français Antoine-Barthélemy Clot (1793-1868) (Dubois, 2013) perd très vite son caractère exclusivement militaire. Douze étudiants égyptiens partent à Paris d'où ils reviendront former les premiers cadres de la profession. L'École, destinée initialement à protéger l'armée des épidémies, étend rapidement son action aux communautés civiles urbaines et même rurales. En 1832, une école de *hakimas* (doctoresses) recrute des esclaves pour s'occuper de la santé des femmes. Même si son existence est éphémère, elle marque l'ébauche d'une solution pour répondre à l'impératif de soins à travers la barrière des sexes, une initiative qui garde aujourd'hui sa pertinence (Moulin, 2013). Une école de langues dirigée par Rifâ'a al-Tahtâwi (1801-1873) forme des traducteurs. Parmi eux, des azharis apportant une caution religieuse, mais aussi des chrétiens minoritaires (syro-libanais). L'imprimerie de Bûlâq (1820) publie les manuels : le *Kunûz al-Sihhat* (*Trésor de la santé*) est diffusé à de nombreux exemplaires et expédié à Paris, Londres, Tunis et Téhéran. L'Égypte participe au débat scientifique international sur la contagion, à propos de la peste et du choléra, qui ont frappé Le Caire en 1830, 1832 et 1835.

C'est un début brillant, mais avec un choix qui grève l'avenir, l'édification d'une science nationale par le haut, sans structures d'enseignement de base primaire et secondaire (De Lavergne, 2011). Mais il persiste désormais un noyau de savants actifs. De 1870 à 1877, la revue *Rawda al-Madâris* (*Le Jardin des écoles*) diffuse leurs résultats, au nom de la civilisation (*tamaddun*) et du progrès (*taqaddum*) : « Jamais les sciences ne sont pensées comme un produit occidental par essence ; jamais le développement récent du pays n'est présenté comme relevant d'une modernisation qui supposerait une différence de nature radicale entre la place sociale des sciences au moment de l'âge d'or de l'islam et leur position actuelle. » (Crozet, 2008, p. 21.) De brillants individus émergent comme le naturaliste Uthman Ghalib (1845-1920), qui décrit le ver du coton.

Cet essor est cassé par l'occupation étrangère. La direction de l'École de médecine passe à des Anglais qui imposent leur langue de façon durable, suscitant un débat qui dure encore sur le choix d'une langue destinée aux élites, instaurant une rupture au sein des équipes de soins et avec les malades. Entre les deux guerres, l'expérience de pathologies locales peu connues en Europe accroît le renom des médecins égyptiens, salués comme experts en « médecine tropicale » (Chiffoleau, 1997). En 1928, le roi Fouad préside le Congrès international de médecine du Caire, où figurent, côte à côte avec les médecins d'Égypte (pas nécessairement égyptiens), les personnalités marquantes de la scène internationale.

Sous l'occupation anglaise, une poignée d'intellectuels avec Qasim Amin inaugure l'université égyptienne en 1908. Transformée en université d'État en 1925, elle intègre les écoles supérieures de Mohammed Ali, dont celle de médecine. D'autres universités avec faculté de médecine apparaissent ensuite : Alexandrie, 1942, Ayn Chams au Caire 1950, Assiout 1957, Tanta et Mansoura 1972 et 1973. À la période nassérienne, la science, intégrée à la révolution politique et sociale, apparaît comme le symbole du grand bond de l'Égypte, et la clé du développement (Charte de 1962). Selon Nasser, l'Égypte avait pris le train en marche pour l'électricité et la vapeur, mais conduirait le suivant (Abdel Malek, 1962). La santé n'était pas oubliée : l'industrie pharmaceutique, donneuse de remèdes miracle, était aussi encouragée, et la gratuité des soins se profilait à l'horizon de celle de l'école. « La connaissance constitue la force motrice de l'époque à venir ; elle est, en fait, la véritable liberté. » (Nasser, *Le progrès égyptien*, 26 juillet 1962 ; Nader et Zahlan, 1969, p. 219.)

Mohammed Ali avait créé l'école de médecine en dehors d'al-Azhar. La réforme nassérienne intègre al-Azhar à l'université moderne et lui adjoint même une faculté de médecine. À cette époque, avec la gratuité, le nombre des étudiants s'envole : un diplôme est lié à la promesse d'un emploi dans l'administration ou l'industrie d'État. Mais la recherche n'est pas une priorité. En médecine, les étudiants les plus aisés partent se former en Europe et aux États-Unis et amorcent la fuite des cerveaux qui va s'intensifier par la suite.

Sous Sadat puis surtout sous Moubarak, l'Égypte favorise le développement d'établissements privés (loi de 1996). Depuis lors, dès la route de l'aéroport du Caire, et sur tous les autobus, des panneaux publicitaires vantent partout licences et masters. Les universités étrangères se multiplient (française en 2002, allemande en 2003), figurant désormais des modèles d'excellence voire des lieux de dialogue entre les cultures. La plus ancienne est la prestigieuse université américaine du Caire, ouverte en 1920 dans le palais Gianaclis. Elle n'a pas de collège de médecine, mais compte les meilleurs chercheurs en sciences sociales de la santé.

En 2014, quinze universités publiques égyptiennes forment le système d'enseignement supérieur le plus nombreux de la région avec deux millions d'étudiants. L'enseignement supérieur fait cependant l'objet de nombreuses critiques : professeurs mal payés, complétant leurs émoluments par des cours parallèles, manuels hâtivement rédigés, faible encouragement à l'originalité et à la pensée critique, etc. Ces caractéristiques valent pour toutes les facultés, cependant la médecine demeure la filière d'excellence, exigeant les plus hautes notes au baccalauréat, gardant prestige académique et social.

Depuis 2002, l'Égypte mise sur une réforme de l'enseignement supérieur, avec l'aide de la Banque mondiale et de l'USAID (United States Agency for the International Development). Cette réforme vise à soutenir un secteur de recherche en rapport avec l'économie de marché et à résoudre les problèmes nés de la massification de l'enseignement, au nom de la promotion de la « société du savoir ».

1.1.1 « Out of Egypt[1] *»*

Dans le reste du Moyen-Orient, ce ne sont pas les États qui ont pris l'initiative au XIXe siècle (Verdeil, 2008). En 1866, Cornelius Van Dyck, médecin et pasteur protestant, a fondé un collège de médecine à Beyrouth. En 1883, les jésuites ouvrent aussi une école de médecine. Les deux établissements ont un lien avec une puissance étrangère, la France ou les États-Unis, ils diffèrent par la langue : si l'enseignement à Saint-Joseph est en français, au Collège protestant, il est donné en arabe, mais dès les années 1880, la langue d'enseignement y devient l'anglais et l'est restée jusqu'à nos jours. En Syrie, la première faculté de médecine en arabe est ouverte à Damas en 1903 par la bourgeoisie nationaliste. Pour la recherche clinique, les écoles de médecine s'appuient sur des hôpitaux confessionnels. Un millier de médecins ont été ainsi formés à la fin du siècle et ont essaimé dans l'empire ottoman et le reste du monde. Les médecins libanais de la *Nahda* (la Renaissance arabe du XIXe siècle), chrétiens et musulmans, ont œuvré ensemble au renouveau de leur langue. Mais la biologie naissante s'essouffle, faute de budget gouvernemental. Les Instituts Pasteur de Beyrouth et de Palestine à Jérusalem vivotent.

Les facultés libanaises de médecine ont gardé aujourd'hui un grand prestige, et les liens tissés avec les puissances impériales de jadis ont évolué en rapports de collaboration avec les établissements de recherche des pays en question. Au XXe siècle, le polyglottisme des étudiants est devenu un atout majeur pour la diaspora libanaise qui occupe des postes importants dans la recherche au Canada, aux États-Unis et en Europe : Peter Medawar, d'origine libanaise, reçut le prix Nobel en 1960 (Moulin, 1996).

En revanche, au Maghreb, les écoles de médecine ne voient le jour qu'à l'Indépendance, à l'exception de l'Algérie. L'École d'Alger (1867) a été transformée en école supérieure en 1879 et en faculté en 1909. Les facultés de médecine ont ensuite fait partie de l'arsenal de l'État moderne à sa création (Rabat et Amman 1962, Tunis 1964).

Dans le Golfe, les médecins ont été longtemps presque exclusivement des missionnaires (Abdella Doumato 2000), en dépit de la méfiance des autorités envers leur prosélytisme, et ont contribué à former des soignants, mais non une élite de chercheurs (Moulin, 2010). Les universités y apparaissent avec un net décalage par rapport au Maghreb. Les États pétroliers peuvent alors se permettre de louer les services de la diaspora arabe et étrangère, et cette attitude de consommation ne favorise pas l'essor de la recherche, non plus que la surveillance idéologique exercée sur les esprits, en particulier en Arabie. En Oman, la fondation de la faculté de médecine en 1996 résulte de la prise de pouvoir en 1970 du sultan moderniste Qabous (Beaudevin, 2013). Au Yémen, alors que le Collège de médecine d'Aden s'est ouvert pendant la période

1. Titre des *Mémoires* d'André Aciman, Riverhead Trade, 1996.

communiste dans l'université du même nom en 1975, avec des enseignants soviétiques et cubains, Sana'a n'acquiert une faculté de médecine qu'en 1994, et la recherche clinique y reste limitée.

1.1.2 La recherche en Égypte

La recherche médicale au sens moderne est donc apparue en Égypte plus tôt que dans l'ensemble de la région, même si elle est restée longtemps l'œuvre d'individus isolés. Le premier journal spécialisé, la *Presse médicale d'Égypte*, sort en 1909, avec le soutien de la Société khédiviale médicale fondée en 1898. À cette époque, l'Égypte compte 12 millions d'habitants et mille médecins de toutes nationalités et formés dans toutes les facultés du monde. Le journal est écrit en français parce que, écrit Serge Voronoff, son directeur, dans le premier numéro : « Un journal de ce pays ne peut être rédigé qu'en français, seule langue comprise de tous, seule langue permettant l'échange de la pensée entre les représentants de diverses nationalités. » (15 février 1909, p. 2.) La revue présente l'actualité scientifique internationale autant que les travaux de la profession en Égypte. Elle comporte aussi des statistiques initiées dès les années 1860 : naissances et décès, épidémies, empruntées au Bureau qui en est chargé, coordonné par un autrichien, Franz Engel bey. En 1928, lors d'un grand congrès international au Caire, quatre volumes de comptes rendus attestent l'activité d'une communauté médicale fortement intégrée à la scène scientifique internationale. L'année suivante, le Centre national de la recherche (CNR) est créé par le roi Fouad Ier. Ce simple organe d'encouragement à la recherche, sans budget jusqu'en 1946, n'acquiert des laboratoires propres que sous Nasser. Il ne cesse d'osciller entre un rôle de régulation et de recherche : il n'a été rattaché au ministère de la recherche, créé en 1961, qu'en 1968, puis a dépendu de l'Académie des sciences et de la technologie (modèle soviétique) jusqu'en 1988, date à laquelle il a été à nouveau rattaché au ministère de la recherche. Au début du XXIe siècle, le CNR, situé à Gizeh, quartier central du Caire, abrite des laboratoires en biologie avec des chercheurs à temps plein, consacrés à la génétique et l'épidémiologie et à des recherches cliniques d'avant-garde avec d'importantes retombées sociales comme celles sur les problèmes touchant la détermination du sexe.

Le ministère de la Recherche contrôle, avec le Centre ci-dessus, l'Institut de la recherche ophtalmologique (1990) et l'Institut Theodor-Bilharz (1980) consacré initialement aux maladies parasitaires, ainsi que l'Institut de génétique et de biotechnologie (1997). Le ministère de la Santé possède neuf centres de recherche dont l'Institut de médecine tropicale, TMRI, créé en 1928 par le professeur Khalil, fondateur de la médecine tropicale en Égypte, et l'Institut de recherche sur le diabète (1955). À la faculté de médecine du Caire sont rattachés l'Institut national du cancer (1959) et l'Institut national des sciences du laser (1994).

Cette recherche ancienne et vigoureuse a été marquée par l'empilement des structures nouvelles sur les anciennes (le « millefeuilles » ?), au fur et à mesure des changements de politique : du primat nassérien du public à l'encouragement du privé sous Sadat et à la libéralisation actuelle de l'enseignement. Les instances de programmation et d'évaluation s'avèrent multiples avec l'Académie déjà mentionnée, le Haut Conseil des

centres de recherche et de technologie et le Conseil national de l'enseignement de la recherche et de la technologie, mis en place en 1974 (Radi, 2005).

Les centres opérateurs de la recherche sont à la fois les universités, le CNR et les établissements spécialisés dépendant de différents ministères. Officiellement, la plupart des universitaires sont supposés être en même temps chercheurs. Cependant ils sont submergés d'heures de cours et manquent de moyens et aussi souvent de motivation. La brillante carrière internationale d'un Mostafa Mosharafa en physique (mort en 1950), ou du Nobel en chimie Ahmed Zuwayl (1999), soulève toujours la même question de la difficulté de faire de la recherche dans le pays. La période nassérienne avait contraint la recherche dans le cadre du Plan et limité la liberté intellectuelle, Sadate a conservé l'impératif d'applications et de rentabilité à court terme. Les industriels sont réticents à financer une recherche qu'ils ne contrôlent pas. Enfin, l'esprit de recherche et l'envol d'une réflexion originale ne sont pas encouragés chez les étudiants et les doctorants, qui ont peur de se distinguer et de déplaire aux enseignants dont ils dépendent pour leur carrière. Un philosophe, Osman Amin, déplorait déjà ces entraves dans une série d'articles sur « L'université en danger », dans le journal *Al-Ahram* en 1952. Les jeunes assistants sont découragés par l'opacité des carrières et le poids de la hiérarchie. Dans les laboratoires de biologie, on manque de techniciens supérieurs et de spécialistes de la maintenance, attirés par les meilleurs salaires des laboratoires privés d'analyses. La fuite des cerveaux (*higrat al'uqûli*) est considérable en bio-médecine : 12 000 chercheurs vivent aux États-Unis (Mouton et Waast, 2009). Certains sont rentrés après la révolution de 2011, mais l'exode est reparti de plus belle, en particulier chez les Coptes.

Jean-Yves Moisseron et Catherine Le Chalony (2010) ont conduit une étude sur les biotechnologies en Égypte, qui illustre les difficultés de la recherche. Ils ont choisi un secteur particulièrement actif au niveau international, qui requiert des capacités d'adaptation rapide aux changements incessants. Il s'agit d'un domaine très porteur, avec de nombreuses applications en agriculture et en santé, qui facilitent l'autofinancement. Les auteurs décrivent un système de recherche consistant et même pléthorique, avec des chercheurs bien formés, y compris grâce à des séjours à l'étranger. Mais si les briques nécessaires pour l'édification d'un ensemble de laboratoires compétitifs existent, l'édifice reste très en retrait des espérances : la Cité Moubarak de la science et de la technologie, située dans la zone industrielle d'Alexandrie, stagne. Les auteurs indiquent les défauts de gouvernance qui paralysent le système : les difficultés de prise de décision à travers des canaux multiples, la faible rentabilité des employés, due aux salaires bas et aux conditions de travail, les carences de la gestion pour la fourniture de pièces et de matériel de base, les biais créés par l'afflux intermittent d'argent étranger sans gestion rigoureuse. Finalement, les quelques laboratoires prospères et actifs se trouvent surtout à l'université, ils tablent sur l'excellence et s'autofinancent grâce à l'étranger, ou font partie de lourds programmes de coopération, à but commercial, comme la production et la diffusion d'OGM.

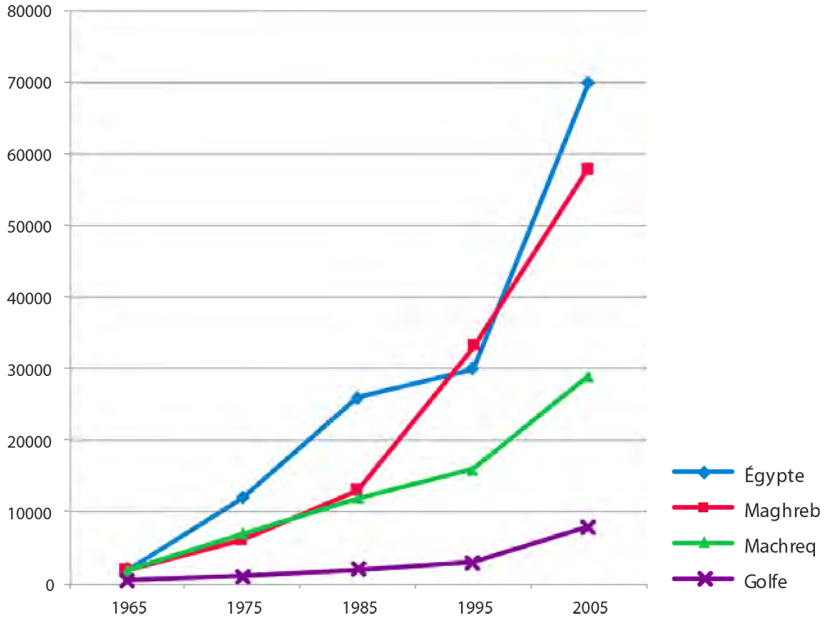

FIGURE 1 – Développement des universités dans les pays arabes (1965-2005). *Source : Waast, 2010, p. 191*

1.2 Le paysage scientifique contemporain du monde arabe. Convergences et spécificités

En 2014, les dix-sept pays arabes ne forment pas une région scientifique fortement structurée, en dépit de leurs liens linguistiques et culturels (Nour Samia Satti, 2005). Leurs universités et notamment leurs facultés de médecine se sont développées à des dates et dans des contextes fort différents. Néanmoins, un trait frappant (aussi observable en beaucoup d'autres régions en développement) consiste dans la croissance fulgurante des établissements d'enseignement supérieur en un demi-siècle (Mouton et Waast, 2009) (fig. 1).

Au Maghreb, au cours de la deuxième moitié du XXe siècle, la démographie estudiantine a augmenté très rapidement. La massification de l'enseignement supérieur était, comme en Égypte, destinée à tenir les promesses de l'État-nation et à lui fournir des cadres. Dans le cas de l'Algérie, le financement provenait de l'État disposant de ressources naturelles (pétrole et gaz). La recherche n'a pas constitué un débouché important pour les diplômés sans emploi dont le nombre croissant a entraîné des remous dans les trois pays. Les critiques portées contre le système universitaire ont été les mêmes qu'en Égypte : mauvaise qualité de l'enseignement liée à la massification, inadaptation aux besoins des pays et au marché, en particulier en Algérie, bien qu'il existe des îlots d'excellence dans les grandes écoles et au sein même des universités.

Le contexte général dans les trois pays est également celui d'une arabisation inégalement maîtrisée. C'est en Algérie que le tournant a été pris de la manière la plus

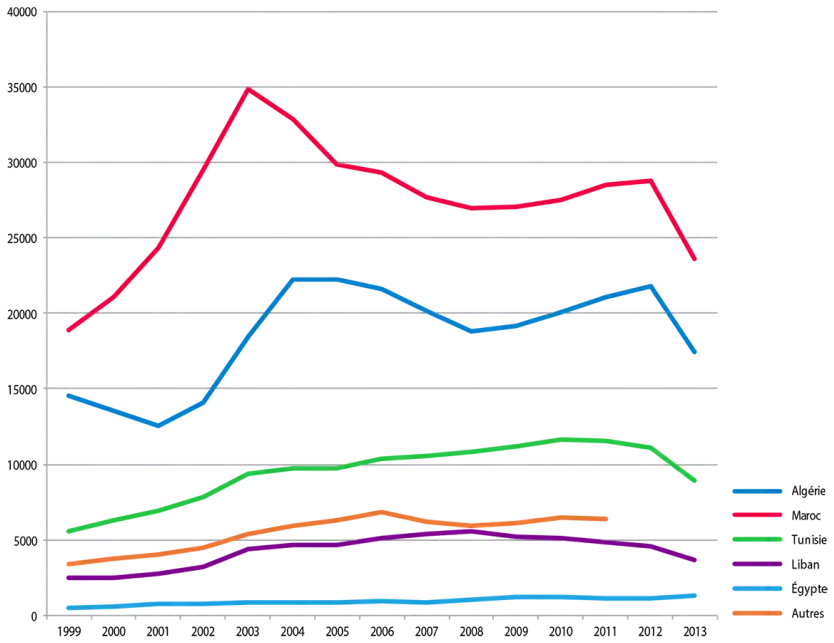

FIGURE 2 – Nombre d'étudiants marocains, algériens, tunisiens, libanais et égyptiens dans les universités françaises, au cours des cinquante dernières années. *Source : Données du ministère de l'Enseignement supérieur français recueillies par l'Unesco (graphique par Hanafi et Arvanitis, 2016, p. 153)*

abrupte, compte tenu de l'importance du français dans l'enseignement antérieur, avec importation massive d'enseignants arabophones, notamment égyptiens. Mais dans les trois pays s'est posée la question de la place relative faite à l'arabe et aux langues de communication. En médecine, l'enseignement demeure en français. Il existe un clivage linguistique préjudiciable à un échange harmonieux entre les disciplines et à l'égalité sociale.

L'évolution récente se fait vers des filières courtes plus professionnalisées assurant un emploi à la sortie des études, au détriment d'études moins directement arrimées au marché de l'emploi, et des voies menant à une recherche sans structure d'accueil bien précise, en l'absence notamment d'ententes entre l'université et l'entreprise.

5 % des étudiants étudieraient hors de leur pays mais beaucoup plus sont candidats au voyage. Or ils ont de plus en plus de mal à accéder à une spécialisation ou à une thèse dans les établissements européens et américains. Les difficultés n'ont cessé d'augmenter avec la fermeture sécuritaire de l'espace de Schengen. Dans le cas de la France, la mise en place de l'espace Campus France en 2005 n'a pas renversé la tendance (Moulin, 2012), la diminution du flux d'étudiants maghrébins est nette (Hanafi et Arvanitis, 2013) (fig. 2).

L'État égyptien a adopté en 2000, avec l'aide de la Banque mondiale, le « *Higher Education Enhancement Program* », introduisant de nouveaux instruments comme la

réforme par appels d'offre. L'État devient un « supercoordinateur » des partenaires (*stakeholders*). Les programmes de recherche financés de l'extérieur apportent un soutien appréciable mais aussi des contraintes et un pilotage qui n'est pas nécessairement en rapport avec les priorités du pays. Ils suscitent aussi des dérives. Avec le 7e PCRD (Programme Cadre de Recherche et de Développement) prévu pour 2007-2013, l'État égyptien avait institué une taxe sur tous les versements de l'étranger, de l'ordre de 20 %, qui devait s'appliquer aux fonds décrochés par les chercheurs. Cette taxe a été abolie en 2013, mais personne ne sait comment ces nouvelles mesures sont appliquées, et cette incertitude est la porte ouverte à interprétations divergentes et à un certain degré de corruption.

1.3 Pour pallier les maux : alignement sur les tendances mondiales ou solutions réelles ?

Un peu partout dans le monde arabe, les problèmes du système d'enseignement supérieur et de recherche apparaissent donc largement communs à l'ensemble des pays de la région, comme les solutions proposées et mises en œuvre.

1.3.1 Autonomie et privatisation des universités

À partir de 1998, sous l'influence des pays anglo-saxons fiers de leurs *Ivy Leagues* dont Harvard ou Stanford sont le prototype, le principe libéral a gagné partout du terrain dans la région dans l'enseignement supérieur, contre le monopole d'État.

Le Maroc compte aujourd'hui quatorze universités qui ont acquis une autonomie relative en 2002. Mais les universités privées s'y multiplient, de façon plus accentuée que dans les deux autres pays du Maghreb. En raison de sa plus grande stabilité politique, le Maroc attire les capitaux plus que ses deux voisins. L'augmentation des droits d'inscription dans les établissements privés est supposée permettre de mieux payer les enseignants et d'améliorer l'enseignement en achetant du matériel pédagogique, ce qui implique une participation financière accrue des familles. Au Maroc, parmi de nombreux instituts privés « professionalisants », les deux seules universités privées agréées veulent préfigurer un nouveau modèle d'établissement, vigoureusement tourné vers l'innovation, les entreprises, le dépôt de brevets, plus que vers la recherche de base (ou appliquée sans clients), cultivant les liens avec le ministère de l'industrie qui dispute le rôle de leader de la recherche à son traditionnel dépositaire, le ministère de l'enseignement supérieur (voir le chap. XI, Kleiche-Dray et Mellakh).

Mais l'augmentation d'autonomie et la privatisation des universités serviront-elles vraiment à augmenter l'efficacité de la formation ou simplement à favoriser les intérêts privés aux dépens de l'intérêt général ? Est-ce un prélude à la dissolution de l'État ou un simple réaménagement du pouvoir de décision ?

La plupart des États du Maghreb et du Moyen-Orient sont des états forts où le laisser faire dans le domaine de l'enseignement et la recherche apparaît tactique et ne signifie pas le renoncement au contrôle politique et intellectuel. Les encouragements à la réforme émanent d'organisations internationales comme le PNUD, qui soulignent en matière d'éducation (2013) l'importance d'une bonne gouvernance ou l'intervention de la société civile dans le choix des grandes options de l'enseignement supérieur et de

la recherche. Mais là gît encore la contradiction : des gouvernements à tendance autocratique peuvent-ils encourager une gestion démocratique qui risque de se retourner contre eux ?

La filière médicale est jusqu'à présent peu touchée par les réformes. Elle demeure prestigieuse et recrute les premiers au classement. L'aura du titre, le mélange de sciences et d'humanité, la possibilité d'opter pour le service public ou de s'installer en pratique libérale concourent à maintenir l'attractivité de ces études. La recherche joue un rôle croissant, mais elle attire plus les biologistes que les médecins, pas toujours pressés d'embrasser un métier encore peu connu et peu valorisé socialement.

1.3.2 Intégration à des espaces de recherche élargis

La « Déclaration de la Sorbonne » a inauguré le « processus de Bologne » : l'Union européenne a promu l'introduction du système LMD (Licence-Master-Doctorat) pour faciliter la formation d'un « espace européen de la recherche ». Au Maroc, l'adoption du LMD est le point de départ d'une réforme conçue à la fin des années 2003 (Kleiche-Dray et Belcadi, 2008). La Tunisie et l'Algérie l'adoptent en 2006. Un agenda commun d'internationalisation se dessine donc au Maghreb, renforcé par la promotion d'un espace euro-maghrébin de la recherche et de l'enseignement.

EuroMed finance des projets de recherche dans le cadre d'un « espace euro-méditerranéen de l'innovation », avec une dimension à la fois bilatérale et multilatérale, intervention d'organisations internationales et d'ONG, toutes mesures assorties d'un impératif d'autoévaluation, avec la bénédiction de la Banque mondiale. Ces projets de courte durée exigent des résultats immédiats dans des domaines où l'investissement ne peut être qu'à long terme (par exemple recherches sur l'épidémiologie des cancers ou prospection de nouvelles familles thérapeutiques).

Dans le Golfe, c'est plutôt au géant américain que les écoles cherchent à s'arrimer, mais pour la médecine, le sultanat d'Oman s'adresse avec un grand éclectisme à l'Australie, l'Allemagne, l'Angleterre et la France.

1.3.3 Réorientation des flux étudiants

Une autre tendance de la conjoncture est l'apparition de nouveaux flux étudiants. D'une part, les flux traditionnels du Maghreb vers la France se sont heurtés à une politique de sélection souvent vexatoire et jugée arbitraire, et les candidats se sont tournés vers d'autres destinations comme le Canada, en raison de la francophonie. Ils circulent davantage à l'intérieur du Maghreb. Enfin, un flux d'étudiants en provenance d'Afrique subsaharienne, en particulier Afrique de l'Ouest, se dessine au Maghreb (Infantino, 2011).

Un phénomène récent est la délocalisation des enseignements par l'ouverture d'universités numériques, qui font espérer l'obtention aisée d'un diplôme en restant chez soi. Les MOOC (*Mass Open Online Courses*), lancés initialement par Stanford et Harvard, font des émules dans le reste du monde. L'éducation supérieure tend ainsi à devenir une marchandise comme les autres, avec la vente de télé-enseignements, parfois au terme d'une démarche promotionnelle qui utilise la gratuité provisoire pour attirer

le chaland. Il est trop tôt pour juger des conséquences de cette massification d'un nouveau genre, où le rapport à l'enseignant et presque la matière enseignée devient virtuel. En médecine, le télé-enseignement se répand également mais pour le moment apporte des solutions aux praticiens enclavés plutôt qu'une véritable initiation à la recherche.

Au vrai, pour les inventeurs des MOOC (MIT) l'important ne réside pas dans les cours mais dans les TD (travaux dirigés). L'objectif final est d'inciter les meilleurs à rejoindre leur propre campus. Un réquisit que tentent de contourner les pays du Golfe, qui développent depuis peu une vigoureuse politique d'attraction chez eux de campus étrangers prestigieux, de préférence accompagnés par la R & D en rapport avec des entreprises multinationales.

1.3.4 Les universités du Golfe

Les universités du Golfe, les dernières fondées, incarnent avec dynamisme les tendances commerciales et libérales de la conjoncture contemporaine.

L'Université du roi Ibn Saoud en Arabie comporte depuis 1969 une faculté de médecine, assortie d'un institut de recherche, en lien avec l'hôpital universitaire du roi Abdulaziz, avec de nombreuses collaborations avec les pays d'Europe et les États-Unis. La King Abdullah University of Science and Technology (KAUST) est un cas à part. Elle a été financée sur la cassette personnelle du roi, avec une contribution de l'ARAMCO, le trust pétrolier américain. C'est une sorte de Floride située à Thuwal, sur la côte, à 80 km au nord de Djedda, avec un aréopage de professeurs jouissant d'une notoriété acquise ailleurs. Elle forme à la recherche et à l'ingénierie dans divers domaines des biosciences (agronomie et environnement). En l'absence d'hôpital adjoint, la médecine vétérinaire y a le pas sur la médecine humaine. Excellence rime avec international. « *Our faculty members come from across the globe to form a community of scientists and scholars. They conduct cutting-edge research and develop our talented, international students and young researchers.* [2] » Toutes les techniques biologiques de pointe sont au rendez-vous pour produire les innovations dont l'Arabie, mais aussi le monde entier, ont besoin, dit le prospectus sur le site. Ajoutons que c'est la seule université à accepter les filles dans des enseignements communs.

Les autres pays du Golfe semblent plus soucieux que l'Arabie de former en priorité les élites locales. Ils assurent d'abord une formation professionnelle, mais posent des jalons pour la recherche. L'université des Émirats arabes unis, créée en 1976, est située dans l'oasis Al-Aïn près d'Abu Dhabi. Le Centre Zayed pour les sciences de la santé a un programme doctoral. Au Qatar, le système de santé est supposé intégrer enseignement et recherche, d'une façon unique dans tout le Golfe. L'université canadienne de Calgary y a implanté une sœur jumelle qui forme des infirmières, dans une optique de recherche, y compris dans le domaine de l'éthique et des droits des patients. Dans ce pays, le collège médical issu de Cornell aux États-Unis est la seule école de médecine. Il a été fondé en 2002 et ses premiers diplômés, près de 200 médecins, sont sortis en 2008. Mais jusqu'en 2014, le Qatar n'assurait que le premier cycle, complété ensuite à la maison-mère à New York. À Bahreïn, l'Université du Golfe comporte un collège de

2. http ://www.kaust.edu.sa/research/research.html#sthash.i4BfeZZ9.dpuf.

médecine à Manama, et en Oman la faculté de médecine a été créée, à Mascate, à l'université du sultan Qabous, en 1986 (Beaudevin, 2010). En 2001, l'Oman Medical College a été fondé en partenariat avec la faculté de médecine de l'université de West Virginia. L'actualité galope et les pays d'Europe se pressent pour prendre leur part du marché étudiant, sur le modèle de l'Université de New York ou de la Sorbonne à Abou Dhabi.

1.3.5 De nouvelles formes de science

Les universités rappelaient des tours d'ivoire, coupées de l'industrie comme du public. L'idée des « cités de la science » a été de rétablir des passerelles. Bénéficiant de financements généreux des états ou de fondations, ces cités sont supposées favoriser l'interaction entre les disciplines, attirer les esprits brillants et entreprenants, améliorer l'interaction entre recherche et entreprise, bref résoudre les différents problèmes rencontrés ailleurs. La Cité Moubarak a représenté une telle tentative mais n'a pas donné les résultats attendus. L'échec d'Ahmad Zawil à implanter son université d'excellence dans une futuriste Cité des sciences, en raison des méandres de la bureaucratie égyptienne, a été de mauvais augure pour des tentatives du même genre pour les étoiles de la diaspora.

L'Arabie a édifié la Cité Abdulaziz pour la science et la technologie, qui héberge l'Agence nationale pour la science et ses laboratoires. Il s'agit d'une ville-science avec des équipes de recherche pluridisciplinaires, qui disposent d'un énorme budget (pour 2011 un demi-billion de dollars dont un tiers concerne la médecine). Elle coproduit le journal *Biotech* avec l'éditeur Springer. La Fondation Abdul-Aziz pour les sciences a créé à Rabat le meilleur centre mondial pour la documentation en langue arabe. La Jordanie dispose d'un Parc des sciences princier, le parc El-Hassan, sous le patronage de la Royal Society. Nombreuses sont les fondations qui œuvrent en faveur de la recherche avec différents agendas.

La SASTA (Society for the Advancement of Science in the Arab World*)* illustre le rôle possible de la diaspora. Elle est née en 2013 d'un rapprochement de l'université de San Diego en Californie et de l'université de Jordanie. La SASTA vise, comme son intitulé l'indique, à préparer la renaissance de la science arabe et, en attendant, à faire connaître les découvertes de chercheurs arabes expatriés, même s'ils ont fait toutes leurs études en Occident. Par exemple, elle célèbre les travaux du chimiste Nabil Seida, parus dans le prestigieux PNAS (*Proceedings of the National Academy of Sciences*) et décrivant, sur la base d'études chez la souris [3], une protéine du cerveau impliquée dans la mémorisation et le repérage spatial, avec des retombées possibles sur le traitement des maladies d'Alzheimer et de Parkinson [4]. La SASTA mène une activité de plaidoyer et de communication et acclame toute découverte faite en terre arabe, comme la récente découverte de fossiles en Arabie saoudite.

Les cités de la science peuvent toucher un public peu familier avec la recherche locale qui ne connaît pas d'opérations « Portes ouvertes ». En Égypte, les musées restent réservés aux élites, et leurs vitrines ne familiarisent guère les visiteurs avec l'appren-

3. http ://.pnas.org/content/early 2013/10/04/1314698110.abstract.
4. http ://www.sastaworld.com/news-item/dr-hilal-lashuels-group.

tissage de la science contemporaine. Située dans une baie grandiose, la Bibliotheca Alexandrina joue avec le souvenir de la grande bibliothèque d'Alexandrie, détruite au IIIe siècle. Elle contient huit millions d'ouvrages et reçoit un flot ininterrompu d'écoliers, d'étudiants et de visiteurs. On peut sur des ordinateurs feuilleter des manuscrits anciens, mais la bibliothèque est peu orientée vers l'apprentissage des sciences et des techniques contemporaines. Pourtant une initiative telle que le Cairo Science Festival, inauguré en avril 2010 par Farouk al Baz, directeur du centre de *Remote Sensing* à Boston, a été un grand succès.

2 Vue d'ensemble. *Surveys* institutionnels et scientométrie

Face au foisonnement des établissements et à la multiplicité des intervenants, il est bon de tenter une typologie des configurations des systèmes de recherche, par pays, avec des indications sur les ressources institutionnelles (nombre d'institutions, statuts), humaines et matérielles (financements, gestion) et leur gouvernance. Une comparaison est ainsi rendue possible, qui doit évidemment tenir compte de la taille des pays et du niveau de leur économie. Il est aussi intéressant de recourir à la bibliométrie qui fournit un profil des capacités reconnues, en tout cas visibles, dans tous les domaines scientifiques, même si l'outil a des limitations. Nous puisons ici à ces deux sources d'information.

2.1 *Surveys* institutionnels

On dispose depuis peu d'une série de *surveys* attentifs et tenus à jour menés sous l'égide de la Communauté Européenne, sous la direction de Rigas Arvanitis ; ils ont pour nom ESTIME, ASBIMED, MIRA. On peut, à leur lecture, répartir les pays arabes en quatre groupes (Sari Hanafi et Arvanitis, 2014, p. 57-58) (fig. 3).

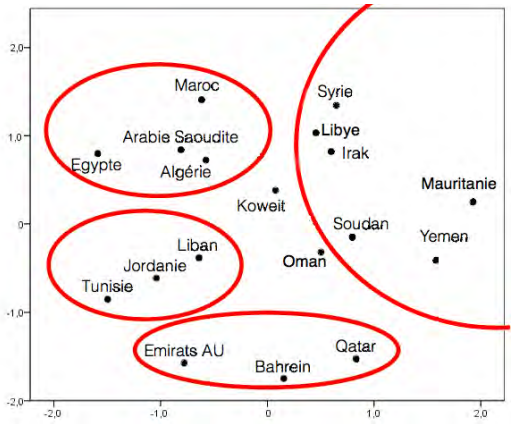

FIGURE 3 – Représentation des pays en fonction de deux paramètres, la dimension du système de recherche et la taille du pays. Les pays petits et dynamiques sont plutôt figurés. en bas et à gauche, les grands pays dynamiques en haut et à gauche. *Source : Hanafi et Arvanitis, 2014, p. 17*

- Un premier groupe de pays bénéficie d'importants systèmes de recherche : Maroc, Égypte, Arabie saoudite (politique nationale définie depuis 2003) et

Algérie, avec plusieurs collaborations internationales, et des universités relativement bien dotées.

- De petits pays peu étendus, dynamiques, sont bien intégrés à de grands ensembles internationaux, comme la Tunisie, la Jordanie et le Liban. La Tunisie a le système de recherche le mieux structuré du monde arabe avec un système d'évaluation rodé incluant des experts extérieurs. Elle dispose d'un programme national de soutien à l'innovation, comprenant des projets cofinancés notamment avec les États-Unis. La Tunisie encourage l'innovation en partenariat avec l'industrie, en particulier en biotechnologies. Le Liban possède le plus grand nombre relatif de chercheurs et de publications et des niches de recherche spécifiques, en dépit de la minime implication d'un gouvernement chroniquement faible et de son absence d'écoles doctorales locales. L'université Saint-Joseph, par exemple, vient de créer un centre de recherches ultramodernes consacré aux sciences médicales, le pôle « Technologie Santé ».

- Des pays en rapide expansion comme les Émirats arabes unis, le Qatar, le Bahreïn et l'Oman, poursuivent une politique agressive de développement universitaire en utilisant leurs ressources pour attirer les investissements étrangers dans la science. Le Qatar a développé une stratégie nationale de recherche et créé un pôle de sciences biomédicales et de sciences du soin.

- Des pays inclassables pour des raisons diverses sont en perte de vitesse, comme le Soudan, l'Irak (mais l'Université a été reconstituée en 2010), le Yémen et, on peut gager, la Syrie.

Pour évaluer les recherches plus précisément, les experts emploient des outils empruntés au management des entreprises, par exemple l'analyse dite SWOP portant sur *strong points*, *weaknesses*, *opportunities*, *challenges* : points forts, points faibles, opportunités, défis à relever. Ils disposent d'autres indicateurs tels que la stabilité politique, le nombre de brevets en collaboration, les partenariats publics / privés...

