
FOCALES SUD

RECHERCHES
POUR UN MONDE DURABLE



FOCALES SUD

RECHERCHES
POUR UN MONDE DURABLE

FOCALES SUD

RECHERCHES
POUR UN MONDE DURABLE

Préface de Valérie Verdier et Achille Mbembe


Éditions

Direction éditoriale

IRD/Marie-Lise Sabrié

Coordination production

IRD/Jasmine Portal-Cabanel, Catherine Guedj

Recherche iconographique

IRD/Daina Rechner

Conception graphique et mise en page

Format Tygre/Alan Guilvard

Rédaction

Alice Bomboy, Françoise Dupuy Maury

IRD/Jasmine Portal-Cabanel, Marie-Lise Sabrié

Coordination diffusion

IRD/Christel Bec

Photo de couverture : pélican brun, Puerto Lopez, Équateur. © IRD/O. Dangles

Portraits : droits réservés (sauf mention contraire)

Publication en libre accès selon les termes de la licence Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 : <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>. Elle autorise toute diffusion de l'œuvre, sous réserve de mentionner les auteurs et les éditeurs et d'intégrer un lien vers cette licence. Aucune modification n'est autorisée et l'œuvre doit être diffusée dans son intégralité. Aucune exploitation commerciale n'est autorisée.



© IRD, 2024

ISBN Papier : 978-2-7099-3028-4

ISBN PDF : 978-2-7099-3029-1

ISBN epub : 978-2-7099-3030-7

Cet ouvrage publié à l'occasion des 80 ans de l'IRD
a été piloté par la mission de la Culture scientifique et technologique,
en collaboration avec la direction de la Communication et du partage de l'information.

Comité scientifique

Jean-Christophe Avarre, Sylvie Boyer, Olivier Dangles, Éric Delaporte, Céline Duwig, Mina Kleiche-Dray, Sophie Lanco, Marina Lévy, Céline Mari, Olivier Pringault, Emma Rochelle-Newall, Estienne Rodary, Valérie Verdier.

Comité éditorial

Julie Coquart, Catherine Guedj, Jasmine Portal-Cabanel, Daina Rechner, Marie-Lise Sabrié.

Remerciements

Nejma André, Catherine Aubertin, Ouidir Benabderrahmane, Anne-Gaël Bilhaut, Paul-André Calatayud, Rafael E. Cárdenas, Claudine Chamoreau, Sylvain Cloupet, Vincent Corbel, Fabrice Courtin, Pascale de Robert, Marc Descloître, Laure Empeaire, Jacques Gardon, Claude-Anne Gauthier, Pierre Journeaux, Isabelle Lefrançois, Oumarou Malam Issa, Sylvie Manguin, Jean-Michel Martinez, Nicaise Ndam, Léti Obavamian, Franck Poitrasson, Nicolas Puig, Stéphane Raud, Frédéric Simard, Cheikh Sokhna, Bruno Turcq, ainsi que les scientifiques de l'IRD dont les photos figurent dans cet ouvrage.





SOMMAIRE

PRÉFACE 12

Valérie Verdier et Achille Mbembe

TERRES NOURRICIÈRES 14

TÉMOIGNAGES 32

Claire Nicklin, Bepunu Kayapó, Nabil Mohamed Ahmed

MONDES VIVANTS 38

TÉMOIGNAGES 54

Silvia Restrepo, Adolé Isabelle Glitho-Akueson,
Emilia Velazquez, Jan Leach

SOCIÉTÉS EN MOUVEMENT 62

TÉMOIGNAGES 80

Sari Hanafi, Nicaise Moulombi, Mary Teuw Niane,
Slim Khalbous, Taivini Teai, Tea Frogier

CLIMATS 88

TÉMOIGNAGES 104

Marie Christina Kolo, Eddy Ngonkeu, Hana Gannoun

UNE SEULE SANTÉ 110

TÉMOIGNAGES 130

Joseph Kamgno, Mame Sidy Ndour, Mamadou Sarr,
Coumba Touré Kane, Theeraphap Chareonviriyaphap

RIVAGES ET OCÉANS 138

TÉMOIGNAGES 156

Jihad Zahir, Flávia Lucena-Frédou, Carmen García Dávila,
Dorothy Wanja Nyingi

TERRE ET EAUX 162

TÉMOIGNAGES 176

Véronique Yoboué, Thi San Hà Phan, Silvana Hidalgo,
Claude Borna, Adèle Rayangnéwendé Ouédraogo,
Mamadou Diol, Kieu Thi Kinh

POSTFACE 186

Olivier Dangles et Rafael E. Cárdenas

PRÉFACE

En cette ère de l'Anthropocène, la science se révèle plus que jamais indispensable pour comprendre de façon holistique les conditions d'habitabilité de la Terre et leurs évolutions. Véritables sentinelles, les scientifiques détectent et anticipent l'émergence des profondes mutations en cours, en analysent les mécanismes complexes et alertent sur leurs possibles conséquences. Et, plus que jamais, ils sont appelés à contribuer de manière résolument innovante à l'élaboration de solutions qui accompagnent la transition des sociétés vers des modèles sociaux, économiques et écologiques plus justes et plus durables.

Publié à l'occasion du 80^e anniversaire de l'IRD, cet ouvrage incarne notre engagement dans la recherche pour dessiner, face aux enjeux qui composent l'avenir de notre monde, des trajectoires vers un futur souhaitable. Il illustre la détermination sans faille des scientifiques et partenaires de l'Institut à mettre la science au service des pays du Sud, les plus exposés aux impacts des changements globaux et aux inégalités, conséquences de la mondialisation, mais aussi acteurs d'une recherche d'excellence, porteuse d'innovations adaptées au contexte local pour un avenir durable. Ces décennies de recherche, de formation et d'expertise, portées et partagées ensemble, sont autant de collaborations fécondes. Elles permettent à l'IRD de proposer un modèle de partenariat scientifique équitable et d'une science engagée dans la co-construction de solutions avec l'ensemble des acteurs de terrain pour répondre au mieux aux besoins des populations du Sud. Notre objectif est aujourd'hui de déployer une recherche fondée sur un partenariat de long terme

et d'en partager les résultats au bénéfice du plus grand nombre pour transformer l'avenir.

Au fil de ces pages illustrées de magnifiques photographies prises sur tous les continents, le lecteur découvrira 80 avancées scientifiques majeures. Ponctué des passionnants témoignages de partenaires de longue date de l'Institut – chercheurs, acteurs du développement, entrepreneurs, personnalités en charge de politiques publiques, artistes... –, ce livre est un plaidoyer pour une science ouverte et partagée. Il met en exergue le rôle essentiel des femmes et des hommes pour conduire ensemble une recherche pluri- et transdisciplinaire qui place le dialogue des savoirs au cœur de sa démarche. Celle-ci permet d'appréhender la complexité des enjeux et de co-construire des sociétés plus inclusives et résilientes. De fait, aujourd'hui, toutes les formes de savoirs, quelles que soient les cultures dont elles sont issues, doivent – ensemble – se mobiliser pour inventer de nouveaux rapports au vivant et d'autres manières d'habiter la Terre. L'espoir est de faire de la planète une véritable *communauté terrestre*, accueillante pour tous, humains et non-humains.

Si, comme en témoigne cet ouvrage, l'histoire ancienne et récente de l'Institut est faite de grands projets et d'avancées scientifiques majeures, nous demeurons pleinement conscients de l'immensité de la tâche qui reste à accomplir face aux profonds bouleversements – environnementaux, sanitaires, économiques, sociaux – qui touchent aujourd'hui la planète et qui sont autant de défis que doit continuer de relever la recherche maintenant et dans les années à venir.

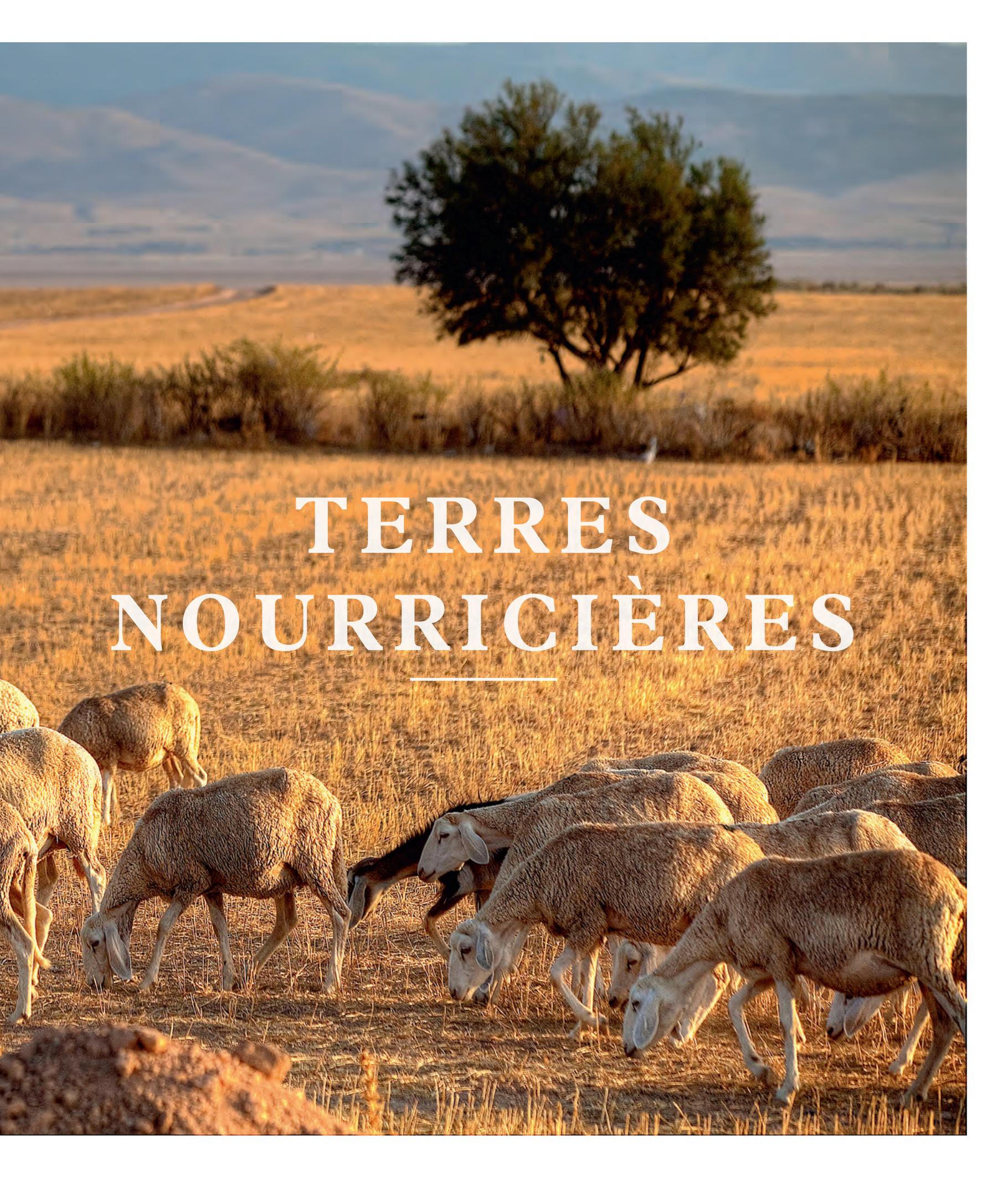
Valérie Verdier

Présidente-directrice générale de l'IRD

Achille Mbembe

*Professeur d'histoire et de sciences politiques
au Wits Institute for Social and Economic Research,
Afrique du Sud*



A flock of sheep is grazing in a vast, golden field. The sheep are in the foreground, some facing left and some right, with their heads down as if eating. The field is filled with tall, dry grass that glows in the warm light of the sun. In the middle ground, there is a line of low-lying bushes and a single, large, dark green tree that stands out against the landscape. The background shows a flat horizon under a sky with soft, grey clouds. The overall mood is peaceful and pastoral.