Le tableau 1 ci-dessous se ramène finalement à quatre grands modèles géopolitiques (Hanafi et Arvanitis 2014) :

- un modèle maghrébin centralisé où la recherche se déroule principalement dans les universités et les centres publics d'investigation (ECOSOC, 2013). La Tunisie apparaît en biomédecine comme un *leader* régional ;
- un modèle moyen-oriental centralisé où la recherche se déroule principalement dans des instituts et des universités publiques : Syrie / Égypte / Irak ;
- un modèle Liban et Jordanie, marqué par la décentralisation ; la recherche biomédicale est très active au Liban à l'Université américaine et à l'université Saint-Joseph, qui rivalisent pour attirer les meilleurs étudiants et les collaborations internationales ;
- un modèle « Golfe », avec des universités publiques ouvertes aux coopérations internationales, l'appel à l'installation de campus étrangers, une gouvernance décentralisée, des fondations pour la recherche actives, un appel aux étran-

gers de renom et un effort considérable de communication et de publicité à l'extérieur.

Tableau 1 – Quatre modèles institutionnels de la recherche dans le monde arabe

Type	Pays	Aspects principaux de gouvernance et d'organisation
Modèle des pays du Golfe	Pays du Golfe persique	- Gouvernance tournée vers le marché - Fonds de financement centralisés *de facto* - Grandes universités publiques ouvertes aux enseignants étrangers et universités étrangères - Recherche concentrée sur les collaborations internationales et peu de projets Fondations pour la recherche
Modèle du Proche-Orient	Syrie Égypte Iraq	- Gouvernance centralisée - Grandes universités publiques – rares universités privées de création récente - Recherche concentrée dans les universités (en dehors de la recherche militaire et agricole)
Modèle du Machrek	Liban Jordanie	- Gouvernance décentralisée - Financement public, plutôt centralisé de facto. Abondance de sources alternatives de financement privé - Liban : recherche concentrée dans des universités privées sans but lucratif et une seule université publique; Jordanie : recherche concentrée pour l'essentiel dans deux grandes universités publiques
Modèle du Maghreb	Algérie Maroc Tunisie	- Gouvernance centralisée du financement et de la gestion dans les organismes exécutant la recherche - Grandes universités publiques - Recherche essentiellement dans les universités et les organismes publics de recherche par mission

Source : Rapport ESTIME, 2007. Voir aussi Hanafi et Arvanitis, 2016, p. 43 où ces modèles d'organisation et de gouvernance sont discutés dans le détail.

Les tableaux 2 et 3 ci-après récapitulent les traits essentiels des « systèmes de recherche » dans différents pays arabes : les solutions adoptées varient en fonction des modèles institutionnels choisis. (Synthèse du rapport ESTIME : Arvanitis, 2007, p. 21).

Tableau 2 – Typologie des systèmes de recherche

Type	Principales caractéristiques	Pays
1.	Grand système, centralisé et dynamique	Égypte, Maroc, Arabie saoudite, Algérie
2.	Grand système, centralisé et de faible performance	Iraq, Libye, Soudan, Syrie
3.	Petits système dynamique	Tunisie, Lebanon, Jordan, Kuwait
4.	Petit système, flexible et orienté par la marché	Qatar, Émirats arabes unis

Source : Hanafi et Arvanitis, 2016, p. 45

Tableau 3 – Composantes des « systèmes de recherche » dans différents pays arabes

Pays	Document politique S&T	Organisme permanent de politique de recherche nationale		Agences de financement	Autres mécanismes de financement	Type de gouvernance	DIRD/PIB (%)
		Conseil	Ministère				
Algérie	Oui (Nat. Plan, 1998)		Oui		Programmes nationaux + fonds nationale RTD	Centralisé	0,25*
Maroc	Oui (Vision 2006)		Département d'un grand ministère (depuis 2004)	CNRST	Différents fonds pour l'innovation : PTI, incubateurs	Centralisé	0,8*

.

Tunisie	Oui (5e Plan depuis 1977)		Oui	Fondation nationale en 1989. Pas d'agence indépendante depuis	Différents fonds pour l'innovation (FRP, NPRI, PTI, technoparcs)	Centralisé	1,0*
Égypte	Non	Auparavant Académie des sciences	Oui	STDF / RDI et autres fonds	Initiatives de plusieurs ministères	Centralisé	0,2**
Liban	Oui STIP = Vision (2006)	Oui CNRS	–	CNRS depuis 1962	Organismes obtiennent appuis variés	Décentralisé	0,22*
Jordanie	Non	Oui HCST	–	HCST depuis 1987	Organismes obtiennent appuis variés	Décentralisé	0,34*
Syrie	Non	Établit en 2007 – sans influence réelle	–	Non		Décentralisé	0,12**
Bahrain	–	Higher Education Council	–	BCSR		Orienté par le marché	0,04 **
Oman	–	The Research Council	–	OCIPED Invest Promo 2002	Sponsors	Orienté par le marché	0,07**
Émirats	–	Institutional Research and Strategic Planning	–		Sponsors	Orienté par le marché	0,2
Qatar	–		–	Qatar Foundation	Sponsors	Orienté par le marché	0,6**

Koweit	–	En discussion	Oui Min. Enseignement sup. et Recherche	KFAS à la fois financement et coordination depuis 1988	Sponsors	Orienté par le marché	0,2
Arabie saoudite		KACST	Ministère de l'Éducation	KACST depuis1977		Centralisé	0,14**

Source : Rapport ESTIME (Arvanitis, 2007, p. 21). Quelques mises à jour postérieures référencées dans Hanafi et Arvanitis, 2016, p. 52-53

2.2 Scientométrie

Mais il ne suffit pas de disposer d'institutions, ni même d'une politique, d'équipements et de ressources humaines pour que suive une production régulière. Des indicateurs spécifiques ont été imaginés pour saisir l'« *output* » scientifique. Ils reposent pour l'essentiel sur des bases de données bibliographiques [5] et des outils de *scientométrie*. Ces indicateurs permettent des mesures de performance (brevets déposés, articles scientifiques publiés : volume, visibilité, influence dans chaque discipline...), des comparaisons entre auteurs, entre institutions et pays, et leur suivi dans le temps.

Au-delà des controverses sur le bien fondé de telle ou telle méthode (et sur ses possibles mésusages), il n'est pas sans intérêt de s'arrêter sur quelques ordres de grandeur qui concernent les pays arabes : ils ne prêtent guère à discussion (Rossi, 2010). En premier lieu, leur production scientifique (hors sciences humaines et sociales) – naguère presque seulement attachée à l'Égypte, a fortement progressé depuis les années 1990. Le Maghreb en est premier responsable, suivi par le Machreq dans les années 2000 et depuis peu par les pays du Golfe. Cette production est devenue « visible », et compte désormais « en volume » pour environ 15 ‰ de la production mondiale. Le Maghreb, Tunisie en tête, fait jeu presque égal avec l'Égypte (dont la production continue d'augmenter). Le Machreq (en sciences désormais pratiquement réduit au Liban et à la Jordanie) suit à bonne distance, et les pays du Golfe, quasi inexistants jusqu'il y a une décennie, font un grand bond en avant par des voies hétérodoxes (importation de chercheurs et de campus étrangers) (fig. 4).

5. Soigneusement entretenues, les plus utilisées sont le SCI (maintenant *World of Knowledge*, produit par Thomson-Reuters), SCOPUS (produit par Elsevier) et Google Scholar. Chacune se compos de notices décrivant des articles scientifiques (auteurs et leur affiliation institutionnelle – pays compris –, sujet, discipline et domaine concernés, date et lieu de publication, citations incluses). Le SCI se fonde sur un panier restreint de revues dépouillées (« les meilleures du monde », estime-t-il). SCOPUS se targue d'une couverture plus large. Google s'ouvre non seulement aux articles d'auteurs universitaires, mais à des livres, et aux écrits de journalistes spécialisés ou d'usagers éclairés. Cette base met aussi en avant non seulement le nombre de citations faites et reçues, mais le nombre des vues et des téléchargements de chaque item enregistré.

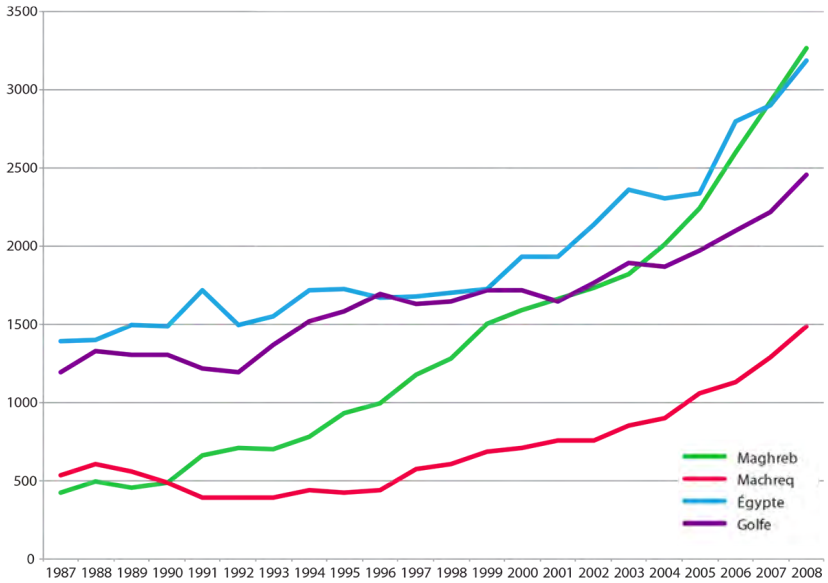

FIGURE 4 – Nombre d'articles scientifiques de la région arabe référencés par le Web of Science. *Sources : données* Web of Science, *calculs P. L. Rossi (IRD) ; données publiées dans l'*Arab Knowledge Report *(Al-Maktoum Foundation et UNDP, 2009, p. 197)*

Un second trait remarquable est la *sur-spécialisation* de tous les pays arabes en sciences de l'ingénieur, en chimie et souvent en mathématiques, grands domaines qui y occupent une place plus importante que dans la moyenne mondiale, et à l'inverse, une sous spécialisation dans d'autres grands domaines, particulièrement la biologie fondamentale et les sciences médicales. Cette tendance générale distingue les pays arabes des autres pays en développement comparables. L'Égypte est typique à cet égard, comparée au reste du monde (fig. 5).

La figure suivante s'attache en particulier aux « sciences de la vie » qui, même si elles font l'objet globalement d'une sous-spécialisation (nombre de sous domaines sont absents du tableau) présentent aussi des points forts, variables selon les lieux.

On pourrait entrer dans plus de détails, et construire des « tableaux de bord » comparant la production des pays, ou dans un même pays les institutions dans une centaine de sous-domaines et au fil du temps (fig. 6).

La couleur des cases indique les *progrès* accomplis par rapport à la précédente période (1998-2000). L'Égypte est, par exemple, en retrait à propos des maladies infectieuses. Cela ne l'empêche pas de rester le principal producteur en ce domaine (chiffres en rouge).

La Tunisie et le Liban marquent à l'inverse une expansion dans la plupart des domaines.

Ces indications peuvent guider des politiques ou mesurer leurs effets, voire révéler des foyers d'activité qui, s'ils sont méconnus par les autorités, ne le sont pas dans le milieu

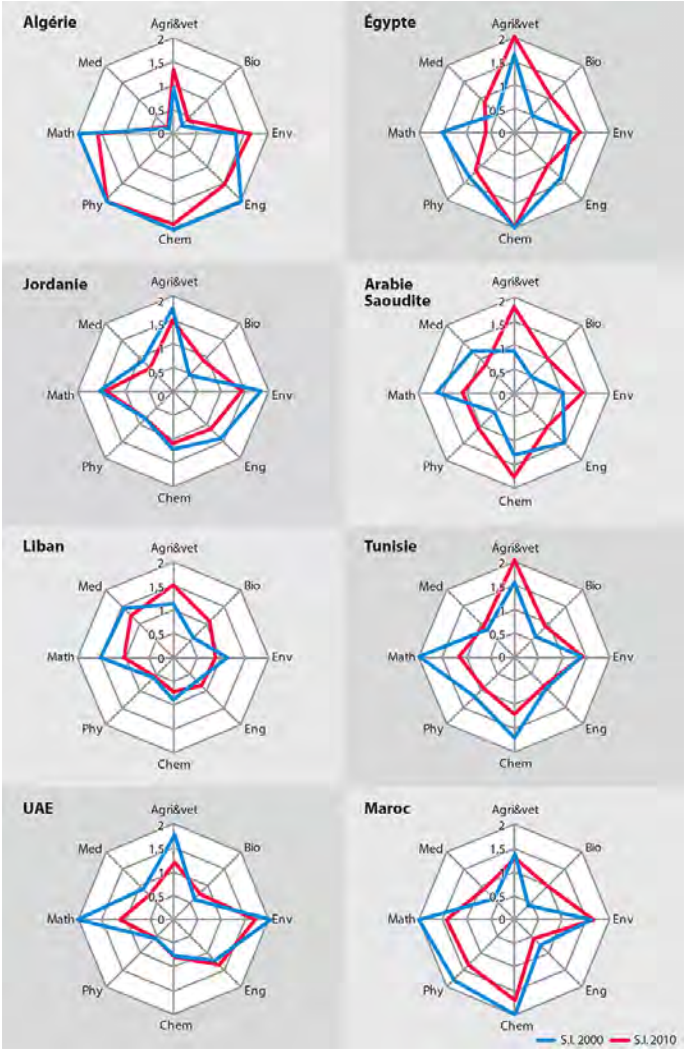

FIGURE 5 – Spécialisation disciplinaire de l'Égypte, en 2000 et 2010. *Sources : données SCOPUS (scimago), calculs et représentations Hanafi et Arvanitis, 2016, p. 100*

des pairs et les revues[6] (Waast, 2013). La bibliométrie découvre aussi des réussites inattendues en des domaines pourtant peu financés, à l'écart des priorités affichées. Le « facteur d'impact » des articles publiés y surpasse la spécialisation construite, voire la contredit (fig. 7).

6. Ainsi lorsqu'est reconnue l'irruption du Sida en Algérie, c'est l'OMS qui signale au gouvernement l'existence de son « trésor vivant » : un virologue susceptible de prendre la tête de la lutte contre cette maladie (Waast, 2013). Autre exemple : lors d'une évaluation du système de recherche au Maroc, c'est la bibliométrie qui révèle aux experts consultés et au gouvernement l'existence d'une recherche pointue en traitement du signal dans un établissement « mineur » de Fès. Il est vrai qu'il avait (sans bruit ?) remporté plusieurs appels d'offre européens en alliance avec des Autrichiens (Kleiche-Dray et Waast, 2008).

Sciences Agricoles - Publications 2001-2003 et évolution par rapport à 1998-2000

	Egypte	Maroc	Tunisie	Algérie	Jordanie	Syrie	Liban	Palestine
Hydrologie	28	75	41	39	32	ns	20	14
Irrigation	ns	ns	8	ns	ns	ns	ns	ns
Sols	28	52	25	24	21	ns	ns	ns
Conduite des cultures	24	27	16	ns	15	15	ns	ns
Amélioration des plantes	36	60	43	14	22	45	ns	ns
Physiologie végétale	56	24	18	ns	ns	ns	ns	ns
Entomologie agricole	55	33	20	10	20	ns	ns	ns
Ecologie de base	37	63	35	25	ns	ns	ns	ns
Ecologie appliquée	53	36	22	12	ns	ns	ns	ns
Industrie Agro-Alimentaire	141	47	70	17	27	ns	ns	ns
Microbiologie	75	47	57	ns	17	ns	ns	ns
Biotechnologie (méthodes...	45	9	20	ns	4	ns	ns	ns
Biotechno industrielle	27	19	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Production animale	13	ns	17	ns	ns	ns	ns	ns
Zoologie	20	16	31	10	ns	ns	ns	ns
Physiologie animale	43	24	21	16	ns	ns	10	ns
Biochimie	14	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Biologie moléculaire	10	ns	18	ns	ns	ns	ns	ns
Génétique	ns	ns	11	ns	ns	ns	ns	ns
Biologie physique	11	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Score régional max	En hausse	Stable	En baisse

FIGURE 6 – Tableau de bord : évolutions comparées en sciences médicales : huit pays méditerranéens. N. B. Les chiffres dans les cases indiquent le nombre de publications enregistrées de 2001 à 2003 (trois années pleines). Pour chaque domaine, le chiffre le plus élevé est figuré en rouge. Le sigle « ns » renvoie à un score inférieur à 6

Ainsi en Algérie pour l'écologie (essentiellement des zones arides) ; ou au Maroc pour la zoologie.

Pour conclure, la bibliométrie reste un outil incontournable pour tout essai de synthèse de type *macro* sur la science installée. Mais elle n'est pas seulement insuffisante pour répondre à toutes les questions (Gingras, 2014). Plus généralement, le caractère cumulatif et abstrait des données n'instruit guère sur les processus cognitifs et sociaux sous-jacents à la recherche dans chaque pays, sur le rôle de figures charismatiques et de petits cénacles, et sur les caractéristiques de l'activité intellectuelle dans les laboratoires. Beaucoup de questions restent sans réponse sur l'initiative, la répartition et la conduite de la recherche, le choix des sujets, la façon dont les vocations s'éveillent, et dont le public comprend et encourage la recherche : bref sur la science « vue d'en bas ».

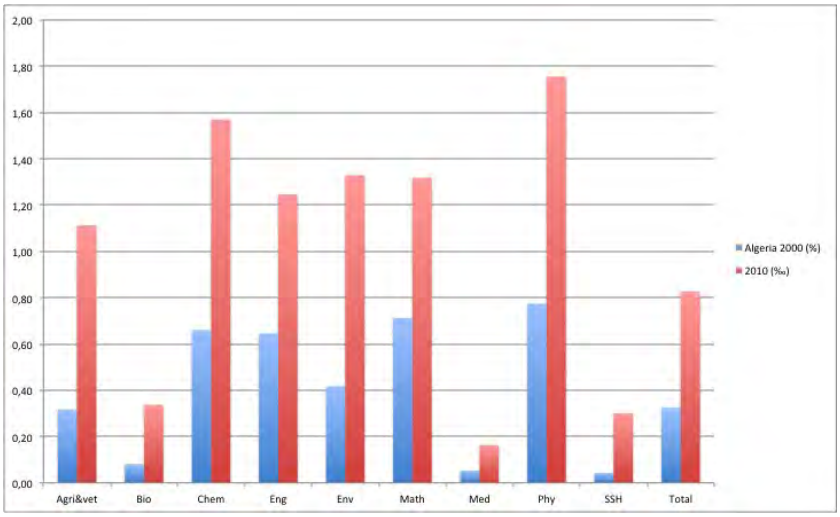

FIGURE 7 – Spécialisation et impact dans les domaines majeurs d'un pays (Algérie). *Sources : données SCOPUS (scimago), calculs et représentations Hanafi et Arvanitis, 2016, p. 100 et annexe p. 313-319*

3 Vue en plongée dans la science

Pour dépasser les limites de la bibliométrie, et rentrer tant soit peu dans la fabrique de la science (dispositions, contraintes, contenus), l'observation directe de « tranches de vie » est donc indispensable. C'est ce que nous tentons dans cette troisième partie, qui sera limitée, nous l'avons dit, aux sciences biologiques et médicales.

3.1 Santé et recherche dans le monde arabe

Un bilan de la santé dans le monde arabe (El-Zein, 2014) fait ressortir que les maladies infectieuses, à l'exception du Sida, ne sont plus la principale cause de mortalité, et que la plupart des pays sont en pleine transition épidémiologique, c'est-à-dire passage à la prédominance des maladies chroniques, affections cancéreuses, inflammatoires et cardio-vasculaires (les cardiopathies ischémiques entraînent 15 % des décès). À remarquer que le concept de transition épidémiologique est dû à Abdel Rahim Omrane, chercheur égyptien émigré aux États-Unis, dont la publication de 1971 a battu un record de citations (Weisz, 2009).

L'espérance de vie a considérablement augmenté. La plus basse est au Yémen (et en Afghanistan), en corrélation avec le caractère récent et peu développé du soin. Les causes du taux élevé de mortalité maternelle et infantile sont bien établies par la recherche. Mais la situation perdure, en raison du manque d'infrastructures et de formation des équipes. La recherche en soins infirmiers et kinésithérapie est notoirement peu avancée, en raison du statut inférieur des professionnels consacrés aux soins du corps.

La région a connu un rapide changement dans les comportements alimentaires, passant d'un mode traditionnel à une consommation de produits importés de qualité variable.

La production agricole a été aussi bouleversée par l'emploi massif de pesticides et de fertilisants. La recherche peine à apprécier l'impact probable de ces changements sur la pathologie (Moulin 2011). La pollution des villes a été mesurée dans les capitales comme Le Caire (Fayez 2008), mais son impact sur l'asthme, les allergies et les insuffisances respiratoires chroniques n'a pas suscité de programme de recherche régional ou international (Hopkins 2001). Il n'y a pas de « feuille de route » pour la santé environnementale dans le monde arabe.

Afin d'explorer plus en profondeur les processus de fabrication de la science et aussi d'appréhender le lien entre recherche et société, j'ai tenté une approche à la fois géographique et thématique :

- Géographique : j'ai étudié la dynamique d'un ensemble d'instituts de recherche, les Instituts Pasteur du Maghreb, passés d'une histoire coloniale (les « instituts Pasteur d'Outremer ») à l'intégration dans un réseau (le Pasteur Institutes International Network).

- Thématique : avec trois domaines en pleine expansion dans la région : la génétique des maladies héréditaires, la transplantation d'organes, et les recherches sur les maladies émergentes.

3.2 Une trajectoire historique. Les Instituts Pasteur du Maghreb

Les Instituts Pasteur abritent aujourd'hui une partie importante de la recherche médicale dans trois pays du Maghreb : Algérie, Tunisie, Maroc. Fondés à la période coloniale avec un certain décalage, ils ont survécu à cette période. Leur histoire a cependant été très différente au cours du siècle écoulé (Moulin, 1995).

L'Institut Pasteur de Paris avait été érigé en 1888, après la découverte d'un vaccin contre une maladie inexorablement mortelle, la rage, mais le modèle exporté a été celui d'une recherche plus large visant à identifier les microbes pathogènes et à les acclimater au service de l'homme. Ce modèle a essaimé de par le monde, pas exclusivement dans les colonies.

L'Institut Pasteur de Tunis est l'un des plus anciens. Fondé en 1893 par le neveu de Pasteur, il était d'abord consacré à l'étude de la vinification et aux vaccinations. Avec son deuxième directeur Charles Nicolle (1902), il a étendu ses compétences à l'ensemble des maladies infectieuses locales : typhus, peste, trachome, bouton d'Orient, toxoplasmose, etc. (Pelis, 2000). C'est pour sa découverte du vecteur du typhus, le pou, que Nicolle obtiendra le prix Nobel en 1928. Traversant une période difficile pendant la Deuxième Guerre, l'institut de Tunis a connu un redressement spectaculaire après l'Indépendance sous trois directeurs successifs bénéficiant également d'un long mandat. L'héritage scientifique colonial a été assumé et réapproprié (Moulin, 1998) dans un institut qui aime à rappeler son statut d'établissement d'État, signé par le bey en personne en 1902 (Chadli, 2011).

Cette continuité scientifique et politique a été plusieurs fois remise en cause à Alger, dans un autre contexte. L'institut a été créé d'abord par un universitaire de la faculté d'Alger en 1892 puis en 1907 par Émile Sergent, pastorien spécialiste du paludisme.

Au cours des conflits inexpiables entre partisans et adversaires de l'Indépendance, sa bibliothèque a été incendiée. Après 1962, il a vivoté avec une poignée de coopérants. En 1971, il a été algérianisé et a connu une crise de personnel. Il a eu ensuite du mal à trouver sa place au sein du système d'enseignement et de recherche, au cours des crises successives traversées par l'Algérie dans les années 1990. Suivant le mot d'un de ses anciens directeurs, il a été refondé trois fois [7].

L'Institut Pasteur du Maroc a encore une autre histoire. Il s'est d'abord implanté en périphérie, à Tanger, en 1911, puis Tanger est devenu marginal, et l'Institut Pasteur a été refondé dans la capitale économique de Casablanca en 1929 et s'est trouvé en rivalité avec l'Institut d'hygiène du Maroc, ouvert en 1930 à Rabat avec l'aide de la fondation Rockefeller.

L'Institut Pasteur de Paris avait fourni le modèle d'une structure alliant les caractères privé et public, tirant son financement d'une triple source : subvention de l'État, mécénats divers dont le grand public, et revenus de la production de vaccins. Les instituts du Maghreb ont hérité de cette structure souple et hétérodoxe, située en dehors de l'université, avec un financement propre adaptable en fonction de la conjoncture. Mais cette formule a aussi posé problème : recrutement du personnel dans les facultés, reconnaissance des formations par un diplôme, délimitation des champs de compétence et d'intervention.

Les instituts bénéficiaient des rentrées d'argent liées à la production de vaccins (comme le BCG). Cette production, de plus en plus difficile à assurer (sécurisation et standardisation), est passée aux mains de l'industrie pharmaceutique. Mais les instituts ont continué à percevoir une redevance en retour de leur contrôle de la qualité des vaccins importés. À Tunis, cette taxe qui finançait la recherche a été détournée par le gouvernement de Benali au profit de la pharmacie centrale en 2009 : un élément de plus pour la collusion de tous les mécontents en janvier 2011. Les instituts pouvaient (certains le font encore) tirer leur financement de la réalisation d'analyses biologiques dont ils avaient le monopole, mais avec la multiplication de laboratoires privés, ce monopole s'est érodé.

Les Instituts Pasteur du Maghreb partagent un certain nombre de caractéristiques presque mystiques, manifestant leur appartenance à une sorte de famille quasi confrérique, les pasteuriens. Héritiers d'une tradition de recherche quand elle n'était pas encore formalisée, et d'enquêtes sur le terrain en cas d'alarme, ils aiment à se targuer « d'avoir fait ce qu'on ne faisait pas ailleurs », *dixit* Koussay Dellagi, ancien directeur de Tunis. Le même a souligné l'importance de maintenir des choix apparemment en contradiction : répondre aux priorités épidémiologiques locales par la recherche en se distinguant de la veille épidémiologique de routine (veille sanitaire), tout en s'intégrant dans la haute mer de la recherche internationale [8].

Pendant la période coloniale, les Instituts Pasteur d'Afrique du Nord ont tenté de fonctionner en synergie et esquissé une différenciation de leurs axes de recherche : à l'Algérie, le paludisme, à la Tunisie le typhus et les leishmanioses (Moulin, 1996).

7. Séminaire sur l'« Histoire orale des Instituts Pasteurs du Maghreb », 1er-2 juin 2012, Institut Pasteur de Tunis.

8. Séminaire, Tunis, 2012.

Après l'Indépendance, cette différenciation a inspiré l'organisation transversale d'un enseignement alternativement donné dans les différentes capitales : à l'Algérie la virologie, à la Tunisie l'immunologie et la parasitologie, au Maroc la bactériologie. Mais la collaboration transversale reste inégale, en raison des fluctuations des rapports diplomatiques entre les pays, d'orientation politique différente, sans parler du conflit autour du Polisario entre Maroc et Algérie.

En 1972, le directeur parisien Jacques Monod s'est démarqué du paternalisme antérieur en instituant le Conseil des directeurs des Instituts Pasteur et *instituts associés*, prévoyant des actions concertées. Dans les années 1990, l'idée de réseau a progressivement prévalu pour instaurer un nouveau mode de fonctionnement. Ce réseau est formalisé depuis 2003 et s'est adjoint de nouveaux venus, en particulier d'Asie. L'*Institut Pasteur International Network* (RIIP) compte aujourd'hui 32 instituts répartis sur cinq continents et plus de 12 000 personnes, engagés dans un partenariat arrimant la recherche à la santé publique au sens large, et déployant une activité de « traduction » de ses résultats. La sociologie contemporaine voit les effets des réseaux dans une démultiplication des échanges et des potentialités d'action (Callon, 1988). Le réseau aurait également des vertus démocratiques puisqu'il est dépourvu de centre névralgique dominateur, peut héberger des influx multidirectionnels, grâce aux nouvelles technologies de l'information et de la communication, qui permettent de substantielles économies d'espace et de temps (Moulin, 2014).

Le RIIP est un exemple de réseau scientifique à l'échelle internationale. Il a adopté la logique d'une entreprise insérée dans des partenariats multiples avec d'autres instituts de recherche et aussi avec l'industrie pharmaceutique. Son essor s'est inscrit dans un nouveau registre scientifique et politique. Scientifique : la scène de la « Santé globale » est marquée par le retour des maladies infectieuses, le déploiement de la surveillance épidémiologique et la recherche de nouvelles molécules. Politique : il enregistre la nouvelle donne de la science mondiale : la suprématie scientifique des États-Unis, l'apparition de nouveaux venus comme l'Inde et la Chine. Le réseau redit ainsi avec les mots de son temps la triple mission assignée par les pères fondateurs de l'Institut Pasteur : recherche-formation-applications, avec des technologies infiniment plus sophistiquées que les milieux de culture des premiers microbiologistes, plus coûteuses et plus gourmandes en personnel hautement qualifié.

La structure du RIIP est censée faciliter l'intégration mondiale des connaissances, au fur et à mesure de leur production locale. Officiellement, le jeu est ouvert et n'exclut donc au Maghreb ni les regroupements transversaux ni les coopérations entre pôles géographiquement éloignés. L'intégration dans des programmes financés par l'Union européenne ou d'autres bailleurs pourrait atténuer les réticences et les rivalités, en même temps qu'attirer ceux des pays de la région qui sont jusqu'à présent peu actifs dans la recherche biomédicale, comme la Mauritanie et la Libye. Bref, un tel réseau pourrait servir à rééquilibrer les inégalités techniques et économiques de la République des Sciences, dans le monde arabe et musulman, où le Maghreb peut exercer son influence.

Les Instituts Pasteur du Maghreb, entité en voie de redéfinition, illustrent une option de recomposition des institutions de recherche en biomédecine dans les pays du

sud. Leur participation à un réseau constitue une tentative pour infléchir le cours de l'histoire : à la fois capitaliser sur les liens avec la France, répondre aux sirènes de l'Union européenne arrimant la rive sud de la Méditerranée à son propre destin, et garder une marge de manœuvre en direction des pays de leur choix. Le tout en préservant, selon la belle formule de Koussay Dellagi, « l'estime de soi », ce qui veut dire la fierté de l'accomplissement d'une recherche scientifique de qualité répondant aux besoins de santé locaux (pas nécessairement « l'excellence » ressassée), alliée à l'intervention dans les grands programmes scientifiques de la planète. L'histoire des instituts Pasteur du Maghreb est donc à tous égards instructive sur l'évolution possible de la science dans les pays arabes et au-delà, et la nécessité de tenir compte du poids de différents facteurs, politiques (nationalisme / panarabisme), culturels et religieux, dans les engagements futurs.

Mais si les pays de la région sont plongés dans la science-monde, comment les sociétés locales réagissent-elles et s'approprient-elles les innovations nées de ces recherches ?

3.3 Trois sondages transversaux de la recherche biologique dans les sociétés arabes

3.3.1 Premier cas. La transplantation d'organes : rattraper un retard, ou prendre une avance ?

En terres d'islam, l'histoire de la greffe d'organes est souvent dite en termes de rattrapage de retard scientifique (Ben Ammar, 2009). En effet, si la première greffe rénale réussie dans le monde a eu lieu en 1954 à Boston, aux États-Unis, avec un donneur vivant, elle n'a été réalisée que vingt ans plus tard en Égypte, trente ans pour la Tunisie, quarante ans pour le Pakistan (1995) et le Yémen (1999), cinquante pour le Sénégal (2012). En 1992, les sociologues américaines Renée Fox et Judith Swazey prédisaient qu'aux alentours du deuxième millénaire la chirurgie compterait un quart de transplantations et de remplacements d'organes défaillants. La greffe est souvent célébrée comme l'archétype de la modernité et la preuve irréfutable d'un progrès scientifique et technique qui recule les échéances naturelles. Elle confronte les fins propres de la recherche scientifique et les demandes de la société, émanant des malades et de leurs familles, et met en jeu le respect des valeurs que cette même société revendique.

En 2012, à Istanbul, a été tentée sur un jeune homme une transplantation des quatre membres à partir d'un cadavre. Pas moins de cinquante chirurgiens participaient à cette intervention qui s'est soldée cependant par un échec. En 2011, à Antalya, toujours en Turquie, une transplantation d'utérus de cadavre a eu lieu sur une jeune femme née sans utérus [9]. À cette occasion, on a redécouvert que la première opération de ce type avait été effectuée en 2000 à Djeddah, en Arabie saoudite, avec un utérus prélevé sur une femme ménopausée : comble de modernité, elle avait été conduite par une femme chirurgien, le Dr Wagida Fageeh (Fageeh, 2002). Après la greffe, des règles sont apparues, mais la coagulation a imposé une hystérectomie deux mois plus tard. Dans sa publication, le Dr Fageeh soulignait que la greffe était une réponse au drame de l'infertilité féminine, dans un pays où les mères porteuses sont interdites [10]. Elle

9. http//rt.com (news/first-uterus-surgery-success-845/).
10. Elle ne mentionne cependant pas que le prêt d'utérus est possible à l'intérieur d'une famille polygame.

se référait à l'autorisation donnée à « la greffe d'organes reproductifs sans transfert d'information génétique » par le Conseil de jurisprudence islamique en 1990.

Cependant une rapide revue des statistiques montre que les programmes de greffe ne sont pas très actifs, en Afrique du Nord et au Moyen-Orient. Les prélèvements multi-organes y sont vingt fois moins nombreux en moyenne qu'en Occident (Ben Ammar, 2009, p. IX). C'est que la transplantation n'est pas simple application du savoir sur l'introduction de cellules étrangères dans un organisme, elle est utilisation des corps humains et de leurs substances circulant entre les vivants et entre morts et vivants (Tittmus, 1971). Le retard des transplantations en pays d'islam traduit l'inégalité de formation des spécialistes et le manque d'équipes entraînées, il reflète aussi les réactions des sociétés à une pratique qui peut heurter certaines valeurs et croyances. L'exemple de la greffe reviendrait-il alors à infirmer le modèle partagé d'une science universelle en progrès continu ?

L'Arabie saoudite, souvent présentée comme le gardien de la tradition, a autorisé le prélèvement sur cadavres afin d'élargir le pool d'organes disponibles. Les *fatwas* (« avis juridiques ») ont raisonné par analogie entre le prélèvement sur cadavre et l'autopsie, justifiés par l'un des trois buts : formation des étudiants, procédure médico-légale, exploration du corps humain. À l'exception du Liban pluriconfessionnel, la législation des pays arabes, y compris les plus « séculiers », se réfère à la Shari'a comme source principale ou exclusive du droit. La Tunisie a effectué la première greffe de rein en 1986 (Ben Ammar, 2009, p. 157-171). La loi de 1991 a encadré le prélèvement d'organes sur donneur vivant comme sur le cadavre. Mais en dehors de ces cas, dans l'ensemble des pays arabes et musulmans, les statistiques montrent une proportion écrasante de donneurs vivants, sans commune mesure avec les pays d'Europe où le plus haut taux (en Norvège) ne dépasse pas 50 % (Thiel, 2009, p. 51-57).

L'Égypte a été un des premiers pays à réaliser une greffe de rein à Mansourah, en 1976, et dès les années 1999, le nombre des greffes y dépassait les trois mille. La greffe de foie (Thomas Starzl, Pittsburgh, 1967) introduite en 2003 est très pratiquée dans un pays qui connaît le taux mondial le plus élevé d'infections par l'hépatite C, pourvoyeuse de cirrhoses et cancers du foie. Le débat sur le prélèvement cadavérique a duré trente ans et la loi est passée en 2010, soit un peu avant la Révolution de janvier 2011. En 2014, les décrets d'application n'ont pas encore paru...

L'option du prélèvement sur cadavre est techniquement plus coûteuse et plus complexe que le recours à un donneur vivant. Elle suppose la mise en place d'un laboratoire biologique de référence pour la sélection des donneurs, et des moyens de conservation des organes et de transport rapide. Mais le débat est ailleurs. Pour la définition de la mort, permettant de traiter comme un cadavre un corps au cœur battant et respirant sous ventilation assistée, le cheikh de la République égyptienne s'en remet à l'avis des médecins, hommes de foi et de compétence, investis par Dieu d'une mission et seuls détenteurs des connaissances en la matière [11]. Mais d'autres voix se font entendre. Vedette des médias, l'imam Sha'rawi a incarné une opposition catégorique à toute transplantation, à une médecine qui ose se présenter hyperboliquement comme « don

11. Communication à la Journée franco-égyptienne sur la transplantation organisée par le Centre culturel français, Le Caire, 2005.

de la vie » (Hamdy, 2012). Incarnant une opposition au fond politique, il représentait aussi l'angoisse de la population vis-à-vis d'un système de santé défectueux et d'une profession médicale arrogante. Les questions de santé ont fait partie des ferments de mécontentement qui ont mobilisé les foules en Égypte en janvier 2011 (Moulin, 2011). D'autre part, la préférence donnée à la greffe avec donneur vivant ne repose pas sur la solidarité familiale ou communautaire, mais sur l'existence d'un marché constitué par les Égyptiens pauvres ou les nombreux migrants du Soudan et de la corne de l'Afrique. Officiellement un tel commerce n'est pas autorisé, mais l'explosion de la demande a entraîné une véritable bourse aux organes. La situation est analogue au Pakistan (Moazzam, 2006).

En Égypte, une profonde méfiance perdure vis à vis de l'État garant de la santé publique comme à l'égard des hôpitaux où se fait la recherche (Moulin, 2014). La faiblesse de la société civile, les difficultés socio-économiques et les défaillances politiques concourent autant que les sensibilités islamiques au fonctionnement dysharmonieux de la greffe, qui peut ainsi aggraver les inégalités dans des sociétés « malsaines » (Wilkinson, 1996). De surcroît, la recherche ne tire aucun enseignement des greffes effectuées avec un donneur tout-venant qui disparaît dans la nature après avoir cédé un organe. En 2005, le tollé international a conduit l'Égypte à mettre en place un dispositif d'enregistrement des donneurs avec dossier médical. Pour lutter contre le trafic d'organes, le Dr Al-Hamdi, président du Conseil de l'Ordre et du syndicat des médecins, s'est allié avec une ONG américaine, COFS, ou *Coalition for Organ-Failure Solutions* (Tober et Budiani, 2007). L'analyse comparée de la greffe est donc un coup de projecteur intéressant sur le fonctionnement de la science dans les pays d'islam qui en absorbent et développent les innovations. La « percée » de la transplantation d'utérus à Djeddah révèle l'importance des demandes de la société dans le choix des axes de recherche.

Les techniques de procréation assistée ont aussi été très intensément convoitées. La Fivette, en Grande-Bretagne, datait de 1978, le premier centre de fertilisation *in vitro* s'est ouvert en Jordanie en 2000, non loin de la frontière avec les territoires palestiniens, son fonctionnement dûment accrédité par une fatwa. Il a connu immédiatement un énorme succès et a attiré des clients de tout le Moyen-Orient. En 2014, il y a une vingtaine de centres en Jordanie, et presque une centaine en Égypte. Le Maroc, après le succès grandissant des instituts privés, édifie un grand centre de recherches cliniques sur les sciences de la santé reproductive à Rabat. Cet exemple suggère non pas un carcan islamique s'opposant à l'essor de la raison triomphante, mais l'aspiration des sociétés à un encadrement islamique des innovations technologiques, en matière de santé comme dans d'autres domaines.

Notre deuxième cas est également suggestif de la façon dont les sociétés poursuivent leurs buts propres à travers la recherche.

3.3.2 Deuxième cas, la génétique : « Genome Arabia, at last ! »

Tel a été le mot d'ordre lancé par Fahd Al-Mulla, biologiste formé à Glasgow, et exerçant à l'université du Koweït, au congrès international de génétique, tenu à Singapour en 2013.

La recherche en génétique moléculaire bouillonne (Jordan, 2009). Dans la foulée d'une série de percées : acides nucléiques reconnus support de l'hérédité (Avery et McLeod, 1944), double hélice de l'ADN (Watson et Crick 1953, Nobel 1962), séquençage des acides nucléiques (Sanger 1977, Nobel 1980), les projets de cartographie (*mapping*) puis de séquençage du génome humain, à partir de 2003, ont mobilisé les scientifiques à la recherche de nouveaux horizons mais aussi d'outils diagnostiques, pronostiques et thérapeutiques (Cohen, 1993 ; Munnich, 1999). Ces découvertes ont électrisé le monde arabe (Teebi, 1997).

Cependant, selon Al-Mulla, les Arabes auraient été les laissés pour compte de la recherche génétique en populations, du « *Human Genome Project* » à celui des « Mille génomes », où aucun « Arabe » ne figurait, et des *HapMaps* I, II et III. Mais Al-Mulla n'exclut pas que les Arabes se soient eux-mêmes tenus à l'écart du *mainstream*. Le génome est proche de la parole du Dieu créateur, logos intouchable. Michel Serres n'a-t-il pas dit qu'avec la recherche génétique, « nous avions mis la main sur l'entendement divin » (Testard, 1997, p. 11) ? Pourtant, nombre d'ouvrages de vulgarisation désignent le Coran comme le dépôt d'une science sacrée du corps, ouverte à une exégèse célébrant les merveilles de la Création et autorisant donc l'investigation génétique.

Plus prosaïquement, la génétique peut aussi remettre en question nombre de croyances et de convictions qui fondent l'ordre social. L'égalité prévue par l'islam entre les croyants est contredite par la hiérarchie qui règne dans les sociétés. Par exemple, en Oman, l'ordre social repose sur une classification des tribus, qui sous-entend une sorte de pureté endogame et minimise les effets du brassage ethnique et social, de l'esclavage, des migrations séculaires et d'une polygamie étendue (Beaudevin, 2010, 2014). Le génome est le lieu où dorment ces secrets, que les dirigeants et les élites craignent de divulguer.

Al-Mulla a prévu de séquencer le génome de 500 individus « arabes » patentés. La Fondation nationale de la recherche du Qatar lui a alloué 1 million de dollars et il cherche d'autres financements. Le Center for Arab Genomic Studies (CAG), à Dubaï, collecte à partir des publications les séquences d'individus « arabes ». Le projet de « *Genome Arabia* » implique le Qatar, l'Arabie, le Bahreïn, le Koweït, les Émirats arabes unis, le Liban et la Tunisie, où Habiba Chaabouni puis Lihadh Al-Gazali ont remporté en 2006 et 2008 respectivement le grand prix de la Fondation L'Oréal pour les femmes. Pour le moment, le programme utilise une puce commercialisée qui permet de compter près d'un million de *Single Nucleotide Polymorphisms* (SNP) et constitue déjà un outil d'analyse performant, mais il vise à terme le séquençage intégral de l'ADN.

La consanguinité est un grand facteur de risque de maladies héréditaires, Al-Mulla en reconnaît la fréquence : la moitié des unions du Koweït seraient consanguines. La gestion de la consanguinité (*counselling*) est problématique dans la plupart des pays musulmans, en raison du mariage préférentiel avec le fils de l'oncle maternel et de la tradition d'endogamie dans les communautés, même urbaines (Moulin 2013). Al-Mulla revendique l'originalité et le potentiel heuristique du « génome arabe », précisément en raison de ces particularités socioculturelles : à preuve, la rareté des mutations dans

les gènes BRCA1 et BRCA2 du cancer du sein dans le Golfe [12]. Des mutations létales ont pu être prévenues dans le passé. Le diabète enfin illustre l'urgence du dépistage génétique et de la prévention d'affections qui représentent un énorme fardeau économique dans les pays du Golfe et l'ensemble du monde arabe : le pourcentage de diabétiques non insulino-dépendants peut atteindre les deux tiers de la population.

Le projet *Genatak* (« Vos gènes »), à la Global Med Clinic du Koweït, auquel collaborent Oxford et un réseau belge et malaisien, vise à introduire la génétique en médecine clinique, pour améliorer la procréation via le diagnostic prénatal et même préimplantatoire (tri des embryons) et remédier ainsi aux souffrances des populations.

Avant l'entrée en scène des pays du Golfe, le Liban s'était illustré dès 1994 par des travaux de génétique tirant parti de la forte consanguinité intracommunautaire pour étudier les maladies de l'hémoglobine comme la drépanocytose (anémie falciforme) et la thalassémie. André Mégarbané qui a reçu de multiples récompenses internationales dont le prix Al-Fassi en 2013, dirige un laboratoire de génétique à l'université Saint-Joseph, devenu depuis 2004 pôle d'excellence régional pour le Bureau de la Méditerranée orientale de l'OMS, en relation avec les universités de Yarmouk (Jordanie), de Sfax, l'Institut Pasteur de Tunis, et des universités françaises.

Grâce à leur avancée en médecine, les pays du Maghreb ont pris très tôt conscience du défi à relever. Ils ont perçu dans la recherche génétique la possibilité d'explorer les maladies héréditaires, un champ peu connu et concurrencé, depuis la révolution bactériologique, par les maladies infectieuses. Les maladies héréditaires ne relevant ni des thérapeutiques ni de la prévention par les vaccins ou par l'hygiène se confondaient avec un destin sans issue (Romdhane et Abdelhak, 2012). La génétique a donc été retenue comme un enjeu prioritaire pour bâtir de nouvelles compétences scientifiques socialement utiles et mettant en valeur l'importance de la recherche. Les travaux de génétique ont reposé sur une technologie évoluant rapidement dans les pays les plus avancés, qui a raccourci les temps de travail et gagné du temps aux pays arabes méditerranéens quand ils ont rejoint le *mainstream*.

La Tunisie a pris fortement position dans ce domaine. Ses chercheurs, par exemple à l'Institut Pasteur, soulignent l'intérêt, pour un petit pays de 10 millions d'habitants, avec un niveau élevé d'éducation supérieure, de tirer parti de ses caractéristiques de population. Plus de 500 maladies héréditaires différentes ont été rapportées dans la population tunisienne. La base moléculaire à l'origine de ces affections n'est pas connue pour la moitié d'entre elles. Le spectre mutationnel de ces affections comprend des mutations spécifiques aux Tunisiens, mais également un grand nombre de mutations fondatrices partagées avec d'autres populations d'Afrique du Nord, du Moyen-Orient ou du pourtour méditerranéen et parfois même des populations nordiques. Ces mutations présentes dans les génomes de la population tunisienne d'aujourd'hui reflètent des événements historiques. La fréquence de l'homozygotie par descendance donne plus de chances de repérer des mutations fondatrices d'une anomalie donnée : surdité, troubles de la vision ou tumeurs congénitales. La Tunisie pourrait ainsi acquérir un rang enviable dans une recherche biologique de pointe, de surcroît riche en applications pratiques.

12. www.al-mulla.org/

L'entreprise n'est pourtant pas simple, en raison du coût d'outils désormais brevetés au fur et à mesure de leur lancement. Se borner à enregistrer les données des pays les plus avancés en leur déléguant le séquençage des gènes intéressants signifierait un arrêt de mort pour la recherche. D'autre part, le fonctionnement de laboratoires de recherche suppose des chercheurs bien formés, mais aussi des ingénieurs pour une maintenance autonome. D'où l'importance du *capacity building* des jeunes générations, qui commence au fond dès l'école. Il est crucial d'initier écoliers et étudiants à une pratique « *hands-on* » de la science vive, qui ne s'apprend pas dans les livres.

La collaboration au sein de consortiums unissant les institutions du Maghreb avec celles du nord de la Méditerranée, offre donc de bonnes chances de faire progresser rapidement la connaissance génétique, par exemple dans le cadre des projets ERA-Wide, en 2010 (Pancera *et al.*, 2013). Mais pour le moment, les applications préventives sont assez limitées. Si le conseil génétique est possible au vu de l'arbre généalogique des familles, en 2014 il n'existe pas encore de diagnostic préimplantatoire ni même de dépistage à la naissance de la phénylcétonurie, qui permettrait à des parents d'éviter une descendance affligée de lourdes anomalies.

La situation de l'Algérie et surtout de la Tunisie et du Maroc est donc paradoxale par rapport à celle des pays du Golfe, qui peuvent se permettre d'investir d'emblée lourdement dans des techniques coûteuses et d'embaucher des savants venus d'ailleurs. En même temps, la comparaison des projets entre Maghreb et Machreq suggère des divergences théoriques. Le projet même de déchiffrage du « génome arabe » est ambigu. Il ne correspond pas aux premières données d'un génome nord-africain loin d'être monolithique et ressemblant plutôt à une « mosaïque » (Alexandropoulos, 2000) d'haplotypes, dont certains fort rares. (À ce propos, le projet *Hapmap* n'avait peut-être pas intégré d'Arabes, mais avait inclus les Mozabites d'Algérie.) La dénomination « Arabe » a-t-elle un sens véritablement scientifique ? De toute évidence, les arbres phylogéniques ne correspondent pas strictement à des classifications ethniques telles que berbère, arabe, andalou, persan, indien etc. L'unification autour d'un projet du « Génome arabe » soulève donc nombre d'interrogations sur la nature de l'identité arabe soudant les pays, qui de toute évidence n'est pas vraiment une question de génétique.

Le projet *Genome Arabia*, qui donne lieu à des congrès réguliers dont le dernier à Dubaï en 2013, n'en constitue pas moins un puissant stimulant pour l'intensification de la recherche à l'échelon régional. Un chercheur prétend même que le génome est en train d'entrer dans les peurs et les obsessions populaires sous la forme d'un « *Djinnome* » (Pankhurst, 2014) !

3.3.3 Troisième cas. La surveillance des maladies émergentes et les prémisses d'une « Santé globale »

La santé internationale représente un enjeu à la fois scientifique, c'est la continuation du grand inventaire des germes qui a commencé à la fin du XIXe siècle, et politique (Moulin, 1995). Avant 1914, seul un petit groupe de grandes puissances conduisait la recherche sur les épidémies et définissait les règles du transit des marchandises et des hommes, même s'il y avait des représentants de la Perse et de l'Empire ottoman, lors

des dix conférences internationales sur la peste et surtout le choléra (Chiffoleau, 2005). Le pèlerinage de la Mecque était placé sous haute surveillance. En 1932, la décision de l'Arabie saoudite d'assumer désormais seule la sécurité sanitaire, y compris celle des étrangers sur son territoire, est passée inaperçue. Pourtant, en termes d'impact symbolique, elle était l'équivalent de la nationalisation du canal de Suez.

En 1947, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a clairement posé les bases d'un gouvernement du monde sur de nouvelles prémisses. Elle a fait des programmes de lutte contre les maladies infectieuses un outil de sa diplomatie de paix, en apportant un soutien à des projets régionaux de recherche et à un réseau de laboratoires auxquels elle conférait un label. L'idée d'éradication des microbes paraissait faite pour illustrer les bienfaits d'une recherche conduite en commun par tous les pays (Moulin, 2004). Le succès sur la variole serait le premier pas d'une marche triomphale (Winslow 1980). Si l'éradication de la malaria envisagée dès les années 1960 marqua rapidement le pas, en revanche furent mises en place des politiques visant tuberculose, lèpre, syphilis et pian, poliomyélite, trachome cécitant, filarioses... Après plusieurs déconvenues, le programme d'éradication, plusieurs fois ajourné et remanié, a évolué vers les mots d'ordre de contrôle et de *containment* (Garrett, 2000*)*. La « Vision pour l'an 2000 », sans renoncer totalement à l'idée d'éradication, a détourné les efforts dans une autre direction, celle des émergences (dont le prototype est l'arrivée du sida en 1981) et des réémergences comme la grippe.

Le monde de l'OMS est découpé en six régions. Le bureau régional qui nous intéresse est celui de la Méditerranée orientale, situé au Caire. La « région méditerranéenne » va du Maroc à l'Afghanistan (moins l'Algérie, dévolue au Bureau Afrique !). Pour la grippe, c'est une région importante puisqu'elle abrite des réservoirs de virus comme les oiseaux migrateurs et les volailles domestiques. L'identification des souches circulantes et de leurs mutations par les laboratoires locaux est donc essentielle.

En 2006, au moment de l'épidémie de AH5N1, l'Égypte avait fait partie des cinq pays comptant une mortalité humaine notable. Elle a réagi immédiatement en détruisant les volailles réservoir de virus, et envoyé régulièrement des bulletins de santé (Fintz, 2010). En 2008, son travail a été reconnu par le choix de Charm el-Cheikh pour accueillir la conférence internationale sur la grippe, où pas moins de 150 pays étaient représentés. La reconnaissance d'un retour des maladies infectieuses (« émergentes » ou « réémergentes ») se doublait de la proclamation optimiste d'une mobilisation scientifique sans précédent des états de la planète, et de la détermination des gouvernements à prévenir la pandémie grippale annoncée. Cette mobilisation se voyait attribuer d'autres bénéfices comme l'atténuation des inégalités de formation dans les services de santé humaine et vétérinaire, d'un pays à l'autre, et l'amélioration de la gouvernance par l'exercice d'une « transparence sans bruit » (la vétérinaire Brugère-Picoux) dans la prise de décision et la communication etc. La vision d'une mondialisation bienfaisante, *One World One Health*, suppose un équilibre entre l'affirmation de la souveraineté des états et l'aide des pays les mieux nantis aux côtés des moins favorisés pour favoriser la recherche. À Charm el-Cheikh, on assistait à la mise en place d'un nouvel ordre sanitaire, pierre d'attente d'un ordre international qui ne

serait plus seulement « l'ordre relâché » (Laidi, 1993) ayant fait suite à l'effondrement de l'URSS.

Au début du XXIe siècle, il y a donc volonté de rupture avec une histoire qui avait consisté dans le passé à protéger les uns *contre* les maladies des autres (Harrison, 2006) et d'adoption d'un modèle inouï de sécurité sanitaire impliquant de nouvelles technologies comme les SIG (systèmes d'information géographiques) et de nouvelles références théoriques comme les concepts de « biens publics communs ». La grippe aviaire a illustré un concept inédit, la *preparedness*, sans équivalent en français (Moulin, 2007), impliquant la rédaction de plans et la répétition de scénarios, sur un tempo ressemblant au temps réel. Les pays de la Méditerranée orientale ont ainsi procédé à des gammes pour démontrer leur capacité, le moment venu, à exécuter en virtuoses le morceau de musique bien réel. Le plan de *preparedness* universelle constitue une matrice transférable non seulement à d'autres maladies pestilentielles, mais à une série d'états d'urgence déclenchés par des nuisances variées, dont le bioterrorisme ou même le terrorisme tout court. La préparation face à la pandémie implique en effet la confection d'une image du monde constamment mise à jour grâce aux SIG implantés dans les différents pays.

Cependant le savoir contemporain montre de nombreuses zones d'incertitude. Par exemple, la question reste ouverte du rôle prédominant des contaminations par circulation illégale des volailles à l'intérieur des pays et entre les pays, ou de la responsabilité dominante des oiseaux sauvages. Le premier scénario revient à privilégier les élevages de type industriel sur les élevages domestiques (Keck, 2013), une décision aux conséquences sociales considérables. De multiples questions scientifiques se posent aussi sur le phénomène de mutabilité qui n'est peut-être pas particulier aux virus de la grippe. Finalement, le plan de *preparedness* serait-il un simple stratagème politique et diplomatique dans un monde instable ? S'inscrit-il vraiment dans une épopée scientifique où il signifierait l'accès à une rationalité d'essence supérieure, la concrétisation du principe de précaution à l'échelle mondiale (Kourilsky et Vinet, 2000), qui aurait de plus les vertus d'un plan de justice et de démocratie ?

Le thème de l'émergence microbienne illustre les enjeux politiques et scientifiques de la recherche dans les pays de la Méditerranée orientale, alias le monde arabe et musulman. En Égypte, le laboratoire de référence pour les virus est le laboratoire de la marine américaine (NAMRU-3) [13]. Il a été installé en 1943 dans la banlieue du Caire, à la suite de l'épidémie, la dernière en date en Égypte, de paludisme (importé par les troupes remontant de Bir-Hakem). Il s'est distingué, après son ouverture, par la découverte d'un virus inconnu, le virus Sindbis, qui a pris le nom du petit village égyptien où il avait été repéré (Fintz, 2012). C'est pour les virus de son espèce que Stephen Morse, épidémiologiste du CDC (Centers for Diseases Control), a créé en 1989 l'expression de virus émergents (1993).

Depuis la deuxième guerre, NAMRU-3 joue le rôle de centre de référence pour l'identification des agents pathogènes. Or un laboratoire national, situé au Centre de la recherche scientifique du Caire, travaille également dans ce domaine des virus émergents, avec des collaborations internationales, par exemple sur les coronavirus (Per-

13. Naval American Medical Research Unit.

era, 2013), avec le laboratoire de Hong Kong qui s'était distingué lors de l'épidémie de SRAS (Abraham, 2005). (Un nouveau coronavirus a été identifié en 2012 en Arabie, la maladie associée a été appelée le *syndrome respiratoire moyen-oriental à coronavirus)*. Le laboratoire égyptien entend à terme prendre le relais du NAMRU comme centre de référence national et international. Ses chercheurs aiment à rappeler (Kayali, 2013) que la grippe avait été identifiée dans une publication égyptienne parue dans le journal anglais *Lancet* en 1892, l'année où l'épidémie a emporté le khédive Tewfiq [14]. L'Égypte vient en tête du palmarès pour le nombre de séquences virales identifiées.

La recherche virologique internationale est essentielle dans le cas de la grippe pour assurer la prévention par un vaccin adapté contenant les souches déjà circulantes, susceptibles de diffuser au cours des mois suivants. La région méditerranéenne participe à cet échange qui en retour fixe son rang hiérarchique dans la compétition pour l'excellence, le mot d'ordre accepté par les participants à ce nouveau grand jeu (Alenzi, 2010). En revanche, et c'est particulièrement illustré par le cas de l'Égypte, la surveillance animale et humaine est plus ou moins bien acceptée par les sociétés, dans la mesure où elle s'inscrit comme une nouvelle contrainte s'exerçant souvent sur les plus faibles (femmes, paysans) et se rattache à la violence multiséculaire de l'État (Moulin et Radi, 2008), ce qui nous renvoie à la question de la gouvernance et de la démocratie.

Conclusion
L'impact des révolutions sur la géoscience arabe et de la géoscience sur les révolutions

Ce tour d'horizon s'est efforcé de répondre aux grandes questions de l'ouvrage collectif, à propos de ce que j'ai improprement nommé la science arabe, une nébuleuse que j'ai configurée autour de l'Égypte pour des raisons à la fois historiques et contingentes. Chronologie des principaux événements, création des institutions scientifiques, grandes applications du progrès des connaissances, ont été abordées, particulièrement dans le domaine de la biomédecine, éminemment apte à illustrer l'impact de la science sur les sociétés. Les sciences biomédicales jouissent d'un prestige particulier. Elles alimentent les rêves d'une naissance sans risque, d'une longévité prolongée, d'une amélioration des performances du corps et de la qualité de la vie. Cependant elles nourrissent aussi toutes sortes de doutes et la suspicion que, comme l'eau dans un autre contexte, la science est l'amie du puissant (Bedoucha, 1987). La défiance est grande envers les poisons de l'industrie pharmaceutique, les outrances de la médicalisation, le refus de tenir compte dans le soin de la diversité des cultures locales.

Avant 2011, la plupart des rapports internationaux sur la science dans la région soulignaient des facteurs négatifs comme la place insuffisante faite aux femmes, les défauts de l'instruction primaire et secondaire et de l'initiation aux sciences, la pesanteur de la hiérarchie et l'insuffisance de l'encouragement à une pensée critique considérée comme inhérente à la démarche scientifique (PNUD, 2003 ; Unesco, 2009). Les Unions pour la science et les sociétés savantes clamaient l'antienne d'une « société du savoir » à faire

14. « Epidemic influenza in Egypt », *Lancet*, 23 juin 1894, p. 1369-1370.

advenir, comme l'antidote aux pesanteurs du passé et le prélude au développement économique et à la démocratie.

Les jeux de la science ne sauraient être déconnectés de la politique internationale. La Méditerranée est un lac où se croisent depuis plusieurs décennies les projets de recherche émanant de multiples organisations. Tout a été dit sur cette recherche internationale assistée, ses qualités et ses inconvénients, quand elle se conjugue avec la difficulté d'établir sur le terrain un partenariat véritable dont il est encore difficile d'apprécier concrètement les critères.

On attendait tout des révolutions scientifiques qui briseraient le cycle du passé (Arvanitis, 2014). C'est la révolution politique qui est venue. Le changement de cap en Tunisie et les révolutions qui ont suivi ont illustré clairement l'étendue des inquiétudes et des frustrations des sociétés et des individus. *Kabt*, frustration, est un mot qui a sans cesse résonné dans les conversations, de la place Tahrir à tous les autres hauts lieux de la contestation. Dans les suites des printemps arabes, la science dans la région est de nouveau interpellée, pour savoir si elle peut aider à la roue pour modifier le sens de l'histoire. Peut-elle fournir un banc d'essai pour introduire une rationalité nouvelle dans les décisions touchant par exemple l'environnement, le choix des énergies, la santé, l'alimentation, l'eau ? Elle peut aussi nourrir l'arrogance d'une élite poursuivant ses propres objectifs, y compris son inscription au palmarès d'une excellence désincarnée et lointaine. En Égypte, l'avenir dira ce que choisiront les élites actuelles, refusant le dilemme entre l'enfermement dans une tour d'ivoire et l'émigration.

Quelques remarques pour finir. L'informatique a été à l'origine d'une véritable révolution culturelle dans le monde arabe. Les bibliothèques ou les musées n'ayant guère réussi à favoriser une culture scientifique, l'internet a donné à ses adeptes un fabuleux accès à des ressources jusqu'alors inaccessibles, leur créant un espace horizontal où ils pouvaient déjouer la hiérarchie, s'exprimer sans contrainte et à cette occasion partager et remettre en question leurs connaissances et leurs certitudes. L'envers est le pillage et le copiage, voire la fraude. Mais les avantages de cette fenêtre sur le monde l'emportent certainement de loin sur les inconvénients.

Il y a sûrement quelque chose de révolutionnaire dans cet accès élargi de la nouvelle génération à la science et aux sciences, l'entrée dans la société du savoir tant célébrée. Une première question se pose sur le rôle d'une diaspora dont la voix devrait se faire entendre toujours davantage. En 2011, un certain nombre de scientifiques tunisiens mais aussi égyptiens ont décidé de revenir chez eux pour faire bénéficier leur pays de leurs compétences. La deuxième question est celle de l'impact sur la jeunesse du nouveau mode de circulation des connaissances. Pascal Ménoret, observateur attentif en Arabie saoudite, a noté en 2003 qu'elle est plus urbaine, mieux éduquée, plus ambitieuse que la précédente.

L'impact des révolutions sur la science dans les pays arabes est donc à suivre avec attention. Les femmes y joueront probablement aussi un rôle croissant. En 2014, l'université de la princesse Noura en Arabie saoudite accueille 40 000 étudiantes dont on ne connaît pas pour le moment le destin professionnel, mais qui joueront sûrement un rôle, à la faveur du déplacement du centre de gravité du monde arabe vers le Golfe.

La prédiction du devenir de la science dans le monde arabe et musulman comporte une part de risque ; ce risque que le principe de précaution essaie d'exorciser dans les sociétés contemporaines. Mais le terme de risque précisément nous viendrait de l'arabe *rizq*, qui désigne dans la langue savante coranique la part à réserver dans le produit de l'activité humaine pour la communauté, ce qu'on traduit parfois par viatique, l'excédent qui sert de provision, la part du pauvre. En ce sens, on peut dire que la science dans la région dont nous avons donné une esquisse bien imparfaite représente un risque, au double sens d'aléa et de réserve vitale pour le reste du monde.

Remerciements

Ma profonde gratitude va à tous ceux qui ont contribué à mon information sur un aussi vaste sujet : Sonia Abdelhak, Guillaume Acloque, Claire Beaudevin, Pascal Crozet, Bassent de Vaulx, Guillaume de Vaulx, Khaled Fahmi, Jean-Noël Ferrié, Bertrand Jordan, Mehrnaz Katouzian-Safadi, Pascal Ménoret, Saadia Radi, Roland Tomb...

J'adresse aussi des remerciements à Roland Waast et à Rigas Arvanatis pour sa disponibilité, ses intuitions et son humour.

Références

ABDELLA DOUMATO E. (2000) Getting God's Ear. Women, Islam and Healing in Saudi Arabia and in the Gulf. New York : Columbia University Press.

ABDEL MALEK A. (1962) Égypte, société militaire. Paris : Seuil.

ABRAHAM T. (2005). The Story of SARS. Baltimore : Johns Hopkins University Press.

AL HUSBAN, A.H. (2008). *The state of research in social sciences in Jordan*. 2008, Background paper for ESTIME project, European Commission : www.estime.ird.fr.

ALENZI F.Q. and coll. (2010), « Biomedical research in the Middle Eastern countries : update and insight using SCImago Journal Rank indicator » JAMC (Journal of Ayub Medical College), Abbottabad, vol. 22, n° 3, p. 100-5.

AL MAKTOUM FOUNDATION and UNDP (2009) Arab Knowledge Report. Towards productive intercommunication for Knowledge, Dubai.

ARVANITIS R. ed. (2008) ESTIME : Towards Science and Technology Evaluation in the Mediterranean Countries. Final report Evaluation of Scientific, Technology and Innovation capabilities in Mediterranean countries. Project INCO 2004-510696.

ARVANITIS R., WAAST R. AND AL-HUSBAN A.H. (2010) World Social Report. Social Sciences in the Arab World, Unesco.

BEAUDEVIN C. (2014) Cousin marriages and inherited blood disorders in the Sultanate of Oman in SHAW A. and RAZ A. Cousin marriage : between tradition, genetic risk and cultural change. London Berghahn Books.

BEAUDEVIN C. (2013). « Everything is kullû zayn. » L'échographie obstétricale dans le système de santé omanais in MOULIN A.M. Islam et Révolutions médicales, le Labyrinthe du corps, Paris, p. 361-390.

FADR AL-DAM (2010), « l'indigence du sang », comme héritage. Représentations et enjeux sociaux des hémoglobinopathies héréditaires en Oman, thèse de doctorat, Université d'Aix en Provence.

BEDOUCHA G. (1987). L'eau, L'amie du puissant. Une communauté oasienne en Tunisie. Paris : Éditions des archives contemporaines.

BEN AMMAR M.S. (2009). Islam et Transplantation d'organes. Paris : Springer.

BERQUE J. (2009). Andalousies. Paris, Babel.

CALLON M. éd. (1988). La science et ses réseaux. Genèse et circulation des faits scientifiques. Paris : La Découverte.

CHADLI A. (2011). Bourguiba tel que je l'ai connu *:* la transition *Bourguiba*-Ben Ali. Tunis : Berg Edition.

CHIFFOLEAU S. éd. (2005) Politiques de santé sous influence internationale. Afrique, Moyen-Orient, Paris / Lyon : Maison de l'Orient et de la Méditerranée / Maisonneuve et Larose.

CHIFFOLEAU S. (1997). Médecines et médecins en Égypte. Construction d'une identité professionnelle et projet médical. Paris : L'Harmattan.

COHEN D. (1993). Les gènes de l'espoir, Paris : Laffont, Paris..

CROZET P. (2008). Les sciences modernes en Égypte. Transfert et appropriation (1805-1902). Paris : Geuthner.

CROZET P. (2014) La transmission des sciences modernes vers le monde arabe et islamique. *Histosc.com et HISTOire des SCIences & HISTOry of SCience*

DEJONG J. and coll. (2005). The sexual and reproductive health of young people in the Arab countries and Iran. Reproductive Heath Matters, n° 13, p. 49-59.

DOLS M. (1987) « The origins of the Islamic hospital, myth and reality ». Bulletin of the History of Medicine, n° 61, p. 367-91.

DUBOIS C.-J. (2013). Clot Bey : médecin de Marseille, 1793-1868 : chirurgien du vice-roi d'Égypte, Marseille : Jeanne Lafitte.

ECOSOC Annual Ministerial Review Regions Preparatory Meeting for Western Asia (2013) Science, Technology and Innovation for Sustainable Development ; background note 28.

ELZEIN A. and coll (2014). « Health and governance in the Arab World ». Lancet, vol. 13, n° 62, p. 185-6.

FAGEEH W. and coll. (2002). « Case report. Transplantation of the human uterus ». International Journal of Gynecology and Obstetrics, n° 76, p. 245-251.

FAYEZ O. CACHIER H. *et al.* (2008) "Seasonality of major aerosol species and their transformations in Cairo megacity". Atmospheric Environment, vol. 2, n° 7, 2008, p. 1503 – 16.

FINTZ M. (2012) Le rôle des arbovirus dans la genèse des dispositifs de surveillance des virus émergents. Une histoire égyptienne. Cahiers d'anthropologie sociale, n° 8, p. 103-118.

(2010) « Cadrage des épizooties et stratégies d'acteurs : le cas de l'influenza aviaire (H5N1) en Égypte, 2006-2009 ». Épidémiologie et santé, n° 58, p. 23-35.

FOX R.C and SWAZEY J. P. (1992). Spare Parts. Organ Transplantation in America. Oxford University Press.

GARRETT L. (2000) Betrayal of Trust : the Collapse of Global Public Health. New York : Hyperion.

(1994) The Coming Plague. Newly Emerging Diseases in a World Out of Balance. Farrar : New York.

GINGRAS Y. (2014). Les dérives de l'évaluation de la recherche. Du bon usage de la bibliométrie. Paris : Raisons d'agir.

GONZALEZ-QUIJANO (2012). Paris : Sindbad. Arabies numériques. Le printemps du Web arabe.

HAMDY S. (2012). Our Bodies Belong to God. Organ Transplants, Islam, and the Struggle for Human Dignity in Egypt. University of California Press.

HANAFI, S. and ARVANITIS, R. (2016). *Arab research and knowledge society : The impossible promise.* London : Routledge. 346 pages.

HANAFi S. and ARVANITIS R. (2014). Strengths and Weaknesses of Science and Technology Institutions in Arab countries.

HANAFI S. and ARVANITIS R. (2013). The broken cycle between research, university and society in Arab countries : proposals for change. Beirut : November 2012. Report presented at ESCWA (United Nations) / CNRS (Lebanon) / IRD (France).

HARRISON M. (2006). « Disease, diplomacy and international commerce : the Origins of International sanitary regulation in the nineteenth century ». Journal of Global History, n° 1, p. 203.

HOPKINS N. MEHANNA S.R., and EL-HAGGAR S. (2001). People and Pollution *:* Cultural Constructs and Social Action in Egyp*t.* Cairo : American University of Cairo Press,

IBRAHIM A. (2011) Bridging the gap between scientists and society in the Arab World doi :10.1038/nmiddleeast.2011.20Arab World

INFANTINO F. (2011) Les mondes des étudiants subsahariens au Maroc. In PERALDI M. D'une Afrique à l'autre. Migrations subsahariennes au Maroc. Paris : Karthala, pp. 99-118.

JORDAN B. (2009). Chroniques d'une séquence annoncée, Six ans de programme génomique. Paris : EDK.

KAYALI G. and coll. (2013) Influenza Research in the Eastern Mediterranean Region : the current state and the way forward : www.influenzajournal com Wiley

KING ABDULAZIZ CITY FOR SCIENCE AND EDUCATION. Information about KACST : http : //kacst.edu.sa.en.about.Pages.default/aspx.

KECK F. (2013). Un monde grippé. Paris : Flammarion.

KEFI R. and coll. (2013). Early Online Phylogeny and genetic structure of Tunisian populations and their position within Mediterranean. Mitochondrial DNA 1-12Informa UK DOI : 10.3109/1940173620.2013.879649.

KHODR H. The dynamics of Policy Council. A case study of three specialized cities. Working Paper. Beyrouth : Institute issam Fares, AUB : http ://www.aub.edu.lb.ifi/

KLEICHE-DRAY M. et WAAST R. (2008). Le Maroc scientifique. Paris : Publisud.

KLEICHE-DRAY M. ET BELCADI S. (2008). L'université marocaine en processus d'autonomisation. Rabat : CSE, 108P.

KOHLSTALL F. (2008). « Les réformes de l'université à l'heure de l'internationalisme ». In MAZZELLA S. L'enseignement supérieur dans la mondialisation libérale, une comparaison internationale, Maghreb, Canada, France. Tunis : IRMC, pp. 39-50.

KOURILSKY P. et VINEY G. (2000) Le principe de précaution. Paris : Odile Jacob, Paris.

KRONFO NM. (2005) "Historical development of health systems in the Arab countries : a review". Eastern Mediterranean Health. vol. 4, n° 2.

LAIDI Z. ed. (1993) L'*ordre* mondial *relâché* : Sens et puissance après la guerre froide. Paris : Presses de la Fondation mondiale pour les sciences politiques.

LATOUR B. and WOOLGAR S. (1979) Laboratory Life. The construction of scientific facts. Sage : Beverly Hills.

LAVERNE N. de (2011). De l'école coranique à l'université al-Azhar. In BATTESTI V. ET IRETON F. L'Égypte au présent. Inventaire avant Révolution. Paris : Sindbad, pp. 715-730.

LE CHALONY C. and MOISSERON J.Y. (2010) « Research Governance in Egypt : Biotechnology in Egypt : *biotechnology* as a case study ». Science, Technology and Society, vol. 15, n° 2, p. 3-37.

LEWIS B. (1993). Islam and the West. New York : Oxford University Press.

MAZZELLA S. (2008). « Une « libéralisation d'État » de l'enseignement supérieur ? Mutations internationales et évolutions maghrébines In MAZZELLA S. L'enseignement supérieur dans la mondialisation libérale, une comparaison internationale, Maghreb, Canada, France. Tunis : IRMC, p. 15-22.

MENORET P. (2003) L'énigme saoudienne. Les Saoudiens et le monde, 1744-2003. Paris : La Découverte.

MOAZZAM F. (2006). Bioethics and Organ Transplantation in a Muslim Society. A Study in Culture, Ethnography and Religion. Bloomington : Indiana University Press.

MOKDAD Ali H and coll. (2014). « The state of health in the Arab World, 1990-2010 : an analysis of the burden of diseases, injuries and risk factors » Lancet, vol. 383, p. 309-319.

MOULIN A.M. (2014) « L'Institut Pasteur au pluriel. Histoire du Réseau International des Instituts Pasteur (2003-2013) ». Médecine / Sciences. vol. 30, n° 1, p. 99-102.

(2014). « Silent Bodies and Strident Diseases in a Global World. Blood, Iatrogenesis and Hepatitis C Transmission in Egypt » In GILES-VERNICKE and WEBB J.L.A. Global Health in Africa, Historical Perspectives on Culture, Epidemiology, and Control. Athens : Ohio University Press, p. 138-158.

(2013). « Du statut et de l'évolution récente des professions de santé dans la péninsule arabique » Arabian Humanities, n° 1-31 : http ://cy.revues.org/1910.

(2013) Rapport d'expertise pour l'Union Européenne, Programme Améliorer l'efficacité des systèmes de recherche publics au Maroc.

(2012). Rapport territorial International, Assises de l'Enseignement supérieur et de la Recherche : http ://www.assises-efr.fr.

(2011). « Comment se portent les Égyptiens ? Un diagnostic ». In BATTESTI V. et IRETON F. L'Égypte au présent : Inventaire avant Révolution. Paris : Sindbad, p. 577-610.

(2010). Le médecin du Prince. Paris *:* Odile Jacob.

ULMAN Y.I. (2010) Perilous modernity. History of Medicine in the Middle East, from the 19th century onwards. Istanbul : Isis.

RADI S. (2008) « La société égyptienne aux risques de la grippe aviaire, une santé au quotidien ». Islams et Santé, S*ociologie et Santé*, 31, 115-13

(2007) « Prédiction, prévention, précaution. Perspectives historiques et épistémologiques ». In ROSSI I., Prévenir et prédire la maladie. Paris : Aux Lieux d'Être, p. 103-119.

(2004) « L'éradication des maladies, remède à la globalisation ? » In MICHAUD Y. *Qu'est-ce que la globalisatio*n ? Paris : Odile Jacob, p. 207-228.

(2008). Histoire et évolution de l'épidémie de Sida au Moyen-Orient. In L'observance

(2002) « L'esprit et la lettre de la modernité égyptienne. L'enseignement médical de Clot bey ». In PANZAC D. et RAYMOND R. *La France et l'Égypte à l'époque des vice-rois 1805-1882*, IFAO, Cahier des Annales islamologiques, n° 22, p. 119-134.

(2000) « L'apprentissage pastorien de la mosaïque Tunisie ». In ALEXANDROPOULOS J. La mosaïque Tunisie, Diasporas, cosmopolitismes, archéologies de l'identité. Toulouse : Presses universitaires du Mirail, p. 369-88.

(1998), « Une généalogie scientifique : l'"Isnad" de Tunis (1883-1993) ». La mise en mémoire de la science. In ABIR-AM P.G. Pour une ethnographie historique des rites commémoratifs. Paris : Éditions des Archives contemporaines, p. 207-224.

(1996) « En marche avec le monde contemporain ». In Catalogue d'exposition À l'ombre d'Avicenne. Paris : institut du Monde arabe et Bibliothèque nationale, p 291-322.

(1996) « Tropical without Tropics. The turning point of Pastorian medicine in North Africa. In ARNOLD D. Warm Climates and Western Medicine : the emergence of tropical medicine, 1500-1900. Amsterdam : Rodopi, Amsterdam, p. 160-180.

(1995) « The Pasteur Institutes between the two World Wars. The transformation of the international Sanitary Order ». In WEINDLING P. International Health Organisations and Movements 1918-1939. Cambridge University Press, p. 1244-265.

MORSE SS. ed. (1993). Emerging Viruses. New York : Oxford University Press.

MOUTON J. et WAAST R. (2009). Comparative Study on National Research Systems : Findings and Lessons. In MEEK, V. TEICHER L. U. and KEARNEY M-L. Higher Education, Research and Innovation : Changing Dynamics. Paris : Unesco, p. 147-169 : http ://firgoa.usc.es/drupal/files/UNESCO_Research_and_Innovation.pdf#page=152.

MUNNICH A. (1999). La rage d'espérer. Paris : Plon.

NOUR S.S. (2005) « Science and Technology Development Indicators in the Arab Region : A comparative study of Arab Gulf and Mediterranean countries ». Science, Technology and Society, vol. 10, n° 2, p. 249-275.

OKASHA A and coll. (1998) « Mental health services and research in the Arab World ». Acta Psychiatrica Scandinavica, vol. 98, p. 406-413.

OMRANE A. R. (1992) *Family Planning in the Legacy of Islam.* London : Routledge.

(1971) « The epidemiological transition. A theory of the epidemiology of population changes ». Millbank Memorial Fund Quarterly, vol. 29, p. 509-538.

PANCERA A., PAPAGEORGIOU K. BOUTROS S. BOUSSEIMI L. ABDELHAK S. AL-BAWAB A. (2013) First lessons learnt from the Mediterranean ERA-WIDE projects, Options méditerranéennes, B n° 71, Moving forward in the Euro-Mediterranean Research and Innovation Partnership. The experience of the MIRA project, p. 62-78.

PANKHURST A.L. 2014. Genes and Djinn : Identity and Anxiety in Southeast Arabia. Doctoral thesis, University College, London.

PELIS K. (2000). Pasteur's Imperial Missionary, Charles Nicolle (1866-1936), Rochester University Press.