TERRES NOURRICIÈRES

L'agriculture est aujourd'hui confrontée à des difficultés sans précédent, tout particulièrement dans les pays du Sud, sous les effets conjugués d'une augmentation de la demande alimentaire, de la surexploitation des écosystèmes, de l'érosion de la biodiversité et du changement climatique (raréfaction de la ressource en eau, désertification, etc.). Peut-on aujourd'hui envisager des systèmes de production qui garantissent la sécurité alimentaire tout en préservant la durabilité des ressources et la résilience des socio-écosystèmes ? Pour relever ce défi, la recherche explore avec succès plusieurs voies telles que la lutte contre l'érosion, la réhabilitation de pratiques et des savoirs agricoles traditionnels, l'aquaculture durable, le recyclage des déchets issus de l'agro-industrie, et bien d'autres encore.

Les bienfaits des sols. Le sol joue un rôle central dans l'équilibre du vivant, à la fois par sa fertilité et comme piège à carbone. Si les études pédologiques ont montré la capacité de l'humus à fertiliser la terre grâce à une décomposition de la matière végétale, animale et microbienne, les scientifiques prouvent désormais que de meilleures pratiques agricoles, comme l'agroforesterie ou le zaï africain, accroissent la fertilité des sols et leur capacité de séquestration du carbone.

Pilchecochoa, Équateur © IRD/O. Dangles et F. Nowicki



Des savoirs traditionnels pour une agriculture durable.

Partout dans le monde, la surexploitation des ressources agricoles ou forestières amène une baisse de la fertilité des sols, de la biodiversité et du stockage du carbone. Les pratiques agricoles traditionnelles sont restées longtemps méconnues et dévalorisées. Ces techniques ancestrales, comme l'abattis ou le zaï, se révèlent porteuses de solutions durables grâce à la diversité des ressources qu'elles contribuent à produire et à leur adaptation au changement climatique. Loin de l'archaïsme qu'on leur prête, elles s'avèrent essentielles à la transition écologique.

Andes, Pérou © IRD/O. Dangles

Érosion éolienne au Sahel. Les milieux arides connaissent une érosion à la fois hydrique et éolienne qui menace la fertilité et la conservation des sols. Grâce à des stations de recherche dans plusieurs pays africains, les scientifiques ont mesuré les grains de sable et leurs flux, ont défini la composition des particules terrigènes et les trajectoires privilégiées de leur transport sur de longues distances. Les poussières du Sahel peuvent atteindre la forêt amazonienne. Cette recherche a abouti à la modélisation de l'érosion éolienne et à l'identification de facteurs aggravants, comme la mise en culture massive ou le ramassage systématique des résidus agricoles.

Banc d'Arguin, Mauritanie © IRD/O. Barrière



L'arbre, un allié de l'agriculture. Longtemps considéré comme un objet d'exploitation ou comme un obstacle à l'agriculture intensive, l'arbre est aujourd'hui perçu sous un angle nouveau. Cette évolution découle de l'observation, en Afrique puis en Amérique du Sud et en Indonésie, des pratiques culturelles traditionnelles qui associent étroitement plantes vivrières et arbres. Ces savoir-faire anciens, longtemps négligés, sont porteurs de modèles d'avenir. Les agroforêts favorisent une meilleure gestion environnementale, et permettent par exemple de réguler les maladies des cultures grâce à leur biodiversité végétale et animale.

Yrga Chefe, Éthiopie © IRD/G. Michon







Quels droits fonciers pour les paysans du Sud ? Depuis plus d'un siècle, deux visions des droits sur les terres rurales s'affrontent dans de nombreux pays du Sud. Face au droit fondé sur des titres de propriété, principalement détenus par des élites, une autre gestion des terres s'appuie sur le droit « informel » des coutumes, régi par des normes locales très vivaces. L'enjeu est central pour les paysans qui risquent la dépossession et la fin d'un accès aux ressources naturelles indispensables à leur survie. Les recherches pluridisciplinaires ont largement nourri les réflexions sur les politiques ou les réformes foncières aux échelles nationales et internationales.

Bali, Indonésie © IRD/M. Bouvet



Des déchets bien utiles. La plupart des transformations agricoles (filères de l'huile, du vin, du café ou du sucre...) laissent de côté plus de 90 % de déchets « verts » non valorisés et sources de pollution. Partant de ce constat, les scientifiques ont exploré des techniques de fermentation en milieu solide et d'autres pistes pour valoriser ces déchets agro-industriels. Certaines expériences ont ainsi permis de faire pousser des champignons pour décomposer la biomasse végétale ou ensemercer les déchets verts, offrant de nouveaux débouchés agricoles, industriels ou médicaux. Un bel avenir pour les bioconversions !

Praia, Cabo Verde © IRD/J.-F. Molez

La reproduction maîtrisée de poissons d'élevage. L'élevage piscicole fournit plus de la moitié des poissons consommés mondialement. La croissance très importante de ce secteur se poursuit, principalement en zone tropicale ; elle engendre des déséquilibres environnementaux et parfois, comme au Vietnam et au Cambodge, des tensions entre États voisins. En cause, le prélèvement d'alevins en milieu naturel. En réponse, les scientifiques sont parvenus à maîtriser la reproduction en captivité de certaines espèces alimentaires ou ornementales grâce à des protocoles hormonaux ou des méthodes de distinction sexuelle des géniteurs.

Arapaima gigas © IRD/M. Jégu

Vers une aquaculture vertueuse. En Afrique et en Asie, l'association de poissons d'élevage avec diverses espèces de plantes aquatiques ou d'algues est analysée de près, celles-ci pouvant consommer les déchets de ceux-là. Cette aquaculture dite « intégrée et multi-trophique » a permis entre autres de limiter la pollution de l'environnement grâce aux végétaux qui épurent l'eau des bassins. Dans d'autres élevages, les poissons sont nourris de farines d'insectes en alternative aux farines de poissons marins. Enfin, pour réduire le recours aux antibiotiques, les chercheurs étudient l'usage de certaines plantes pour soigner les poissons.

Page suivante, en haut à gauche : Indonésie © IRD/J. Slembrouck

Page suivante, en bas à gauche : Dakar, Sénégal © IRD/P. Brehmer

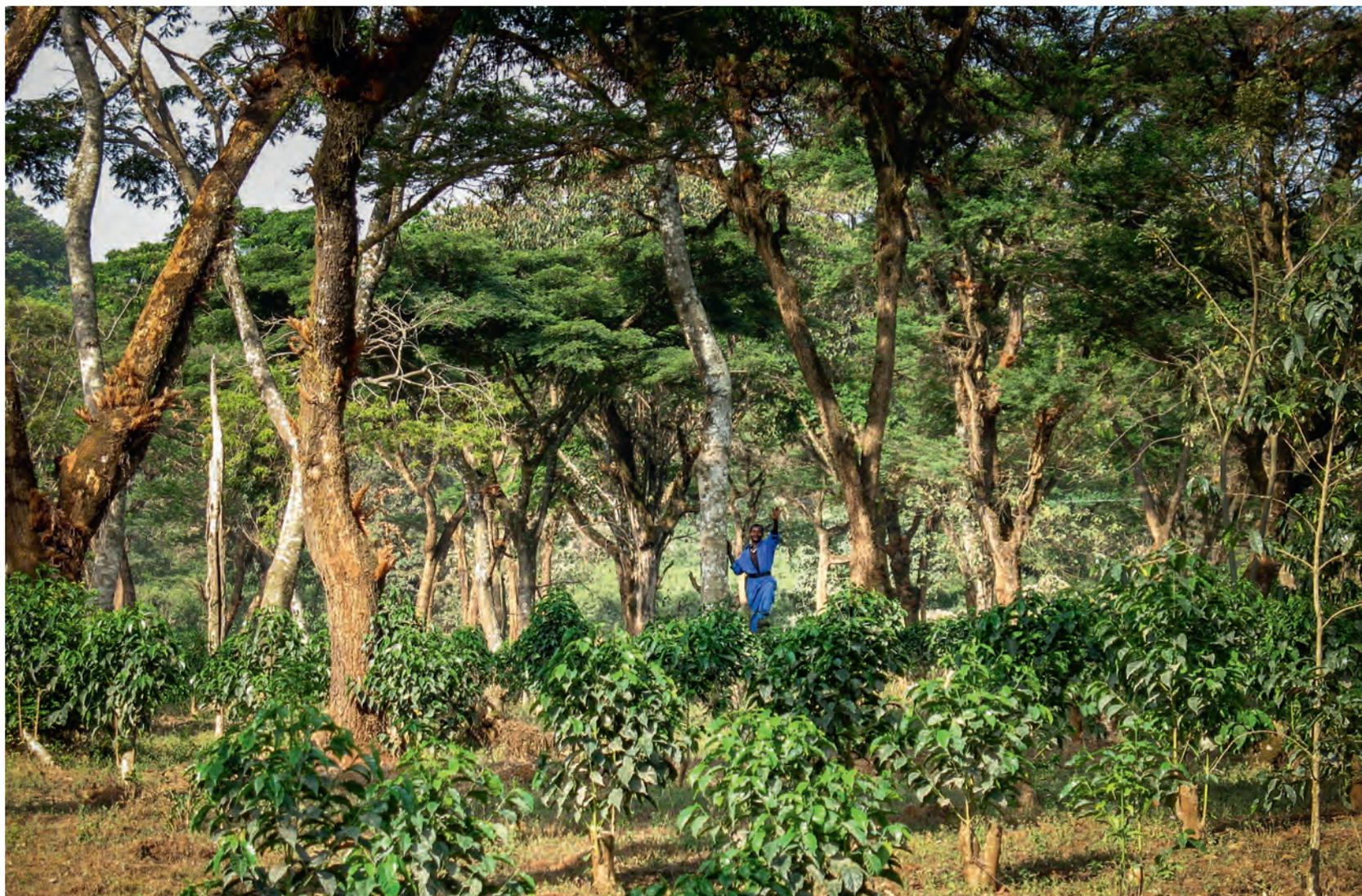
Les mystères de l'arche. Dans le delta du Saloum, au Sénégal, l'immense majorité des femmes vit de la pêche. Collectée à pied depuis des millénaires, l'arche, leur ressource principale, décline depuis plus de vingt ans. Est-ce dû à la pression de cette pêche devenue commerciale ou au changement climatique ? À partir des données recueillies *in situ*, les chercheurs s'attachent à comprendre la variabilité de la ressource et à élaborer des modèles de son évolution. L'intérêt de ces recherches est aussi d'y associer les femmes pour proposer des modes de gestion durable adaptés à leurs besoins.

Page suivante, à droite : Saloum, Sénégal © IRD/O. Sadio









La petite agriculture familiale, une solution durable.

Les petites unités familiales représentent 80 % des entreprises agricoles dans les pays du Sud. Elles constituent un modèle d'interdépendance de la famille et de son environnement agricole, forestier ou pastoral, de la pêche ou de l'aquaculture. L'évolution de certaines exploitations vers des cultures plus intensives les rend fragiles économiquement. Les scientifiques et les organisations paysannes mettent en avant l'importance de l'agriculture familiale pour la préservation de l'environnement et pour une alimentation sûre et saine. Les organisations internationales reconnaissent et valorisent désormais ce modèle.