PERERA, K. G. and coll. (2013). « Seroepidemiology for MERS coronavirus using microneutralisation and pseudoparticle virus neutralisation assays reveal a high prevalence of antibody in dromedary camels in Egypt ». Euro Surveillance, vol. 18, n° 36, p. 1-7.

PNUD (2003). Rapport du PNUD sur le développement de l'éducation dans le monde arabe.

(2003). Rapport sur le développement humain.

POLANCO X. (1900) Naissance et développement de la science monde. Paris : La Découverte.

RADI S. (2005) La recherche scientifique et l'enseignement supérieur en Égypte, Le Caire : Études et documents du CEDEJ, n° 19, 34 pages.

ROMDHANE L. and ABDELHAQ S. (2012). Genetic disorders in North African Populations. New York : Oxford University Press.

ROSSI P.L. and WAAST R. (2007) « Étude bibliométrique de huit pays méditerranéens » in ARVANITIS R. ed. (2007) ESTIME : Evaluation of Scientific, Technology and Innovation capabilities in Mediterranean countries. Final Reports ; Project INCO 2004-510696.

ROSSI P.L. (2010) « Scientific Production in the Arab Countries . A bibliometric perspective ». Science, Technology and Society. vol. 15, n° 2, p. 339-370.

SALEH S.S. and coll. (2014) « The path towards universal coverage in the Arab uprising countries : Tunisia, Yemen, Egypt, Libya and Yemen ». Lancet, vol, 13.

SARDAR Z. (1984). The Touch of Midas. Science, Values and Environment in Islam and the West. Manchester : Manchester University Press.

SABET A. (1969) « UAR Commitments to Science and Technology », In NADER C. and ZAHLAN A. Science and Technology in Developing Countries, Cambridge.

NADER C. and ZAHLAN A.B. eds. (1969) UAR Commitments to Science and Technology, Science and Technology in Developing Countries, p. 219-220.

SALIH N. (2008). Science and Technology Indicators in the Arab World 2006.

TESTARD J. (1986) L'œuf transparent. Paris : Aubier.

TEEBI A. S. and FARAG T.I. (1997). Genetic disorders among Arab Populations, Oxford University Press.

THIEL M.-J. (2009). Donner, recevoir un organe : droit, dû, devoir. Strasbourg : Presses Universitaires de Strasbourg.

TITTMUS R. (1971). The Gift – Relationship From Human Blood to Social Policy. London : Pantheon Books.

TOBER D. and BUDIANI D. (2007). « Facilitating Organ Transplants in Egypt : an analysis of Doctors' Discourse, Islam, Health and the Body ». Body and Society, vol. 13, n° 3, p. 125-149.

Unesco (2009) Proceedings of the Arab Conference on Higher Education. Towards an Arab Higher Education Space. International challenges and social responsibilities.

VERDEIL C. (2008) « Naissance d'une nouvelle élite ottomane. Formation et trajectoire des médecins diplômés de Beyrouth à la fin du XIXe siècle ». Revue des mondes musulmans et de la Méditerranée, vol. 121, p. 217-237.

WAAST R. (2013), « Trois styles de science de la recherche algérienne ». In EL KENZ et WAAST éd. *Sciences Techniques et sociétés*. Alger : Publisud. p. 307-330.

WAAST, R. (2010). « Research in Arab Countries (North Africa and West Asia) », Science, Technology & Society 15 (2) : 187-231..

WAAST R. and KLEICHE-DRAY M. eds. (2009) Evaluating of a national research system : Morocco. Luxembourg : European Commission.

WAAST R. and ROSSI P.L. (2009) Scoreboard and beyond. The experience of ESTIME for Morocco and other Mediterranean countries. IRD MIRA indicators workshop, 16-17 March, Bondy : http ://www.estime.ird.fr/

WAAST R. (2006), « Savoir et sociétés : un nouveau pacte à sceller ». In GERARD E. Savoirs, insertion et globalisation : vu du Maghreb. Paris : Publisud. p. 373-403.

WEISZ G. and OLSZYNKO-GRYN J. (2009). « The Theory of Epidemiological Transition ». Journal of the History of Medicine and Allied Sciences, n° 15, p. 1-40.

WILKINSON R. (1996). Unhealthy Societies. The Afflictions of Inequality. London : Routledge.

WINSLOW C.E.A. (1980). The Conquest of Epidemic Disease. A chapter in the history of ideas. Madison : University of Wisconsin Press.

ZAHLAN A. (2012). Science, Development and Sovereignty in the Arab World. New York : Palgrave Macmillan.

Les modes d'institutionnalisation des sciences au Brésil

De l'espace géophysique à l'espace aérien

Heloisa Maria Bertol Domingues et
Antonio José Junqueira Botelho

Dans ce travail, il s'agit d'analyser le processus d'institutionnalisation des sciences naturelles et de la technologie au Brésil, en relation avec l'exploration scientifique de ses espaces géophysique et aérien. En effet, la connaissance de ces « espaces » s'est révélée être en interdépendance et liée à des moments clés du développement politique du Brésil, depuis la fin du XVIIIe siècle. Après la période coloniale, dès le début de l'Empire (1822-1889) avec la colonisation de la terre, dans un sens d'appropriation économique, l'étude des ressources naturelles et le mouvement d'affirmation de l'État-nation, le mode d'institutionnalisation des sciences de l'espace a été préfiguré par l'astronomie. Celle-ci délimitait les places où les sciences naturelles exploraient les ressources naturelles, contribuant à une politique d'intégration territoriale et faisant des richesses naturelles un symbole d'identité de la nation. De leurs côtés, les richesses de la terre ont conduit à la création des institutions de sciences naturelles telles que les musées d'histoire naturelle (Museu Nacional dans l'état de Rio de Janeiro en 1818 et Museu Emilio Goeldi dans l'état du Pará en 1894) et les jardins botaniques.

Pendant la période de l'entre-deux-guerres et immédiatement après la Seconde Guerre mondiale, les sciences des « espaces », qui avaient toujours été liées à l'élite militaire depuis la création de la Real Academia Militar (en 1808), se sont transformées en instruments de défense du territoire national du fait de la conquête de l'espace aérien, de l'ingénierie aéronautique et des hautes technologies de transformation des ressources naturelles en énergie, comme le pétrole, l'énergie nucléaire ou des intrants pour les industries de base comme le fer pour la production d'acier, et les sciences spatiales y compris la météorologie, qui ont contribué au développement des communications et à la connaissance de l'environnement, des ressources naturelles et du climat. Les

Figure 1 – Carte du Brésil

études sur les « espaces » terrestres et aériens, en particulier, ont un biais commun : le question du développement durable qui approche et croise les intérêts de sciences aussi différentes que les sciences naturelles, les ethnosciences que les sciences spatiales. En effet cette question est au centre des débats actuels sur le développement durable, l'innovation technologique et l'internationalisation des connaissances sur les produits naturels, locaux, dans un pays megadivers comme le Brésil. Cependant, l'étude s'abstient ici d'explorer les défis actuels des sciences spatiales, partagées entre l'exploration des ressources naturelles, la course spatiale et tous les réseaux que cette course permet de créer, menaçant la survie des espèces et des sociétés sur la Terre. Nous nous intéressons ici à la formation des scientifiques et à la production des travaux scientifiques afin de comprendre le processus de développement des institutions pour son impact sur les résultats des recherches.

Au Brésil, dans un premier temps et pendant longtemps, l'institutionnalisation des recherches scientifiques n'a pas été corrélée à l'institutionnalisation d'un enseignement spécialisé. La spécialisation se faisait au rythme des pratiques institutionnelles. Du fait de l'inexistence d'institutions spécialisées, il s'est instauré une sorte de divorce entre l'enseignement et la pratique scientifique, ce qui a été comblé beaucoup plus

tard, presque au milieu du XXe siècle dans les universités, avec les agences d'aide à la recherche comme le Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) et la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), et avec les *post-grade*, pendant la deuxième moitié de ce même XXe siècle. Au XIXe siècle, la majorité de l'élite intellectuelle se formait en Europe (Carvalho, 1996). Cela a changé avec les universités au XXe siècle, quand la recherche scientifique et l'enseignement se sont développés et démocratisés, touchant une partie bien plus importante de la population. L'officialisation des études de *post-grade* à la fin de la décennie 1960, l'investissement dans la recherche scientifique et la création d'instituts scientifiques spécialisés ont ouvert de nouvelles pistes de recherche. Celles-ci ont beaucoup amélioré la formation scientifique dans le pays transformant les relations scientifiques internationales. En ce qui concerne les sciences de l'espace, géophysique et aérien, la spécialisation et l'institutionnalisation est à relier aux mouvements de politisation et de militarisation auxquelles elles ont été soumises. Les demandes politiques ont à la fois prédéterminé les priorités de recherches et la circulation internationale des connaissances et défini les limites de l'autonomie scientifique.

Aussi nous analyserons dans une première partie le processus d'institutionnalisation des sciences naturelles à l'époque où tout était à explorer ; ce processus a été conditionné par la connaissance du monde naturel et de sa géographie. Puis une deuxième partie abordera la question de la spécialisation de la connaissance sur les « espaces » dans son rapport avec l'importance politique et stratégique internationale qu'a été donnée à l'espace aérien et aux ressources naturelles. L'étude montre ainsi que le processus de construction des connaissances sur les espaces s'est concentré à partir de la deuxième moitié du XXe siècle sur les recherches spatiales destinées à un grand contrôle de l'espace physique et aux conditions d'exploitation des ressources naturelles. Enfin dans la troisième partie, seront traités précisément les rapports entre les connaissances sur la biodiversité, l'environnement en général et l'espace aérien.

1 Colonisation de l'espace et institutionnalisation des sciences naturelles

L'histoire de l'institutionnalisation des sciences au Brésil commence à la fin de la période coloniale quand la métropole portugaise entre en crise et que le roi finit par émigrer au Brésil, en 1808, suite à l'entrée de Napoléon Ier au Portugal. C'est à ce moment qu'apparaissent les premières institutions scientifiques spécialisées dans la connaissance de la terre – les jardins botaniques (en 1796 au Pará ; en 1808 à Rio de Janeiro), un musée d'histoire naturelle (en 1818), un observatoire astronomique (en 1827), en plus des écoles supérieures, militaires et de médecine chirurgicale (en 1808). Les institutions scientifiques avaient pour objectif d'explorer l'espace, de connaître les produits de la terre, leurs habitants et leurs habitats, de cartographier les lieux afin d'ouvrir des voies de déplacement, de vaincre les distances et de développer l'agriculture.

Pendant que, dans le nouveau monde de l'Amérique, le gouvernement colonial portugais investissait principalement dans l'exploitation minière, à l'est de la planète, la route des épices a permis l'exploration de nouvelles ressources naturelles et des

cultures qui les portent. Ces produits exotiques ont révolutionné l'art culinaire européen de cette époque. Au Brésil, les connaissances traditionnelles des habitants locaux ont aussi été décisives pour la pénétration des Européens dans l'intérieur du pays, pour leur survie et leur adaptation à l'environnement, même si ce n'est que récemment qu'elles commencent à être reconnues.

L'agriculture émergente dans la colonie s'est développée pour assurer la subsistance d'une population croissante et géographiquement dispersée, et, aussi, pour l'exportation de certains produits. Son développement s'est accéléré avec la crise du système politico-colonial des pays ibériques, jusqu'à l'invasion napoléonienne au Portugal qui a eu pour conséquence le transfert de la cour portugaise au Brésil, en 1808, et la transformation de la colonie en Royaume-Uni (*Reino Unido*), en 1815. La domination de l'agriculture dans l'économie brésilienne s'est maintenue avec l'indépendance (en 1822) et a perduré pendant toute la période du gouvernement impérial puis celui de la République à partir de 1889.

L'espace géophysique a été exploré par les naturalistes. Les nombreuses expéditions scientifiques à travers le Brésil qu'ils ont réalisées pendant le XIXe siècle portaient sur la botanique, la zoologie, l'archéologie, la minéralogie, la géologie, l'ethnographie et l'astronomie. À partir de la fin du XVIIIe siècle, le gouvernement portugais a envoyé quelques expéditions partout dont une, très importante, celle d'Alexandre Rodrigues Ferreira, en Amazonie entre 1892 et 1896, qui a recueilli des milliers d'espèces de la flore et de la faune brésiliennes pour les musées portugais. De même des expéditions anglaises ont exploré plusieurs terrains de l'intérieur du pays au début du XIXe siècle [1]. L'empire austro-hongrois a également envoyé des expéditions scientifiques avec l'appui direct du gouvernement brésilien. Ainsi, ont commencé à se constituer les collections de produits naturels brésiliens dont les doubles devaient être déposés au Musée royal (*Museu Real*, aujourd'hui Musée national). Le décret du roi qui a institué le Museu Real spécifiait que son but était de faire des « sciences naturelles » pour connaître les « richesses du royaume ». Ainsi, les produits natifs d'usage local comme les huiles, les bois, les textiles, les boissons, etc. ont commencé à circuler à travers l'Atlantique, avec les connaissances locales qui leur étaient attachées.

En même temps, l'astronomie dont le but principal était, à ce moment-là de contribuer à la connaissance géographique des lieux à explorer a été marquée institutionnellement, en 1827, par la création, par décret de l'empereur, de l'Observatoire impérial, appelé aujourd'hui Observatório Nacional. Cet observatoire a fonctionné dans les locaux de l'École Militaire jusqu'à la deuxième moitié du XIXe siècle et a produit les cartes de l'Empire. En 1874, l'Observatório Nacional a obtenu son autonomie par rapport à cette école. L'institution a intensifié la pratique de l'astronomie physique, de la reconnaissance de nouveaux espaces et a systématisé la liaison du pays avec l'Europe grâce à l'étude des lignes méridiennes. Pour ces études, Luiz Cruls a reçu le prix Vals de l'Académie des sciences de Paris en 1884. En 1838, avec la création de l'Institut

1. Thomas Lyndley (1801-1805) a recueilli des éléments d'histoire naturelle et a étudié l'astronomie ; Jonh Mawe (1807-1810) a voyagé aux environs de Rio de Janeiro, São Paulo et Minas Gerais pour exploiter et recueillir des spécimens de minerai et bois. Après 1808, Jonh Luccok (1808-1818) est venu pour étudier la linguistique et l'histoire de la population ; Henry Koster (1816) et William Swainson (1816-1818) ont recueilli des spécimens d'histoire naturelle au nord et nord-est et Alexander Caldeleugh (1819-1821) a voyagé au sud du Brésil et est allé aussi en Argentine pour faire des recherches ethnographiques et minéralogiques.

historique et géographique brésilien, la géographie, qui faisait partie de l'astronomie, a commencé à contribuer également à la constitution de l'histoire (nationale). Ainsi se construisait l'image de l'exubérance de la richesse naturelle du pays, faisant de l'espace la représentation de l'identité de la nation (Domingues, 1995, chap. 3).

Pendant les dernières décennies du XIXe siècle, les sciences naturelles se transforment et dans les années 1870 les recherches des ressources naturelles se partagent entre le terrain et le laboratoire. Les sciences naturelles n'étaient déjà plus limitées à la recherche de nouvelles espèces et à la diversification des produits pour l'agriculture. Les champs disciplinaires s'élargissent, ce qui exige des réformes institutionnelles ainsi que la création de nouvelles institutions [2]. L'enseignement du génie se spécialise et, à côté de l'École militaire, apparaît l'École polytechnique à Rio de Janeiro, pendant la décennie 1870, et à São Paulo en 1894 [3]. En 1883, l'Institut polytechnique est mis en place à Rio de Janeiro et au début du XXe siècle des écoles de génie sont également créées dans les principaux pôles économiques du pays : à Porto Alegre (Rio Grande do Sul), à Recife (Pernambuco) et à Belo Horizonte (Minas Gerais). Les chemins de fer se développent grâce à la technologie anglaise et des technologies avancées de génie civil sont utilisées par les ingénieurs - formés localement - pour traverser fleuves et montagnes ; un bon exemple en est le chemin de fer Curitiba-Porto de Paranaguá, dans l'État du Paraná, en marche encore aujourd'hui et reconnu comme une œuvre monumentale dans sa capacipté à permettre le transport de toute la production de la région (voir figure 2).

Cette même politique d'avancée de la « civilisation » vers l'intérieur du pays, avec les voyages naturalistes et avec le peuplement qui en résulte, fait circuler les produits naturels du pays dans les institutions et dans le marché international à travers les relations scientifiques interinstitutionnelles, l'activité des délégations diplomatiques des pays qui avaient des rapports avec le Brésil ainsi que la participation du Brésil aux grandes Expositions internationales à partir de 1860 [4]. Pendant ces Expositions, en plus d'exposer les produits naturels et quelques-unes des machines utilisées pour les traiter, les scientifiques participent aux congrès qui se tiennent en parallèle et peuvent discuter des techniques d'acclimatation, des procédés chimiques de fabrication des produits, des normes concernant les mesures, etc. La préoccupation de l'exploration de l'espace s'est traduite par l'acquisition faite par l'empereur brésilien du système innovant de téléphonie pendant l'Exposition universelle de Philadelphie,

En même temps, à la fin du XIXe siècle, avec la montée en puissance de l'impérialisme et du positivisme – ce dernier comme mouvement intellectuel favorable au progrès

2. Le Musée national a été renové et a commencé à publier la revue *Archivos do Museu Nacional*, utilisée comme instrument d'échange avec les institutions étrangères. Parmi ces institutions on peut citer la création de l'École de Minas de Ouro Preto, à Minas Gerais, remarquée pour ses études en géologie et d'exploration du minerai de fer. Son premier directeur, Henri Gorceix, a été embauché par l'empereur, comme indiqué par l'Académie des sciences de Paris dont il était membre correspondant.

3. Beaucoup d'autres institutions ont surgi pendant cette période : à Pelotas au Rio Grande do Sul, centre économique d'élevage du bétail a été créée une école de vétérinaire dont le directeur a été Rebourgeon, un spécialiste qui vivait déjà au Brésil ; la Commission géographique et géologique de l'Empire, sous les ordres de l'Américain Charles Hartt en 1886. Un membre de cette commission, le géologue Orvilie Derby, est resté au Brésil. En 1887, a été créé un institut de recherche agricole à São Paulo, aussi aux frais de l'empereur qui a embauché l'allemand Franz M. Daffeart comme responsable.

4. Le Brésil a participé aux Expositions universelles à Londres en 1862, à Paris en 1867, à Roveredo en 1872, à Vienne en 1873, à Philadelphie en 1876 et de nouveau à Paris en 1889.

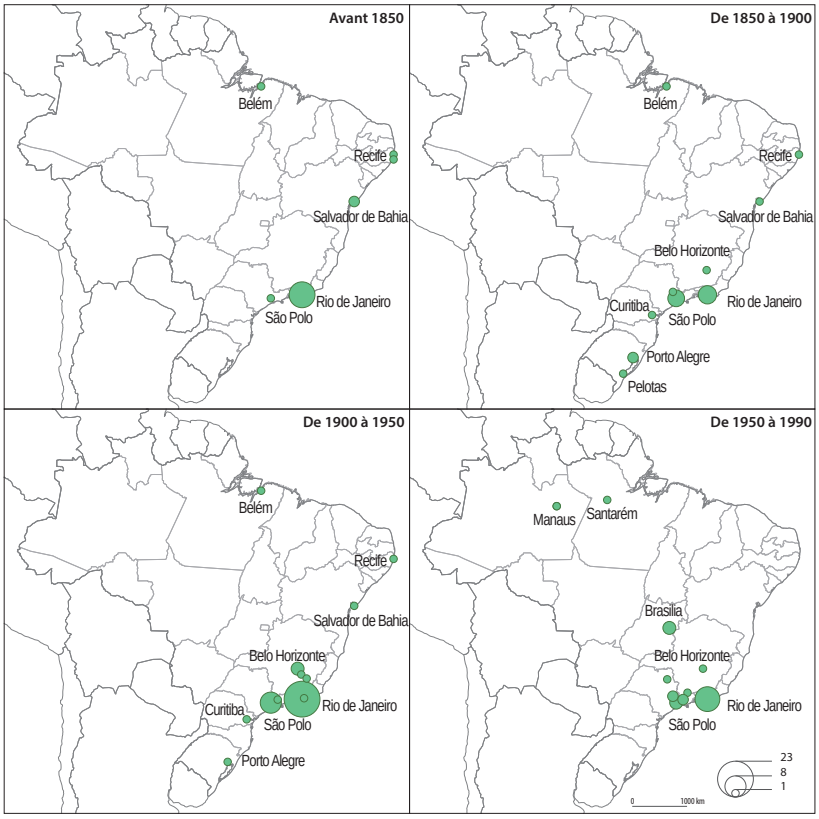

Figure 2 – Création des Institutions de recherche au Brésil

– s'affirme une vision de la science, internationale et synonyme de progrès (Miller, 2006 :135) qui entraîna une véritable course pour explorer l'Amazonie [5].

Les Etatsuniens qui avaient déjà allumé la flamme du panaméricanisme utilisèrent ce sentiment pour entreprendre une politique économique et scientifique visant à coloniser le milieu naturel des Amériques, privilégiant l'Amazonie et sa diversité en ressources naturelles [6]. Ils investirent spécialement dans le caoutchouc et, pendant

5. Henri Coudreau (se disait un théoricien du colonialisme), Paul Le Cointe et le P. Tastevin ont parcouru l'Amazonie aux frais de la Société de géographie, de France ; Kurt Nimuendaju, Koch Grümberg et von den Steinen, pour l'Allemagne.

6. Dans l'Amazonie brésilienne, Theodore Roosevelt, plus tard président des États-Unis a voyagé, en 1915, avec le maréchal Rondon. Pendant la décennie de 1920 la fondation Rockefeller a financé des travaux scientifiques dans la région, spécialement dans les secteurs de la médecine et de la santé ; pendant la même période le gouvernement a commencé à donner légalement des terres pour que les étrangers exploitent l'Amazonie. Les Américains ont obtenu une concession pour explorer le caoutchouc (Fordlândia et Belterra). D'autres entreprises américaines, canadiennes et aussi japonaises ont eu aussi des privilèges de concession de terres. Cette législation a duré jusqu'à la création du Conseil de fiscalisation des expéditions artistiques et scientifiques, en 1933 (REIS, 1968 ; Lowi, 2000).

les années 1920, ils s'installèrent en Amazonie où ils fondèrent deux villes, Fordlandia et Belterra, pour développer la culture de l'*hevea* et son traitement chimique. Ils réussirent à découvrir le processus de déshydratation du latex qui en facilitait l'exportation. Néanmoins, ils n'obtinrent pas le succès qu'ils attendaient de sa culture et laissèrent aux Brésiliens, en 1939, au début de la Deuxième Guerre, la responsabilité des locaux de recherche et des installations dans les villes qu'ils avaient fondées.

En 1889 quand la République a été instaurée, le Brésil s'est urbanisé. Le gouvernement central et celui des États soutinrent et réalisèrent de grandes œuvres d'ingénierie. Les capitales des États se modernisèrent et les gouvernements favorisèrent l'installation d'une gamme de petites industries textiles, alimentaires et pharmaceutiques qui demandaient des connaissances scientifiques. La chimie passa alors au premier plan. Les produits naturels n'étaient plus étudiés pour leur morphologie mais pour leurs composés, leurs possibilités de traitement industriel et pour leur action sur l'organisme vivant. De la même manière, la chimie qui s'était développée grâce aux recherches agricoles prit encore plus d'importance à travers les industries de traitement et de conservation des produits. La biodiversité passait d'objet central à objet subsidiaire des sciences qui se développaient alors, parce que ce qui intéressait l'industrie était moins le produit nouveau que son traitement industriel et économique. Les sols s'épuisèrent et la chimie agricole commença à étudier l'application des engrais chimiques, un travail fait par des institutions scientifiques comme le Musée national et le Jardin botanique mais également par des associations scientifiques comme la Société d'encouragement de l'industrie nationale et L'Institut impérial agricole (Domingues, 2001 : 83).

Au début du XXe siècle, au Musée national, les demandes de permis d'industrialisation étaient fréquentes, principalement dans le domaine alimentaire mais aussi dans le domaine pharmaceutique, celui des teintures, etc. Jusqu'à la fin des années 1920, Le Musée national réalisait des analyses chimiques des demandes de licences pour le traitement et l'industrialisation de produits comme, par exemple, pour l'introduction de nouveaux ferments chimiques afin d'industrialiser le pain ; de nouvelles farines ; des moyens de conservation des aliments – viandes en boîte ; lait concentré, etc. Parmi les produits naturels ainsi traités, le caoutchouc natif se distingue : venu des connaissances traditionnelles indigènes, il conquiert le marché économique mondial et devient le produit d'exportation du pays le plus important. La bataille scientifique se termine en donnant aux Anglais la primauté de sa culture et de l'exploitation économique de l'espèce *hevea brasiliensis*, qui a été exportée de l'Amazonie en Asie où elle a été acclimatée avec succès pour devenir un produit stratégique pendant la Deuxième Guerre mondiale.

Dans les premières décennies du XXe siècle, les institutions de sciences naturelles comme les jardins botaniques, le musée d'Histoire naturelle et autres perdent beaucoup de leurs statuts politiques. Pendant les années 1930, bien que les sciences comme la géologie, la paléontologie, la zoologie et la botanique continuent à être florissantes, les institutions de sciences naturelles comme le Jardin botanique et le Musée national sortent du centre de la scène politique. Les recherches de terrain ne disparaissent pas, et même s'intensifient, principalement en Amazonie, comme on peut le voir dans les

travaux réalisés dans les musées Goeldi et National et au Jardin botanique, néanmoins l'intérêt politique pour les sciences naturelles prend une autre orientation, vers les toutes nouvelles technologies et vers les recherches scientifiques sur certains produits naturels spécifiques considérés comme stratégiques tels les minerais fossiles et nucléaires, le minerai de fer, l'eau pour électricité, etc.

À la même époque le champ des sciences sociales a commencé à se développer et ont surgi quelques-unes de ses institutions de base : les facultés d'économie et l'École de sociologie et politique à São Paulo de même que se sont multipliées les institutions liées à la biologie, à la médecine et à la médecine sociale (voir figure 2). En particulier, la formation de professionnels pouvant travailler dans ces instituts scientifiques ainsi que celle de professeurs universitaires et de l'enseignement secondaire sont devenues importantes. Les universités ont commencé à se structurer en regroupant les différents cours supérieurs existants. Dans les années 1920, à Rio de Janeiro a surgi l'université du Brésil et, en 1934 a été créée l'université de São Paulo avec une forte présence de professeurs étrangers, principalement français. Dans ces facultés dénommées facultés de philosophie se sont concentrés les cours de sciences naturelles, sociales et humaines, en plus des sciences en général, ce qui a reflété, d'une certaine manière, les questions qui se posaient d'un point de vue social au Brésil, comme la division économique entre une base agricole et une urbanisation croissante. Il est notable que le champ scientifique reflétait les changements sociaux et politiques et que les relations internationales devenaient plus étroites [7].

2 Entre ressources naturelles stratégiques et spécialisation technologique

Au début des années 1920, des institutions d'enseignement et de recherche en chimie ont surgi dans plusieurs endroits du pays, en particulier l'École de chimie des substances naturelles, à Belém dans l'État du Pará, spécialisée dans la connaissance des ressources naturelles originaires de l'Amazonie. Dans les décennies suivantes, la spécialisation des sciences naturelles et les nouvelles demandes scientifiques et économiques ont permis l'apparition de nouvelles institutions de recherches minéralogiques comme l'Estação Experimental de Combustíveis et Minérios (1921-1934), à Rio de Janeiro, devenue plus tard l'Instituto Nacional de Tecnologia (INT) [8] ; l'Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT-1934) à São Paulo ; l'Escola Técnica do Exército (1935). Les institutions d'enseignement et recherche ont surgi à côté des entreprises industrielles, en métallurgie, sidérurgie et hydroélectricité, laissant la place aux entreprises importantes de l'État comme la Companhia Vale do Rio Doce, la Companhia Siderúrgica Nacional et les compagnies d'hydroélectricité, dépendantes de l'exploitation des ressources naturelles qui ont commencé à être vues comme stratégiques. Le Departamento Nacional de Produção Mineral a été créé avec un département de recherche abritant un laboratoire biochimique pour les analyse des ressources végétales. Par ailleurs le pétrole a été la grande conquête des travaux géologiques et minéralogiques

7. Les institutions culturelles étrangères datent de cette période ainsi le Groupement français, organisé à Rio de Janeiro, et dans plusieurs États de la Fédération, pour enseigner la langue et implanter la culture française (Petitjean, 1996 : 259-330, *in* Hamburguer *et al.*).

8. L'INT est aujourd'hui un institut du ministère de la Science, de la Technologie et de l'Innovation.

stratégiques qui ont culminé avec la création de *Petrobrás*, en 1953, dans un grand mouvement nationaliste initié en 1947 avec le slogan « Le pétrole est à nous [9] ». Comme l'Inde, le Brésil, alors doté d'énormes réserves de thorium et d'uranium lance les recherches sur ces minéraux dits atomiques. C'est ainsi que les ressources naturelles et certaines institutions obtiennent un statut politique stratégique.

Pendant les années 1930, le gouvernement Vargas modifie la politique institutionnelle de l'espace. D'une part il met en place un contrôle rigoureux de l'espace physique brésilien tout en stimulant le développement technologique de l'État. Il inaugure ainsi un mouvement nationaliste, face à l'impérialisme. Il abroge la Loi de concession de terres et crée le Conseil de fiscalisation des expéditions artistiques et scientifiques (en 1933) [10]. Il institue la législation du monopole d'État sur le sous-sol et crée l'Institut de brevets sur les produits agricoles et industriels [11]. Les mesures de contrôle de l'État se renforcent encore plus quand Vargas instaure la dictature, appelée « *Estado Novo* » (1937-1945), en même temps qu'il investit dans l'industrialisation et qu'il encourage les institutions techniques spécialisées, civiles et militaires. L'industrialisation se développe également grâce aux nouvelles connaissances en physique, en chimie et en géologie.

D'autre part, le début de la dictature Vargas est marquée par l'approfondissement du mouvement d'industrialisation, avec l'impulsion donnée à l'ingénierie civile et militaire. Outre la création d'un parc industriel incluant des industries métallurgiques, sidérurgiques et hydroélectriques, Vargas encourage aussi la technologie de l'air et l'aviation civile dont l'importance grandit dès le début de la guerre. Il prévoit que les institutions de ce secteur seraient en même temps civiles et militaires et joueraient un rôle social en réduisant les distances dans un pays aux dimensions continentales.

La conversion du pays aux nouvelles technologies de l'espace aérien avait commencé en 1926 avec l'installation de la première radio du Brésil, la Radio nationale, par les directeurs du Musée national, Roquette Pinto, et celui de l'Observatoire national, Henrique Morize. Cela partait d'un sentiment nationaliste qui rapprochait la technologie de l'astronomie et l'anthropologie dans le but de répandre les connaissances scientifiques et l'éducation partout dans le pays, par le moyen de la communication radiophonique.

La préoccupation de l'espace, au Brésil, n'a pas été seulement scientifique mais aussi politique et a toujours été au centre des travaux qui se sont développés pour la conquête et la domination des « espaces ». Tandis qu'au XIXe siècle l'astronomie sub-

9. l'entreprise Petrobrás a été officiellement créée en 1953 avec le monopole de l'exploration des gisements, suite au fort mouvement nationaliste de 1947 : « Le pétrole est à nous. » L'entreprise a été institutionnalisée, ayant comme base la technologie américaine et quelques techniciens américains venus au Brésil, embauchés pour coordonner les premiers travaux d'exploration du pétrole de l'entreprise et aussi donner des cours de pétrochimie, ce qui a contribué à l'excellence des travaux réalisés. Pendant les années 1960 l'entreprise a financé la formation de géologues dans les universités, a institué des cours qui ont eu une influence directe sur le curriculum des facultés. Les plus importants de ces cours ont été ceux de l'université fédérale de Bahia et de l'université fédérale du Rio Grande do Sul à Porto Alegre dans l'État de Rio Grande do Sul, d'où sont sortis diplômés de nombreux groupes de géologues, immédiatement absorbés par l'entreprise.

10. L'archive de ce Conseil se trouve dans les archives du musée d'Histoire de la science du MAST / MCTI.

11. *Id.*

ventionnait les sciences de l'exploration de l'environnement physique, au XXe siècle elle-même est devenue, avec les sciences comme la physique et la météorologie, un axe scientifique d'exploration de cet espace aérien, avec l'entrée en scène de l'aviation et de toute la technologie aéronautique, puis avec la politique spatiale. Comme l'espace géophysique, l'exploration de l'espace aérien a été considérée, dès le début, politiquement stratégique pour l'intégration du territoire, la défense et le contrôle de l'espace géopolitique et des ressources naturelles de cet espace.

En ce qui concerne l'espace aérien il ne faut pas oublier que le Brésil a été au centre du développement international de l'aéronautique. Le Brésilien Santos Dumont a été un acteur-clé dans le processus d'invention de l'avion et de sa popularisation dans le monde (Lins de Barros, 2003 : 11). Malgré la renommée qu'il obtint, Santos Dumont n'était pas satisfait des premières applications belliqueuses de l'aviation par la France et l'Allemagne pendant la Première Guerre mondiale. En 1915, il quitte l'Europe et va aux États-Unis où, sur invitation de l'Aéroclub de l'Amérique, il participe au Congrès panaméricain de l'aéronautique à Washington. Dans son discours, non seulement il suggère la construction d'une escadrille d'avions géants pour patrouiller sur les côtes, mais il prévoit que « l'avion allait relier les États de l'hémisphère Ouest au sein d'une combinaison entièrement unie, coopérative et amicale, pour la conquête du bien-être, des relations commerciales et sportives, ainsi que pour la puissance belliqueuse, à l'occasion de guerres éventuelles » (*ibid.* : 107). L'année suivante, en 1916, Santos Dumont représente de nouveau l'Aéroclub de l'Amérique, cette fois-ci au Chili, et parle de la possibilité pour l'avion de devenir le principal moyen de transport de passagers entre les continents (*ibid.* : 109).

Effectivement, en peu de temps le réseau aérien américain s'était formé, rivalisant avec le réseau allemand qui prédominait encore en 1920. À cette époque, les États-Unis avaient créé le Comité international de météorologie (*IMO*, en anglais), qui incluait un service aérien commercial de radio transmission sur les conditions climatiques, reliant les pays d'Amérique du Sud. À la même époque, la Société de météorologie américaine décide de publier son bulletin en trois langues américaines : l'espagnol, le portugais et l'anglais, et crée une formation de météorologistes dans les universités américaines (Cushman, 2005 : 217). Ces actions augmentent le sentiment panaméricain. Le Brésil, pays de dimensions continentales, connecté au marché économique et au mouvement intellectuel international, intègre également, immédiatement, ce réseau aérien commercial.

Vargas voit dans la technologie de l'aéronef la possibilité d'une plus grande intégration de l'espace sociopolitique brésilien. Il soutient alors la création d'une école spécialisée au Brésil. Les forces armées brésiliennes s'intéressaient depuis longtemps aux questions techniques et ont participé à la plupart des initiatives d'industrialisation prises au Brésil dès les années 1920. Dans les années 1930, elles s'allient au gouvernement pour l'exploration de l'espace aérien. En 1939, au début de la Deuxième Guerre mondiale, Vargas crée le ministère de l'Aéronautique. Mais c'est après la guerre et à la fin de la dictature de Vargas, en 1946, qu'est créé l'Institut technologique de l'aéronautique (ITA), à São José dos Campos, SP, sur une base scientifique empruntée au Massachusets Institute of Technology (MIT). C'est dans cette institution américaine

qu'avaient été formés les ingénieurs à l'origine de ce nouvel institut. Ces ingénieurs constituent une partie de l'élite technologique brésilienne, responsable de quelques-uns des grands projets technologiques de l'espace aérien, poursuivis après la guerre et tout au long des décennies 1960 et 1970 (aéronautique, informatique, microélectronique, recherche spatiale) (Botelho, 2002).

La Deuxième Guerre mondiale et la Guerre froide ont eu un grand impact social, qui a bouleversé les cultures et plus particulièrement les sciences. Les relations internationales mettaient en avant les liens entre sciences et technologies comme moteur principal du développement économique, social et stratégique pour la sécurité nationale. Les militaires avaient ouvert la voie du génie aéronautique dans une version militarisée, influençant ainsi la structuration des sciences naturelles et spatiales. C'est afin d'organiser les sciences brésiliennes en accord avec les demandes politiques auxquelles elles étaient assujetties qu'ont été instituées, en 1951 et 1952, les agences d'encouragement à la recherche et à l'enseignement, respectivement le CNPq (Conseil national de recherches, aujourd'hui Conseil national de développement scientifique et technologique, lié au début à la présidence de la République puis par la suite au ministère de la Science, de la Technologie et de l'Innovation) et la CAPES (*Coordenação de Pessoal de Nível Superior*, liée au ministère de l'Éducation).

Le Conseil national de recherche (CNPq) peut être considéré comme une instance politique importante en ce qui concerne les sciences de l'espace. Il a été créé comme interlocuteur de la politique scientifique du pays, en étroite collaboration avec les demandes du gouvernement. La justification principale lors de sa création a été le besoin d'organiser les recherches et le développement scientifique dans le domaine de l'énergie nucléaire. Ce sujet était alors devenu une affaire d'État, confirmant le statut des ressources minérales, dont il dépendait, en tant que matériaux stratégiques. En fait, la nouvelle institution a été idéalisée pendant les premières réunions de l'ONU, où le Brésil a eu un siège dans le Conseil de sécurité, à la sous-commission de l'énergie atomique. Le CNPq avait pour tâche d'organiser les recherches scientifiques dans le pays et les rapports scientifiques internationaux, ainsi que l'industrialisation de l'énergie nucléaire.

À l'ONU, le Brésil a été représenté aux premières réunions de la sous-commission de l'énergie atomique, en tant que pays détenteur, avec l'Inde, de grands gisements de matières premières minérales pour l'énergie nucléaire. Le représentant du Brésil était un militaire, l'amiral Álvaro Alberto qui a défendu la participation du Brésil aux recherches et à la production de ces minéraux. Il était convaincu que la seule manière de défendre les intérêts du Brésil était d'organiser la recherche scientifique en lien avec l'énergie nucléaire et d'équiper le pays pour l'exploitation de cette énergie [12]. Ainsi, en 1949, il a pu avoir l'appui du milieu scientifique, de la société civile et militaire et a commencé les préparatifs du *Conselho National de* Pesquisas (CNPq), officiellement instauré par décret du Président de la République, en janvier 1951, pour encourager la recherche scientifique. La *Comissão de Energia Nuclear* en fut l'élément principal, regroupant les recherches mathématiques, physiques, chimiques et métallurgiques, pour

12. Álvaro Alberto, *Relatório do Representante do Brasil na Comissão de Energia Atômica*, ONU, Nova York, 19/07/1947, Arquivo Itamaraty, Brasília, Caixa 143.

une meilleure utilisation de l'uranium, ou pour le bombardement du thorium [13]. La faisabilité de la recherche en énergie nucléaire fut discutée par l'État major des armées, qui applaudit au projet du CNPq, mais déclara que l'énergie nucléaire devrait être contrôlée par les organismes compétents : le *Departemento Nacional de Produção Mineral*, la *Comissão de Estudos e Fiscalização de Matériais Estratégicos* et le président du CNPq. L'exploitation de l'uranium et du thorium devint un problème de sécurité nationale, ainsi que les sciences connexes, chimie, géologie et physique (Domingues, 2005 : 375).