À gauche : **Limu, Éthiopie** © IRD/F. Verdeaux

À droite : **Haut-Atlas, Maroc** © IRD/O. Barrière



Pâturages d'altitude. Sur les hauts plateaux boliviens, un écosystème approvisionné en eau grâce aux glaciers contraste avec l'aridité environnante : les *bofedales*. Ils occupent un rôle essentiel pour la pâture des animaux d'élevage. Avec le changement climatique, la fonte des glaciers pourrait mettre un terme à cet équilibre vital. Grâce aux images satellitaires et aux données de terrain, les scientifiques travaillent sur l'évolution récente des *bofedales* et sur plusieurs scénarios à long terme, afin d'accompagner les populations locales dans des stratégies de protection de ces écosystèmes ou de gestion durable des retenues d'eau.

Cordillera Real, Bolivie © IRD/O. Dangles





Claire Nicklin

*Représentante pour la région andine du programme
« Global Collaboration for Resilient Food Systems »
de la fondation McKnight (Équateur)*

Nous travaillons dans la région andine avec de nombreuses parties prenantes, parmi lesquelles des chercheurs, des agriculteurs et des ONG, pour faire progresser les stratégies en amont qui ouvrent la voie au changement. L'IRD est l'un des bénéficiaires de ce programme depuis quinze ans et nous avons pu observer les retombées locales et mondiales de ses recherches.

L'IRD a par exemple mené un projet sur la teigne de la pomme de terre. Des articles scientifiques ont été publiés qui présentent les résultats de ces recherches, une étape cruciale pour susciter le changement. Mais l'impact de ce travail va au-delà des connaissances académiques qu'il produit. De nombreux étudiants locaux ont participé avec les chercheurs de l'IRD au projet. Cette collaboration a accéléré le renforcement des capacités en matière d'agroécologie dans les universités régionales. L'IRD a également produit des vidéos pour les agriculteurs, des jeux participatifs pour que les parties prenantes



« LES PAYS OCCIDENTAUX ONT TENDANCE À NÉGLIGER LES SOLUTIONS DU SUD GLOBAL »

comprennent mieux les problématiques, ainsi que des brochures sur les moyens de lutte contre la teigne de la pomme de terre. Cette myriade d'idées novatrices et d'efforts créatifs a permis d'intégrer les recommandations de l'IRD dans les pratiques agricoles locales.

Nous savons que les pays occidentaux ont tendance à négliger les solutions agroécologiques provenant du Sud global. J'ai récemment discuté avec un agriculteur français qui pratique l'agroécologie à Montpellier. Sa connaissance des pratiques et du mouvement agroécologique lui vient du Brésil. Il a appris auprès de scientifiques qui ont partagé avec lui les connaissances acquises auprès d'agriculteurs brésiliens : un puissant transfert de connaissances malgré la distance.

J'aimerais que l'IRD participe à une telle circulation des savoirs, non seulement du Nord vers le Sud, mais aussi d'une région du Sud à une autre. Il s'agit d'un changement important dans les attentes, qui nous invite à penser différemment ce que signifie le développement durable. Abolir les frontières imaginaires entre les approches novatrices de l'agroécologie pour les pays « développés » et celles pour les pays « en développement » ou « sous-développés » nous aidera à préserver notre santé, nos écosystèmes et notre climat sur cette planète que nous nous partageons.

Bepunu Kayapó

*Cinéaste bêngôkre, cacique du village Môikàràkô
(terre indigène kayapó, Brésil)*

*Propos recueillis et traduits du brésilien
par Pascale de Robert, chargée de recherche à l'IRD*

Le Brésil, pays du sud de l'Amérique ! On parle depuis la France mais « Sud » peut prêter à confusion. Voyez mon village : il est au sud (du Pará), c'est-à-dire au nord (du pays) et n'a rien à voir avec le Sud (du Brésil). Pour moi, la recherche est très importante et nous avons déjà participé à plusieurs projets. Le « développement durable » devrait signifier beaucoup, mais n'est pas toujours facile à comprendre. « Développement » est un mot parlant mais dans ma région, pour de nombreuses personnes, cela signifie couper la forêt, goudronner les routes, acheter des voitures neuves... Si l'idée est vraiment d'améliorer l'avenir, alors parlons d'« amélioration » et non de « développement ». Pour améliorer l'avenir, nous devons faire de la recherche. Et surtout, de la recherche ensemble. J'ai appris beaucoup de choses grâce à la recherche, des connaissances différentes des savoirs traditionnels, et je continue en étant photographe et enseignant. Pour renforcer le rôle de la recherche, je pense qu'il faut favoriser le travail en collaboration, la circulation des idées, les échanges. Une façon d'y parvenir est de multiplier les centres de recherche et les rencontres.



« AMÉLIORER SIGNIFIE PRENDRE SOIN DE LA NATURE ET DES TERRES INDIGÈNES »

Dans les villes et dans les villages, il faut accueillir les chercheurs autochtones, dans les musées, autour d'ateliers, d'expositions ou de collections. Car dans les choses que nos ancêtres ont fabriquées et dans celles que nous fabriquons encore, il y a nos pensées. Dans les villages surtout, il manque de culture scientifique, de documents ou de photographies dont nous ignorons souvent l'existence. Nous voulons faire une « maison d'art Môikàràkô » pour que les femmes, les hommes, les vieux, les jeunes apprennent ensemble. Ce lieu pourrait par exemple montrer les différentes formes de d'arts visuels : on filme les femmes en train de peindre, on étudie les photos anciennes... Ou bien présenter un projet de recherche autour des plantes cultivées menée il y a plusieurs années : nous devons conserver, échanger, valoriser, afin d'améliorer l'avenir. Ce projet pour mon village est en construction.

« Améliorer » signifie prendre soin de la nature et, en Amazonie, cela signifie prendre soin des terres indigènes. Il y a beaucoup de problèmes, comme l'exploitation illégale de nos territoires, cela doit cesser. Nous, Amérindiens, nous sommes là, et nous l'avons toujours été. L'attention que nous donnons à la nature concerne tout le monde, même ceux qui vivent loin. Un autre mot intéressant est celui de « bien-être », car il englobe la santé des personnes. La santé de la forêt va de pair avec la santé des gens. Pour cela, nous devons également collaborer avec d'autres pays, car nous en avons tous besoin. La nature, le bien-être... cela nous concerne tous, ceux du Sud comme ceux du Nord.

Nabil Mohamed Ahmed

*Ministre de l'Enseignement supérieur
et de la Recherche (Djibouti)*

Les pays africains font face à diverses crises qui fragilisent leur développement et accentuent la pauvreté des populations les plus vulnérables. Néanmoins, la jeunesse de leur population et l'émergence d'une croissance économique dynamique laissent espérer un avenir meilleur et plus équitable. Relever les défis pour transformer l'espoir en réalité nécessite une meilleure maîtrise des technologies et de la recherche scientifique au service du développement durable.

Or le continent africain dispose déjà d'atouts majeurs non négligeables. C'est la plus grande zone de libre-échange du monde avec un marché estimé à près de 1,2 milliard de personnes et une population jeune qui représente environ 77 % de ses habitants. Cette population de plus en plus éduquée autorise la conduite d'une recherche de qualité dans des domaines aussi variés que prioritaires dans la politique des États. Cet élan est encouragé par la prise de conscience assumée par l'opinion publique et les décideurs politiques qui voient dans les résultats obtenus par la recherche et l'innovation, en partenariat avec les acteurs locaux, les moyens pour sortir intelligemment du sous-développement.

Néanmoins, dans un monde de plus en plus interconnecté, la collaboration internationale est indispensable pour consolider ces atouts. La formation, les échanges, le transfert de connaissances et des savoir-faire scientifiques et techniques seront les moteurs de cette collaboration. À l'occasion des



« L'AFRIQUE DOIT INVESTIR DAVANTAGE DANS LA RECHERCHE DE TRÈS HAUT NIVEAU »

80 ans de l'IRD, il faut saluer le travail effectué par cette institution pour accompagner ses partenaires dans la consolidation de leur politique de formation, de recherche et de développement. Nous pouvons citer, en ce qui concerne Djibouti, la contribution de l'IRD dans le projet des cultures oasiennes ou celle du changement climatique.

Historiquement, la recherche a pris sa place à Djibouti depuis plus de 50 ans, renforcée par une volonté politique convaincue de sa valeur pour le développement durable et la prévention des conflits dans la région. Récemment, deux projets phares ont été réalisés avec succès. L'Observatoire régional de recherche pour l'environnement et le climat (Orrec), inauguré le 23 octobre 2022, va garantir un espace de recherche ouvert à tous les chercheurs nationaux et internationaux travaillant sur la collecte et le traitement des données climatiques pour élaborer des modèles fiables visant la gestion des risques.

Le programme spatial a quant à lui permis de fabriquer deux nanosatellites en partenariat avec le Centre spatial universitaire de Montpellier (CSUM). Ces satellites élaborés par des jeunes ingénieurs et techniciens djiboutiens permettront à la fois de recueillir des données hydrométriques dans la région et de renforcer les modèles climatiques.

Nous sommes donc face à une réelle volonté de changement de paradigme dans un monde en perpétuelle « rupture » où l'Afrique doit trouver sa place et de façon décomplexée en investissant davantage dans la recherche scientifique et technique de très haut niveau rendue possible par la collaboration avec les pays du monde entier, en conformité avec ce que disait Pasteur : « la science n'a pas de patrie, c'est le patrimoine de l'humanité. »





**MONDES
VIVANTS**

Protéger la biodiversité est l'un des défis les plus urgents pour l'humanité.

L'avenir de la planète en dépend car la disparition d'espèces atteint un niveau inégalé depuis la dernière grande extinction. C'est aussi l'un des enjeux les plus complexes pour la science car la biodiversité ne peut s'appréhender hors de ses interactions avec les sociétés humaines qui parfois la détruisent mais tentent aussi de la préserver. Une complexité accrue par la nécessité d'associer des tendances globales – le changement climatique notamment – à des contextes locaux spécifiques sur le plan culturel, social et environnemental. Conduites depuis l'échelle moléculaire jusqu'à celle du paysage, les recherches illustrées dans ce chapitre ouvrent la voie à des relations plus durables entre les humains et le monde vivant auquel ils appartiennent.

Une application vertueuse. L'application Pl@ntNet est devenue un succès mondial tant par les téléchargements et les connexions quotidiennes que par le nombre et la diversité des pays des utilisateurs. Cette application gratuite permet la reconnaissance efficace de plantes (à plus de 90 %) grâce à son imposante base de données et leur validation par des botanistes. Évolutive, elle est nourrie par les utilisateurs qui fournissent des photos géolocalisées. L'application démontre l'effet positif d'un travail collaboratif où les scientifiques et le public sont autant des bénéficiaires que des acteurs.

À droite : *Aerangis gracillima* © IRD/V. Droissart

Page suivante, à gauche : *Anigozanthos manglesi* © IRD/A. Rival







À droite :

Le manioc entre en résistance. Quatrième source de calories dans les pays tropicaux, le manioc, résistant à la sécheresse, est une plante d'avenir face au changement climatique. Mais il est parfois décimé par des épidémies dues à une bactérie. L'identification et la désactivation d'un gène de la bactérie ont permis d'empêcher sa multiplication. Par ailleurs, la cartographie en cours de la diversité génétique de cette bactérie servira à comprendre son évolution et son devenir en Afrique et Amérique du Sud. Enfin, la mise au point d'un outil de diagnostic des boutures infectées limite leur dissémination.

Manihot esculenta © IRD/V. Verdier

Inventorier la forêt pour mieux la protéger. Représentant près d'un tiers de la forêt française, la forêt guyanaise se compose d'une mosaïque d'une vingtaine d'habitats. Leur cartographie, réalisée à l'aide de données satellitaires, a permis de déterminer leur composition en espèces en fonction de la nature des sols et du relief. Le fruit de cette méthodologie ? Un catalogue devenu indispensable aux gestionnaires de la forêt guyanaise. Elle devrait être prochainement adoptée dans des pays voisins ou en Afrique centrale.

Réserve des Nouragues, Guyane

© IRD/T. Vergoz







À gauche :

Les ravages du légionnaire d'automne. Les champs de maïs d'Afrique subsaharienne subissent depuis peu les ravages de la chenille légionnaire d'automne. Au Kenya, les chercheurs ont montré qu'elle n'a pas remplacé les ravageurs préexistants mais cohabite avec eux, rendant inefficients les moyens de lutte utilisés jusque-là. Des essais au Sénégal sont cependant prometteurs : deux insecticides biologiques apparaissent efficaces contre la chenille et pourraient constituer une stratégie durable pour préserver les rendements d'une culture vitale pour les populations locales.

Région de Fatick, Sénégal © IRD/S. Brabant

À droite :

La génétique au secours de la riziculture. Spécifique à l'Afrique, la panachure du riz provoque de très fortes baisses de rendement qui menacent la sécurité alimentaire du continent. Les recherches ont exploré deux voies pour contrer la maladie. La première concerne la sélection de plants résistants. La seconde étudie la diversité génétique du virus à l'origine de la maladie. Les chercheurs ont ainsi pu établir une cartographie qui définit l'aire de répartition et la virulence des différentes souches de virus en Afrique. Ces résultats permettent de déployer judicieusement les variétés les plus résistantes au virus.

Estuaire du fleuve Incomanti, Mozambique © IRD/D. Rion





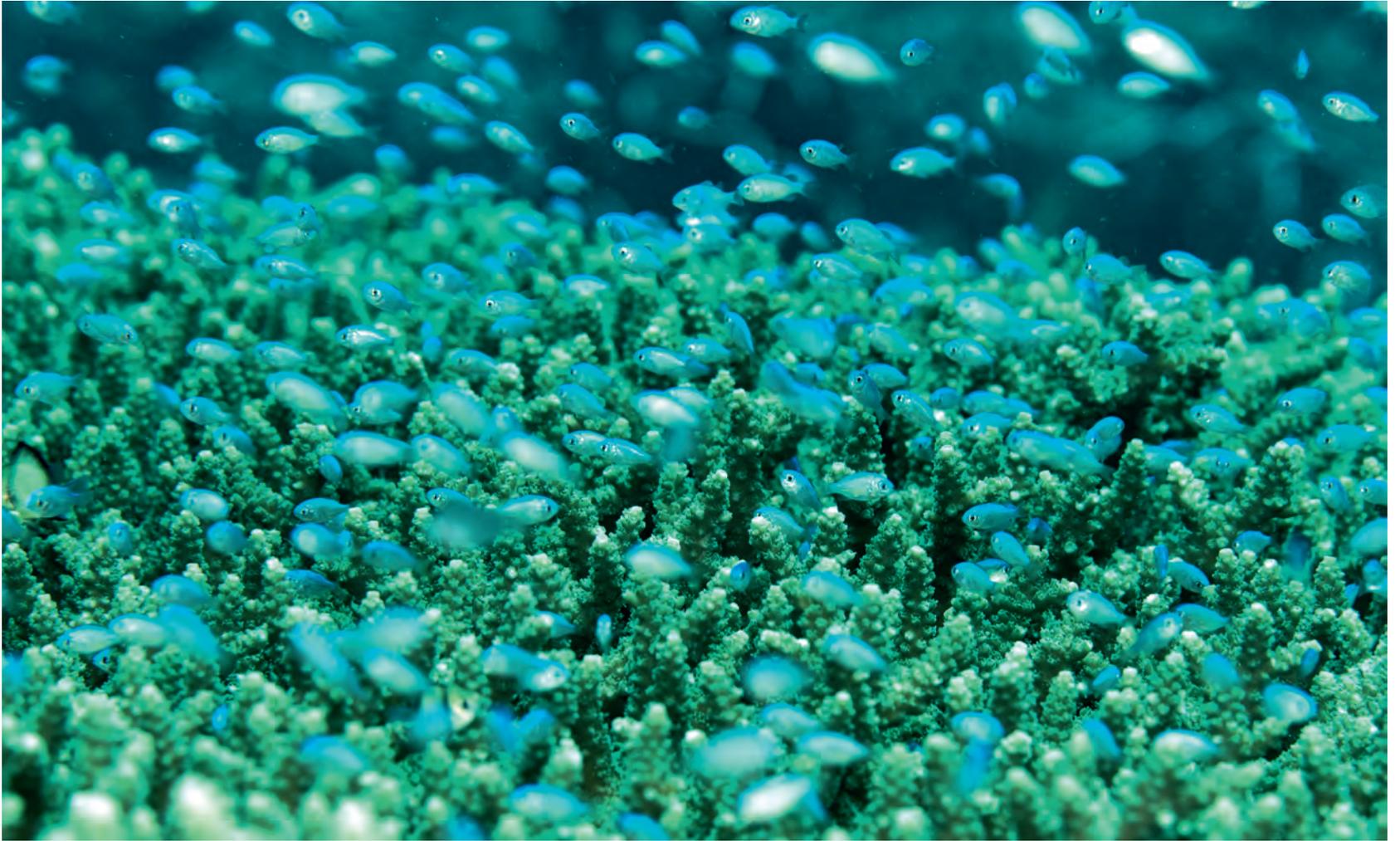
Précieuses symbioses. Riches sur le plan nutritif, les légumineuses (soja, arachides, haricots...) fertilisent aussi les sols grâce à une symbiose avec des bactéries fixatrices d'azote. Utilisée de longue date par les paysans d'Asie ou d'Amérique du Sud, cette capacité peut aujourd'hui profiter à l'agriculture africaine grâce à la sélection et l'inoculation de bactéries adaptées aux légumineuses cultivées sur ce continent. L'étude des mécanismes moléculaires en jeu ouvre la voie à cette collaboration bactérienne pour des plantes non légumineuses comme le riz, le blé ou le maïs. Une innovation qui améliore les rendements tout en utilisant moins d'engrais chimiques.

Culture in vitro de riz, Vietnam © IRD/F. Carlet Soulages

Déforestation délétère. Quel est l'impact de la destruction de la forêt tropicale humide, régulatrice du climat et havre de biodiversité ? Des recherches sur la forêt amazonienne, qui a perdu près de 20 % de sa surface en cinquante ans, ont montré que la déforestation contribue à retarder le début de la saison des pluies dans le sud de l'Amazonie. Un cercle vicieux : de plus longues sécheresses augmentent le risque d'incendies qui dégradent à leur tour la forêt.

Amazonie, Équateur © IRD/T. Couvreur





Les révélations de l'ADN environnemental. Lambeaux de peau, urine, sang... Tous les êtres vivants laissent des traces de leur ADN dans l'environnement. Grâce à l'analyse de cet ADN environnemental, les scientifiques mettent en lumière la « biodiversité sombre », c'est-à-dire des espèces peu ou pas visibles, mais présentes dans un environnement donné. Cette technique a permis par exemple d'identifier 13 espèces de requins à partir de simples échantillons d'eau puisés dans le Pacifique : un moyen novateur pour révéler une biodiversité méconnue et la protéger !

À gauche : **Lengguru, Papouasie occidentale** © IRD/É. Bahuet
À droite : **Tuamotu, Polynésie française** © IRD/S. Andréfouët



En haut :

Archives du vivant. Parfois créées il y a plusieurs centaines d'années, les collections naturalistes aident à connaître et comprendre les espèces mais aussi l'évolution du climat ou de l'environnement. Certaines d'entre elles, toujours vivantes, sont devenues des références. Un laboratoire à Montpellier accueille ainsi plus de 400 000 spécimens d'arthropodes collectés depuis les années 1950. De nouvelles espèces sont identifiées chaque année et conservées dans cette archive qui permet de suivre l'évolution génétique de ces vecteurs de maladies ou de les étudier à des fins médicales.

À gauche : **Herbier de Cayenne, Guyane** © IRD/T. Vergoz

À droite : **Vectopôle de Montpellier, France** © IRD/P. Landmann

En bas à gauche :

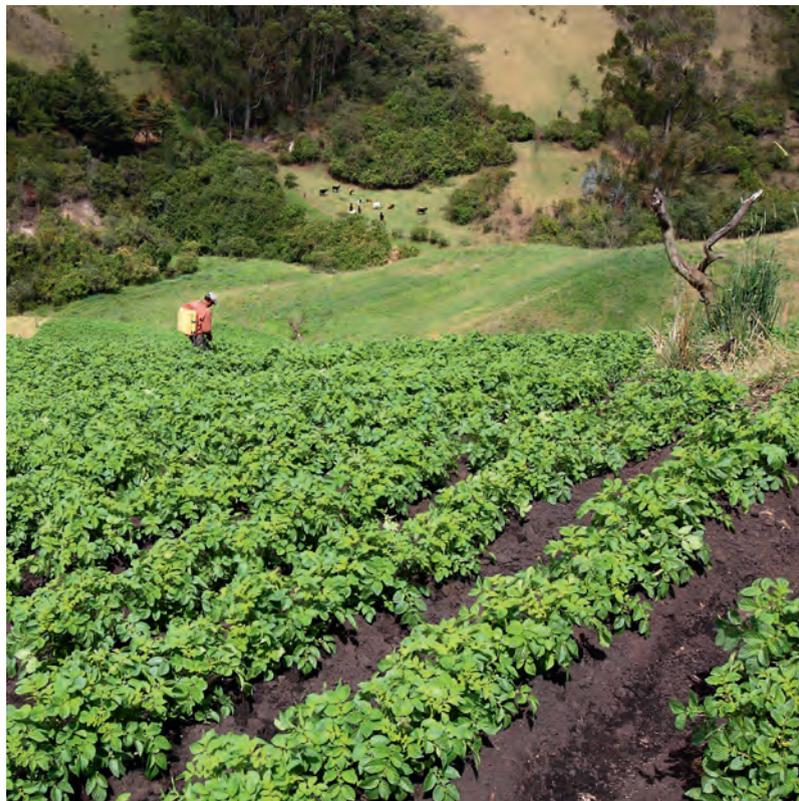
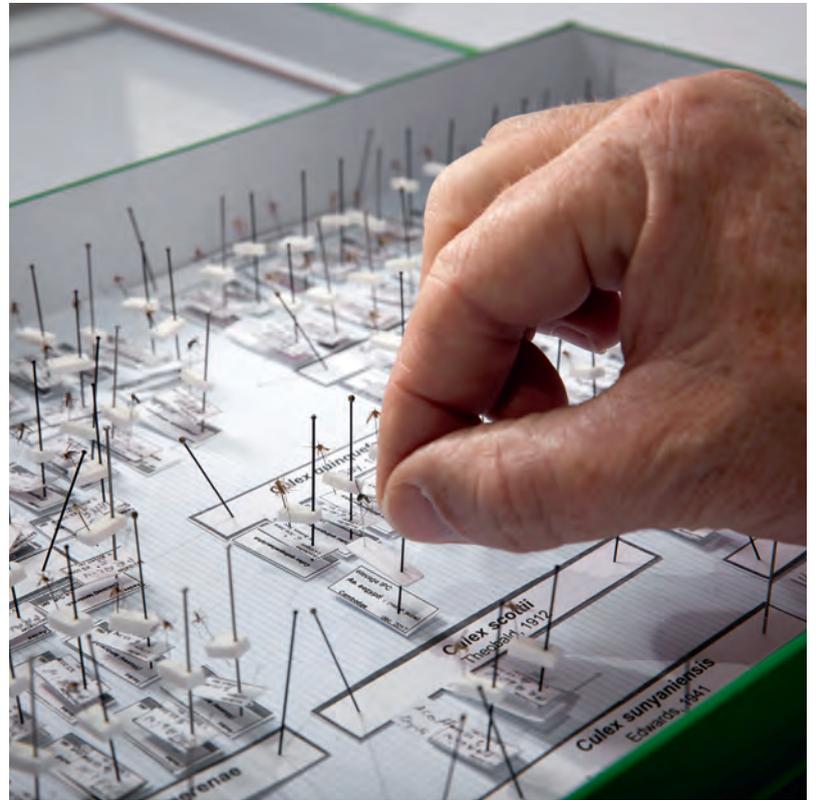
Sous l'œil des drones. Dans les Andes équatoriennes, la teigne guatémaltèque peut ravager jusqu'à 100 % des champs de pomme de terre. Constatant que les plants endommagés par cet insecte invasif subissent une modification de leur température, les chercheurs ont mis au point une méthode innovante de suivi de l'état des champs. Comment ? À l'aide de drones dotés de caméras capables de visualiser à l'échelle du centimètre les variations thermiques des cultures. Un moyen efficace de détecter la présence du ravageur et de programmer des interventions ciblées.