Afin de permettre la recherche et l'exploration des minéraux atomiques, sont créés, avec l'appui du CNPq, l'Institut de recherches radioactives (1953), à l'université de Minas Gerais (UFMG) et à l'université de São Paulo, l'Institut de l'énergie atomique (1957). Ces deux organismes réalisent une cartographie géologique des minéraux atomiques. Le groupe de scientifiques qui avaient contribué à la création du CNPq, avait déjà commencé ce travail, en 1949, au sein du Centre brésilien de recherches physiques (CBPF), une institution initialement privée qui avait eu l'appui des secteurs politiques, militaires et de la société civile. La physique se développait au Brésil, les physiciens brésiliens effectuaient des recherches de pointe en collaboration avec d'importants laboratoires internationaux. Dans le domaine de la physique nucléaire, le travail de Cezar Lattes se distingue : il participe à la découverte du méson π, grâce à ses études sur les hautes énergies réalisées au mont Chacaltaya, en Bolivie, et dans les laboratoires de Cecil Frank Powel, à Bristol, en Angleterre, dans les années 1940 (Andrade, 2008). Dans tous les domaines, les scientifiques brésiliens, beaucoup encore en cours de spécialisation, participent et effectuent des recherches dans plusieurs laboratoires européens et américains. Le CNPq a alors commencé à investir systématiquement dans la recherche scientifique, inaugurant ainsi la politique scientifique du pays.

Pendant que le CNPq s'organise à São Paulo, la Sociedade Brasileira para o progresso da Ciência (SBPC) est créée par un groupe de scientifiques, en majorité des biologistes mais aussi des chimistes, des géographes, etc. Du point de vue international, la SBPC préconisait sa filiation à des organismes internationaux, comme l'UNESCO, la Confédération mondiale des travailleurs scientifiques ou l'Organisation mondiale de la santé, cependant, son statut laissait entendre qu'elle devrait rester indépendante des forces politiques nationales ou internationales. Elle serait dirigée uniquement par des scientifiques. Pour la SBPC, la politique s'occupait des grands investissements dans les secteurs technologiques, au détriment des sciences et des institutions autres que celles liées à ces secteurs, comme la biologie, les sciences médicales et celles de la nature, qui bénéficiaient déjà d'une grande tradition dans le pays et qui s'engageaient désormais dans l'écologie. D'une certaine façon, les scientifiques critiquaient les principes politiques qui étaient à l'origine du CNPq.

Après la Deuxième Guerre mondiale, les rapports de forces politiques et également scientifiques ont radicalement changé sur le plan national et international. Les États-Unis ont exercé une domination politique dans les relations interaméricaines, ce qui a eu de fortes incidences dans les relations scientifiques. Ce furent la Guerre froide,

13. Arquivo Álvaro Alberto, 00941/CNPq/009.

le Plan Marshall, et le programme politique de Harry Truman, caractérisé par une bipolarité entre monde développé et monde sous-développé. En 1949, Truman lance son programme politique, dont le Point 4 déclare que les Américains doivent mettre à la disposition des régions sous-développées, pour leur perfectionnement et leur croissance, les avancées scientifiques et le progrès industriel. De ce Point 4 naît le « Programme d'assistance technique » qui, au début, est adopté par l'UNESCO. Au Brésil, il ne semble pas que le Point 4 ait eu un grand impact mais au moins deux institutions privées ont bénéficié de cet appui : le Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) et la Fundação Getulio Vargas, spécialisée en économie. Cependant, c'était du Brésil que venaient les subventions les plus importantes pour ces deux institutions. Le Musée national a profité quant à lui du Programme d'assistance technique, en 1952, pour son projet « *Arraial do Cabo* », une des premières études sur l'impact écologique de l'installation d'une industrie chimique sur un village de pêcheurs, Arraial do Cabo, dans l'État de Rio de Janeiro [14]. Le CNPq a aussi financé ce projet. En effet, le gouvernement brésilien maintenait son contrôle sur la plus grande partie de la production scientifique du pays sur les espaces.

Avec l'essor scientifique des études dans le domaine de l'espace aérien, resté sous contrôle militaire, l'espace géophysique a été également revalorisé dans l'après-guerre et assujetti à la politique de l'État et du ministère de l'Armée. Le CNPq était au centre de tout ce processus. En son sein, en 1952, l'Institut national de recherches de l'Amazonie est créé, spécialisé dans l'environnement et la recherche de la biodiversité de l'Amazonie [15]. Cet institut est né du vide laissé par le projet non abouti de l'UNESCO de créer dans la région le premier institut international de sciences, l'Instituto Internacional da Hiléia Amazônica (IIHA – « Institut international de l'Hiléia amazonienne ») [16]. Ce projet a échoué à cause des querelles politiques dont il a été l'objet, il était considéré impérialiste par les politiciens et les secteurs défendant un nationalisme très radical de l'armée brésilienne. L'État major des Forces armées s'était mobilisé pour cette initiative, car il ressentait le besoin de réunir des forces pour connaître l'immensité et la complexité des problèmes de l'Amazonie. Cependant, pour d'autres secteurs de l'armée, l'IIHA signifiait le franchissement des frontières et rendait possible l'aliénation des richesses naturelles du pays. L'IIHA poserait ainsi un « problème » politico-stratégique relatif à l'espace physique du pays aux mêmes secteurs de l'armée qui avaient travaillé pour implanter les hautes technologies d'exploration de l'espace aérien ; comme une interférence internationale dans un espace qui était à la fois national et international (Petitjean et Domingues, 2000 : 265).

Depuis quelques années déjà, le Gouvernement brésilien recherchait le développement économique par le moyen d'une politique d'approfondissement de l'intervention de

14. Archives Castro Faria, Manuscritos, MAST.

15. Integrés au CNPq, ont été créés l'Institut de mathématiques pures et appliquées (1952) et l'Institut brésilien de bibliographie et documentation (IBBD-1954), aujourd'hui Institut brésilien de sciences numériques, précédant l'informatique qui viendrait un peu plus tard.

16. L'IIHA, projet prioritaire de l'UNESCO, prévoyait de donner une impulsion aux sciences de la région, de développer les connaissances sur l'environnement tropical, les ressources de la forêt et les cultures locales, il était orienté par les principes de neutralité des sciences dans une perspective de progrès social, plus que d'un progrès économique. Il allait réunir les pays dits amazoniens : Pérou, Bolivie, Brésil, Colombie, Venezuela, Équateur et les trois Guyanes (P. Petitjean et H. M. Bertol Domingues, « A redescoberta da Amazônia num projeto da Unesco : o Instituto Intrenacional da Hileia Amazônica », *Revista Estudos Históricos*, vol. 14, n° 26, 2000 : 265-292).

l'homme sur l'environnement. Cela se concrétisa avec le Plan de valorisation économique de l'Amazonie, issu de la Constitution de 1946. Le plan prévoyait l'application de 3 % du PIB du pays pour le développement de l'Amazonie en accord avec le projet international « Révolution verte ». Ce plan encourageait l'exploitation économique de la nature, sans se soucier de la vie locale ni même de la question du déboisement. C'était la même politique appliquée à la nature que celle de la recherche des minéraux pour l'énergie nucléaire. Les sciences étaient vues comme un soutien de la politique et étaient soumises aux forces politiques établies dans la région pour le contrôle de l'espace. Après la Deuxième Guerre mondiale, l'impérialisme, le panaméricanisme et le nationalisme avaient des intérêts scientifiques et politiques différents concernant les espaces, les plus forts étant ceux du nationalisme.

3 L'espace de la biodiversité et la recherche spatiale dans la deuxième moitié du XXe siècle

Le développement scientifique brésilien a souffert d'une importante interruption avec le suicide de Getúlio Vargas, en août 1954. À cette occasion, le CNPq a subi un premier grand échec politique : Álvaro Alberto a quitté sa fonction de président de l'Institution au début 1955, il a été suivi par le directeur de l'Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia qui l'avait assumée l'année précédente, et le plus grave fut que la Commission nationale de l'énergie nucléaire (CNEN) qu'Álvaro Alberto avait créée, se sépara du CNPq, devenant une institution autonome mais soumise aux forces militaires. Le CNPq continua à être le grand responsable du financement des recherches scientifiques qui étaient réalisées dans les départements des universités. Cependant, avec la création de la CNEN, le pacte institutionnel de liberté de la recherche s'est brisé, puisque les sciences de l'énergie nucléaire étaient soumises à des principes politiques rigides, différents de ceux des universités, car considérées comme des activités scientifiques stratégiques, maintenues sous contrôle militaire.

En 1961, le Président de la République, Jânio Quadros, lance un programme politique pour l'énergie nucléaire – « Programme nucléaire brésilien » – qui cependant ne se développe qu'au début des années 1970 [17], quand le gouvernement militaire est déjà en place. Le programme prévoit la réalisation de repérages des gisements radioactifs, aéro-cintilimétriques et aéro-photogramétriques dans les États du Minas Gerais, de Bahia et de Rio Grande do Sul. Il prévoit aussi des études géochimiques et pétrographiques des gisements de minéraux radioactifs. En outre, il subventionne des études chimiques préliminaires et des contrats pour des projets dans le domaine des usines de traitement des minéraux. Il prévoit aussi l'acquisition d'équipements pour une installation pilote, laquelle réaliserait des expériences d'enrichissement isotopique par la méthode d'ultracentrifugation et un projet d'installation du premier réacteur nucléaire expérimental brésilien ; tout cela conformément aux termes d'un accord bilatéral signé avec le gouvernement américain. Les ressources naturelles étaient donc à la base du projet nucléaire brésilien mais la communauté des physiciens refuse de participer au « Programme nucléaire brésilien ». Ce n'est qu'en 1975 que la Société brésilienne de physique annonce la participation des physiciens à ce programme.

17. Les données sur les programmes de recherche de la seconde moitié du XXe siècle sont issues des archives du CNPq, actuellement conservées au MAST, à Rio de Janeiro.

En 1964 le Brésil connaît un coup d'État politico-militaire qui reproduit à l'interne la Guerre froide. Le gouvernement renforce alors ses liens avec le capitalisme américain contre le communisme. Malgré l'ébranlement des relations sociales et les atteintes aux libertés civiles, son impact est positif sur la politique des sciences et le développement de nouvelles technologies. L'État brésilien se modernise mais le nationalisme qui avait nourri les changements pendant les trois décennies antérieures s'est énormément affaibli avec les emprisonnements et l'exil de nombreux scientifiques et de façon plus général de nombreux citoyens. L'image de la nation confondue avec les richesses de la terre s'efface. Le Brésil devient le « pays de l'avenir ». Le développement technologique et économique qui était le paradigme dominant, augmente, paradoxalement, la production scientifique.

Quand le coup d'État survient, des secteurs scientifiques considérés stratégiques, comme les sciences spatiales, étaient déjà militarisés même s'ils gardaient encore une certaine autonomie dans la recherche. L'exemple de l'Institut technologique de l'aéronautique est significatif. L'idéal d'autonomie qui a guidé l'Institution depuis le début et assuré le maintien de sa grande valeur intellectuelle et de ses normes de recherche est à l'origine de la crise majeure de l'ITA. En effet celui-ci a subi cette crise dans le sillage du coup d'État militaire de 1964, lorsque le gouvernement militaire fait voler en éclats l'autonomie du Centre technologique de l'aéronautique (CTA) qui englobait à la fois l'ITA et l'IPD, provoquant le départ de son directeur et de 51 professeurs [18]. La vision du monde de cet institut a donné naissance à ce qu'on peut appeler un nationalisme technologique, notion qui consacre la possibilité d'acquérir une indépendance économique par la recherche technologique, mais qui a également avorté à ce moment-là.

Il est certain qu'après le coup d'État les arbitraires du système se sont fait sentir. Les scientifiques et beaucoup de leurs projets en cours ont été suspendus irréversiblement. Paradoxalement, il y a eu un fort investissement dans la formation de nouveaux cadres professionnels, les *post-grades* sont apparus en 1968 et toutes les grandes universités du pays ont commencé à former des maîtres et des docteurs, diminuant proportionnellement leur dépendance par rapport à la formation à l'étranger. En même temps, les universités ont été rénovées, les anciennes facultés de philosophie se sont fondues dans la structure des universités fédérales, dans tout le pays.

L'université nationale de Brasília avait été récemment créée comme emblématique à cause des modèles modernes qu'elle cherchait à adopter en alliant l'enseignement avec la recherche scientifique. En 1965, l'UNB est fermée et presque cent pour cent de ses professeurs, parmi les meilleurs du pays, démissionnent en réaction à l'arbitraire du régime militaire qui interdit les pratiques scientifiques qui la caractérisaient (Salmeron, 1999). Plus tard elle a rouvert, en s'adaptant aux nouvelles exigences politiques et avec un nouveau cadre professoral. Les scientifiques de pratiquement toutes les institutions du pays ont souffert de pertes avec le coup d'État de 1964, aggravé en 1968, avec l'Acte institutionnel n° 05 qui a supprimé les libertés démocratiques et fermé le Congrès national. Et les recherches dans les domaines de la technologie et de l'espace ont été les priorités du gouvernement qui leur a dédié les investissements les plus importants.

18. Il faut observer que le même s'est passé dans l'université de Brasília. Voir après.

On peut dire que les priorités politiques des gouvernements militaires, pendant les années 1960 et 1970, ont été l'énergie nucléaire, la recherche spatiale et l'Amazonie avec ses ressources naturelles et cela a continué dans les années 1980 après la période de gouvernement militaire. Toutefois, le programme le plus important a été le « Programme spatial brésilien » parce qu'il embrassait, en plus de la recherche sur l'espace aérien, la connaissance de l'environnement et des ressources naturelles, tout en suivant la méthodologie adoptée pour la recherche en aéronautique, qui avait commencé dès la création de l'Institut technologique de l'aéronautique (ITA), un organisme d'envergure internationale. Outre le CNPq, les ministères militaires de l'Aéronautique et de la Marine ont participé à ce programme, ainsi que les ministères des Communications et des Affaires étrangères. Le Programme a été établi après la création du GOCNAE – Groupe d'organisation de la Commission nationale d'études spatiales – dans le CNPq [19]. Le GOCNAE avait parmi ses attributions, l'étude et le développement de la politique spatiale brésilienne et la législation appropriée ; l'aide et l'appui pour les études concernant les activités spatiales ; la formation des spécialistes ; le suivi des échanges techniques et scientifiques ainsi que la coopération internationale. De plus, il était encore chargé d'élaborer le plan de création de la Commission nationale d'activités spatiales (CNAE). En 1971, le GOCNAE a été supprimé. À sa place ont été créés l'Institut national de recherches spatiales (INPE) et la Commission brésilienne d'aéronautique spatiale (COBAE) (Raupp, 2004 : 93).

C'était alors l'ère de l'exploration de l'espace encore méconnu, époque où la Guerre froide alimentait la concurrence spatiale. En 1957, l'Union soviétique s'était distinguée avec le lancement du premier satellite artificiel, le Spoutnik. Mais plutôt que de se lancer dans cette course, le Brésil cherchait, à travers son « Programme spatial », à s'intégrer dans le domaine de la recherche des sondages atmosphériques et de l'analyse des données pour le contrôle météorologique, ainsi que de la prospection des ressources naturelles. À cette époque, deux projets ont été initiés au Brésil : celui de la recherche sur les satellites et sur le recueil de données en provenance des satellites artificiels (projet RASA) ; et celui des sondages en haute atmosphère grâce à de petites fusées (SALA).

Par ailleurs, Fernando Mendonça fut nommé représentant du CNPq dans le Comité pour l'usage pratique de l'espace créé par l'ONU en 1963. Fernando Mendonça voyagea alors en Inde afin de contrôler l'installation de la fusée Sonda de Thumba dans la base établie par ce Comité. En 1965, débute le développement technologique dans la recherche spatiale avec la construction du Centre de lancement *Barreira do Inferno* (CLBI), dans l'État de Rio Grande do Norte. Le Brésil peut alors lancer des fusées de sondage, mais sans avoir la capacité de placer une charge en orbite [20].

19. Le plan de création du GOCNAE et le rapport sur le programme spatial ont été signés par l'amiral Otacílio Cunha (Marine), le colonel Aldo Vieira da Rosa (Aéronautique, président de la Commission, professeur à l'ITA, puis professeur à Stanford University, aux États-Unis), le professeur Luiz Gonzaga Bevilacqua et l'ingénieur Thomas Pedro Brun (président de la Société interplanétaire brésilienne – SIB). Pendant longtemps, Abraão de Morais a été son président.

20. Voir Meira Fo, Luis Gylvan, « História da Pesquisa Espacial no Brasil e a Criação da Agência Espacial Brasileira », *in MAST Colloquia, Memória da Astronomia*, Rio, MAST / MCT, 2004 : 53-70. Fernando de Mendonça a débuté son doctorat en 1959, à l'université de Stanford, Californie, États-Unis. Ses recherches concernaient l'usage des satellites afin d'étudier l'ionosphère. Avant son retour au Brésil en 1963, il a collaboré en tant que représentant du GOCNAE auprès de l'Administration nationale de l'aéronautique et de l'Espace (NASA). Après avoir fini son doctorat en radioscience, Mendonça a rapporté des équipements

D'abord installé dans le CTA, à São José dos Campos dans l'État de São Paulo, le GOCNAE renforce ses liens externes avec les États-Unis. À partir de 1963, des stagiaires viennent collaborer. Ce sont des élèves en électronique de l'ITA (dont le département avait été fondé par le professeur colonel Aldo Vieira da Rosa en 1953) qui ont aidé à installer le Laboratoire de physique spatiale. Dès cette année-là, le GNOCAE est remplacé par la CNAE, la Commission nationale d'activités spatiales. L'un des objectifs prioritaires de la CNAE, dans ses quinze premières années d'existence, était la formation. En 1968, des cours de troisième cycle sont créés à la CNAE dans les domaines de l'Environnement et de l'Espace, - désignés plus tard sous le nom de : Science spatiale et Science de l'atmosphère - ainsi que des cours d'électronique, de communications et d'ingénierie des systèmes. Dans le cadre du projet « *Porvir* » de 1972, 150 élèves de Masters en sciences et 50 élèves de doctorat, dans des domaines liés aux activités spatiales, ont achevé leur formation visant à établir une relation forte entre la recherche spatiale et l'environnement.

Lorsque la NASA développe et lance ses premiers satellites météorologiques, la CNAE forme un petit groupe de spécialistes capables de maîtriser la technologie américaine des stations de réception nommées APT (*Automatic Picture Transmission*). Elles permettent d'avoir des images de la couverture nuageuse de l'Amérique du Sud. Ces images sont alors transmises en temps réel par les satellites de la série ESSA (*Environnement Science Service Administration*).

Jusqu'au milieu des années 1970, la CNAE a implanté un réseau de stations APT en partenariat avec l'Institut national de météorologie (INAMET). Elle a aussi géré la participation des universités et des instituts de recherche liés au gouvernement. À partir de 1967, le « Projet de télédétection » (SERE) [21] débute au sein de la CNAE. Il est spécialisé dans la récupération de données sur les ressources terrestres, à partir des images d'avions puis de satellites. En juillet 1969, une équipe de spécialistes de la CNAE et du Département national de production minérale (DNPM) participe à une série de vols avec des avions de la NASA. Équipés de caméras, de radars et de capteurs propres aux travaux de télédétection, ils survolent le quadrilatère du fer dans l'État du Minas Gerais afin d'en étudier la géologie ; la région de Campinas (SP) pour recueillir des données agricoles ; celle de Cabo Frio, dans l'État de Rio de Janeiro, afin d'obtenir des mesures océanographiques et hydrographiques. Ce travail est baptisé « Mission 96 » et il n'a été possible que grâce au partenariat entre la CNAE et la NASA.

Pendant les années 1970, plusieurs autres programmes et projets se sont développés au Brésil dans le domaine de la recherche spatiale se rapportant à la connaissance des ressources naturelles et aux études sur l'environnement, principalement dans la région amazonienne. Ainsi, les spécialistes du DNPM qui ont participé à la « Mission 96 » ont, peu après, lancé le « Projet radar de l'Amazonie » (RADAM), un projet « aérophotogrammétrique » destiné à obtenir des informations géologiques sur l'Amazonie et le nord-est du Brésil. Pendant la seconde moitié des années 1970, le

pour l'installation du premier laboratoire de recherche spatiale au Brésil. C'était une station complète, offerte par la NASA, pour recevoir des données provenant de satellites spécialisées dans des études de l'ionosphère. En 1964, il est nommé à la direction du GOCNAE, en remplacement du colonel Aldo Vieira da Rosa. Ce dernier était parti aux États-Unis, au premier trimestre de 1963 afin d'y faire son doctorat. Il est resté aux USA ; actuellement, il est professeur honoraire de l'université de Stanford.

21. Projet de *Sensoriamento Remoto*.

projet RADAM a été remplacé par le satellite LANDSAT, dont les données ont été utilisées par l'INPE dans le contrôle des ressources naturelles et du déboisement de l'Amazonie.

Intégré dans le CNPq, l'Institut national de recherches spatiales (INPE), est créé en 1971, à São José dos Campos (dans l'État de São Paulo). Il est partie prenante du premier « Plan national de développement » (PND) lancé en 1972. Le GOCNAE y est transféré. Un but important de l'INPE était l'implantation du « Projet de recueil de données sur les ressources naturelles » *via* des satellites. Le projet RADAM faisait partie de ce projet. Les activités prévues englobaient des recherches sur les ressources naturelles et dans les domaines de la minéralogie, de l'hydrologie, de l'océanographie, de l'agriculture, etc. qui ont été possibles grâce à une technologie engendrée par la recherche spatiale et la télédétection, installée à bord des avions, des satellites et des navettes spatiales, permettant d'obtenir un recueil global des ressources du pays en très peu du temps.

Le satellite américain ERTS (*Earth Resource Technology Satellite*) a été lancé en 1972, afin d'accueillir le projet SERE auquel le Brésil avait adhéré. Pour pouvoir recevoir les données de l'ERTS, une station de réception a été bâtie à Cuiabá (dans l'État du Mato Grosso). Ceci grâce au projet « *Aripuanã* », lancé par le CNPq dans la même année 1972, avec pour but l'étude du sol, de la flore, le recueil de plantes et d'échantillons de bois, ainsi que la technologie de produits naturels et chimiques. Ces travaux incluaient le projet « Bio-combustion d'énergie en Amazonie », coordonné par l'Institut national de recherches de l'Amazonie – INPA / CNPq [22]. Les espaces géophysique et spatial étaient complètement imbriqués.

Pendant les années 1970, d'autres programmes et projets de recherche spatiale au Brésil ont contribué à des études sur les ressources naturelles et sur l'environnement. Parmi eux, le projet OBRA qui avait pour but de rassembler des données afin de prévoir les effets des bruits atmosphériques dans les radiocommunications. Des équipements ont été offerts à l'INPE par l'ESSA des États-Unis pour l'installation d'une station d'enregistrement de ces bruits. L'une de ces stations a été installée en Amazonie, en collaboration avec la SUDAM (Superintendance pour le développement de l'Amazonie). En outre, le Projet LUME étudiait la luminescence originelle de l'atmosphère supérieure. Celle-ci était utilisée pour interpréter des phénomènes qui avaient lieu dans cette région de l'atmosphère et aussi pour des mesures de quantité totale d'ozone (Barcelos, 1999).

En résumé, le programme spatial brésilien a été géré par les militaires, qui ont mis l'accent sur les recherches qui permettaient le contrôle sur l'environnement, sur les ressources naturelles et sur la météorologie, essentielle pour l'exploitation de l'air. La coordination et l'exécution du programme spatial, dès le début des années 1970, a été à la charge de la COBAE – Commission brésilienne d'activités spatiales – qui était liée à l'EMFA – État-major des forces armées (Raupp, 2004). Dès 1994, la COBAE avait

22. À travers ce même projet, l'INPE a établi des partenariats avec le Secrétariat d'organisation de Rio Grande do Norte pour l'usage des techniques de dépistage à distance appliquées au repérage de ressources naturelles. Par l'intermédiaire aussi de l'étude et de l'application des données recueillies et transmises par le premier satellite de ressources naturelles de la Terre, l'ERTS 1, on a pu réaliser la cartographie géologique de champs pétroliers.

été transférée vers l'Agence spatiale brésilienne (AEB), qui était civile. Cependant les règles du programme spatial de l'AEB stipulaient dans le premier chapitre que le but principal serait l'observation de la Terre, la situation de la forêt amazonienne, l'agriculture et les ressources naturelles [23].

En 1974, peu après la création de la COBAE, la présidence de la République lance le programme « *Polamazonia* » dans le but de promouvoir l'usage intégré du potentiel agricole, agroindustriel, forestier et minéral dans les zones prioritaires de l'Amazonie [24]. L'usage adapté des ressources naturelles était aussi l'un de buts de l'AEB, ainsi que la démarcation de domaines destinés aux réserves forestières et biologiques, aux parcs nationaux, aux réserves indigènes et aux études d'écosystèmes. Dans tout cela, le programme spatial a été reconnu de grande utilité pour la connaissance et l'exploration de l'espace aérien et physique de la Terre.

Tous ces programmes et projets se sont réalisés dans des instituts de recherche appartenant au CNPq ou dépendant de son financement. Pendant les décennies 1970 et 1980, d'autres institutions se sont mises en place, vouées à l'exploration scientifique des espaces, comme le Centre de technologie minérale et le Laboratoire d'astrophysique. En 1985, avec la création du ministère de la Science et de la Technologie, le CNPq et tous ces instituts ont été regroupés. Le Brésil s'est alors lancé dans des recherches sur le calcul informatique scientifique et le développement des moyens de communication virtuels, qui faisaient également partie des recherches spatiales. Depuis les années 1980, l'usage de la technologie spatiale a diminué les distances entre les grands centres et les villes de l'intérieur du pays où se trouvaient les richesses naturelles et a marqué la politique et les instituts qui ont formé le Ministère de la Science et de la Technologie au Brésil.

En même temps, on a assisté, dès les années 1970, à la création d'instituts de recherche appliquée (télécommunication, énergie électrique, pétrole, agriculture, etc.) et à la mise en place de programmes conçus pour exercer un rôle d'orientation des instituts de recherche scientifique et technologique. Ces derniers ont été incorporés, par le biais du Conseil national de recherche scientifique (CNPq) au ministère de la Science et de la Technologie (MCT) lors de sa création, en 1985. D'autres programmes et d'autres projets dans les domaines de la biodiversité et de l'environnement ont été développés tout au long des trois dernières décennies, se renforçant, s'élargissant et établissant des liens étroits avec le domaine spatial, tout ceci caractérisant la technicisation dessinée dans les décennies précédentes. Il convient ici d'établir un parallèle avec le rôle joué par l'astronomie dans la deuxième moitié du XIXe siècle, dans le repérage des itinéraires possibles pour les expéditions géographiques et dans la localisation des ressources naturelles.

De la même façon, la recherche dans les domaines de l'aéronautique et du spatial a été décisive pour l'émergence et le développement des technologies de l'information et de la microélectronique qui se sont développées dans le pays tout au long de la fin du

23. *Cf.* Gylvan Meira, lorsqu'il a été président de l'AEB, pendant une interview au MAST Colloquia.

24. Les endroits choisis pour l'étude ont été : Xingu (Araguaia, Mato Grosso), Carajás, Araguaia-Tocantins, Trombetas, Altamira, Pré-Amazônia Maranhense, Rondônia, Acre, Juruá-Solimões, Roraima, Tapajós, Amapá, Juruena, Mato Grosso, Aripuanã, Marajó.

XXe et au début du XXIe siècle. Tandis que la technologie de l'information était l'objet d'une politique nationale dans les années 1970 et 1980, pour ensuite disparaître face à la pression de la demande sociale et économique liée à l'usage des ordinateurs et des systèmes connexes, la microélectronique n'était pas touchée directement par la politique industrielle nationaliste et autarcique, au début du XXIe siècle.

Pour ce qui est de l'internationalisation, l'aéronautique qui s'est trouvée internalisée dès ses débuts, lors de la création de l'Institut technologique et aéronautique (ITA) et du Centre de technologie aéronautique (CTA), poursuit ce processus et le renouvelle dans le domaine spatial. Ainsi, tout au long des années 1960, l'ITA fait, avec l'ouverture de nouveaux partenariats, en plus de ceux déjà existants, à la fin de la même décennie, une coopération Sud-Sud dans le domaine spatial, avec l'Inde et la Chine. Tout au long de ces années-là, plusieurs programmes environnementaux ont également été développés, concernant surtout l'Amazonie, ajoutant à la préoccupation pour l'environnement, la question stratégique du développement économique de la région.

Conclusion

Les démarches de transformation institutionnelle et épistémologique qui ont orienté les sciences spatiales, géophysiques et aériennes, sont à l'origine de la science brésilienne moderne telle qu'elle s'est construite à partir du début du XIXe siècle. Ces démarches ont été orientées par l'étude des explorations et de l'exploitation de multiples espaces et se sont formées politiquement, de façon critique et à travers des modes distincts d'internationalisation, de manière à répondre aux demandes et aux besoins de constitution d'une coévolution à la fois dans la temporalité de l'identité de la nation, de l'État national et dans la projection recherchée par sa politique extérieure, dans laquelle la science, la technologie et, encore plus, récemment, l'innovation, ont toujours été le centre.

Il faut considérer d'un côté les institutions et leurs rôles dans les relations scientifiques et politiques qui ont dominé tout le XIXe siècle puis le XXe siècle. Le rôle politique des expéditions scientifiques des pays européens au Brésil est particulièrement important comme instrument de la colonisation et de l'impérialisme. Dans ce contexte, les instituts de sciences naturelles, très dynamiques au XIXe siècle, comme le Jardin botanique et le Musée national ont été effacés au début du XXe siècle par la prolifération d'instituts qui ont vu le jour en multipliant aussi les priorités scientifiques et les demandes sociales, particulièrement à partir des années 1930.

Les technologies de l'État comme l'aéronautique, - importantes pour soutenir l'identité nationale et une réelle expression du pouvoir de l'État dans l'ensemble de l'espace géographique de la nation, et la chimie agricole et industrielle, critiques pour l'entrée du pays dans le circuit économique mondial et le développement du capitalisme,- se sont structurées dans la première moitié du XXe siècle. Celles-ci se développent, s'élargissent et s'établissent au point de vue institutionnel et politique dès le début de la deuxième moitié de ce siècle.

Par la suite, les programmes scientifiques qui sont apparus pendant les années 1950 et 1960 – comme celui de la politique spatiale qui a pris le relais de l'Institut de recherche aéronautique – peuvent être considérés avant tout comme des programmes liés directement aux orientations politiques. Les demandes croissantes de sécurité, ainsi que les demandes économiques et sociales, au fur et à mesure de l'augmentation de la population et du développement de l'urbanisme, se sont appuyées sur un sentiment nationaliste. Elles ont constitué un point important de l'agenda gouvernemental, en agissant à travers les agences de subventions, le CNPq, les ministères militaires et les ministères civils qui se sont spécialisés (Agriculture, Mines et Énergie, Télécommunications), pendant la décennie 1970. Malgré la fin du gouvernement militaire en 1979, ces pratiques n'ont évolué qu'à partir des années 1990, avec l'apparition d'une politique qui a rouvert le pays et a essayé de l'insérer dans la mondialisation.

Il faut rappeler que, du point de vue des demandes sociales des sciences, si au XIXe siècle les sciences naturelles ont contribué à la faible expansion capitaliste et ensuite à l'impérialisme économique au XXe siècle, l'idée d'un progrès à tout prix a commencé à être remis en cause à l'aube du XXIe siècle. Les questions de préservation de l'environnement, l'épuisement des sols agricoles, le déboisement, ainsi que les pressions sur la demande d'énergie ou d'aliments – dépendantes de l'exploitation de ressources naturelles – sont désormais à l'ordre du jour. En particulier, les connaissances traditionnelles, dont la scientificité est toujours discutable, ont été revalorisées à travers une législation propre, pour leur utilisation et les relations avec les détenteurs de ces connaissances. Dans la relation sciences et politique au milieu du XXe siècle, la politique dominait les sciences même si elle ne pouvait pas dominer la production théorique sur l'environnement. Toutefois, avec le temps, la politique a fini par donner une orientation à des programmes technologiques, déterminant en grande partie les nouveaux champs du progrès scientifiques et a fait reconsidérer les buts et le rythme de développement des domaines scientifiques traditionnels. La politique scientifique s'est consolidée au nom d'une sécurité nationale, tout en cherchant à raffermir sa position dans le système international des nations. Actuellement, l'espace de la science des ressources naturelles s'élargit et se mondialise.

Au Brésil, plus que l'internationalisation, qui a toujours été présente dans le parcours long de l'institutionnalisation et de la différenciation des sciences de l'espace géophysique et aérien aussi bien que celui de la technologie correspondante, la politique et la militarisation ont toujours continué de tracer et d'orienter les cheminements de la science et de la technologie. Aujourd'hui, les études sur les espaces géophysiques et aériens recoupent les problèmes du climat et la question des connaissances traditionnelles sur les ressources naturelles en vue du développement durable.

Références

ANDRADE, A. Ma., (2008) Ribeiro de Físicos, Mésons e Política : a dinâmica da ciência na sociedade. São Paulo, Hucitec / MAST, 2ª edição.

BARCELOS, E. Dorneles, (1997) *40 anos de Pesquisa Espacial*, Brasília, Agência Espacial Brasileira.

ALMEIDA, A. Wagner Berno de, (2008) *Antropologia dos Archivos da Amazônia.* Rio de Janeiro, RJ : Casa 8 et Fundação Universidade do Amazonas.

BENOIT, S., (2000) *Henri Anatole Coudreau (1859-1899).* Paris : L'Harmattan.

BOTELHO, A. J. Junqueira,(1999) « Da Utopia Tecnológica aos Desafios da Política Científica e Tecnológica : O Instituto Tecnológico de Aeronáutica (1947-1967). » *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, 14 (39), p.139-154.

BOTELHO, A. J. Junqueira, (1997) « Building Modernity : The 'Instituto Tecnológico de Aeronáutica'and the Transfer of the MIT Model to Brazil. » *XXth International Congress of History of Science*, Liège. Belgium. 20-26 July 1997.

CARLOTTO, M. C., (2013) Veredas da mudança na ciência brasileira. Discurso, institucionalização e práticas no cenário contemporâneo. São Paulo, Editora 34..

CARVALHO, J. Murillo de, (1996) A Cosntrução da Ordem – Teatro de Sombras. Rio de Janeiro, Editora Civilização Brasileira.

CUSHMAN, G. T., (2005), Bergen South : The Americanization of the Meteorology Profession in Latin America during World War II. Org. EMEIS, S. and LÜDECKE, C., From Beaufort to Bjerknes and Beyond. Aubsburg, Erv Dr Erwin Rauner Verlag, 2005, p. 197-231

DOMINGES, H. M. Bertol, (1995) Ciência : um caso de política. As relações entre as Ciências Naturais e a Agricultura no Brasil-Império, São Paulo, FFLCH / USP, (Tese de Doutoramento).

DOMINGUES, H. M. Bertol, (2001) A Sociedade Auxiliadora da Indústria Nacional e as Ciências Naturais no Brasil Império. Org. Dantes, Ma. Amélia M., Espaços da Ciência no Brasil. Rio, Ed. Fiocruz, p. 83-110

DOMINGUES, H. M. Bertol, (2005), Da razão do poder ao poder da razão : o lugar social das ciências, no Brasil, em meados do século XX. In : Pietrocola, Maurício ; Freire Junior, Olival (Org.). *Filosofia, ciência e história : Michel Paty e o Brasil, uma homenagem aos 40 anos de colaboração*. São Paulo : Discurso Editorial, p. 375- 400

HAMBURGER, Amélia I., DANTES, M. A., PATY, M., PETITJEAN, P., (1996), A Ciência nas Relações Brasil-França (1850-1950). São Paulo, EDUSP, FASPESP.

LINS de Barros, H., (2003), Santos Dumont e a invenção do vôo, Rio de Janeiro, Jorge Zahar Editor.

LOWI, I., (2000), Vírus, Mosquito e Modernidade – A febre Amarela no Brasil entre ciência e política. Rio de Janeiro, Editora Fiocruz.

MEIRA, L.G. Filho., (2004), História da Pesquisa Espacial no Brasil e a Criação da Agência Espacial Brasileira. In MAST Colloquia, Memória da Astronomia, Rio, MAST / MCT, p. 53-70.

MILLER, Clarck A., (2006) An Effectif Instrument of Peace : Scientific Cooperation as an Instrument of U.S. Foreign Policy. Osiris, 21 : 135-160.

PETITJEAN, P., (1996) As Missões Universitárias Francesas na Criação da Universidade de São Paulo (1934-1940), Org. Hamburger, A. I., Dantes, Ma. A. M., Paty, M., Petitjean, P., A Ciência nas Relações Brasil-França (1850-1950). São Paulo, EDUSP, FAPESP, p. 259-330.

PETITJEAN, P. e DOMINGUES, H. M. Bertol, (2000), A redescoberta da Amazônia num projeto da Unesco : O Instituto Intrenacional da Hileia Amazônica. Revista Estudos Históricos, vol 14, n. 26, p. 265-292

RAUPP, M. A., (2004) As Atividades Espaciais no Brasil e o INPE. In MAST Colloquia, Memória da Astronomia, Rio, MAST / MCT, p.93-118.

REIS, A.C. Ferreira, (1960) *A Amazônia e a cobiça internacional*, Rio. Ed. Reccord, 1968, 3ª edição Aumentada 1ª edição.

SACHS, I., WILHEIM, J. e PINHEIRO, P. S., (2001) Brasil um século de transformações, São Paulo, Companhia das Letras.

SALMERON, R.,(1999) *A Universidade Interrompida*, Brasília, Editora UNB, 1a edição.

SCHWARTZMAN, S. (Coordenação), (1996) Ciência e tecnologia no Brasil : a capacitação brasileira para a pesquisa científica e tecnológica. Rio de Janeiro, Editora Fundação Getulio Vargas.

Un espace transnational de l'enseignement et de la recherche ?

L'« institutionnalisation » des sciences de gestion en Europe, entre traditions locales et circulations internationales (1850-2010)

Ferruccio Ricciardi et Kenneth Bertrams

Introduction
La gestion, un savoir global ?

Aujourd'hui, dans le monde de l'enseignement supérieur, il n'y a rien de plus « mondialisé » que les formations à la gestion [1]. En Europe, à partir des années 1980, ces formations ont été standardisées sur le modèle des *business schools* américaines. Les MBA (*Master in business administration*) et autres programmes en management se sont constitués un peu partout. Les organismes d'accréditation et de classement se sont multipliés et ont donné à ce type de formation une légitimation transnationale (Amdam, 1996). Les grandes entreprises multinationales et les cabinets-conseil ont sanctionné, sur le plan professionnel, le succès de ces trajectoires. Depuis, les discours dominants sur les carrières internationales soulignent l'essor d'une élite managériale cosmopolite dont la culture transcenderait les particularismes nationaux grâce notamment à des formations qui tendent désormais à se rapprocher du « modèle unique » (Wagner, 2005).

Un détour à la fois historique et géographique sur le processus de construction de cette nouvelle *science* semble néanmoins remettre en cause une vision de choses un

1. On entend par « gestion » (*management*) l'ensemble de techniques d'administration des organisations, en l'occurrence des entreprises, qui commencent à être codifiées au tournant du XXe siècle selon les principes de la rationalité instrumentale, de la maîtrise des moyens et de la performance économique. Dans ce sens, les techniques de gouvernement et les sciences camérales qui président au fonctionnement d'un large pan d'organisations (des hôpitaux aux administrations d'État) ne rentrent pas dans notre analyse.

peu simpliste. Le parcours de légitimation académique et d'acceptation sociale de la gestion est loin d'être linéaire : il est fait de combinaisons, de bifurcations, de recompositions. Ceci relève aussi du fait que la gestion, hier comme aujourd'hui, se qualifie de « science utile ». Il s'agit, en d'autres termes, d'un savoir ancré dans la *praxis*, qui tire sa propre légitimité de plusieurs sources, du monde des affaires au monde savant (Boussard, 2008). Le processus qui a conduit la gestion du projet pédagogique des origines à un projet scientifique à proprement parler est ainsi le résultat de l'interaction incessante entre savoirs, acteurs et institutions (Hatchuel, 2001). Si les mécanismes d'imitation institutionnelle et normative ne sont pas sans influence dans la définition de la séquence historique ayant marqué l'essor des principaux paradigmes managériaux (taylorisme, relations humaines, analyse structurale...) (Guillèn, 1994), il reste à comprendre les conditions de fabrication et de stabilisation de cette science-pouvoir du XXe siècle (Mitchell, 2009).