Carchi, Équateur © IRD/O. Dangles

En bas à droite :

Les prouesses des vers de terre. Les vers de terre sont indispensables à la fertilité des sols et à la bonne santé des cultures. Les scientifiques ont démontré qu'ils aident les plantes à se protéger des maladies, comme une maladie fongique très importante du riz, en augmentant la disponibilité de la silice bénéfique aux végétaux. Ils préconisent donc de favoriser le développement des populations de vers de terre, en sus de pratiques agricoles plus respectueuses des sols, plutôt que de recourir massivement à des intrants chimiques.

Turricule de ver de terre, Vietnam © IRD/J.-M. Boré



Silvia Restrepo

*Professeure à l'université des Andes (Bogota, Colombie)
et présidente du Boyce Thompson Institute (États-Unis)*

Je suis convaincue que sans la science il n'y a pas de développement durable. Par « science », je parle de biologie, de mathématiques, de physique, etc. mais aussi des sciences sociales, car c'est l'interaction entre toutes qui va nous apporter des réponses. Par exemple, l'agriculture, qui est mon domaine, a besoin de solutions biotechnologiques, dont l'adoption par les agriculteurs nécessite un travail social avec les communautés.

En outre, les pays du Sud ont besoin de plus d'informations de base et de recherches fondamentales. Ainsi, on a coutume de dire que la Colombie a une biodiversité incroyable, mais on ne connaît rien de la diversité des espèces dans de nombreuses régions, et c'est valable dans la plupart des pays du nord de l'Amérique latine.

Plus largement, le ministère des Sciences et les universités font des efforts énormes pour envoyer les étudiants se former dans les meilleurs établissements partout dans le monde. Nous avons donc d'excellents scientifiques. Même si certains reviennent, beaucoup restent dans les pays du Nord à cause de la violence qui a touché la Colombie, mais surtout car ils manquent de financements suffisants pour



« SANS LA SCIENCE, IL N'Y A PAS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE »

développer leurs recherches. En effet, seulement 0,2 % du produit intérieur brut est consacré à la science, ce qui ne représente presque rien et notamment pour la recherche fondamentale. Cela vient du fait que les gens qui nous gouvernent ne comprennent pas son intérêt. Ils veulent avant tout des applications, et il y a donc de l'argent uniquement pour les recherches appliquées.

Or, toutes les applications que l'on voit aujourd'hui sont issues de recherches fondamentales. Par exemple, le développement de l'édition du génome, cet outil biotechnologique qui a des applications incroyables, notamment en agriculture et en médecine, a débuté avec des études fondamentales sur le génome des bactéries ! Donc, si un pays dépend de la recherche fondamentale d'un autre, il ne progressera pas. Et faute de développer des outils biotechnologiques qui l'aideraient dans son développement durable, il devra les acheter et les importer.

Enfin, en matière de collaboration Nord-Sud, je pense que les laboratoires mixtes internationaux (LMI) sont une idée fantastique. Le LMI Bio Inca (pour « biodiversité des phytosystèmes naturels et cultivés andins ») que j'ai co-dirigé avec Olivier Dangles, écologue de l'IRD, l'était d'autant plus qu'il incluait trois pays : la France, la Colombie et l'Équateur. C'était le meilleur des mondes possibles avec une coopération Sud-Sud qui manque beaucoup dans les pays en voie de développement. En effet, nous regardons toujours vers là où nous avons fait nos doctorats et rarement vers les pays qui nous entourent et qui ont pourtant les mêmes problématiques.

Adolé Isabelle **Glitho-Akueson**

Doyenne honoraire de la faculté des Sciences de l'université de Lomé, présidente honoraire de la chaire Unesco « Femme, science et gestion raisonnée de l'eau en Afrique de l'Ouest » et membre de l'Académie africaine des sciences (Togo)

Le rôle de la recherche dans le développement durable ne s'est imposé qu'à la suite d'un long processus commencé dans les années 1970 : il ne s'agit plus pour le chercheur d'effectuer des recherches en solitaire pour sa seule production scientifique et sa promotion, mais de travailler en équipe multidisciplinaire au sein de laquelle chaque spécialiste apporte ses compétences en vue d'aborder les défis sociétaux. Les chercheurs en Afrique se sont engagés dans cette dynamique, même si c'est avec plus de handicaps que leurs homologues des autres continents : l'Afrique produit moins de 2 % des résultats mondiaux de recherche et le pourcentage est encore plus faible en matière d'innovations pour le développement. En Afrique subsaharienne, on peut noter quelques « *success stories* » en agriculture, en écologie et en santé publique avec pour toile de fond des recherches en sciences sociales. Entre autres exemples, le projet « West and Central African Virus Epidemiology » (Wave), très soutenu par les autorités de ses États membres et qui a associé des petits exploitants agricoles aux chercheurs, illustre bien l'idée d'un programme de recherches pour le développement durable. Son objectif principal est la gestion durable des maladies virales des plantes à racines et tubercules. Dans une première phase, entre 2015 et 2019, des plans de lutte contre les maladies virales du manioc ont été définis dans chaque pays partenaire (Bénin,



« LA RECHERCHE AFRICAINE DOIT INTENSIFIER LES PROJETS FÉDÉRATEURS »

Burkina Faso, Côte d'Ivoire, République démocratique du Congo, Ghana, Nigeria et Togo). Dans une seconde phase, l'intelligence artificielle Plantvillage Nuru a été adoptée pour la surveillance des phytopathogènes. Le programme est maintenant érigé en centre régional d'excellence (Wave CRE) et permet de « bâtir avec d'autres une véritable stratégie pour la sécurité alimentaire en Afrique ».

Malgré le succès de tels projets, le véritable essor de la recherche en Afrique reste plombé, non par la qualité des chercheurs africains – formés dans de bonnes conditions et avec souvent un accès aux plateaux techniques les plus récents grâce aux partenariats universitaires internationaux –, mais par l'insuffisance quantitative de personnel dédié dans les centres de recherche et les universités. Frein encore plus problématique, le manque drastique de financements : presque vingt ans après l'engagement des États de l'Union africaine à consacrer 1 % de leur PIB à la recherche, la réalité reste loin des discours et des promesses. Pour travailler, les chercheurs africains sont obligés de répondre à des appels d'offres dont les priorités restent souvent éloignées des stratégies d'innovation et de développement économique du continent, et, de surcroît, certains appels excluent les chercheurs africains. Tant que la recherche reposera essentiellement sur des financements extérieurs, les infrastructures ne seront jamais à la hauteur des ambitions scientifiques de la recherche africaine. Pour l'heure, la bouée de sauvetage de la recherche sur notre continent consiste à intensifier les projets fédérateurs autour des thématiques transfrontalières dans le but de mutualiser les compétences, les infrastructures et les faibles financements nationaux et internationaux.

Emilia Velazquez

*Professeure au Centro de Investigaciones y Estudios Superiores
en Antropología Social et co-responsable
du laboratoire mixte international Meso (Mexique)*

Au Mexique, la question du développement durable est abordée depuis les années 1990 tant par les organisations non gouvernementales que par les universités. Les premières se sont davantage intéressées à la promotion d'actions de développement communautaire respectueuses de l'environnement en tant que moyen de conservation des ressources naturelles. Les universitaires ont plutôt mené des recherches sur la détérioration de l'environnement (réduction accélérée de la couverture forestière, ressources biotiques menacées en raison de la surexploitation ou d'une gestion inadéquate), mais aussi afin de proposer des solutions contre la perte de diversité biologique et agricole. L'un des socles communs de ces initiatives a été de promouvoir la participation active des acteurs directement concernés, notamment les paysans, les agriculteurs et agricultrices. Dans ce contexte, l'un des challenges toujours actuel est de mener un dialogue fructueux entre ces différents acteurs : ONG, associations civiles d'un côté, et scientifiques, universitaires de l'autre : ces deux groupes ont des agendas, des obligations et des besoins bien différents : par exemple, des rapports financiers et techniques à rendre dans des délais précis décidés par les financeurs pour les uns ; et, pour les autres, des évaluations académiques basées principalement sur la publication de résultats dans des revues à « fort impact » à partir d'enjeux prioritaires déterminés par les conseils scientifiques nationaux des pays impliqués. Le renforcement du rôle



« MENER UN DIALOGUE FRUCTUEUX ENTRE DIFFÉRENTS ACTEURS »

de la science dans le développement durable reste très tributaire d'une meilleure communication entre scientifiques et décideurs. La production académique est là, abondante, mais demeure peu connue ou prise en compte par les gouvernements pour améliorer leurs actions. Il revient aussi à nous, universitaires, de redoubler d'efforts pour concevoir les moyens adéquats de transmettre nos résultats aux décideurs. L'asymétrie des relations académiques entre Nord et Sud est par ailleurs elle aussi handicapante : l'agenda scientifique reste fixé par le Nord, les connaissances scientifiques produites y sont reconnues, alors que le Sud est utilisé pour recueillir les informations nécessaires à ces connaissances avec peu d'attention aux contextes sociopolitiques et culturels. Ce n'est pas que la recherche ne se fasse pas dans le Sud, mais elle est généralement ignorée par le Nord, à moins qu'elle ne soit publiée dans des revues considérées par le Nord comme étant de grande qualité et de facteur d'impact élevé – supports accessibles en dollars ou en euros qui restent hors de portée des étudiants, des chercheurs indépendants et des organisations sociales du Sud. Enfin, la réflexion manque aussi sur la façon dont le Nord contribue aux problèmes socio-environnementaux du Sud. En ce sens, le développement durable devrait se référer non seulement à une bonne gestion des ressources, mais aussi à une interaction scientifique équitable et véritablement paritaire entre les universitaires du Nord et ceux du Sud. Enfin, un autre défi majeur consiste à développer des mécanismes moins verticaux d'interaction entre le monde universitaire, les pouvoirs publics et les agriculteurs, afin que les besoins de ces derniers soient véritablement au centre de la conception des projets de recherche et des politiques publiques.

Jan Leach

*Professeure émérite de la faculté d'Agriculture
de la Colorado State University et membre
de l'Académie américaine des Sciences (États-Unis)*

Au cours de ces trente dernières années, mon équipe de recherche s'est attachée à améliorer la productivité et la qualité du riz en étudiant comment les pathogènes provoquent les maladies du riz et comment celui-ci se défend contre ces attaques tout en subissant d'autres stress tels que les températures élevées, la sécheresse, etc. Au cours de mon parcours, j'ai collaboré pendant de nombreuses années avec l'équipe de Valérie Verdier à Montpellier, avant qu'elle ne soit nommée présidente-directrice générale de l'IRD. J'ai moi-même longtemps travaillé en Asie, où les maladies du riz étaient bien documentées. À l'époque, on ne savait pas si ces mêmes maladies du riz existaient en Afrique. Valérie et ses collègues ont découvert qu'une maladie bactérienne particulièrement dévastatrice était présente dans



« LA RECHERCHE A CHANGÉ LA DONNE »

plusieurs pays d’Afrique de l’Ouest. Ils ont démontré que les souches de pathogènes d’Afrique de l’Ouest étaient légèrement différentes de celles de l’Asie. Plusieurs années plus tard, une équipe de l’IRD, dirigée par Boris Szurek, a montré que les nouvelles souches de l’agent pathogène identifiées en Afrique de l’Est (Tanzanie) étaient similaires à celles d’Asie. Ces résultats ont changé la donne : nous avons réalisé que les sources de résistance du riz asiatique pouvaient fonctionner sur celui cultivé dans certaines régions d’Afrique, mais pas dans tous les pays. La virulence est une question clé de notre recherche : les agents pathogènes diffèrent les uns des autres en raison de facteurs de virulence, présents ou non, qui définissent la manière dont l’agent pathogène interagit avec les plantes. « On ne peut pas trouver son ennemi si on ne sait pas qui c’est », dit-on. L’équipe de l’IRD a fait de très importantes recherches en Afrique pour identifier et quantifier les pathogènes du riz, mais aussi pour développer des variétés résistantes aux pathogènes. C’est un exemple parfait où les équipes de recherche jouent un rôle très important en apportant des connaissances internationales à un niveau local pour contrôler et gérer les maladies dans un pays.



Casablanca, Maroc © Y. Alaoui

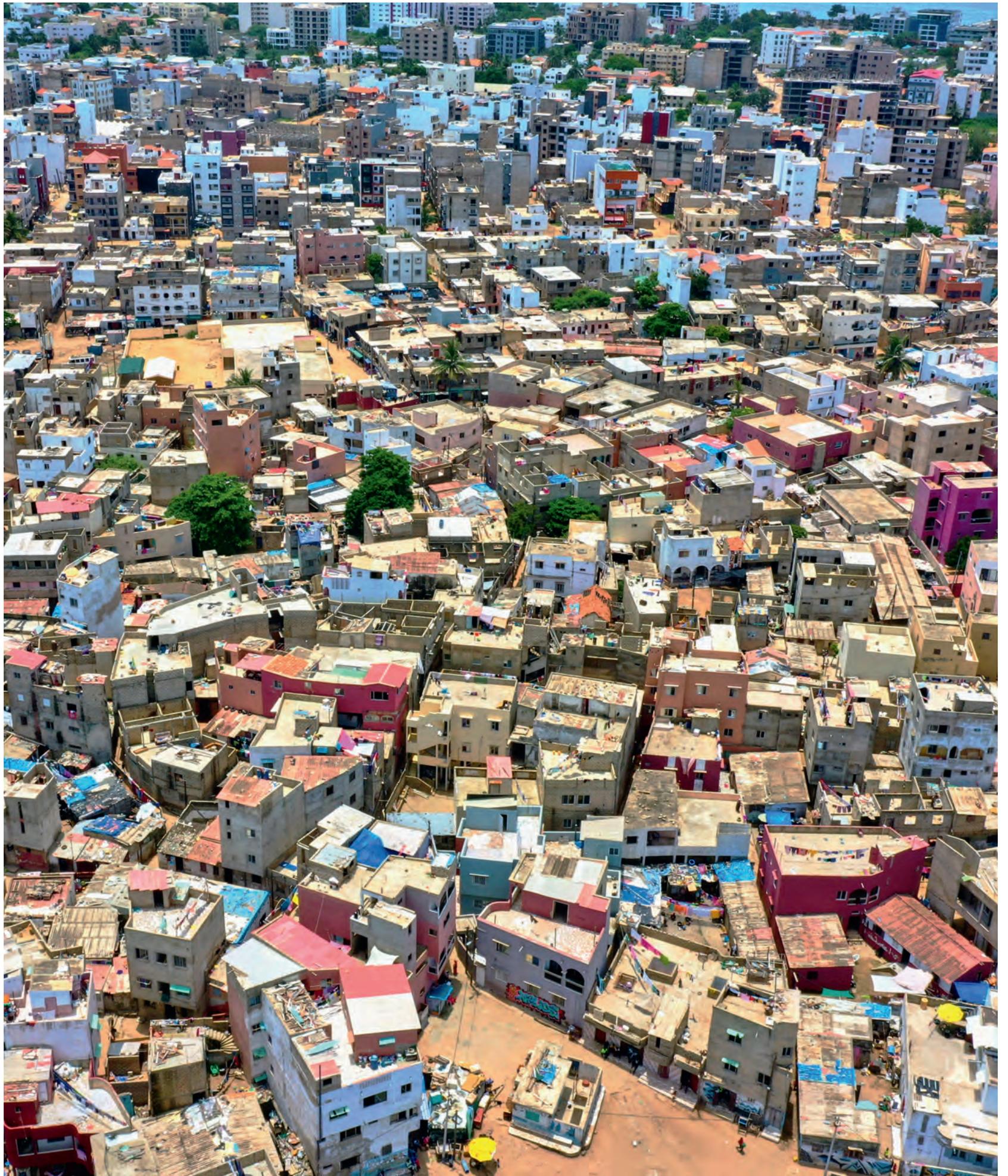
SOCIÉTÉS EN MOUVEMENT



Les sociétés contemporaines des Suds sont fortement affectées par la mondialisation et les changements globaux, qui induisent de profondes transformations tant sur le plan socio-économique que dans les relations entre les humains et leurs milieux. Comprendre ces évolutions nécessite des recherches pluridisciplinaires et à différentes échelles sur les multiples dynamiques à l'œuvre, telles que la mobilité accrue des populations, des biens et des idées, l'urbanisation accélérée, les recompositions sociales, culturelles ou religieuses, le renforcement des inégalités et des vulnérabilités, les nouvelles formes d'exclusion ou de réussite sociale, etc. La connaissance de ces processus éclaire les politiques publiques ou les programmes d'actions qui visent à construire des sociétés plus justes et résilientes.

Air urbain connecté. Plus de 9 personnes sur 10 vivent dans des zones où les limites d'exposition à la pollution atmosphérique sont dépassées. Les villes du Sud à la croissance fulgurante sont particulièrement concernées. Comment y surveiller la qualité de l'air ? Cotonou, Dakar et Abidjan sont aujourd'hui équipées de stations autonomes, connectées et bon marché, évaluant les concentrations de l'air en particules fines et ultrafines. Outre le recueil de données scientifiques, elles informent les habitants de la qualité de l'air avec des indicateurs accessibles dans la rue via des QR code.

Dakar, Sénégal © IRD/S. O. Boye





Invisible mais essentiel secteur informel. Souvent confondu avec l'économie souterraine ou illégale, le secteur informel représente jusqu'à 80 % des emplois en Asie et jusqu'à 90 % en Afrique subsaharienne. Pour mieux comprendre le fonctionnement de cette économie informelle – faite d'échanges, d'emplois à domicile ou ambulants – et sa place dans les revenus familiaux, une approche innovante (celle des enquêtes dites « 1-2-3 ») s'est progressivement généralisée à l'échelle internationale. Une meilleure connaissance de ces emplois précaires nourrit la réflexion des pays en développement autour des politiques publiques pour les populations les plus fragiles.

À gauche et à droite : **Hanoï, Vietnam** © F. Carlet Soulages





Protéger les peuples forestiers. Les forêts du bassin du Congo subissent l'influence croissante des intérêts divergents de multiples acteurs, notamment de nouvelles puissances comme la Chine, qui peuvent être des menaces pour la durabilité de ces écosystèmes. Les populations autochtones voient leur mode de vie fortement perturbé par les activités extractives, la création ou l'expansion d'aires protégées, la construction d'infrastructures ou des projets de plantations agro-industrielles. Pour les chercheurs, une application rigoureuse des lois qui protègent ces peuples forestiers serait un début de solution.

À gauche : **Sud de Libreville, Gabon** © IRD/R. Oslisly

À droite : **Parc national de Nki, Cameroun** © IRD/E. Dounias



LA
SON APOSTROPHE
POUR VOUS
INCROYABLE!
**BAISSÉ DES FRAIS D'ENVOI
CÔTE D'IVOIRE VERS BURKINA**

Services offerts:

- Mandats Téléman (Rapide)
- Boîtes Postales
- Envois de lettres ou Paquets
- Transferts Western-Union
- Ouvertures de comptes CNE/CCP
- Money-Express

Tarifs à partir de 1 575 FCFA (HT) pour envoyer jusqu'à 25 000 FCFA

Depuis le 15 janvier 2007 les frais d'envoi de la Côte d'Ivoire vers le Burkina Faso ont baissé. Passez la bonne nouvelle à vos proches et recevez de l'argent partout au Burkina Faso dans notre réseau de plus de 200 points de vente.

WESTERN UNION

Transfert d'argent rapide et sûr dans le monde entier.

L'argent de la migration. Comprendre les facteurs de migration et les liens économiques entre les migrants et leurs proches restés au pays requiert l'étude parallèle de ces deux populations. Elle met en évidence le contraste entre les perceptions des migrants et celles de leur entourage sur les conditions de vie et les situations monétaires propres à chacun. La recherche a aussi permis de mieux quantifier les montants envoyés, d'appréhender le contrôle social sur leur régularité et de participer à la création d'outils (plateformes commerciales ou applications) assurant aux migrants la maîtrise de l'usage des fonds envoyés.

Beguedo, Burkina Faso © CNRS/O. Pliez



Migrations à risques. La migration s'avère un facteur de risque accru pour la santé des populations migrantes à tous les moments de leurs parcours de vie. Les scientifiques ont par exemple montré que la contamination par le VIH des Africains vivant en France est survenue après la migration dans un tiers et jusqu'à la moitié des cas. De fait, la fragilité de ces populations les expose davantage aux violences sexuelles ou à la prostitution. Ces conclusions permettent la mise en place de campagnes ciblées de prévention et de dépistage. La méthodologie de l'étude a été transposée à d'autres contextes nationaux ou types de populations.