Ce texte propose une réflexion sur l'histoire des modes de « construction » des sciences de gestion en Europe occidentale. Loin de présenter une simple juxtaposition de cas nationaux, il entend suivre les multiples circulations d'idées, de savoirs et de techniques qui président à la fabrication des sciences de gestion et qui s'étalent dans le temps et dans l'espace. Le but est de saisir les articulations possibles entre les dynamiques (globales) de convergence et les dynamiques (locales) de spécificité qui ont conduit à l'« institutionnalisation » (au sens de codification) des sciences de gestion en Europe. L'hypothèse principale de ce travail est que la spatialisation du champ de la recherche et de l'enseignement en gestion relève de stratégies d'appropriation entre les savoirs mobilisés, les producteurs / utilisateurs de ces savoirs et les institutions susceptibles de rendre légitimes ces mêmes savoirs. Ces stratégies d'appropriation, qui se manifestent par un entrelacement d'interactions multiples, prennent des configurations distinctes en fonction du temps et de l'espace.

Nous proposons ici un déroulement chronologique qui s'articule autour de plusieurs macropériodes. Tout d'abord, la période pionnière, qui voit apparaître une « science des affaires » en quête d'un statut à la fois scientifique et opérationnel (1850-1900) ; la période qui voit l'émergence, sous l'emprise de la diffusion des idées tayloriennes, d'une science rationnelle des organisations (1900-1950) ; la période marquée par le phénomène d'américanisation des sciences de gestion (1950-1980) ; enfin, les trois dernières décennies, traversées par la convergence des projets éducatifs sous la pression de la mondialisation et de la financiarisation de l'économie (1980-2010).

1 La « science des affaires » : les écoles de commerce dans le contexte de la seconde révolution industrielle (1850-1900)

1.1 Formation technique, élites locales, savoirs pratiques : la nébuleuse des écoles de commerce

Les premières écoles de commerce européennes ne sont pas nées au Royaume-Uni, mais dans ces pays dits *second comers* qui, au cours du XIXe siècle, s'efforcent de

rattraper le retard industriel qui les séparent de l'« usine du monde » : Paris (1819) [2], Anvers (1852), Mulhouse (1866), Lyon (1872), Bordeaux (1874), Saint-Gall (1898), Leipzig (1898), Cologne (1901), Milan (1902), Bruxelles (1903)... (Zamagni, Engwall, 1998). Si le débat concernant le rôle joué par un système éducatif technique insuffisant dans le « déclin industriel » anglais reste ouvert, force est de constater que les pays de l'Europe continentale, à l'heure de la « seconde révolution industrielle », font preuve d'un certain dynamisme en la matière [3]. La formation technique, et plus précisément la formation destinée aux futurs hommes d'affaires, est l'une des voies privilégiées pour créer les conditions indispensables au développement économique. Dans ce domaine, le nationalisme économique devient une source d'inspiration majeure, à la fois politique et intellectuelle, que l'on retrouve dans nombre de pays. La promotion de la culture technique représente un moyen pour asseoir la puissance étatique, qu'il s'agisse d'un État ancien en quête d'un nouvel élan (la France de la IIIe République encore blessée par les conséquences de la guerre franco-prussienne) ou d'un État récemment constitué (l'Italie ou l'Allemagne). En même temps, d'autres réseaux d'influence sont à l'œuvre dans cette entreprise d'acculturation, s'inspirant tour à tour du libéralisme, du saint-simonisme ou du néomercantilisme. Ces doctrines alimentent les aspirations des élites industrielles aussi bien que des savants ou des fonctionnaires qui, à des degrés divers, tentent de décliner les valeurs culturelles et politiques aux impératifs propres au développement technique et économique (Fox, Guagnini, 1986).

Ainsi, la création des écoles de commerce s'inscrit dans un mouvement plus large de renouvellement des dispositifs de formation supérieure, qui vise à conjuguer les aspects théoriques et pratiques voués à la professionnalisation des élèves, en concurrençant de la sorte les formations universitaires. Dans toute l'Europe occidentale, des formations parallèles destinées notamment aux ingénieurs et aux techniciens voient le jour. Elles témoignent de l'expansion institutionnelle des systèmes éducatifs nationaux. Ces formations se situent en dehors et en deçà de la structure universitaire : il s'agit des *Technische Hochschulen* en Allemagne, du Conservatoire des arts et métiers ou de l'École centrale en France, des *technical colleges* au Royaume-Uni, des *scuole tecniche superiori* en Italie... Par-delà les spécificités nationales, on assiste à une certaine convergence en termes de diversification, d'expansion et de professionnalisation de l'enseignement supérieur, dont les filières techniques ont désormais une place significative (Charles, Verger, 2012).

Derrière cet effort de promotion de l'enseignement technique, il y a également une stratégie de légitimation sociale et de rénovation des élites dirigeantes que poursuivent les membres du monde des affaires, de la culture et aussi de la politique. Cette stratégie, bien qu'inscrite dans un cadre « national », prend souvent appui sur des réseaux locaux composés aussi bien d'instances institutionnelles (municipalités, chambres de commerce, associations professionnelles) que de cercles privés. Ces derniers font notamment référence à la « bourgeoisie productive » bien implantée dans les villes industrielles les plus dynamiques (chefs d'entreprise et banquiers, représentants des

2. Il s'agit de l'École de commerce et d'industrie créée par Vital Roux, puis reprise par la Chambre de commerce parisienne en 1867 sous le sigle d'ESCP.

3. Les défenseurs de l'idée du déclin anglais (Wiener, 1981 ; Locke, 1984) s'opposent à ceux qui, en revanche, valorisent la capacité d'adaptation du modèle d'éducation à l'évolution des réalités économiques et industrielles (Morse, 1992).

professions libérales, scientifiques). Ainsi, les initiatives de promotion de l'enseignement technique sont « localisées », c'est-à-dire ancrées dans des territoires qui vantent une spécificité dans le rapport entre structure économique et élites locales. Les écoles de commerce, à l'instar de bon nombre d'écoles d'ingénieurs, sont un peu l'emblème de ce phénomène (Maffre, 1984 ; Fridenson, Paquy, 2008). Une enquête récente relative au cas français montre que la matrice de l'enseignement commercial est représentée par l'école située à Mulhouse, fondée en 1866 par les frères Siegfried, membres de la bourgeoisie commerciale alsacienne et protestante. La défaite de 1870 conduisant à sa fermeture, ses enseignants vont être recrutés dans les écoles supérieures de commerce qui s'ouvrent ailleurs (Rouen, Lyon, Marseille, Bordeaux), contribuant à en diffuser le modèle pédagogique, basé essentiellement sur la pratique. Face à l'initiative des chambres de commerce, des municipalités et des élites locales, l'intervention tardive de l'État envisage une sorte de « régulation par défaut », comme suggère la clause d'allègement du service militaire dont les écoles de commerce françaises vont bénéficier à partir des années 1890 (Blanchard, 2012).

Les écoles de commerce, à leurs débuts, se situent en marge du système d'instruction supérieure, dans la mesure où elles offrent des formations qui se présentent comme le prolongement des études secondaires avec l'ajout des quelques connaissances d'ordre pratique à utiliser dans l'activité commerciale. Durant cette période initiale, le public visé est celui de la petite et moyenne bourgeoisie urbaine qui n'a pas accès aux grandes écoles ou à d'autres filières de formation plus prestigieuses. À partir d'un corpus hétérogène de sciences « appliquées » ou « utiles » (droit, comptabilité, études de commerce, langues vivantes), on forme essentiellement des futurs employés et banquiers, des négociants, des directeurs de service, des chefs de maison. Les écoles de commerce n'ont pas à créer les savoirs qu'elles dispensent et peuvent se contenter de faire appel à des professeurs pour lesquels l'enseignement assuré ne représente qu'une activité parmi d'autres (Grelon, 1997). C'est justement cette double absence, d'une part, d'un corps d'enseignants permanents et, d'autre part, d'une activité de recherche autonome, qui explique la difficulté à construire une discipline académique à proprement parler. Mais c'est également dans cette tension permanente entre les exigences de la sphère académique et celles de la sphère économique, qu'on peut identifier les fondements d'un savoir en voie de codification.

Le public visé est une donnée primordiale. C'est ce qui explique pourquoi l'enseignement utile et pratique constitue le cœur des écoles de commerce de la première génération. Ainsi, l'Institut supérieur de commerce de l'État basé à Anvers – et son « pendant » catholique, l'Institut supérieur de commerce Saint-Ignace –, tous deux créés en 1852, sont destinés à doter les marchands et négociants de la « métropole » des bases théoriques en « techniques bancaires et financières » et en « techniques commerciales ». L'accent, cependant, est mis sur la pratique ; le programme d'enseignement comprend des simulations de direction d'entreprises (en gros, des simulations de vente au comptoir). Confirmant la vocation maritime d'Anvers, la nature de la formation se veut « globale » et les deux établissements attirent des étudiants à l'échelle internationale. Ainsi, il n'est pas inintéressant de constater que le Japon ait puisé à Anvers les rudiments de son système d'enseignement commercial supérieur à la suite du recrutement de plusieurs enseignants belges (Nishizawa, 1996 : 98). Ce transfert

culturel *a priori* étonnant n'est guère exceptionnel dans un contexte où l'ancrage foncièrement local des premières écoles commerciales ne contredit pas la prétention globale de leur programme d'enseignement. Un autre exemple en ce sens, bien que plus tardif, est celui de la Harvard Business School, créée en 1908 et dotée d'un statut indépendant cinq ans plus tard. Conçue à l'origine comme un pendant de l'École libre des sciences politiques – « Sciences Po Paris » – l'école de commerce de Harvard se pensait avant tout comme un tremplin pour les carrières dans la diplomatie et la haute fonction publique nord-américaine. Le président de Harvard, Lawrence Lowell, qui régna sur la prestigieuse université de la côte est des États-Unis de 1909 à 1933, encouragea de manière décisive l'ancrage de la Harvard Business School dans le monde des affaires américain, et ce au grand dam de plusieurs enseignants qui y virent une façon de dévaluer les programmes dispensés dans l'établissement (Yogev 2001).

Quels que soient les emprunts faits aux autres disciplines (droit et économie en priorité, mathématique, histoire et géographie en second lieu), les écoles de commerce n'intègrent pas de réflexion systématique sur ce qui pourrait composer les « sciences commerciales », ou, de manière plus large, les « sciences des affaires[4] ». L'objectif d'une formation de type académique ne figure pas au rang des préoccupations des administrateurs des écoles. De même, comme on a déjà vu, ce n'est pas l'élite qui est visée. Depuis le milieu du XVIIIe siècle, marchands et industriels s'accordent pour que l'apprentissage des négociants ne soit pas gâché par un enseignement de facture théorique qui retarderait le contact de l'apprenti avec la profession. On est proche ici de la conception du *learning-by-doing* en vogue dans la culture des ingénieurs en Angleterre et aux États-Unis. Mais on retrouve également cette pression technicienne en Allemagne où les puissantes associations marchandes bloquent tout projet de réforme visant à introduire des cours de « techniques commerciales » aux garçons de plus de quatorze ans qui se destinent aux carrières de négociants (Redlich, 1957 : 46).

1.2 Un savoir empirique en quête de légitimation : des praticiens qui se font théoriciens

Parallèlement à cette inertie institutionnelle, on assiste néanmoins, tout au long du XIXe siècle, aux premiers efforts d'élaboration d'une pensée de l'organisation d'entreprise à la croisée d'une approche traditionnelle qui relève de l'économie politique et d'une approche plus technique issue de l'expérience de terrain. Cette dernière approche se concentre sur une exposition minutieuse de principes techniques liés aux ateliers de travail, des principes comptables et de gestion du capital ainsi que des principes commerciaux pour arriver à écouler un produit sur différents marchés.

Prenons le cas de la France. Jean-Baptiste Say, à la fois économiste et entrepreneur (dans la filature du coton), publie en 1828 son *Cours complet d'économie politique pratique*, où il est question, entre autres choses, du choix des emplacements pour les manufactures ou de la comparaison de la somme des frais avec la valeur des produits (Lambert-Dansette, 2000). Guillaume Ternaux, manufacturier du secteur de la laine (il est l'inventeur de premiers cachemires), écrit en 1807 un *Mémoire des établisse-*

4. Il existe, par ailleurs, de multiples termes employés au XIXe siècle pour désigner ce qui va devenir plus tard les sciences de gestion : économie sociale, pratique industrielle, organisation du travail... ce qui montre bien la difficulté à cerner la sujet.

ments Ternaux, suivi d'un texte similaire en 1810. Dans ces mémoires, il met l'accent sur l'impossibilité pour le patron d'assurer les différentes fonctions de l'entreprise (achat, fabrication, vente). L'activité du patron, d'après lui, se situe au croisement des rôles de coordination et de contrôle. Il est donc nécessaire de disposer d'un personnel spécialisé selon ces fonctions et qui soit capable d'apprendre de la pratique pour en tirer de nouvelles méthodes de gestion à leur niveau (Lomüller, 1978). En 1854, Jean-Gustave Courcelle-Seneuil publie son *Traité théorique et pratique des entreprises industrielles, commerciales et agricoles*, mieux connu comme *Manuel des affaires*, qui est considéré comme l'un des premiers témoignages de la pensée managériale moderne. De son expérience d'industriel de la sidérurgie (par ailleurs peu convaincante !), il tire un ouvrage qui se veut un outil destiné à tout entrepreneur ou dirigeant engagé dans l'activité manufacturière, et dans lequel les maximes de la pratique se trouvent vérifiées, confirmées et résumées dans une véritable théorie. Ainsi, la fonction essentielle de l'entrepreneur est de prévoir et d'assurer, de diriger et d'imprimer le mouvement à toutes les parties de l'entreprise, en un mot d'administrer. Lorsque l'entreprise grandit et que le chef se doit de doser son emploi du temps, il doit suivre un ordre inverse pour réduire ses occupations, de manière à se réserver toujours et avant tout la direction supérieure, l'administration, la surveillance générale de l'entreprise. La fonction principale pour Courcelle-Seneuil devient ainsi la prévision (Ribeill, 1994).

En même temps, la comptabilité n'est plus considérée comme une simple fonction d'enregistrement des dettes et des créances mais devient un véritable outil au service de la gestion, c'est-à-dire une des matrices conceptuelles des futures sciences de gestion. Nombre d'auteurs comptables interviennent dans le débat théorique sur la gestion d'entreprise. Eugène Léautey, en collaboration avec Adolphe Guilbault, publie en 1889 *La science des comptes à la portée de tous*, un traité qui entend donner un langage rationnel et uniforme à la pratique des comptes, afin de pouvoir irriguer l'activité de gestion dans tous les domaines économiques (de l'agriculture à la production industrielle, en passant par le commerce et l'activité domestique) ; il sera, par ailleurs, l'auteur d'une étude approfondie sur l'enseignement commercial en Europe, dans lequel il défend l'idée d'une formation à trois niveaux de qualification professionnelle fondée sur la maîtrise des comptes (teneur de livre, comptable et expert comptable) (Dégos, 2011).

On voit bien qu'il existe une réflexion précoce sur les questions relatives à la gestion de l'entreprise bien avant que ne le fassent les « classiques » Taylor et Fayol. Cette réflexion est menée par des praticiens qui se font théoriciens, qu'ils soient industriels, hommes d'affaires ou comptables. Ceux-ci contribuent à fonder le caractère heuristique du savoir gestionnaire, c'est-à-dire sa capacité à « découvrir » les principes et les bonnes méthodes à partir de l'expérience de terrain. Puisque la capacité de commander et d'administrer n'est pas une qualité innée et que la fonction managériale, dans une économie de plus en plus complexe et diversifiée, n'est plus l'apanage des héritiers, l'absence de formation spécifique pour devenir entrepreneur pose un double problème d'acquisition de compétences et de légitimation sociale. C'est pourquoi on assiste aux premières tentatives de constituer un savoir empirique en quête d'une théorisation et, à terme, d'une validation de type académique (Nikitin, 2003).

La « cartographie » de ce savoir, en termes de circulation d'idées et de définition spatiale de sa genèse, relève moins de l'essor et la diffusion des écoles de commerce que des échanges et connexions qui s'étalent à une échelle transnationale. Ainsi, l'influence anglaise sur l'enseignement et la connaissance technique en France est-elle bien connue. En ce qui concerne la gestion de l'entreprise, il suffit ici de rappeler la traduction du *Traité sur l'économie des machines et des manufactures* de Charles Babbage en 1833 (dans lequel l'auteur développe une approche systématique des tâches à accomplir dans l'usine) ou l'influence de l'ingénieur Andrew Ure (théoricien des principes techniques et moraux du dirigeant d'entreprise) sur Charles Dupin, polytechnicien et enseignant au Conservatoire national des arts et métiers, personnage aux multiples facettes, qui lui-même influencera Henri Fayol (Christen, Vatin, 2009). Se faisant l'écho d'Ure, le baron Dupin plaide vigoureusement pour l'introduction d'un nouveau mode d'éducation en vue de la direction industrielle, un enseignement distinct de l'instruction de type manuel ou technique : « Il faut seulement que pour l'homme appelé à en diriger beaucoup d'autres, le travail de la main n'ait qu'une importance secondaire ; c'est à la force intellectuelle qu'il doit accorder le premier rang, et c'est dans un enseignement tel que celui du Conservatoire des Arts et Métiers, qu'il doit la cultiver. » (Dupin, 1831, p. 13.)

Faute de légitimation d'un savoir encore en phase de gestation, les liens entre la « science des affaires » et les enseignements dispensés dans les premières écoles de commerce sont embryonnaires. La trame de ces liens se tisse dans les marges du champ de l'instruction, que ce soit pour la production du savoir (élaboré essentiellement par des praticiens et soumis aux effets d'appropriation propres à la circulation transnationale) que pour l'inscription de celui-ci dans les systèmes éducatifs nationaux (les initiatives locales et privées étant à la base des premiers lieux de formation).

2 La « science de l'organisation » : du projet éducatif rationalisateur à la pluralité des initiatives institutionnelles et professionnelles (1900-1950)

2.1 Le « moment Taylor » : une rationalité scientifique au service de l'usine-monde

Dès la « seconde révolution industrielle », les ingénieurs s'investissent fortement dans la gestion des entreprises afin d'assurer le contrôle du travail ouvrier, rationaliser les méthodes d'organisation du travail, améliorer l'administration des entreprises (Noble, 1977). Au début du XXe siècle, ce sont deux ingénieurs, Frederick W. Taylor et Henri Fayol, qui forgent le cœur conceptuel de la nouvelle « science de l'organisation » et qui jettent les bases d'un véritable projet éducatif. Il s'agit d'instituer un nouvel ordre industriel susceptible de répondre aux impératifs de rationalité (dans la recherche de l'efficacité des résultats, au sens wébérien du terme), de maîtrise (des procédés comme des hommes) et de performance (en termes d'optimisation des ressources engagées). Ainsi, les préceptes énoncés par les deux ingénieurs à l'issue d'un travail d'analyse et de réflexion qui s'étend sur plusieurs décennies se complètent plutôt qu'ils ne s'opposent, d'autant qu'ils renvoient à deux sphères opérationnelles diverses (l'atelier et la direction) (Vatin, 1999).

Si les recettes préconisées par Taylor et Fayol puisent largement dans les analyses et les expériences du passé (par exemple le principe de la division de tâches de travail), la véritable nouveauté réside dans l'effort de systématisation théorique qu'ils mènent. Cet effort se double (notamment pour Taylor) d'une puissante action de vulgarisation internationale, voire de propagande. Les disciples de la méthode Taylor se multiplient un peu partout, de la France à l'Union soviétique, la rationalisation de la production étant perçue comme une sorte de panacée aux problèmes à la fois de croissance économique et de pacification des relations sociales (Cayet, 2010). Cependant, ce nouveau savoir organisationnel est encore loin de constituer un tout unique et homogène ; il fait l'objet de nombreux emprunts et « traductions » au gré des champs professionnels qu'il recouvre (des ingénieurs aux comptables, des économistes aux consultants, des réformateurs sociaux aux syndicalistes). Les stratégies des rationalisateurs de l'entre-deux-guerres sont différenciées, voire contradictoires (Moutet, 1997). La référence américaine ne représente, à cette époque, qu'une parmi les nombreuses références mobilisées par les ingénieurs et les directeurs d'usine avant et après la Première Guerre mondiale (Cohen, 2001).

La version française du taylorisme offerte par Henry Le Chatelier, ingénieur chimiste pour qui la méthode Taylor constitue un aboutissement du projet rationalisateur de la « science industrielle », montre bien le pluralisme intellectuel qui traverse le monde scientifique et productif autour de la question organisationnelle (Letté, 2004). Sa déclinaison du taylorisme, conçu comme le modèle d'association théorique et opérationnel de la production scientifique et de la pratique industrielle, est réinterprétée selon les catégories de pensée du saint-simonisme et se présente aussi comme gage pour la légitimation d'une élite productive aux accents conservateurs (Henry, 2000). La doctrine administrative de Fayol, quant à elle, est progressivement infléchie sous les termes d'une psychologie du commandement et du chef, dans le cadre de la polémique antirépublicaine sur la méritocratie (Henry, 2012). En témoigne l'expérience de l'École des Roches, créée en 1899 dans l'Eure, un établissement destiné à la formation des enfants de la bourgeoisie économique, qui valorise l'enseignement de l'administration des affaires et l'administration de soi (Duval, 2009). Si le taylorisme insiste sur le commandement industriel, le fayolisme mise, à une époque où les contemporains sont « obnubilés par le thème du chef », sur la jonction entre le travail administratif et les attributs psychologiques du commandement (Cohen, 2013).

La bataille Taylor / Fayol – qui se livre essentiellement dans l'espace français – peut ainsi être vue comme la traduction d'une opposition naissante entre ingénieurs des fonctions de production et cadres des fonctions commerciales, financières et, plus généralement, administratives, alors que le substrat idéologique que les deux doctrines affichent ne diffère pas énormément. En outre, la tendance conduisant à mettre Taylor et Fayol « dans le même sac », pour ainsi dire, apparaît comme la résultante d'un effet de rétrodiction – au sens de l'historien Paul Veyne – alimenté par leurs disciples respectifs. Alors que les « principes » de Taylor sont marqués du sceau de l'amélioration des techniques d'organisation essentiellement considérées sous l'angle des pratiques de production, et dans une certaine mesure de comptabilité, observées depuis le niveau de l'atelier (*shop-floor*), la philosophie fayolienne est davantage traversée par un souci de rationalisation de l'organisation générale de l'entreprise. La

« science administrative » de Fayol a une prétention systématique ; elle découle d'une approche qui part des fonctions dirigeantes et percole vers les strates inferieures de la pyramide des fonctions d'administration et de contrôle (*top-down*). Taylor, en revanche, revendique la scientificité de son « management scientifique » en justifiant la démarche expérimentale de ses « principes » (Wren, 2005).

D'après l'historien américain Robert Locke, c'est surtout le « défi américain » représenté par la méthode d'organisation scientifique du travail mise au point par Taylor qui a eu l'impact majeur sur la façon de concevoir le management en Europe, et donc sur les modes de codification et de transmission de celui-ci, à partir des lieux de formation et des disciplines enseignées (Locke, 1984). Le caractère novateur du taylorisme réside notamment dans sa volonté de rationaliser à tout prix la gestion d'entreprise, c'est-à-dire à rendre prévisibles les actions des acteurs et permettre le contrôle et l'évaluation « scientifique » de celles-ci. D'où le recours à une panoplie de techniques et d'outils (les budgets, les tableaux de coûts standard, les courbes de Gantt, les fiches de description de postes de travail...) qui équipent le savoir organisationnel et lui offrent des appuis matériels (Nelson, 1980). Les principes du *systematic management*, qui accordent une place croissante aux outils de contrôle et de communication, visent ainsi à remplacer les décisions individuelles par des procédés gestionnaires de plus en plus formalisés et standardisés (Yates, 1989).

Parmi les outils mobilisés par cette « révolution managériale », une place importante est accordée à la comptabilité industrielle du fait de sa capacité d'assurer le contrôle du personnel d'atelier et de servir les procédures de prise de décision (les principes qui président au fonctionnement des « centres de coûts » permettent de répondre à ce double objectif) (Loft, 1986 ; Johnson, Kaplan, 1987). Ces techniques incarnent un projet rationalisateur qui concerne aussi bien les cadres de production que les cadres administratifs ; d'où l'émergence de conflits potentiels entre ces professionnels. Au Royaume-Uni, en France et aussi aux États-Unis, comptables, ingénieurs et consultants s'affrontent autour de la maîtrise des coûts (Abbott, 1988 ; Pollard, 1965 ; Zimnovitch, 1997). L'enjeu est de taille, car il s'agit de considérer l'analyse de coûts non plus uniquement comme un outil de contrôle comptable mais aussi comme une source d'information sur la marche de l'activité industrielle (en termes d'utilisation des matières premières, de rendement de la main-d'œuvre, de réglage des pannes...), ainsi que sur la gestion du personnel. La dimension managériale que ces techniques comptables recouvrent renvoie donc à un problème de partage du pouvoir au sein des entreprises et, plus largement, du champ professionnel de la gestion qui est alors en train de se constituer (Kipping, 2001). Les ingénieurs-conseils et les cabinets qui fleurissent à partir de l'entre-deux-guerres investissent le domaine émergent du management. À l'instar de ce qui arrive dans le marché du conseil américain, les remèdes qu'ils proposent aux entreprises se concentrent sur l'organisation scientifique du travail et, dans une moindre mesure, sur la gestion des coûts (McKenna, 2006).

2.2 Des réponses locales au « défi américain » : les cas de l'Allemagne et de l'Italie

En Europe, les réponses à ce défi ne sont pas convergentes. Elles rendent compte non seulement du poids de traditions locales éducatives et institutionnelles, mais aussi des

réactions contingentes élaborées par les groupes professionnels qui sont davantage impliqués dans l'affaire. Deux exemples relativement complémentaires nous permettent de considérer de plus près l'emprise des contextes nationaux, voire locaux, face aux sollicitations externes : les cas allemand et italien.

L'Allemagne représente un point de comparaison intéressant car une nouvelle discipline, la *Betriebswirtschaftslehre*, qu'on pourrait traduire comme « science de l'économie d'entreprise », s'y constitue peu avant la Première Guerre mondiale dans un contexte marqué par un débat scientifique très vivant autour de la théorie comptable (Richard, 2005). Le point de départ est une réflexion développée par des acteurs divers (économistes, ingénieurs, comptables) autour de problèmes de comptabilité financière et industrielle, qui auparavant étaient traités séparément. Il s'agit d'une sorte d'économie appliquée aux problèmes de l'entreprise qui se détache de l'économie politique et constitue le socle théorique et pratique des futures écoles de commerce allemandes (*Handelshochschulen*). Son promoteur, Eugen Schmalenbach, économiste installé à Cologne, mène une bataille acharnée pour affirmer cette discipline hybride dans le monde aussi bien académique que des affaires. Il s'oppose à l'école berlinoise, soutenue par certaines chambres de commerce et « guildes » de marchands, qui tend à valoriser les techniques de vente et commercialisation, alors que celles-ci, d'après Schmalenbach, doivent être amalgamées aux fonctions de production sous l'égide de la comptabilité (Locke, 1985). Ainsi, il introduit une série de nouveautés techniques dans le domaine comptable (le bilan dynamique capable de montrer les dépenses non encore effectués ou les ventes non encore encaissées, l'uniformisation des comptes entre firmes d'un même groupe industriel, une nouvelle théorie des coûts qui permet de montrer graphiquement l'évolution potentielle des coûts. . .), qui servent l'efficience de l'entreprise (en termes d'optimisation des ressources et d'amélioration des gains) et qui apparaissent complémentaires aux techniques américaines développées au même moment (Locke, 1984). Surtout, cette nouvelle discipline est censée répondre aux problèmes de gestion que rencontrent petites et grandes entreprises, car elle essaie de fournir des informations détaillées sur l'évolution de la firme et de ses multiples activités (industrielles, commerciales, financières) à partir desquelles se fondent les décisions managériales. Elle s'adapte donc aux spécificités de l'organisation industrielle allemande, dont l'importance des ingénieurs industriels et de la culture technique expliquerait aussi la déclinaison différente des sciences de gestion par rapport au « modèle américain », plus généraliste et davantage tourné vers les profils administratifs (Byrkjeflot, 1999).

Mais le changement qui s'engage en Allemagne au tournant du XXe siècle est également d'ordre institutionnel. L'initiative, dans ce domaine, ne revient pas à une personnalité issue du milieu académique mais à un industriel et homme politique. En 1879, Gustav von Mevissen publie une brochure dénonçant le manque d'instruction et, plus globalement, de culture générale des hommes d'affaires rhénans. Si ce constat n'est pas neuf, le remède proposé est quant à lui bien original : l'industriel plaide pour la création d'une institution de type académique tout en étant distincte de l'université où la science commerciale (*Handelswissenschaft*) qui y serait enseignée aurait les contours d'une science appliquée. Joignant l'acte à la parole, Mevissen fait don d'une somme de 750 000 marks pour la fondation d'une *Handelshochschule* dans sa ville natale de Cologne. Ce n'est pourtant qu'en 1901 que Cologne inaugurera son école

de commerce. Elle sera devancée sur ce terrain par les villes de Leipzig et d'Aix-la-Chapelle qui, sous la pression d'une association d'industriels, ouvrent chacune une *Handelshochschule* en 1898. Quoi qu'il en soit, le mouvement lancé par Mevissen n'en finit pas de faire des émules (Meyer, 1998 : 21-23). Et il n'est guère surprenant de voir que Mevissen l'industriel et Schmalenbach l'universitaire font tous deux de Cologne le lieu de leur croisade pour la formalisation des savoirs et des espaces de savoir en techniques de gestion. Indéniablement, en Allemagne comme ailleurs, les liens entre le développement épistémologique de la gestion et l'évolution de son ancrage institutionnel sont ténus sans être automatiques pour autant.

En Italie, la voie locale aboutissant à la codification des sciences de gestion passe par la stratégie d'autonomisation que les spécialistes provenant de la comptabilité mènent à l'égard des autres disciplines établies, notamment l'économie politique. L'approche empirique et positiviste qui caractérise la comptabilité italienne depuis ses origines est remise en cause dans les années 1920-1930 par Gino Zappa, alors enseignant dans les écoles les plus prestigieuses, à Venise et à l'université Bocconi de Milan, et qui finit par avoir gain de cause dans la bataille qu'il livre au sein de la communauté académique. Cette stratégie, en passant par l'unification de spécialisations diverses comme l'administration de l'entreprise ou la comptabilité elle-même, débouche sur la constitution d'une nouvelle discipline, l'*economia aziendale,* qu'on pourrait traduire par l'expression « économie d'entreprise [5] » (Ferraris Franceschi, 1994).

Dominée par un indéterminisme épistémologique qui lui fait douter de la validité explicative des écritures comptables, la gestion dans sa version « italienne » récuse l'approche analytique des fonctions d'entreprise, en termes, par exemple, d'analyse financière. Si aux États-Unis une distinction très nette est maintenue entre comptabilité (*accountancy*) et administration d'entreprise (*management*), en Italie la superposition de ces deux séquences tend à l'emporter, en privilégiant une vision holistique de l'entreprise. En témoigne la querelle entre Zappa et le banquier Raffaele Mattioli autour de la rédaction du bilan de la Banca commerciale italiana en 1935. Alors que Zappa, drapé de son costume d'auditeur aux comptes et s'appuyant sur sa propre méthode comptable fondée sur l'étude du revenu, juge très sévèrement l'état de la banque, Mattioli, défendant une approche basée sur l'analyse du patrimoine, met en valeur les atouts financiers de l'institut de crédit (Toninelli, 2004). Ce dialogue de sourds traduit aussi la difficulté de la doctrine italienne à accepter les principes du management anglo-américain qui commencent à pénétrer dans les milieux d'affaires européens, notamment dans le secteur de la banque et de la finance, et qui visent à amorcer une réflexion sur les fonctions d'entreprises par le biais de techniques cognitives spécifiques plutôt que par une science de la gestion unifiée. L'*economia aziendale*, en revanche, aspire à intégrer la gestion dans le cadre d'une théorie unitaire de l'entreprise structurant les concepts et les outils fondamentaux à la fois pour la recherche et pour l'enseignement (Toninelli, 2001).

L'« invention » d'un savoir en quête de légitimité s'appuie également sur l'affirmation d'une institution comme l'université Bocconi de Milan, qui s'impose rapidement

5. Il faut, par ailleurs, préciser que par *azienda* (littéralement : « entreprise »), Zappa entend la « coordination économique en acte ».

comme un modèle reconnu pour la formation des classes dirigeantes, d'abord à une échelle locale, puis dans une perspective nationale. Fondée en 1902 grâce à l'initiative d'un mécène privé, l'entrepreneur Ferdinando Bocconi, spécialisé dans la distribution commerciale, puis entretenue par les industriels et banquiers milanais, l'université Bocconi devient une véritable « école de pouvoir ». En restructurant le système d'enseignement en fonction de nouvelles réalités économiques et sociales (l'industrie *capital-intensive* de la « seconde révolution industrielle », la mondialisation des échanges commerciaux, l'expansion coloniale...), le but de ses fondateurs est de permettre l'éclosion d'un nouveau personnel de direction. Ainsi, l'enseignement commercial, qui combine sciences économiques et enseignements professionnels, abandonne progressivement sa position marginale dans l'organisation du savoir, en exploitant les liens avec une fraction des élites locales, en l'occurrence les industriels et financiers de tendance conservatrice, protectionniste et expansionniste (Musiedlak, 1980). Si l'œuvre scientifique de Zappa contribue à conférer un nouvel élan aux études commerciales, elle cautionne, du moins indirectement, le projet « politique » sous-jacent de l'université milanaise privée.

L'homogénéisation du savoir gestionnaire s'avère ainsi fort laborieuse, non seulement parce que son institutionnalisation dans le monde savant rencontre des résistances, mais aussi du fait des luttes de groupes académiques et professionnels qui participent à sa construction et sa légitimation. Les exemples de l'Allemagne et de l'Italie sont éclairants à cet égard. Dans les deux pays, le mouvement d'autonomisation du savoir comptable face aux sciences établies, notamment l'économie politique, débouche sur deux formes originales de la « science de la gestion ». Celle-ci se caractérise par un ensemble de méthodes appliquées au service d'une approche systémique, fondée sur l'analyse du revenu, des relations coûts-produits, des processus économiques, permettant de formuler des jugements (descriptifs ou normatifs) sur la profitabilité et le développement de la firme (Canziani, 2007).

Il existe donc une interaction étroite entre l'émergence d'un programme éducatif rationalisateur à visée globale et les chemins localisés de la formation à la gestion. Si le défi du taylorisme opère, dans l'Europe du début du XXe siècle, comme un « commutateur » de mise en cohérence des connaissances en matière de gestion de l'entreprise, les contenus ne sont pas forcément convergents. On assiste à la création de véritables « écoles doctrinales » qui ont un ancrage d'abord territorial, puis national ; Schmalenbach et Zappa font de l'école de commerce de Cologne et de l'université Bocconi de Milan, respectivement, les foyers d'une version originale de la science gestionnaire qui devient par la suite hégémonique au niveau national. Les milieux d'affaires des deux centres industriels ne sont pas étrangers à ce processus de légitimation d'un nouveau savoir, que ce soit pour des raisons opérationnelles (disposer d'outils plus aptes à répondre aux problématiques de gestion des entreprises) ou politiques (peser davantage dans la formation des élites dirigeantes).

Les codifications nationales qui émergent au tournant du XXe siècle sont l'expression de bifurcations plus profondes qui sont directement perceptibles à l'échelle des individus. Mais quel que soit le poids des différences socioculturelles, les instigateurs des sciences de gestion ont comme point commun le souci de faire la synthèse par

systématisation des formes traditionnelles liées aux savoirs des affaires (au sens large) et surtout d'œuvrer à la stabilité institutionnelle de la production et de la diffusion de ce savoir synthétisé. Cette double démarche, épistémologique et institutionnelle, indique que ces « fondateurs » n'œuvrent pas *ex nihilo* ; ils prennent appui sur des dispositifs de savoir bien établis institutionnellement autour desquels ils articulent un programme disciplinaire plus ou moins formalisé. L'impression de bricolage disciplinaire qui résulte de la « science de la gestion » durant cette période, comme plus tard d'ailleurs, renvoie justement aux circonstances entourant la quête de stabilisation de ces savoirs multiples. Ces circonstances relèvent de variables d'ordre institutionnel (système d'enseignement supérieur, poids des associations privées, rôle de l'État...) et de paramètres d'ordre socioculturel (position des élites, classes sociales, groupes professionnels). Bien qu'elles soient mises en avant, la cohérence et la linéarité des dispositifs de savoir mis en commun sont absentes des structures d'enseignement.

3 Les « sciences de gestion » : l'américanisation de l'enseignement en gestion et la diffusion des approches stratégiques et marketing (1950-1980)

Les « années de la productivité » – qui caractérisent l'après-guerre sous l'égide de la politique hégémonique américaine véhiculée par le plan Marshall – sont marquées par un effort de renouvellement des pratiques gestionnaires à disposition des cadres d'entreprise. Une gamme variée de techniques de gestion sont exportées dans les pays d'Europe occidentale dans le cadre de l'offensive idéologique du capitalisme libéral, offensive que ces mêmes techniques tendent à cautionner sur le plan des valeurs, notamment en ce qui concerne la mobilisation du personnel (Carew, 1987). Cet effort se concrétise moins dans l'institutionnalisation de formations en gestion dans l'univers académique (du moins dans les premières années) que dans la promotion d'initiatives diverses (missions de productivité, cours de perfectionnement, conférences, expertises...) destinées à produire un véritable « choc psychologique » dans le monde des affaires (Gourvish, Tiratsoo, 1998 ; Barjot, 2002 ; Boulat, 2008). L'effet de fragmentation de l'offre de formation est donc assuré, d'autant que ce phénomène correspond à l'hétérogénéité du public visé : des cadres en activité, des chefs d'entreprise, de jeunes diplômés issus des écoles d'ingénieurs et des écoles de commerce, mais aussi des techniciens, des comptables, des syndicalistes et des ouvriers. Ce processus s'accompagnera par la mise en place de plusieurs écoles privées de gestion, de l'activité de cabinets-conseil et de l'implication de groupements d'experts et réformateurs, avant de trouver une forme de stabilisation dans les cursus universitaires.