Marseille, France © IRD/S. Bredeloup

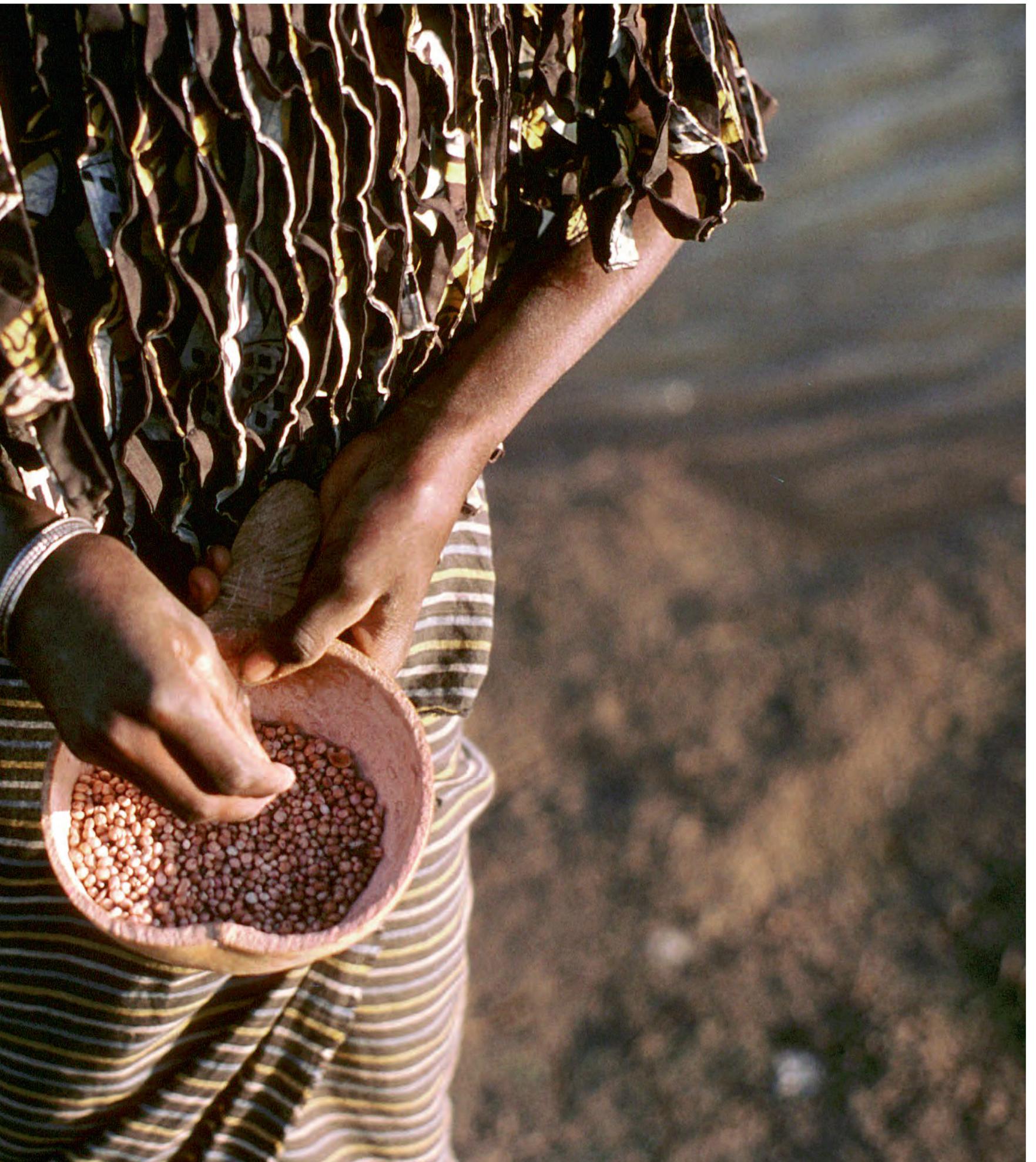
Précieux savoirs traditionnels.

Face à l'érosion massive de la biodiversité, les savoirs locaux sur les plantes sont indispensables pour protéger les écosystèmes. Ces connaissances sont cependant menacées par un mode de transmission fragile, l'amenuisement des communautés détentrices et la pression de l'agro-industrie. Les scientifiques recommandent en particulier d'associer la conservation des semences à celle des savoirs autochtones, en favorisant par exemple l'accès des communautés aux collections *in situ* ou la reconnaissance officielle de ces savoirs pour en limiter le pillage.

Ouro-Gueygueybé, Sénégal

© IRD/X. Le Roy



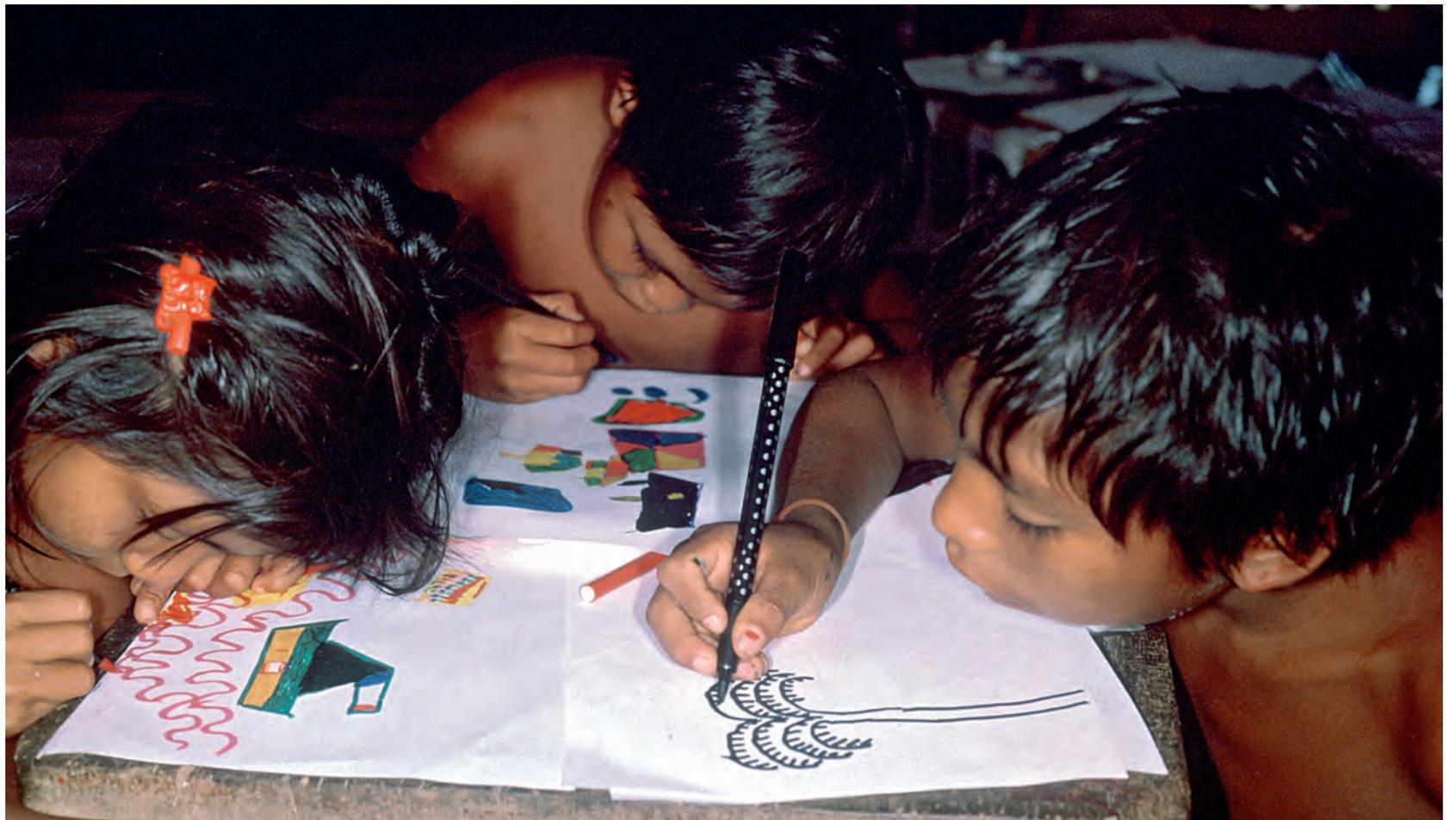


Écoles et inégalités de genre. Si elle progresse en primaire, la scolarisation des filles reste minoritaire dans le secondaire. En cause notamment, le manque d'établissements et leur coût, les tâches ménagères dévolues aux filles, l'insécurité. Par ailleurs, la scolarisation ne parvient pas à faire évoluer les stéréotypes des rôles genrés. D'autant que l'école elle-même reproduit ces inégalités de genre qui rendent les femmes plus vulnérables. Cependant, les études prouvent que plus les adolescentes poursuivent leurs études ou leur apprentissage, plus leur propre prise de conscience des inégalités augmente.

Java, Indonésie © IRD/C. Z. Guilmoto

Préserver le multilinguisme. La valorisation de la trentaine de langues parlées en Guyane est essentielle pour favoriser l'inclusion scolaire et sociale. L'un des obstacles à leur intégration dans le système éducatif est l'insuffisance de dictionnaires ou grammaires permettant aux professeurs d'enseigner ces langues. Un projet participatif vise à combler ce manque avec l'édition et la mise en ligne de dictionnaires pour plusieurs langues guyanaises. Le *teko*, langue amérindienne, ou le *nengee*, langue créole, bénéficient désormais d'un dictionnaire accessible sur Internet.

Gawapa, Guyane © IRD/P. Grenand





Césariennes en ville et aux champs. Au Vietnam, les césariennes représentent près de 30 % des naissances alors que le taux « idéal » serait de 10 à 15 %. Ce chiffre élevé s'explique notamment par l'augmentation du niveau de vie, l'évolution des pratiques médicales, l'amélioration des équipements hospitaliers. Les césariennes sont deux fois plus élevées au Vietnam en milieu urbain qu'en milieu rural. Les études révèlent certains facteurs : la richesse double le recours aux césariennes en ville mais n'est pas déterminante en zone rurale ; inversement, l'appartenance à une ethnie n'a pas d'impact en ville, contrairement aux campagnes.

Province de Binh Duong, Vietnam © IRD/M. Loenzien



Discriminations de genre. Certains pays comme l'Inde ou la Chine connaissent une chute dramatique du nombre de filles. Cette part manquante des femmes provoque des effets démographiques sur le temps long. La sélection prénatale s'est développée du fait d'une préférence sociale pour les garçons et le recours à des techniques d'identification sexuelle durant la grossesse. Les petites filles connaissent aussi surmortalité par manque de soin dans l'enfance. Ces études ont nourri les débats publics et encouragé les gouvernements à affronter ces problèmes.

Pondichéry, Inde © IRD/J.-L. Duprey



Au cœur de l'endettement, les femmes. En Inde, les femmes jouent un rôle déterminant dans la gestion des dettes familiales. Un phénomène révélateur des inégalités hommes/femmes et du fonctionnement économique des familles qui compensent leurs faibles revenus et l'absence de protection sociale par de l'endettement. De fait, environ 30 % des revenus des ménages servent à rembourser les taux d'intérêt. Cependant, malgré l'accroissement de l'endettement ces dernières années, les femmes pauvres restent de très bonnes payeuses au prix de grands sacrifices.

Tangail, Bangladesh © IRD/I. Guérin



Renouveau religieux. La religion est une ressource spirituelle mais aussi matérielle pour les migrants qui prennent la route souvent pour de nombreuses années. Les pratiques religieuses se transforment au gré de leur mobilité, ce qui peut entraîner dans le pays d'accueil la revitalisation de lieux de culte, de nouvelles vocations ou des conversions. Au Maroc par exemple, les chercheurs ont montré comment la régularisation de migrants subsahariens de confession chrétienne a été à l'origine d'un renouveau et d'une réorganisation du christianisme dans ce pays.

Rabat, Maroc © M. Nejmi

Sari Hanafi

*Directeur du Centre d'études arabes et moyen-orientales
et ex-président de l'Association internationale de sociologie (Liban)*

« IL FAUT S'INTERROGER : COMMENT TRANSMETTRE LA SCIENCE ? »

A partir des années 1990, la production des savoirs dans le monde arabe s'est considérablement accélérée dans des domaines tels que la biomédecine et la chimie, comme en atteste l'augmentation du pourcentage de publications. Et c'est une bonne nouvelle. La mauvaise nouvelle est que cette recherche académique de qualité est produite mais pas utilisée – en anglais, on dit « *research produced but not used* ». Il y a en effet des freins qui empêchent la transmission de la science pour éviter la conscientisation du public et l'influence de la société civile et des politiques. De fait, aujourd'hui, les politiques arabes qui sont mises en place par des régimes autoritaires ne se basent pas sur les résultats scientifiques. Il faut donc s'interroger sur comment transmettre la science. Dans le même esprit, les universités des pays du Sud, notamment celles des pays du Golfe, doivent gagner en autonomie pour une production des savoirs plus large et vraiment interdisciplinaire.