S'il s'agit, dans un premier temps, d'injecter dans les milieux industriels des savoirs pratiques rapidement utilisables afin d'atteindre les objectifs de productivité attendus (encore une fois, on parle moins de « formation » que de « perfectionnement » des dirigeants et futurs dirigeants), le passage à la diffusion de savoirs légitimes dans l'espace de l'enseignement et de la recherche ne va pas de soi. Des contraintes de nature institutionnelle font obstacle à une américanisation précoce des études en gestion ainsi qu'à leur « installation » dans le monde universitaire. Le transfert de nouveaux « modèles » de management s'inscrit dans une configuration fort complexe, qui s'arti-

cule autour de canaux et réseaux différents, de processus d'échange étalés à plusieurs échelles, de mécanismes de traduction, voire de transformation des techniques et des pratiques importées (Kipping, Bjarnar, 1998). Cela tient également au caractère hybride des *management sciences* provenant des États-Unis, lesquelles revendiquent un statut fort opérationnel tout en essayant de s'apparenter aux autres sciences sociales, et dont les producteurs de sens sont également les enseignants, les chercheurs et les praticiens, en particulier les consultants. Il s'agit d'une question qui aujourd'hui encore fait débat au sein de la discipline. L'analyse de la période de l'après-guerre a le mérite de mettre en avant les divergences entre des logiques relevant du champ économique et du champ scolaire qui, à titres différents, ont contribué à construire un « espace disciplinaire hétéronome », c'est-à-dire un domaine scientifique et savant aux légitimités plurielles (Pavis, 2003).

3.1 Des vecteurs transnationaux pour l'américanisation du management : écoles de gestion, cabinets-conseil, fondations privées

Les principaux ferments de renouvellement dans le domaine de la formation managériale après la Seconde Guerre mondiale proviennent des écoles privées de management et des sociétés de conseil aux entreprises. Les premières s'adressent aux cadres en activité et aux jeunes diplômés en dehors ou en prolongation des filières universitaires, alors que les deuxièmes interviennent directement dans le processus d'élaboration de nouveaux savoirs et techniques de gestion au sein des entreprises. Les écoles de gestion se diffusent à partir des années 1950 grâce au volontarisme et à l'inventivité de fondations privées, agences de coopération économique, associations patronales et de cadres ; mais aussi grâce à des universités qui mettent en place des cursus de spécialisation postuniversitaire. Ces expériences relèvent souvent de l'influence directe ou indirecte des institutions internationales, de l'Agence européenne de la productivité aux fondations américaines, qui œuvrent pour fertiliser un terrain encore peu exploité. Des conférences et des séminaires sur le contenu de la formation des dirigeants des entreprises, par exemple, sont organisés tout au long des années 1950 par l'Agence européenne de la productivité, qui entend relever le défi des politiques productivistes impulsées par les aides du plan Marshall, en déclinant le dessein politique américain avec la pluralité des intérêts des Européens (Boel, 2001). Ainsi, l'espace de formation en gestion se diversifie du point de vue à la fois des acteurs impliqués et des typologies de l'offre de formation. À côté des spécialisations MBA (*Master in business administration*) qui naissent à l'ombre des institutions universitaires, on trouve des cabinets-conseil qui fournissent des services de formation et/ou de perfectionnement aux dirigeants d'entreprises clientes, ainsi que des « écoles » organisées par les entreprises elles-mêmes (Gemelli, 1997 ; Kipping, Engwall, 2005).

Dans ce contexte d'une grande instabilité scientifique et institutionnelle, des écoles de gestion directement situées dans le giron des États-Unis voient le jour. Leur but est non seulement de former les cadres « locaux » mais aussi de s'ouvrir à un marché de la formation européen, voire international. L'Institut européen d'administration des affaires (INSEAD) de Fontainebleau est l'une des premières écoles de gestion qui, en suivant le modèle des grandes écoles d'affaires comme la Harvard Business School, se

veut non pas « américaine », ni européenne, mais « transnationale ». Son origine n'est pas directement liée aux efforts de l'Organisation européenne de coopération économique (OECE) pour créer un institut européen (pourtant au cœur des projets portés par cette organisation). Elle est plutôt liée à la « *Harvard Connection* » de l'entre-deux-guerres, c'est-à-dire à un réseau d'hommes d'affaires et de patrons qui nouent des contacts avec des interlocuteurs américains, notamment la Fondation Ford. À l'instar d'autres institutions pionnières comme l'italienne *Istituto di perfezionamento in scienze dell'organizzazione aziendale* (IPSOA) – la première école de gestion privée créée en Europe en 1952 –, l'initiative de l'INSEAD, née en 1959, est le fruit de l'action mobilisée par une configuration institutionnelle complexe qui contourne les systèmes éducatifs nationaux, s'appuyant essentiellement sur l'alliance entre entreprises privées et organismes internationaux. Ce faisant, elle devient la porte d'entrée à la fois pour les méthodes et les professeurs américains (Gemelli, 1993). Mais derrière la mise sur pied de ces écoles de gestion, il y a aussi des logiques plus strictement « fonctionnelles », dans la mesure où la présence de clients potentiels ou d'interlocuteurs institutionnels se couple avec l'influence des réseaux locaux. C'est le cas, par exemple, de l'International Institute for Management Development (IMD) de Lausanne, dont l'implantation dans la ville suisse relève aussi bien de la présence du siège européen du cabinet McKinsey (dont les liens avec les hommes d'Harvard sont connus) que de l'action de *lobbying* menée par certaines multinationales comme Nestlé (Schaufelbuehl et David, 2012). C'est aussi le cas de l'European Institute for Advanced Studies in Management (EIASM) qui s'installe en 1971 à Bruxelles, avec le soutien financier de la Fondation Ford, pour mieux soutenir sa vocation à créer une identité européenne dans le champ de la recherche en gestion, en essayant de développer un réseau de chercheurs et d'étudiants capables de concurrencer les collègues américains.

Les cabinets-conseil américains, quant à eux, participent à la diffusion d'un ensemble de techniques et de savoirs pour la prise de décision (sous le label du management stratégique) mais aussi à la professionnalisation des élites locales, développant une stratégie d'alliance avec les entreprises multinationales et les écoles de management des pays où leurs associés interviennent. Le cas de McKinsey est, à cet égard, significatif. Créée en 1917 par James O. McKinsey, professeur de *management accounting* à l'université de Chicago, cette société se spécialise dans les techniques de contrôle budgétaire, avant de se tourner, au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, vers le conseil stratégique (Berland, 2002). Marvin Bower, longtemps plénipotentiaire de McKinsey, dans les années 1950-1960 s'inspire directement des analyses sur la nature de la grande entreprise américaine réalisées par l'historien Alfred D. Chandler et n'hésite guère à adopter les outils conceptuels forgés par ce dernier (par exemple l'organisation multidivisionnelle, ou M-form, qui devient une solution « universelle » et « scientifique » pour la mise au point des organigrammes des directions générales) (Haas Edersheim, 2004 ; Whittingtonn 2008). En se situant sur le créneau « haut de gamme » du marché du conseil, McKinsey entre en contact avec les directions générales des grandes entreprises multinationales et contribue à influencer à la fois les pratiques de gestion de celles-ci et les enseignements des *business schools* (Djelic, 2004). Ceci contribue également à créer un cercle vertueux au profit de la légitimité

du management stratégique et des outils censés l'incarner, qui se diffusent largement en Europe (Mayer, Whittington, 2003 ; Cailluet, 2008).

3.2 Une stratégie (universelle) pour les grandes entreprises : du *strategic management* au marketing

C'est durant cette période que le *strategic management* se constitue en tant que spécialité des sciences de gestion, notamment grâce aux travaux pionniers de Chandler, d'Igor Ansoff et du groupe de chercheurs de la Harvard Business School qui ont élaboré la *SWOT analysis* (*Strength, Weakness, Opportunities, Threats*). Le raisonnement stratégique repose sur l'analyse de la relation entre l'entreprise et son environnement, qui oriente la définition des objectifs et des moyens pour les atteindre au travers d'un double jeu de planification *ex-ante* et d'ajustement *ex-post* (Lampel, Mintzberg, Alhstrand, 1999). Si la matrice des réflexions sur l'approche stratégique est à repérer aux États-Unis, les préoccupations sur la mise en place d'outils de prévision et de contrôle en fonction des choix stratégiques des entreprises ne sont pas du tout étrangères au vieux continent. En témoignent, entre autres, les débats français sur le contrôle budgétaire qui engagent depuis les années 1930, sans solution de continuité, un vaste pan de réformateurs (ingénieurs tayloriens, défenseurs du corporatisme, planistes, productivistes...). Ceux-ci, soucieux de trouver une solution technique capable de répondre au contexte d'incertitude issu de la crise économique et de la guerre, se penchent aussi sur la question de la professionnalisation des cadres, le contrôle budgétaire étant considéré comme un moyen d'autoformation (Berland, Chiapello, 2004). La formation par le terrain constitue ainsi une stratégie d'appropriation complémentaire mais en aucun cas négligeable au sein du champ de la gestion, dans la mesure où cette dernière ne cesse de se nourrir d'apports techniques et scientifiques pluriels qui défient les frontières et les périodisations.

Parallèlement, au lendemain de la Seconde Guerre mondiale se diffuse un nouveau savoir qui intègre durablement la sphère managériale. Il s'agit du marketing, un ensemble de techniques et savoirs voués à la vente et à la commercialisation des produits via l'étude préalable des besoins des consommateurs. Son apparition tardive en Europe serait l'effet d'un processus d'importation depuis les États-Unis, où se développent, à partir du début du XXe siècle, des pratiques visant à « façonner » le marché (étude systématique des marchés, segmentation et contrôle de la commercialisation, publicité et marques...) (Cochoy, 1999). S'il est vrai que certaines techniques apparaissent dans les années 1950 sous l'influence des experts américains (à partir de la construction du « consommateur moyen ») (de Grazia, 2005), force est de constater que, depuis le XIXe siècle, il existe, dans des pays comme la France ou la Belgique, des dispositifs commerciaux s'apparentant à une démarche marketing des organisations. Bien avant que le marketing soit considéré comme une discipline académique à part entière (les premiers enseignements sont dispensés à partir des années 1960), se développent des techniques de vente élaborées et des organisations commerciales visant à structurer les marchés, reflétant un ancrage profond avec le contexte économique et socioculturel local. En France, par exemple, de nouveaux métiers font leur apparition dès l'entre-deux-guerres (l'agent de publicité), de même que des opérations de rationalisation de la distribution commerciale (par exemple les magasins à prix unique) ou encore des

méthodes relevant du marketing dit « scientifique » (sondages d'opinion et recours aux méthodes quantitatives) (Meuleau, 1988 ; Chessel, 1998).

Si les domaines de la planification stratégique et de la commercialisation renvoient à deux fonctions distinctes et séparées au sein des entreprises, elles sont de plus en plus conçues de manière conjointe, à mesure que la maîtrise de l'environnement concurrentiel s'impose en renforçant notamment les liens avec les clients-consommateurs (Porter, 1985).

3.3 Des efforts pour l'institutionnalisation des sciences de gestion : les cas de la Belgique et de la France

Le paysage de la formation et de la recherche en gestion qui émerge après la Seconde Guerre mondiale se caractérise manifestement par une configuration institutionnelle à géométrie variable. Les relations avec l'État sont souvent perçues comme induisant une stigmatisation (la marque d'un faible prestige, les diplômes délivrés par les écoles privées de gestion n'étant pas reconnus par l'État) alors que l'inscription dans l'univers entrepreneurial est déterminante et que les rapports avec l'université sont, quant à eux, très diversifiés. Les études menées par Giuliana Gemelli ont mis en avant le rôle de catalyseur de la Fondation Ford dans le renouvellement des politiques de formation à la gestion en Europe après 1945. Les responsables de la fondation américaine – par exemple Alexander King, futur directeur de l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE) et cofondateur du Club de Rome – ont perçu le potentiel stratégique que représentait la gestion pour le développement d'une politique de coopération interdisciplinaire et pour le renforcement de l'intégration européenne, dans la foulée de la signature du Traité de Rome de 1957. La promotion du dialogue entre la gestion et les sciences sociales est au cœur des programmes européens de la Fondation Ford, qui essaient de susciter une dynamique de coopération entre élites du monde des affaires, administrateurs publics et savants (Gemelli, 1998). Cet engagement reflète le dessein d'exporter la « matrice institutionnelle de la recherche » d'inspiration américaine, c'est-à-dire le système complexe d'institutions, de politiques publiques et d'expertise scientifique ayant contribué à la production de connaissances aux États-Unis et qui considère la recherche scientifique avant tout comme un « bien public » (Zunz, 1998).

Le rapport renouvelé entre la gestion et les sciences sociales est synthétisé de manière efficace par l'expérience faite en Belgique. Principalement sous l'impulsion d'un ingénieur bien introduit dans les milieux patronaux, Gaston Deurinck, un « programme interuniversitaire de gestion des affaires » voit le jour au sein de la Fondation Industrie-Université, créée en 1956 avec le soutien de la Fondation Ford. L'objectif de cette fondation est, comme son nom l'indique, d'ancrer durablement les centres de perfectionnement à la direction des affaires dans le paysage académique belge et, dans un second temps, de transformer ces centres en de véritables centres universitaires de formation à la gestion. Le pari de Deurinck finit par réussir notamment grâce aux personnes-relais qu'il choisit dans le milieu universitaire. Au lieu de s'appuyer sur d'éminents experts des disciplines adjacentes à la gestion, Deurinck jette son dévolu sur de jeunes enseignants-chercheurs, essentiellement issus des sciences sociales, dont le profil est autant entrepreneurial que scientifique (Bertrams, 2006). Ce n'est pas un

hasard si Pierre Tabatoni, devenu premier secrétaire général de la Fondation nationale pour l'enseignement de la gestion (FNEGE) en 1968, se réclame du « modèle belge » pour introduire des cours de gestion à l'université de Paris-Dauphine ouverte l'année suivante (Chessel, Pavis, 2001).

Considéré comme le père de la gestion en France, Tabatoni s'investit dès les années 1950 dans le domaine des *management sciences* en termes de réseaux et d'institutions (avec l'appui du Comité général à la productivité, de l'Agence européenne de productivité et du philosophe Gaston Berger, alors directeur du ministère de l'Éducation). Puis, il s'engage dans la politique universitaire aussi bien à une échelle locale (Aix, Paris-Dauphine. . .) que nationale. Son œuvre de promotion de la gestion dans le monde de l'éducation supérieure, grâce au dynamisme de la FNEGE, débouche sur un vaste programme de « formation de formateurs », qui permet à quelques centaines de candidats d'aller se former dans une *business school* en Amérique du Nord. Cette « américanisation » du corps enseignant, tout en favorisant le renouveau du contenu de la gestion (en termes de savoirs et outils pédagogiques), ne s'en inscrit pas moins dans un système éducatif cloisonné, opposant universitaires et professeurs des écoles de commerce. Au-delà de ces différences, la professionnalisation de ces « pionniers » de la gestion passe par la mobilisation à la fois d'une légitimité savante et d'une légitimité entrepreneuriale à travers des activités pédagogiques, de recherche et de conseil extrêmement variées (Pavis, 2003).

En généralisant la portée de la « *Pax americana* » en Europe de l'Ouest aux domaines culturels et éducatifs, on pourrait croire que l'après-guerre a agi comme un moment de convergence des différentes traditions de science de gestion autour de l'approche du *general management*. C'est vrai dans une certaine mesure si l'on s'en tient au cas des pays des sphères anglo-saxonne et « latine » qui finissent par introduire des modèles d'enseignement empruntés aux *business schools* américaines tout en les adaptant à leur propre système. Mais cette impression d'exportation tous azimuts du modèle américain est contredite par la littérature récente qui souligne la « résistance » du modèle allemand, non seulement dans le pays souche, mais également dans les pays scandinaves et aux Pays-Bas. Dans ces régions, la culture des ingénieurs l'emporte sur celle des commerciaux. Ce n'est que plus tardivement, dans les années 1980, qu'a lieu un basculement des références culturelles dans le profil sociologique des dirigeants d'entreprises.

4 La « *business administration* » : la formation en gestion entre européanisation et marché international (1980-2010)

À l'âge d'or d'un régime économique de type fordiste marqué du sceau de l'État-providence succède une période contrastée. Tout en préconisant une certaine réserve à l'égard du management « *made in USA* », les entrepreneurs-intermédiaires de la gestion en Europe cherchent de nouveaux leviers en vue de parer aux critiques qui mettent en doute les fondements scientifiques des sciences de gestion, voire qui incriminent les écoles de commerce dans la prolifération des crises dont est victime l'Europe industrielle. Il en résulte, paradoxalement, une convergence des pratiques et des formes de savoirs de gestion par ajustements graduels. La croissance enregistrée

au Japon, le réveil des « Tigres asiatiques » et le rôle joué par les pays dits émergents – l'acronyme BRIC est formulé au tournant du siècle – sont autant de facteurs qui incitent les centres de formation à la gestion à s'aligner sur l'antienne du « penser globalement, agir localement ». Cependant, cette rhétorique d'un savoir global masque difficilement le phénomène d'hégémonie idéologique et institutionnelle atteint par les États-Unis au lendemain de la Guerre froide.

4.1 La remise en cause de la « mystique » du management américain

Les effets des deux crises pétrolières des années 1970 ont des conséquences majeures sur l'activité industrielle mondiale et, par effet de répercussion, sur les systèmes de formation à la gestion des entreprises. Sans être convergentes ni unanimes, les critiques essuyées par les écoles de commerce et autres *business schools* se concentrent sur l'absence ou les faiblesses de la connaissance scientifique des formations prodiguées dans les différents établissements, sur la rigidité de programmes considérés hâtivement comme universels, ainsi que sur l'écart entre la théorie et la pratique d'administration des affaires. Ce dernier point conduit d'ailleurs certains industriels anglais à contester l'existence même des programmes de gestion débouchant sur l'octroi de diplômes spécifiques comme le MBA, dont les initiales sont raillées et détournées pour devenir « *Master of Bugger All* » (littéralement : « maîtrise à rien foutre »). À partir d'un constat globalement similaire, un autre groupe d'industriels s'efforce, à l'inverse, de promouvoir le diplôme de MBA en Europe comme la quintessence de la qualification en gestion d'entreprise. C'est ainsi que naît en 1967 l'Association of MBAs (AMBA), qui est au départ une initiative privée émanant de jeunes diplômés anglais de *business schools* américaines mais dont l'activité de groupe d'intérêt ira croissant à partir des années 1980 et 1990 (Tiratsoo, 1998).

Il est intéressant d'observer que la crise pétrolière a coïncidé avec les premières critiques émises à l'encontre de l'omnipuissance scientifique et pédagogique du modèle véhiculé par les *business schools* américaines. Ainsi, le miracle industriel japonais des années 1980 est perçu avant tout comme un bouleversement de nature managériale et organisationnelle, lui-même compris comme une remise en cause de la « mystique américaine » du management standardisé (Locke, 1996). Anticipant ce contexte de défiance à l'égard du « défi américain » tel qu'esquissé par Jean-Jacques Servan Schreiber en 1967, Gaston Deurinck et Pierre Tabatoni conçoivent en 1972 un vaste réseau d'établissements européens actifs dans la formation à la gestion des entreprises qu'ils nomment l'EFMD (European Foundation for Management Development). Avec la mise en place de l'EIASM l'année précédente, également dans la capitale belge, l'EFMD participe à une véritable lame de fonds d'européanisation des savoirs de gestion. L'objectif est double : accélérer l'émancipation de la formation en gestion de la tutelle symbolique (et effective) exercée par les États-Unis, d'une part, et renforcer l'ancrage scientifique des enseignements dans le terreau des centres académiques européens, d'autre part. Agissant en parfaite synergie, l'EIASM et l'EFMD investissent dans la formation doctorale en sciences de gestion. Les initiateurs de ces programmes sont convaincus de l'opportunité d'assurer la légitimité scientifique de la gestion par la recherche. Le succès des écoles doctorales chapeautées par l'EIASM est au rendez-vous ; en 1988, l'institut bruxellois fédère les programmes pour thésards en gestion

des universités et ceux dispensés dans les écoles de commerce indépendantes au sein du réseau doctoral européen EDEN.

4.2 Compétition internationale et logiques de classement

Ces initiatives de convergence institutionnelle à l'échelle européenne ne permettent pas de camoufler l'augmentation tendancielle de la compétition entre établissements consacrés à la formation en gestion des affaires. Un marché international de production des savoirs en gestion se construit à partir des années 1990 en prenant appui sur l'attrait qu'exercent auprès de certains jeunes les profits plantureux résultant de la financiarisation de l'économie. Échappant aux logiques nationales, les connaissances issues des savoirs de gestion sont littéralement encastrées dans les stratégies d'internationalisation des formations des élites induites par la dérégulation de l'économie mondialisée (Lazuech, 1998). Paradoxalement, les dispositifs de l'intégration européenne, du marché économique commun à l'Union européenne, ont exacerbé les mécanismes de compétition d'établissements de l'enseignement supérieur (Thépot, 1995). Et c'est à ce stade que les mécanismes d'évaluation de la qualité et d'accréditation font irruption. L'objectif de ces normes de qualité ne consiste sûrement pas à juguler la compétition entre centres de production des savoirs de gestion mais vise bien plutôt à asseoir les bases épistémologiques de la logique de classement et de « rang » (*ranking*) désormais inscrite au cœur du paradigme de la compétition inter-institutionnelle. Si l'AACSB (Association to Advance Collegiate Schools of Business), le premier organisme d'accréditation des écoles de commerce américaines, date de 1916, c'est en réalité dans le courant des années 1990 que ses critères se généralisent et participent à l'effet de classement entre établissements. En réaction, l'EFMD développe son propre système d'accréditation – EQUIS – en 1998 tout en se basant sur le même principe que l'AACSB, à savoir une accréditation portant sur un établissement en général. Assurant une certaine division du travail d'accréditation, l'AMBA britannique, en revanche, se concentre exclusivement sur les contenus, c'est-à-dire sur les programmes de formation en gestion. Bien évidemment, l'idée sous-jacente des concepteurs des normes d'évaluation-accréditation-labellisation consiste aussi à tacler les critiques de l'orthodoxie des sciences de gestion comme Henry Mintzberg qui, à la suite de sa charge contre le planning stratégique, publie en 2004 un brûlot à l'intitulé suffisamment explicite : *Des managers, des vrais ! Pas des MBA. Un regard critique sur le management et son enseignement* (Mintzberg, 2004).

Mais ces critiques sont isolées au sein de la communauté des professionnels de la formation en gestion. Un *business* international des formations des savoirs en gestion s'est bel et bien organisé au tournant du XXIe siècle. Il est constitué de trois marchés concentriques : le marché ultra-compétitif des établissements de formation à l'affût d'étudiants-clients, le marché des systèmes d'accréditation et le marché des organismes de classement, dont certains opèrent à la limite du charlatanisme et profitent allègrement de l'aveuglement de certains dirigeants pour la labellisation et le *ranking* de leur institution. Par ailleurs, il ne faut pas perdre de vue que l'opération de classement procède elle-même d'une démarche d'évaluation qualitative qui, après s'être exercée à plusieurs stades du parcours scientifique et académique, s'est progressivement infiltrée dans les départements et laboratoires de recherche depuis l'Angleterre du milieu des

années 1980 pour se muer en véritable paradigme au tournant du XXIe siècle (Gingras, 2014). Au nom de l'objectivation des critères, les classements d'institutions fondés sur l'évaluation renvoient à des logiques de performance et de compétition qui ont pour effet de mettre sur le même plan des établissements fort différents. Il n'est pas anodin que les écoles de commerce suivent et participent à ce mouvement avec assiduité. À côté de la publicité, bonne ou mauvaise, que ces classements génèrent, on peut se demander si l'effet « secondaire » de cette logique de mise à plat ne consistera pas justement à renforcer l'impression de standardisation scientifique et institutionnelle des formations à la gestion, c'est-à-dire le « modèle unique » que nous évoquions à l'entame de cette contribution. Cette situation, si elle venait à se confirmer, occulterait le processus de construction par circulations transnationales successives – un processus graduel, non-linéaire et hétéroclite – qui, quoi qu'on en dise, demeure inscrit dans le « code génétique » historique des sciences de gestion. Gommer l'histoire des régimes de production des savoirs de gestion reviendrait en l'occurrence à effacer l'ancrage et la spatialité de ces savoirs qui en sont, pour ainsi dire, les conditions de possibilité.

Conclusion

Au terme de cette évocation, forcément limitée, il peut être tentant de dresser une analogie, voire une homologie, entre l'histoire de l'institutionnalisation des sciences de gestion, d'une part, et l'histoire du capitalisme des deux derniers siècles, de l'autre. L'historicisation des circulations de savoirs – ou la géolocalisation de leurs occurrences chronologiques – qui a été retenue ici nous autorise à formuler deux hypothèses ou deux *séquences* qui, toutes deux, tournent autour des tensions entre logiques d'acteurs et logiques institutionnelles. Premièrement, il y a du bricolage à l'œuvre. Les exemples repris ci-dessus ont montré le rôle décisif d'une pluralité d'acteurs, qualifiés d'entrepreneurs-intermédiaires, souvent isolés et situés en marge du champ institutionnel dominant. Leur position relativement marginale a eu pour effet de surexposer, à terme, l'impression d'un modèle spécifique à l'œuvre (local, régional ou national) alors qu'il s'agissait fréquemment d'initiatives individuelles, aux prises avec des initiatives rivales, venues se greffer sur un tissu de traditions culturelles préexistantes. Pour mieux contourner ou détourner ces traditions, et en tout cas pour légitimer leurs démarches, des précédents ont été cités, des références ont été mises en avant qui soulignaient davantage la continuité avec le terreau local que la rupture. Or, à bien y regarder, c'est bien d'un bricolage par microruptures successives que résulte l'institutionnalisation des formations à la gestion en Europe, c'est-à-dire d'une mise en série d'ajustements conjoncturels et géographiquement situés. C'est la raison pour laquelle on discerne, derrière l'illusion du « modèle unique » et même derrière le trompe-l'œil des modèles nationaux, des constructions hétéroclites et des emboîtements occasionnels. Ce constat convoque une seconde hypothèse, à savoir la force produite par les stratégies d'appropriation déployées par ces acteurs multiformes. Contrairement au mouvement précédent, l'interconnexion des initiatives individuelles provoque un effet centripète sur la production des savoirs. L'exigence d'une légitimation (sociale, scientifique ou institutionnelle), évoquée à maintes reprises dans les cas analysés, est au cœur de ce principe de remembrement. Si les appropriations sont malléables par

définition, elles n'en confèrent pas moins une stabilité à des savoirs dont l'ancrage institutionnel est bancal et l'assise scientifique controversée. La méta-référence américaine dans l'immédiat après-guerre constitue un *momentum* exemplaire de la phase de recomposition culturelle de dispositifs de savoir coexistant en Europe à ce moment. De manière intéressante, la matrice idéologique qui en résulte ne parviendra pas à faire plier les résistances à l'œuvre dans les pays caractérisés par une culture technique dominée par les ingénieurs. Ainsi, ces deux séquences – fragmentation-convergence ou émiettement-recomposition – ne sont pas sans faire écho aux travaux sur les « variétés du capitalisme » (Hall, Soskice, 2001) dont il conviendrait toutefois de déplacer l'interprétation essentiellement institutionnelle au profit d'une analyse axée sur la construction et la circulation des savoirs.

Références

ABBOTT A. (1988). *The System of Professions. An Essay on the Division of Expert Labour*. Chicago : The University of Chicago Press.

AMDAM R.P. (éd.) (1996). *Management, Education and Competitiveness : Europe, Japan and the United States*. London / New York : Routledge.

BARJOT D. (éd.) (2002). *Catching up with America. Productivity Missions and the Diffusion of American Economic and Technological Influence after the Second World War*. Paris : Presses de l'Université de Paris-Sorbonne.

BERLAND N. (2002). *Le contrôle budgétaire*. Paris : La Découverte.

BERLAND N. et CHIAPELLO E. (2004). « Le rôle des réformateurs sociaux dans la diffusion de nouvelles pratiques de gestion : le cas du contrôle budgétaire en France (1930-1960) ». *Comptabilité Contrôle Audit*, p. 133-160.

BERTRAMS K. (2006). *Universités et entreprises. Milieux académiques et industriels en Belgique, 1880-1970*. Bruxelles : Le Cri éditions.

BLANCHARD M. (2012). *Socio-histoire d'une entreprise éducative. Le développement des Écoles supérieures de commerce en France (fin* XIXe *siècle – 2010)*. Paris : École des Hautes Études en Sciences Sociales, thèse de doctorat en sociologie.

BOEL B. (2001). *The European Productivity Agency and Transatlantic Relations 1953-1961*. Copenhague : Museum Tusculanum Press.

BOULAT R. (2008). *Jean Fourastié, un expert en productivité. La modernisation de la France (années 1930 – années 1950)*. Besançon : Presses universitaires de Franche-Comté.

BOUSSARD B. (2008). *Sociologie de la gestion. Les faiseurs de performance*. Paris : Belin.

BYRKJEFLOT H. (1999). « Engineers and management in Germany and the United States. A discussion of the origins of diversity in management systems ». *Entreprises et histoire*, n° 19, p. 47-74.

CAILLUET L. (2008). « La fabrique de la stratégie. Regards croisés sur la France et les États-Unis ». *Revue française de gestion*, vol. 8, n° 188-189, p. 143-159.

CANZIANI A. (2007). « Economia Aziendale and Betriebwirtschaftslehre as Autonomous Sciences of the Firm ». In BIONDI, Y., CANZIANI, A. et KIRAT T. (éds), *The Firm as an Entity. Implications for Economics, Accounting and Law*. London : Routledge, p. 107-129.

CAREW A. (1987). *Labour under the Marshall Plan. The politics of productivity and the marketing of management science*. Manchester : Manchester University Press.

CAYET T. (2010). *Rationaliser le travail, organiser la production. Le Bureau International du Travail et la modernisation économique durant l'entre-deux-guerres*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.

CHARLES C. et VERGER J. (2012). *Histoire des universités,* XIIe-XXIe *siècles*. Paris : Presses universitaires de France.

CHESSEL M.-E. (1998). *La publicité. Naissance d'une profession 1900-1940*. Paris : Odile Jacob.

CHESSEL M.-E. et PAVIS F. (2001). *Le technocrate, le patron et le professeur. Une histoire de l'enseignement supérieur de gestion.* Paris : Belin.

CHRISTEN C. et VATIN F. (éds.). *Charles Dupin (1784-1873). Ingénieur, savant, économiste, pédagogue et parlementaire du Premier au Second Empire.* Rennes : Presses universitaires de Rennes.

COCHOY F. (1999). *Une histoire du marketing. Discipliner l'économie de marché.* Paris : La Découverte.

COHEN Y. (2001). *Organiser à l'aube du taylorisme. La pratique d'Ernest Mattern chez Peugeout, 1906-1919.* Besançon : Presses universitaires franc-comtoises.

COHEN Y. (2013). *Le siècle des chefs. Une histoire transnationale du commandement et de l'autorité (1890-1940).* Paris : Éditions Amsterdam.

DJELIC M.-L. (2004). « L'arbre banian de la mondialisation. Note de recherche : McKinsey et l'ascension de l'industrie du conseil ». *Actes de la recherche en sciences sociales*, vol. 151-152, n° 1-2, p. 107-113.

DEGOS J.-G. (2011). « Les premiers travaux d'Eugène Léautey, théoricien à la charnière entre XIXe et XXe siècle », *Comptabilité, économie et société*, Montpellier, en ligne : http ://halshs.archives-ouvertes.fr/hal-00647604/ (dernière consultation : 6 mars 2013).

DE GRAZIA V. (2005). *Irresistible Empire. America's Advance through 20th-Century Europe.* Cambridge, MA : The Belknap Press of Harvard University Press.

DUPIN C. (1831). *Discours sur le sort des ouvriers, considéré dans ses rapports avec l'industrie, la liberté et l'ordre public.* Paris : Imprimerie Le Normant.

DUVAL N. (2009). *L'École des Roches.* Paris : Belin.

ENGWALL L. et ZAMAGNI V. (éds.) (1998). *Management Education in Historical Perspective.* Manchester : Manchester University Press.

FERRARIS FRANCESCHI R. (1994). *Il percorso scientifico dell'economia aziendale. Saggi di analisi storica e dottrinale.* Turin : Giappichelli Editore.

FOX R. et GUAGNINI A. (1986). « La formazione dei tecnici in Europa 1880-1914. Valori culturali e sviluppo tecnologico ». *Annali di storia dell'impresa*, vol. 2, p. 509-530.

FRIDENSON P. et PAQUY L. (2008). « Du haut enseignement commercial à l'enseignement supérieur de gestion (XIXe-XXe siècles) ». In LE NORMAND, P. (éd.), *La Chambre de commerce et d'industrie de Paris 1803-2003. II. Études thématiques.* Paris : Droz, p. 199-258.

GEMELLI G. (1993). « Per una storia delle business school in Europa. Le origini dell'Insead ». *Annali di storia dell'impresa*, vol. 9, p. 339-404.

GEMELLI G. (éd.) (1997). *Scuole di management. Origini e primi sviluppi delle business schools in Italia.* Bologne : Il Mulino.

GEMELLI G. (éd.) (1998). *The Ford Foundation and Europe (1950-1970). Cross-Fertilization of Learning in Social Sciences and Management.* Bruxelles : European Interuniversity Press.

GINGRAS Y. (2014). *Les dérives de l'évaluation de la recherché. Du bon usage de la bibliométrie.* Paris : Raisons d'Agir.

GRELON A. (1997). « Écoles de commerce et formations d'ingénieurs avant 1914 ». *Entreprises et histoire*, n° 14-15, p. 29-45.

GOURVISH T.R. et TIRATSOO N. (éds) (1998). *Missionaries and Managers : American Influence on European Management Education 1945-1960.* Manchester : Manchester University Press.

GUILLEN M.F. (1994). *Models of Management. Work, Authority, and Organization in a Comparative Perspective.* Chicago : The University of Chicago Press.

HAAS EDERSHEIM E. (2004). *McKinsey's Marvin Bower. Vision, Leadership, and the Creation of Management Consulting.* Hoboken : John Wiley & Sons.

HALL, P. et SOSKICE, D. (éds.) (2001). *Varieties of Capitalism. The Institutional Foundations of Comparative Advantage.* Oxford : Oxford University Press.

HATCHUEL A. (2001). *Quel horizon pour les sciences de gestion ? Vers une théorie de l'action collective.* In DAVID, A., HATCHUEL, A. et LAUFER, R. (éds), *Les nouveaux fondements des sciences de gestion.* Paris : Vuibert.

HENRY O. (2000). « Henry Le Chatelier et le taylorisme ». *Actes de la recherche en sciences sociales*, n° 133, p. 79-88.

HENRY O. (2012). *Les guérisseurs de l'économie. Sociogenèse du métier du consultant (1900-1944)*. Paris : CNRS Éditions.

JOHNSON H.T. et KAPLAN R. S. (1987). *Relevance Lost. The Rise and Fall of Management Accounting*. Harvard : Harvard Business School Press.

KIPPING M. (2001). « Travolte dall'onda. L'evoluzione delle società di consulenza aziendale nel Novecento ». *Annali di storia dell'impresa*, vol. 12, p. 419-455.

KIPPING M. et BJARNAR O. (éds) (1998). *The Americanisation of European business. The Marshall Plan and the transfer of US management models*. Londres-New York : Routledge.

KIPPING M. et ENGWALL L. (éds) (2005). *Management consulting. Emergence and dynamics of a knowledge industry*. Oxford : Oxford University Press.

LAMPEL J., MINTZBERG H. et ALHSTRAND B. (1999) [1998]. *Safari en pays de stratégie. L'exploration des grands courants de la pensée stratégique*. Paris : Village Mondial.

LAMBERT-DANSETTE J. (2000). *Histoire de l'entreprise et des chefs d'entreprise en France. Le temps des pionniers (1830-1880) – Entreprendre*. Tome I, Paris : L'Harmattan.

LAZUECH G. (1998). « Le processus d'internationalisation des grandes écoles françaises ». *Actes de la recherche en sciences sociales*, vol. 121-122, p. 66-76.

LETTE M. (2004). *Henry Le Chatelier (1850-1936) ou la science appliquée à l'industrie*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.

LOCKE R.R. (1984). *The End of the Practical Man. Entrepreneurship and Higher Education in Germany, France and Great Britain, 1880-1940*. Londres : Jai Press Inc.

LOCKE R.R. (1985). « Business Education in Germany : Past Systems and Current Practice ». *The Business History Review*, vol. 59, n° 2, p. 232-253.

LOCKE R.R. (1996). *The Collapse of the American Management Mystique*. Oxford, Oxford University Press.

LOFT A. (1986). « Towards a critical understanding of accounting : the case of cost accounting in the U.K., 1914-1925 ». *Accounting Organizations and Society*, vol. 11, n° 2, p. 137-69.

LOMULLER L.M. (1978). *Guillaume Ternaux 1763-1833, créateur de la première intégration industrielle française*. Paris : Les Éditions de la Cabro d'Or.

MAFFRE P. (1984). *Les origines de l'enseignement commercial supérieur en France*. Paris : Université Sorbonne-Paris I, thèse pour le doctorat en histoire de troisième cycle.

MAYER M. et WHITTINGTON R. (2003). « Après le défi américain : la structure muldivisionnelle dans l'Europe post-McKinsey ». *Entreprises et histoire*, vol. 33, n° 2, p. 41-56.

MEULEAU M. (1988). « L'introduction du marketing dans l'entreprise en France (1880-1973) ». *Revue française de gestion*, septembre-octobre, n° 70, p. 58-71.

MEYER H.-D. (1998). « The German *Handelschochschulen*, 1898-1933 : a new departure in management education and why it failed ». In ENGWALL, L. et ZAMAGNI, V. (éds.), *Management education in historical perspective*. Manchester : Manchester University Press, p. 19-33.

MCKENNA C.D. (2006). *The World's Newest Profession. Management Consulting in the Twentieth Century*. Cambridge : Cambridge University Press.

MINTZBERG H. (2005) [2004]. *Des managers, des vrais ! Pas des MBA. Un regard critique sur le management et son enseignement*. Paris : Éditions de l'organisation.

MITCHELL T. (2009). « The works of economics : how a discipline makes its world ». *European Journal of Sociology*, vol. 46, n° 2, p. 297-320.

MORSE E.J. (1992). « English Civic Universities and the Mith od Decline ». *History of Universities*, vol. 11, p. 177-204.

MOUTET A. (1997). *Les logiques de l'entreprise. La rationalisation dans l'industrie de l'entre-deux-guerres*. Paris : Éditions de l'EHESS.

MUSIEDLAK D. (1980). « La création de l'Université Luigi Bocconi et le développement de l'enseignement supérieur commercial en Europe (1896-1914) ». *Mélanges de l'École française de Rome*, n° 2, p. 625-662.

NELSON D. (1980). *Frederick W. Taylor and the Rise of Scientific Management*. Madison : University of Wisconsin Press.

NIKITN M. (2003). « De la science des affaires aux sciences de gestion : une siècle de tâtonnements ». *Gérer & Comprendre*, n° 74, p. 67-75.

NISHIZAWA T. (1996). « Business Studies and Management Education in Japan's Economic Development. An International Perspective ». In AMDAM, R.P. (éd.), *Management Education and Competitiveness. Europe, Japan, and the United States*. Londres : Routledge, p. 96-110.

NOBLE D. (1977). *America by Design. Science, Technology, and the Rise of Corporate Capitalism*. New York : Alfred Knopf Inc.

PAVIS F. (2003). *Sociologie d'une discipline hétéronome. Le monde des formations en gestion entre universités et entreprises en France. Années 1960-1990*. Paris : Université de Paris I-Panthéon Sorbonne, thèse de doctorat en sociologie.

POLLARD S. (1965). *The Genesis of Modern Management*. Cambridge : Cambridge University Press.

PORTER M. (1985). *Competitive Advantage*. New York : Free Press.

REDLICH F. (1957). « Education for Business : Its Development and the Contribution of Ignaz Jastrow (1856-1937) ». *Business History Review*, vol. 31, n° 1, p. 35-91.

RIBEILL G. (1994). « Courcelle-Seneuil, fondateur du management moderne des entreprises au milieux du XIXe siècle ». In BOUILLOUD, P. et LECUYER, B.-P. (éds.), *L'invention de la gestion. Histoire et pratiques*. Paris : L'Harmattan, p. 31-43.

RICHARD J. (2005). « Herman Veit Simon, Eugen Schmalenbach et Fritz Schmidt : les « trois S » de la pensée comptable allemande ». In COLASSE, B. (éd.), *Les grands auteurs en comptabilité*. Paris : EMS, p. 73-90.

SCHAUFELBUEHL J. et DAVID T. (2012). « From Harvard to Lausanne : The History of IMD (1946-1990) ». Communication à la EBHA-BHSJ Conference, *Business enterprises and the tensions between local and global*. Paris : École des Hautes en Sciences Sociales, 30 aout-1er septembre 2012.

THÉPOT J. (1990). « Les établissements de gestion face à l'ouverture européenne ». *Revue française de gestion*, n° 78, p. 20-24.

TIRATSOO N. (1998). « Management Education in Postwar Britain ». In ENGWALL, L. et ZAMAGNI, V. (éds.), *Management education in historical perspective*. Manchester : Manchester University Press, p. 111-126.

TONINELLI P.A. (2001). « Gino Zappa dagli scritti giovanili alla maturità : cesura o continuità ? ». In MARTINI, E. (éd.), *Computisti, ragionieri, aziendalisti. La costruzione di una professione e di una disciplina tra Otto e Novecento*. Padoue : Cluep, p. 141-165.

TONINELLI P.A. (2004). « Raffaele Mattioli, Gino Zappa e la contabilità della Banca commerciale italiana negli anni trenta ». *Imprese e storia*, n° 29, p. 31-48.

VATIN F. (1999). *Le travail, sciences et société. Essais d'épistémologie et de sociologie du travail*. Bruxelles : Éditions de l'Université de Bruxelles.

WAGNER A.-C. (2005). « Les élites managériales de la mondialisation : angles d'approche et catégories d'analyse ». *Entreprises et histoire*, n° 41, p. 15-23.

WHITTINGTON R. (2008). « Alfred Chandler, founder of strategy : lost tradition and renewed inspiration ». *Business History Review*, vol. 82, n° 2, p. 267-276.

WIENER M.J. (1981). *English Culture and the Decline of the Industrial Spirit, 1850-1980*. Cambridge : Cambridge University Press.

WHITTINGTON R. (2001). *What is Strategy and Does it Matter ?* Londres : Thomson Learning.

WREN D.A. (2005) (5e éd.). *The History of Management Thought*. New York : John Wiley & Sons.

YATES J.-A. (1989). *Control through Communication. The Rise of System in American Management*. Baltimore : The Johns Hopkins University Press.

YOGEV, E. (2001). « Corporate Hand in Academic Glove : The New Management's Struggle for Academic Recognition – The Case of the Harvard Group in the 1920's ». *American Studies International*, vol. 39, n° 1, p. 52-71.

ZIMNOVITCH H. (1997). *Le calcul du prix de revient dans la seconde industrialisation en France*. Poitiers : Université de Poitiers, thèse de doctorat en sciences de gestion.

ZUNZ O. (1998). *Why the American Century ?* Chicago : The University of Chicago Press.

Tableau 1 – L'institutionnalisation des sciences de gestion en Europe : éléments pour une méta-cartographie

Période	**Institutions / lieux**	**Acteurs**	**Doctrine gestionnaire**	**Outils / techniques / méthodes**
1880-1920	Écoles de commerce «municipales», Chambres de commerce	Élites locales	«Science des affaires»	Techniques bancaires et commerciales, enseignements pratiques (simulations)
1920-1930	Associations d'ingénieurs-conseils et de «rationalisateurs» (CEGOS, CNOF, sociétés Bedaux, Taylor Society…)	«Traducteurs» de Taylor : Henry Le Chatelier, Lyndall Urwick, Francesco Mauro…	Taylorisme, rationalisation industrielle	Budgets, courbes de Gantt, fiches de description des postes, comptabilité industrielle, *planning department*…
	École des Roches École nouvelle d'administration et des affaires	Disciples de Fayol	Fayolisme, théorie du chef	Organigramme, organisation fonctionnelle, techniques de direction, tests comportementaux
1920-1940	École de commerce de Cologne	Eugen Schmalenbach	*Betriebswirtschaftslehre*	Bilan dynamique
	Université Bocconi (Milan)	Gino Zappa	*Economia aziendale*	Théorie du revenu
1950-1960	Fondation Ford et autres organismes internationaux (OECE, EPA…)	Alexander King Marshall Robinson	*General management*	Contamination sciences de gestion / sciences sociales
1950-1970	Cabinets-conseil (McKinsey, Booz Allen & Hamilton, Arthur D. Little…)	Consultants américains et européens	Management stratégique, analyse structurelle, théorie des relations humaines et de la motivation	M-form, contrôle budgétaire, planning, techniques psychosociologiques
	INSEAD (Fontainebleau) et autres écoles de management privées	Enseignants américains / enseignants locaux formés aux États-Unis ou sur place	Management stratégique, marketing	Études de cas (*case studies method*), *SWOT analysis*, analyse structurelle, techniques de marketing
1960-1980	FNEGE (Paris), FIU (Bruxelles)	Pierre Tabatoni, Gaston Deurinck	Sciences de gestion «institutionnalisées»	Contrôle de gestion, techniques de marketing…
1980-2010	Écoles de commerce internationalisées, agences internationales d'accréditation des formations managériales, grands cabinets d'audit…	Entreprises, banques et cabinets-conseil sous forme de multinationales	Néo-management	Finance d'entreprise, progiciels de gestion intégré (ERP), *supply chain management*

Les auteurs

Rigas Arvanitis est directeur de recherches de l'IRD, membre de l'UMR 196 CEPED et directeur de l'Institut francilien recherche Innovation et Société (IFRIS). Pendant plusieurs séjours à l'étranger (Amérique latine, Chine, Liban), il a développé de nombreux travaux sur l'apprentissage technologique des entreprises et l'innovation, les politiques de recherche et d'innovation au Venezuela, au Mexique, en Chine (Canton) et au Liban, ainsi que dans plusieurs pays arabes méditerranéens (publié récemment, avec S. Hanafi, *Arab Research and Knowledge Society : The Impossible Promise*, Routledge). Il a été rédacteur en chef et cofondateur de la *Revue d'anthropologie des connaissances*. Email : rigas@option-service.fr ou rigas.arvanitis@ird.fr.

Heloisa Maria Bertol Domingues est directrice du Museu de Astronomia (MCTI). Professeure du programme de *Postgrade* en histoire, UNIRIO, et du programme de *Postgrade* « *História da Ciência* », UFBA. Diplômée en histoire par la Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1978), Master en histoire des idées par l'Universidade Federal Fluminense (1990) et PHD en histoire sociale (des sciences) par l'Universidade de São Paulo (1995). Recherche sur l'histoire des théories et pratiques des sciences naturelles au Brésil ; histoire des sciences et de l'exploration des ressources naturelles ; histoire de l'anthropologie au Brésil. Elle est associée à l'American History of Science Society et à la Sociedade Brasileira de História da Ciência. Email : heloisa@mast.br.

Kenneth Bertrams est chercheur qualifié du Fonds national (belge) de la recherche scientifique (FNRS) et chargé de cours à l'Université libre de Bruxelles où il enseigne l'histoire économique et l'histoire sociale des sciences et des techniques. Ses recherches portent sur les interactions entre science et industrie, le développement des partenariats entre milieux publics et privés et la circulation des idées et des savoirs « experts ». Il a notamment publié *Universités et entreprises. Milieux académiques et industriels en Belgique, 1880-1970* (Bruxelles, 2006) et, avec Nicolas Coupain et Ernst Homburg, *Solvay : History of a Multinational Family Firm* (New York / Cambridge, 2013). Email : kbertram@ulb.ac.be.

Ana Cardoso De Matos est professeure à l'Université d'Évora et chercheuse au centre de recherche CIDEHUS. Professeure invitée à l'EHESS en 2010 et 2012. Ses domaines de recherche sont : histoire et patrimoine technique et industriel, histoire urbaine, mobilité des ingénieurs et transfert des technologies. Plus de cent publications dont *Les enjeux identitaires des ingénieur*s : entre la formation et l'action (éditrice,

avec M. P. Diogo, I. Gouzevitch et A. Grelon, Lisbonne, 2009, 608 p.), « The influence of the École des ponts et chaussées of Paris on the Lisbon Polytechnic School (1836-1860) » (*HOST – Journal of History of Science and Technology*, vol. 7, Spring 2013), « Étudier en France, travailler au Portugal : le cas de l'ingénieur Cândido Xavier Cordeiro (2e moitié du XIXe siècle) », *in* R. Carvais *et al.* [éd.], *Édifice & artifice. Histoires constructives*, Paris, Éditions A. et J. Picard, 2010, p. 231-240), « Being an engineer in the European Periphery : Three case studies on Portuguese engineering » (*History of Technology*, 2006, p. 125-146).Email : anamariamactos@gmail.com.

Denis Eckert, directeur de recherche au CNRS et en poste au Centre Marc Bloch à Berlin. Il est rédacteur en chef (avec L. Jégou) de la revue *Mappemonde*. Ses travaux portent actuellement sur les villes dans le système scientifique mondial, et plus généralement les villes et l'innovation. Il a dirigé avec Michel Grossetti le programme ANR Geoscience. Il est l'auteur de travaux sur la Russie postsoviétique et les « villes créatives » en Europe. Email : eckert@univ-tlse2.fr.

Ferruccio Ricciardi, docteur en histoire de l'EHESS, est chargé de recherche au CNRS, membre du LISE (Laboratoire interdisciplinaire de sociologie économique). Il s'intéresse à l'histoire de la circulation de savoirs et techniques d'organisation dans une perspective comparée (États-Unis / Europe), en essayant de faire une histoire à la fois sociale et politique de la gestion. Il enseigne en outre à l'EHESS, où il co-anime le séminaire « Histoire et techniques de management et de gouvernement ». Email : ferruccion.ricciardi@cnam.fr.

Jacques Gaillard est docteur en science, technologie et société (STS). Retraité de l'IRD depuis mai 2016, il est membre de l'Institut francilien « Recherche Innovation Société » (IFRIS). Ses recherches ont d'abord été consacrées à une sociographie de la profession de chercheur ainsi qu'à l'étude des conditions de l'émergence des communautés scientifiques nationales dans les pays en développement. Ses domaines d'expertise incluent aujourd'hui : l'évaluation des activités de recherche, les politiques comparées de coopération scientifique et technique avec les pays du Sud, et les migrations scientifiques internationales. Il a publié une centaine d'articles scientifiques et de nombreux ouvrages. Ses deux derniers ouvrages sont *Research Collaboration Between Europe and Latin America* (Paris, Éditions des archives contemporaines, 2014), avec Rigas Arvanitis, et *La recherche scientifique au Maroc et son internationalisation* (Saarbrücken, Éditions universitaires européennes, 2017), avec Hamid Bouabid. Email : jacques.f.gaillard@gmail.com

Dimitri Gouzevitch, candidat en sciences techniques (Russie), docteur en histoire et civilisation (EHESS, Paris), rattaché au Centre des mondes russe, caucasien et est-européen de l'EHESS. Domaines de recherche : l'émergence des titres d'ingénieur en Russie (XVIIIe-XIXe siècles) et en Europe occidentale (enseignement spécialisé, enrôlement professionnel, production du savoir et pratiques cognitives, rôle joué dans ce processus par le transfert technique et les échanges culturels). Plus de 250 publications dont la plupart concernent les problématiques évoquées.

Irina Gouzevitch est docteur en histoire des techniques (Université Paris-VIII), rattachée au Centre Maurice-Halbwachs, EHESS (Paris). Domaines de recherches :

transfert, acculturation et circulation des connaissances scientifiques et techniques aux XVIIIe-XIXe siècles, avec un regard particulier sur le monde des ingénieurs : enseignement technique, réseaux de sociabilité, mobilité, identité ; échanges interculturelles Russie-Europe occidentale. Plus de 200 publications dont : *De la Moscovie à l'Empire russe : le transfert des savoirs européens* (Palaiseau, 2003. 154 p. – numéro spécial de *SABIX*, 33), *La formation des ingénieurs en perspective : modèles de référence et réseaux de médiation : XVIIIe - XXe siècles* (éditrice, avec A. Grelon et A. Karvar – Rennes : PUR, 2004, 176 p.), *Becoming an Engineer in Eighteenth-Century Europe : The Construction of a Professional Identity* (éditrice, avec P. Jones – 2011, p. 149-253, *Engineering Studies*, vol. 3, n° 3, special issue).Email : irina.gouzevitch@ens.fr.

Emmanuel Grégoire, docteur habilité en géographie, est directeur de recherche à l'Institut de recherche pour le développement (IRD, UMR PRODIG). Au Niger, ses recherches l'ont conduit du pays haoussa (région de Maradi) à la région d'Agadez et au monde touareg (publication de l'ouvrage *Touaregs du Niger, le destin d'un mythe* en 1999, réédité en 2010). Ses travaux portent actuellement sur l'analyse géopolitique de la bande sahélo-saharienne et sur l'exploitation des richesses pétrolières et minières de cette vaste région. Email : Emmanuel.Gregoire@ird.fr.

Michel Grossetti est directeur de recherche au CNRS et directeur d'études à l'EHE SS. Ses travaux portent sur les réseaux sociaux, l'innovation et l'histoire des institutions scientifiques. Sur la question de l'organisation spatiale des activités scientifiques, il a publié entre autres les ouvrages *Université et territoire. Toulouse, un système local d'enseignement supérieur* (Presses universitaires du Mirail, 1994), *Science, industrie et territoire* (Presses universitaires du Mirail, 1995) et a dirigé avec Philippe Losego *La territorialisation de l'enseignement supérieur et de la recherche. France, Espagne, Portugal* (L'Harmattan, 2003). Il a dirigé avec Denis Eckert le programme ANR Geoscience. Email : rgros@univ-tlse2.fr.

Sari Hanafi est professeur de sociologie à l'Université américaine de Beyrouth (AUB) et rédacteur en chef de *Idafat : revue arabe de sociologie*. Il a été directeur du Centre palestinien sur les refugiés et la diaspora (Shaml). Depuis 2011, il est vice-président de l'Association internationale de sociologie et membre du Conseil arabe pour les sciences sociales. Il a effectué ses travaux dans le domaine de la sociologie des migrations, la sociologie politique du conflit arabo-israélien et la sociologie des sciences. Il est l'auteur de nombreux articles et de neuf livres dont *The Power of Inclusive Exclusion : Anatomy of Israeli Rule in the Occupied Palestinian Territories* (en codirection avec A. Ophir & M. Givoni, 2009) ; *Crossing Borders, Shifting Boundaries : Sociology of the Palestinian Return* (en arabe) (directeur, Beyrouth, Center of Arab Unity Studies, 2008) ; *The Emergence of the Palestinian Globalized Elite : Donors, International Organizations and Local NGOs* (arabe et anglais) (co-directeur avec L. Taber, 2005). Son dernier ouvrage (co-rédigé avec R. Arvanitis) porte sur la recherche dans le monde arabe et le Liban et s'intitule *Arab Research and Knowledge Society : The Impossible Promise* (en arabe, Center of Arab Unity Studies, et en anglais, Routledge). Email : sh41@aub.edu.lb

Laurent Jégou est maître de conférences en géomatique à l'Université Toulouse 2 et rédacteur en chef (avec D. Eckert) de la revue *M@ppemonde*. Il a participé

au programme ANR Géoscience où il a notamment travaillé la question du codage géographique et la visualisation des données de publication scientifique. Ses recherches portent sur la représentation des données géographiques, avec des travaux publiés notamment dans *Cybergéo* et dans *M@ppemonde*. Email : jegou@univ-tlse2.fr.

Antonio José Junqueira Botelho, diplômé ès sciences en géologie par l'Université fédérale de Rio de Janeiro ; DEA en sciences, technologies et société du Conservatoire national des arts et métiers / Université Paris-IV (Panthéon-Sorbonne) ; PhD en sciences politiques du MIT. Il est professeur titulaire en sciences politiques au « Programe de postgrade en sciences politiques et rélations internationales à l' IUPERJ », Université Cândido-Mendes, Rio de Janeiro, Brésil. Il est aussi expert en développement international ; politiques publiques pour l'innovation et les technologies de l'information (logiciel) et communications (mobiles). Il a publié des articles et ouvrages sur ces thèmes, dont récemment *"Policies in Brazil", Technology, Management & Sustainable Development ; relações universidade-empresa ; a inovação no Brasil.* Il a enseigné dans des universités nord-américaines et brésiliennes, dont récemment la PUC Rio (1999-2010). Directeur et Fondateur de Innovastrat Conseil et de la MPLC Brésil, il est l'actuel président du conseil de direction de Gávea Angels, le plus ancien et le plus actif groupe au Brésil d'investisseurs « *business angels* ». Email : ajjbotelho@gmail.com.

Mina Kleiche-Dray est historienne des sciences et des techniques. Elle est chargée de recherches à l'Institut de recherche pour le développement (IRD), rattachée à l'UMR 196 Ceped (Université Descartes Paris-V Descartes-IRD), et membre de l'Institut francilien de recherche Innovation et Société (IFRIS). Son intérêt porte sur la production des savoirs, les communautés scientifiques et les politiques de science, recherches qu'elle a mené au Maroc et au Mexique. Elle a copublié notamment *Le Maroc scientifique* (Paris, Publisud, 312 p., L'Observatoire des sociétés, 2008) avec R. Waast ; *Cooperación y colaboración científicas y movilidad internacional en América latina* (Buenos Aires, Clacso / IRD, 272 p., 2014) avec D. Villavicencio ; *Desarrollo y estructuras de los trabajos históricos sobre las ciencias : caso de la institucionalización de las disciplinas científicas en México (siglos* XVIII, XIX *y* XX*)* (Mexico / Montpellier, UNAM / IRD, 366 p., 2013) avec J. Zubieta García et M. L. Rodríguez-Sala. Elle a coordonné le projet « Building and Exchanging Knowledge's on Natural Resources » (Bek [onal]) du consortium européen Environmental Governance in Latin America and the Caribbean (ENGOV), 2011-2015 (FP7-SSH-2010-3 / SSH.2010.4.1-2). Email : mina. kleiche@ird.fr.

Pablo Kreimer est sociologue et titulaire d'un doctorat en « Science, technologie et société » du CNAM. Il est *Investigador Principal* du Conicet (Conseil national de recherche scientifique et technique) du gouvernement argentin, professeur titulaire à l'Université nationale de Quilmes et directeur du centre CTS (Ciencia Tecnología y Sociedad) de l'Université de Maimonide. Il a publié une dizaine d'ouvrages et une centaine d'articles en sociologie politique et histoire des sciences, en particulier sur la production et l'usage des connaissances scientifiques, l'émergence et le développement des nouveaux champs de connaissance, les relations entre centres et périphéries dans la science contemporaine, la communication et la participation publique de la

science. Il a contribué à la consolidation du champ des CTS en Amérique latine, en organisant le premier congrès ESOCITE (Société latino-américaine des études sociales de la science et de la technologie) en 1995, en créant la revue *REDES* (*Revista de los Estudios Sociales de la Ciencia*) et le Master CTS. Il dirige la collection d'ouvrages « Ciencia, Tecnología y Sociedad ». Il a été plusieurs fois chercheur et professeur invité dans de nombreuses universités en Europe et en Amérique latine. Email : pkreimer@yahoo.com.

Venni V. Krishna est professeur de politique des sciences à l'Université Jawaharlal Nehru de New Delhi. Il est l'auteur de cinq ouvrages et de plus de soixante articles de recherche. Il a notamment publié *Science, Technology and Diffusion of Knowledge : Innovation Systems in Asia-Pacific* (Edward Elgar, UK, 2007) ; *Scientific Communities in the Developing Countries* (Sage Publications, New Delhi, 1997) ; *Science and Technology in a Developing World* (Kluwer Academic Press, The Netherlands, 1998). Il est cofondateur et rédacteur en chef de la revue *Science, Technology and Society* (Sage Publications). Consultant régulier de l'Union européenne et membre de plusieurs de ses réseaux, il fait partie du conseil consultatif de l'OCDE concernant l'innovation pour tous (*Inclusive Innovation Programme*). En tant que professeur, il a été invité par l'université de New South Wales (Sydney, Australie, 2010-2012) et l'Université nationale de Singapour (NUS). Il est actuellement *Visiting Professor* à l'Institute of Advanced Studies (United Nations University, Yokahama, Japon). Email : vkrishna16@hotmail.com.

Kadijatou Marou Sama est titulaire du diplôme d'ingénieur agroéconomiste et d'une thèse doctorale en sociologie sur le thème « Rôle des financements externe dans la carrière des chercheurs : le cas du Niger » à l'Université Paris-Est Marne-la-Vallée (15 décembre 2016). Email : mskadijatou@gmail.com.

Marion Maisonobe est docteure en géographie du LISST-CIEU (CNRS et université de Toulouse). Sa thèse porte sur la géographie des activités de publications scientifiques dans le monde. Membre du groupe FMR et du secrétariat de rédaction de la revue *Netcom*, elle s'intéresse aux réseaux scientifiques, à la diffusion spatiale des innovations et à l'émergence de communautés internationales. Ses premiers travaux sont parus en 2013 dans la revue de géographie *M@ppemonde* et dans *DNA Repair*, revue spécialisée en biologie moléculaire. Email : marion.maisonobe@yahoo.fr.

Darina Martykánová est historienne spécialisée en histoire des professions techniques et de production et circulation des connaissances. Licenciée en turcologie / histoire et culture des pays islamiques par l'Universitas Carolina de Prague et docteure en histoire contemporaine de l'Université autonome de Madrid, elle a travaillé à l'Université de Potsdam et à l'EHESS. Actuellement, elle est chercheuse au Conseil supérieur de recherches scientifiques (Espagne). Elle est l'auteure d'une dizaine de publications liées au sujet ; parmi eux : *Reconstructing Ottoman Engineers. Archaeology of a Profession (1789-1914)* (Pise, 2010), « Shaping a New Man : The Schools for the State Engineers in Nineteenth-Century Spain » (*Engineering Studies*, 7, 2014) ; « Les fils du progrès et de la civilisation : les ingénieurs des travaux publics en Espagne aux XVIIIe et XIXe siècles » (*Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, 10, 2009), « Expert Knowledge and the State in Spain and in the Ottoman Empire. An Exercise in

Comparative and Global History » (D. Brauer *et al.* [dir.], *New Perspectives in Global History*, Hanovre, 2013). Email : darinamartykanova@yahoo.es.

Kamal Mellakh est sociologue, enseignant-chercheur à l'Université des Mohammadia (Maroc). Ses travaux portent sur l'éducation, l'enseignement supérieur, la recherche-développement, la politique d'innovation, les professions techniques et scientifiques au Maroc (ingénieurs, pharmaciens, enseignants-chercheurs...), le genre, et sur les questions de développement au Maroc. Email : kmellakh@yahoo.fr.

Anne-Marie Moulin, directrice de recherche émérite au CNRS à l'UMR SPHERE (« Sciences Philosophie Histoire »), Paris-VII, est agrégée de philosophie et docteur en médecine. Ancienne élève de l'École normale supérieure, ancienne interne des hôpitaux, elle a partagé sa vie entre la médecine, la philosophie et les sciences sociales. Elle a effectué de nombreuses missions en Afrique et dans le monde arabe et musulman. Elle a dirigé le département « Santé Sciences Sociales » de l'IRD (Institut de recherche pour le développement) de 1999 à 2002 et préside actuellement son comité d'éthique. Elle a publié *Le dernier langage de la médecine*, *L'aventure de la vaccination*, *Le médecin du prince* (2010), *Islam et révolutions médicales* (2013), et de nombreux articles sur des questions historiques, épistémologiques et éthiques touchant la médecine et la santé publique internationale, dans un monde qui se dit « globalisé » sans pour autant en relever les principaux défis en matière d'injustices, d'inégalités et de discriminations. Elle a reçu la Rammal Award à Stockholm en 2004 pour « contribution à la paix au Moyen-Orient ». Email : anne.saintromain@gmail.com.

Marina Oulion est docteure en sciences de gestion à l'Université Paris-Est au sein de l'UMR LISIS. Diplômée d'ESCP Europe, elle a plusieurs années d'expériences en entreprise, à l'international et notamment en Chine. Sa thèse de doctorat a porté sur la transition du modèle industriel chinois vers l'innovation et les dynamiques de rattrapage technologique des entreprises chinoises. Email : marina.oulion@univ-paris-est.fr.

Marie-Noëlle Pane, normalienne, agrégée de russe, enseigne à l'Université de Bourgogne (UFR de langues et communication). Elle a effectué de nombreux séjours d'enseignement et de recherche en Russie.

René Sigrist, historien et enseignant, est titulaire d'un doctorat ès lettres, mention histoire, avec un travail sur l'essor des sciences expérimentales à Genève au cours du XVIIIe siècle. Il a édité pendant quinze ans la correspondance scientifique de Marc-Auguste Pictet (publiée chez Slatkine entre 1996 et 2004). Il est bénéficiaire de nombreux mandats de recherche d'histoire des sciences en Suisse, en France, en Grande-Bretagne, en Belgique et en Allemagne. Thème de recherche principal : l'histoire sociale du développement de l'entreprise scientifique moderne, du XVIe siècle au milieu du XIXe. Email : Rene.Sigrist@unil.ch

Hebe Vessuri, spécialiste en anthropologie sociale, est actuellement chercheure invitée au GICA de la UNAM (Mexique) en tant que chercheure du SNI niveau 3. Elle est par ailleurs chercheure émérite de l'IVIC au Venezuela et *Investigadora Principal* du Conicet (Conseil national de recherche scientifique et technique) – CENPAT du gouvernement argentin. Elle a contribué à l'émergence et à la consolidation du champ

des études sociales de la science et de la technologie (CTS) en Amérique latine. En 2006 elle a reçu le Prix national de la science du Venezuela, puis en 2014 le prix Oscar-Varvasky récompensant sa trajectoire scientifique dans le domaine des CTS en Amérique latine et décerné par la Société latino-américaine des études sociales de la science et de la technologie (ESOCITE). Ces intérêts scientifiques actuels portent sur le *Sud Global*, l'internationalisation des sciences sociales, et l'interface entre éducation supérieure, savoirs experts et autres formes de savoirs. Email : hvessuri@gmail.com.

Dominique Vinck est professeur ordinaire à l'Université de Lausanne et enseigne au sein du Collège des Humanités de l'École polytechnique fédérale de Lausanne. Il dirige le Laboratoire de cultures et humanités digitales (LaDHUL) de l'Université de Lausanne et est chercheur associé au laboratoire PACTE Politique – Organisations (Grenoble). Ses recherches portent sur la sociologie des sciences et de l'innovation. Il investit actuellement le domaine de l'ingénierie des cultures et humanités digitales. Il a publié notamment : *Ingénieurs au quotidien. Ethnographie de l'activité de conception et d'innovation* (PUG, Grenoble, 1999), *Pratiques de l'interdisciplinarité* (PUG, Grenoble, 2000), *Sciences et sociétés. Sociologie du travail scientifique* (A. Colin, Paris, 2007), *L'équipement de l'organisation industrielle. Les ERP à l'usage* (Hermes, 2008), *Les nanotechnologies* (Le Cavalier bleu, 2009), *Comment les acteurs s'arrangent avec l'incertitude* (Éditions des archives contemporaines, 2009), *Les masques de la convergence* (Éditions des archives contemporaines, 2012). Email : dominique.vinck@unil.ch.

Polytechnicien et sociologue, **Roland Waast** a résidé ou longuement séjourné à l'étranger (Madagascar, Algérie, Inde, Thaïlande, Afrique du Sud...). Il fut le premier directeur d'un département « Stratégies du développement » à l'IRD. Il a ensuite organisé et réalisé nombre d'enquêtes à la demande de la Commission européenne ou de gouvernements étrangers. Son intérêt se centre désormais sur les politiques scientifiques et les liens entre science et société dans le monde en développement. Il a fondé en ces domaines un groupe de recherche, un réseau international, ainsi que le journal *Science, Technology and Society*. Roland Waast a publié de nombreux articles dans des revues internationales. Il a écrit plusieurs ouvrages, comme *Scientific Communities in the Developing World* (avec Venni V. Krishna et J. Gaillard), *Le Maroc scientifique* (avec M. Kleiche) et *Sciences techniques et sociétés* (avec A. El Kenz). Il est aussi l'éditeur des sept volumes de *Sciences hors d'Occident / Science Beyond the Metropolis* (Orstom / Unesco, 1996-1999). Email : roland.waast@ird.fr.

Table des matières

Préface. Science mondiale, nationale, locale...
Michel Grossetti **i**

Introduction. De la science moderne et de son expansion
Mina Kleiche-Dray et Roland Waast **v**

Résumés des contributions xiv

Encart 1.- **Le génie des grandes civilisations** **xx**

Encart 2.- **Les sciences premières** **xxiii**

I Vue d'ensemble **1**

1 De la révolution scientifique à la science-monde. Aperçu historiographique
René Sigrist **3**

1 Un récit convenu des origines : la « Révolution scientifique » 4

2 D'une approche idéaliste à un paradigme constructiviste 6

3 De la science classique à la science positive 9

4 Les origines de la science-monde : le modèle de la diffusion 12

5 Conceptualiser le développement scientifique dans un pays « ancien » : le cas de l'Inde 16

6 Transferts de techniques et de connaissances : les cas du Japon et de l'Empire ottoman 18

7 Le modèle centre-périphérie ou les balbutiements d'une géographie scientifique 22

8 De la sociologie du développement à l'essor de la bibliométrie : l'exemple de l'Amérique latine 25

9 Le système scientifique international et l'approche par les réseaux 27

En guise de conclusion 29

2 Les villes de la science contemporaine, entre logiques locales, nationales et globales Une approche bibliométrique
Denis Eckert, Michel Grossetti, Laurent Jégou et Marion Maisonobe **37**

1 Méthodologie 39

2 La déconcentration des publications dans l'ensemble des agglomérations du monde 43

3 Les différentes échelles spatiales de coopération scientifique 48

4 Structures nationales et macrorégionales 53

Conclusion générale 55

II L'institutionnalisation de la science dans les grandes régions du monde entre internationalisation et construction nationale 65

3 L'Afrique. Entre sciences nationales et marché international du travail scientifique
Roland Waast et Jacques Gaillard **67**

1 Vue d'ensemble 67

2 Des sciences nationales au marché du travail scientifique 74

3 Effets de globalisation. Dés-institutionnalisation et reprises d'initiative 82

Conclusion 88

4 Les sciences en Amérique latine. Tensions du passé et défis du présent
Hebe Vessuri et Pablo Kreimer **99**

1 Essai d'historiographie : le développement scientifique en Amérique latine 101

2 L'histoire plus récente : croissance, tensions et enjeux 117

Conclusion 123

5 Les sciences en Inde. Émergence, croissance et développements contemporains
Venni V. Krishna **135**

1 Les sciences à l'ère coloniale 137

2 La science postcoloniale : les trois phases de la croissance des sciences et des techniques, années 1940-1990 143

Conclusion 168

6 Le système de recherche chinois. Entre la politique planifiée du développement et le marché
Marina Oulion et Rigas Arvanitis **181**

Introduction 181

1 Les réformes du système de science et de technologie 183

2 L'État, le marché et le développement des sciences et technologies 187

3 Le système de recherche chinois face au changement de modèle économique 191

Conclusion 194

III L'expansion de la science moderne, au Centre et en périphéries **199**

7 Aux origines du système scientifique international. Les développements de la chimie en Europe, XVIIe-XIXe siècles
René Sigrist **201**

1 Les origines incertaines de la chimie (avant 1700) 202

2 Les premières communautés organisées de chimistes (vers 1700) 206

3 La croissance du nombre de spécialistes, 1700-1870 208

4 La « République des chimistes » des années 1680-1890 : essai de géographie 212

5 La dynamique des principales nations : France, Grande-Bretagne, Allemagne 222

6 Le rôle des politiques étatiques dans le développement de communautés nationales 226

7 Nations secondaires et empires émergents 230

8 Centres, périphéries et transferts de compétences 233

8 La Russie, l'Espagne, le Portugal et l'Empire ottoman. Deux siècles de politiques technoscientifiques à l'épreuve des approches comparatistes
***Irina Gouzévitch, Ana Cardoso de Matos et Darina Martykánová* 239**

Introduction 239

1 Les perspectives d'analyse : problématiser la dimension spatiale 240

2 Le processus de spatialisation des systèmes technoscientifiques dans les quatre pays : une lecture cartographiée 254

3 En guise d'épilogue : les ingénieurs pour l'industrie, un changement paradigmatique 274

9 Institutionnalisation balbutiante et fragmentation territoriale. Le cas de la Colombie
***Dominique Vinck* 287**

Introduction 287

1 Période 1
Installation de rivalités et de l'attachement au territoire : des savoirs précolombiens (avant 1580) aux sciences coloniales (1570-1810) 289

2 Période 2
La difficile structuration d'un espace scientifique national : de l'Université républicaine à la modernisation universitaire (1810-1930) 295

3 Période 3
Le difficile décollage : des sciences gouvernementales et de l'explosion universitaire à la construction d'une politique scientifique nationale et d'un primat de l'innovation (1930-) 304

Conclusion 311

IV Autonomie, dépendances et réseaux : la relative « distance » aux métropoles 321

10 La Russie : construction et crise d'un système scientifique
***Denis Eckert, Dmitri Gouzévitch, Irina Gouzévitch et Marie-Noëlle Pane* 323**

1 Les prémices (du XVIIe siècle à la fin du règne de Pierre le Grand) . . . 323

2 Le règne de la science pétersbourgeoise (milieu du XVIIIe siècle) . . . 325

3 La progressive différenciation de l'espace scientifique russe (seconde moitié du XVIIIe siècle) . . . 326

4 Les réformes institutionnelles du XIXe siècle . . . 326

5 La science soviétique . . . 330

6 Le tournant de 1931 . . . 331

7 Bilan à la veille de la guerre . . . 332

8 La guerre et ses effets (1941-1945) . . . 334

9 L'après-guerre . . . 335

10 La science après Staline (fin des années 1950 – 1985) . . . 337

11 Le choc de l'effondrement : de la fin de l'URSS aux premières années de la science « russe » . . . 339

12 Stratégies de survie et aide internationale . . . 340

13 Les années 2000 : vers une stabilisation, ou un renouveau ? . . . 343

14 La science russe contemporaine : ce que nous apprend la bibliométrie . . . 346

Conclusion . . . 351

11 Enjeux et tensions entre science et développement au Maroc
Mina Kleiche-Dray et Kamal Mellakh **355**

Introduction . . . 355

1 État des lieux . . . 356

2 De la reconnaissance de la recherche à la quête d'innovation . . . 366

Conclusion . . . 380

12 L'internationalisation de la recherche au Liban. Choix ou contrainte ?
Rigas Arvanitis, Sari Hanafi et Jacques Gaillard **391**

Introduction . . . 391

1 Une production scientifique satisfaisante . . . 394

2 Les principaux piliers de la recherche au Liban . . . 395

3 Une politique nationale de recherche tournée vers l'international 411

4 Des chercheurs, mais pas de communauté scientifique 413

5 Une ouverture à l'international dès les études 414

6 Les cadres de la coopération internationale 415

Conclusion 419

13 Constitution d'une communauté scientifique dans un pays moins avancé (PMA). Le cas du Niger
Emmanuel Gregoire et Kadijatou Marou Sama **423**

1 L'enseignement supérieur au Niger 424

2 La recherche au Niger 432

3 Les acteurs de la recherche : la communauté scientifique nigérienne 441

Conclusion 447

V Formation des disciplines 449

14 À la recherche de la science arabe. En partant d'un observatoire égyptien des sciences biomédicales
Anne-Marie Moulin **451**

Introduction. Réévaluation d'un passé et d'un avenir 451

1 Survol historique des institutions d'enseignement et de recherche 455

2 Vue d'ensemble. *Surveys* institutionnels et scientométrie 466

3 Vue en plongée dans la science 475

Conclusion. L'impact des révolutions sur la géoscience arabe et de la géoscience sur les révolutions 487

15 Les modes d'institutionnalisation des sciences au Brésil. De l'espace géophysique à l'espace aérien
Heloisa Maria Bertol Domingues et Antonio José Junqueira Botelho **495**

1 Colonisation de l'espace et institutionnalisation des sciences naturelles 497

2 Entre ressources naturelles stratégiques et spécialisation technologique 502

3 L'espace de la biodiversité et la recherche spatiale dans la deuxième moitié du XXe siècle 508

Conclusion 514

16 Un espace transnational de l'enseignement et de la recherche ? L'« institutionnalisation » des sciences de gestion en Europe, entre traditions locales et circulations internationales (1850-2010)
Ferruccio Ricciardi et Kenneth Bertrams **517**

Introduction. La gestion, un savoir global ? 517

1 La « science des affaires » : les écoles de commerce dans le contexte de la seconde révolution industrielle (1850-1900) 518

2 La « science de l'organisation » : du projet éducatif rationalisateur à la pluralité des initiatives institutionnelles et professionnelles (1900-1950) 523

3 Les « sciences de gestion » : l'américanisation de l'enseignement en gestion et la diffusion des approches stratégiques et marketing (1950-1980) 529

4 La « *business administration* » : la formation en gestion entre européanisation et marché international (1980-2010) 534

Conclusion 537

Les auteurs **543**

LES ANCRAGES NATIONAUX DE LA SCIENCE MONDIALE
XVIIIE-XXIE SIÈCLES

Sous la direction de Mina Kleiche-Dray

Avec les contributions de Rigas Arvanitis, Heloisa Maria Bertol Domingues, Kenneth Bertrams, Ana Cardoso De Matos, Denis Eckert, Jacques Gaillard, Dimitri Gouzevitch, Irina Gouzevitch, Emmanuel Grégoire, André Grelon, Michel Grossetti, Sari Hanafi, Laurent Jégou, Antonio José Junqueira Botelho, Mina Kleiche-Dray, Pablo Kreimer, Venni Venkata Krishna, Kadijatou Marou Sama, Marion Maisonobe, Darina Martykánová, Kamal Mellakh, Anne-Marie Moulin, Eric Opigez, Marina Oulion, Marie-Noëlle Pane, Ferruccio Ricciardi, René Sigrist, Hebe Vessuri, Dominique Vinck et Roland Waast.

En historicisant le développement des sciences modernes et leur expansion à l'échelle mondiale sur trois siècles (XVIIIe-XXIe), cet ouvrage revient sur les traces qui continuent de modeler l'institutionnalisation scientifique dans son style et son identité au niveau local : importance des Lumières chez les libéraux en Amérique latine ; lutte contre l'oppression coloniale en Inde, en Grande Colombie et en Amérique latine aux XVIIIe et XIXe siècles ; initiatives de souverains soucieux de préserver leur régime ou leur territoire (Égypte et Turquie du XIXe siècle face à l'avancée des impérialismes ; empires des marges européennes) ; ou encore de factions militaires modernistes et nationalistes (Égypte nassérienne, Brésil)…

Mina KLEICHE-DRAY, historienne des sciences et des techniques, est chargée de recherches à l'Institut de recherche pour le développement (IRD) et rattachée à l'UMR 196 Ceped (Université Paris-V Descartes-IRD). Elle est membre de l'Institut francilien « Recherche, innovation et société » (IFRIS). Ses recherches actuelles portent sur les reconfigurations historiques des rapports entre technosciences et savoirs autochtones et paysans, dans un contexte de mondialisation et d'écologisation des pratiques agroalimentaires paysannes au Mexique.

Prix : 85 euros
9782813002716

9 782813 002716

IRD Éditions

éditions des archives contemporaines