Nicaise Moulombi

Membre du comité d'orientation de l'Institut de la francophonie pour le développement durable, président du Réseau des organisations de la société civile pour l'économie verte en Afrique centrale (Gabon)

« LA SCIENCE, CATALYSEUR DU DÉVELOPPEMENT DURABLE DES PAYS ÉMERGENTS »

La science joue le rôle d'un catalyseur dans le développement durable des pays émergents, intermédiaires et fragiles, sur le plan socio-économique, sanitaire et environnemental. Ainsi, la recherche a aidé les agriculteurs à accroître leur productivité et leur résilience face aux impacts du changement climatique. Elle a aussi permis d'identifier les parasites et vecteurs de maladies comme Ebola ou le covid-19, et de trouver les traitements. Sur le plan environnemental, elle a fait le lien entre le réchauffement du climat, la perte de la biodiversité, la dégradation des habitats forestiers C'est également grâce à elle que nous avons associé l'augmentation importante des cancers à la pollution environnementale. C'est pourquoi, il faut investir dans l'éducation et la recherche, mais aussi améliorer les cadres juridiques et la réglementation environnementale. En la matière, il faut saluer la francophonie en général et l'Institut de la francophonie pour le développement durable en particulier, qui ont un rôle moteur pour former sur des enjeux émergents, outiller les pays pour mettre à jour leurs cadres législatifs et institutionnels, développer de l'expertise scientifique, des compétences, etc., apporter le soutien scientifique des négociateurs africains pendant les conférences des parties (COP), tout comme la mise en lumière de l'importance de la biodiversité et de l'écosystème exceptionnel du bassin du Congo.



Mary Teuw Niane

Ministre, directeur de cabinet du Président de la République du Sénégal et mathématicien sénégalais

Selon mon expérience de mathématicien, de recteur et de ministre, la recherche scientifique est un moteur du développement durable des pays du Sud en général et du Sénégal en particulier, et ce, à trois niveaux. Tout d'abord, il y a l'impact des résultats des travaux de recherche, comme l'illustrent quatre exemples de projets menés avec l'IRD. L'étude de la dynamique des populations de moustiques en lien avec la fièvre de la vallée du Rift a permis de mieux comprendre la survenue de cette fièvre hémorragique virale qui affecte surtout les animaux et, dans une moindre mesure, les humains, et qui semblait jusque-là aléatoire au Sénégal et en Mauritanie. Dans le même esprit, nous avons étudié la dynamique des plantes envahissantes associées aux barrages qui sont la conséquence de l'adoucissement des eaux des fleuves. En matière de santé, l'analyse des différences de contaminations par l'hépatite B entre l'Asie et l'Afrique a montré que nous avons besoin d'une dose supplémentaire de vaccin. En Afrique, le protocole vaccinal a donc été adapté. Enfin, la modélisation des canaux d'irrigation pour la gestion et l'économie de l'eau a démontré la nécessité de prendre en compte la présence des argiles gonflables dans



© AFDB

« LA RECHERCHE A BESOIN DE FINANCEMENTS IMPORTANTS ET PÉRENNES »

le sous-sol de la ville nouvelle Diamniadio. Ces études ont vraiment influencé l'urbanisme : les bâtiments y sont construits sur pilotis ou après de larges excavations qui les isolent de ces argiles.

En deuxième lieu, en tant que recteur de l'université Gaston Berger de Dakar, j'ai pu mesurer que la formation à la recherche permet le renforcement du corps professoral des universités. Ainsi, lors de la création de l'UFR des Sciences agronomiques, de l'Aquaculture et des Technologies alimentaires, une grande partie des enseignants recrutés avaient été formés à la recherche, en particulier par l'IRD.

Enfin, lorsque j'étais ministre de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, lors de la création en 2013, au cœur du grenier agricole du Sénégal, de l'université Sine Saloum Elhadj Ibrahima Niassé à vocation agricole, les curricula n'ont pas été élaborés de manière traditionnelle et académique. Ils ont été conçus sur la base de l'approche par compétences, qui allie savoir, savoir-faire et savoir-être. Cette démarche innovante a été possible grâce à la collaboration de nos enseignants et des chercheurs de l'IRD qui ont justement une expérience de terrain.

Il reste néanmoins des défis à surmonter. Le premier est la disponibilité des équipements lourds afin que nos chercheurs puissent mener tous leurs travaux sur place. La recherche a également besoin d'un financement compétitif, mais surtout important et pérenne. Le dernier défi est le recrutement continu des enseignants-chercheurs dans nos universités.

Slim Khalbous

*Recteur de l'Agence universitaire de la francophonie
et professeur des universités en Sciences de gestion (Tunisie)*

Les pays du Sud font face à de nombreux défis – le développement durable, l'eau, les flux migratoires, les nouvelles dynamiques sociétales, la santé, l'éducation, etc. – que nous connaissons bien, mais le premier d'entre eux est la question de la bonne gouvernance. Dans notre secteur, il s'agit des structures éducatives, universitaires et de recherche. Ce prérequis indispensable s'inscrit dans la vision partagée par l'Agence universitaire de la francophonie (AUF) et l'IRD car le développement du savoir et des sciences dans les pays du Sud passe par une co-construction Sud/Nord dans un cadre formel, et non plus par un « transfert » du Nord vers le Sud, sans véritable appropriation, comme c'était trop souvent le cas il y a quelques années. C'est pourquoi, dans la stratégie de l'AUF, il y a la notion d'accompagnement à cette structuration qui est à la base de la réussite et de l'efficacité des projets futurs co-construits, particulièrement en recherche et développement.

Aujourd'hui, il ne faut plus qu'il y ait un « donneur » et un « receveur ». Il y a des partenaires qui sont à la fois donneurs et receveurs et qui vont co-construire des recherches dans une démarche de co-développement « gagnant-gagnant ». Grâce à cette approche, nous sortons de la boucle de l'aide au développement sans lendemain et sans



« LE DÉVELOPPEMENT DU SAVOIR PASSE PAR UNE CO-CONSTRUCTION SUD/NORD »

impact tangible sur le terrain. En effet, cette co-construction avec le pays bénéficiaire et ses acteurs permet aux politiques de mieux s'approprier les projets. Or, plus ils sont convaincus et impliqués, plus ils vont apporter leur appui administratif et politique aux scientifiques dont les travaux éclaireront leurs décisions finales, qui restent bien sûr de leur ressort. Autrement dit, la co-construction favorise le rapprochement entre les décideurs politiques et les scientifiques. C'est un rapprochement incontournable comme l'a montré la pandémie de covid-19. À cette occasion, les politiques ont en effet mesuré qu'ils étaient réellement démunis et qu'ils n'avaient pas d'autre choix que de recourir aux scientifiques. Cette crise a provoqué la prise de conscience, jusque-là balbutiante, de la nécessité que décideurs politiques et scientifiques travaillent ensemble sur la meilleure façon de gouverner nos structures éducatives et universitaires et de s'organiser pour tirer le plus grand parti des partenariats d'une manière institutionnalisée. C'est ce que l'AUF appelle la « diplomatie scientifique francophone », qui a donné lieu à un manifeste – une feuille de route méthodologique et thématique des partenariats – signé en 2022 par 42 gouvernements de l'espace francophone. Il faut souligner que ce manifeste n'est pas « simplement » déclaratif. Il se décline concrètement sur le terrain. Aujourd'hui, de plus en plus de projets débutent par l'expression des besoins d'un pays et par une étude de faisabilité et de ce qui existe déjà. Puis ils se poursuivent par la mise en réseaux des partenaires et experts nationaux et internationaux qui seront les meilleurs pour mener à bien les projets.

Taivini Teai

*Ministre de l'Agriculture et des Ressources marines,
en charge de l'alimentation
et de la recherche (Polynésie française)*

Tea Frogier

Déléguée à la Recherche (Polynésie française)

Taivini Teai : « Selon moi, un développement sociétal doit s'appuyer sur trois grands piliers : la santé, l'éducation et la recherche. Cette dernière – en sciences “dures”, mais aussi humaines et sociales – permet de prendre connaissance des particularités de la Polynésie française, caractérisée par un très fort endémisme, et de porter un regard sur son développement en dehors du circuit “classique” européen. »

Tea Frogier : « Les concepts fondamentaux continentaux ne s'appliquant pas à notre écosystème tropical insulaire, il a tout d'abord fallu mener de vastes études fondamentales à partir des années 1970 par des opérateurs de recherche comme l'IRD. Puis, grâce à l'acquisition de ces connaissances, petit à petit, il y a eu d'importants programmes de recherche appliquée. Aujourd'hui, une période nouvelle débute. Nos administrés – avec lesquels il y a une forte proximité car la Polynésie ne compte que 300 000 habitants – souhaitent que les résultats scientifiques s'illustrent très concrètement dans leur quotidien. C'est pourquoi, alors que la recherche est principalement publique, il faut maintenant favoriser le partenariat public/privé afin que les résultats de ces travaux contribuent au développement de la société polynésienne. »

Taivini Teai : « Je suis convaincu en effet que la collaboration entre scientifiques et industriels est source d'innovations. Pour preuve : lors du



« LA COLLABORATION SCIENCE-INDUSTRIE EST SOURCE D'INNOVATIONS »

covid-19, c'est la synergie de tous les laboratoires de la planète qui a accéléré la mise au point des tests et des remèdes. La pandémie a donc confirmé que nous ne pouvons pas travailler chacun dans notre coin ! De plus, dans les territoires insulaires, l'arrêt des transports nous a poussés à encore mieux réfléchir à demain et à notre autonomie au travers de la valorisation de nos ressources. »

Tea Frogier : « En la matière, les études issues des inventaires et des descriptions de nos ressources naturelles ont montré que ces dernières ont des propriétés biologiques intéressantes, même si leurs évaluations doivent encore être complétées. »

Taivini Teai : « Il nous faut pour cela réunir une masse critique humaine et financière d'origine diverse car la diversité contribue à la compétitivité et à l'émulation. Aujourd'hui donc, l'enjeu pour le gouvernement de Polynésie française est de faire se rencontrer les *business angels* et les équipes de recherche pour le recrutement de "cerveaux", la mise en place de missions, y compris issues d'autres pays mais toujours en collaboration avec nous. En effet, les îles du Pacifique sont de petits laboratoires – et non des rats de laboratoires... – dont les ressources naturelles, mais aussi humaines, juridiques, commerciales, etc., nous permettent d'élaborer des stratégies de développement durable, des solutions susceptibles dans le futur d'être transposées au niveau continental. »





Lac Poopó, Bolivia © G. Zilberman

CLIMATS



Les vulnérabilités des milieux et des populations du Sud sont exacerbées par les changements climatiques. De fait, dans les régions tropicales et méditerranéennes, leurs multiples effets, amplifiés par certaines activités humaines, se font d'ores et déjà ressentir : disparition de nombreux glaciers tropicaux, inondations dévastatrices, sécheresses prolongées, diminution des rendements agricoles, déforestation, déclenchement d'épidémies... Les avancées scientifiques au cœur de ce chapitre soulignent comment la recherche, par une approche pluridisciplinaire, permet de mieux comprendre la complexité des processus à l'œuvre et contribue à élaborer des trajectoires qui concilient atténuation du changement climatique et adaptation, préservation de l'environnement et protection des populations les plus vulnérables.

Du ciel au sol. Préserver l'environnement face aux changements globaux nécessite une collaboration entre disciplines pour comprendre la complexité de l'évolution de la biodiversité, de la déforestation ou de la dynamique des paysages agricoles. Pour l'appréhender, le traitement et l'interprétation des données sont cruciaux. L'observation satellitaire est combinée aux données de capteurs (faisceaux laser, radar...) pour aller d'une information de terrain à une cartographie régionale ou continentale. Un moyen de détecter un palmier dans une forêt comme l'évolution des grands massifs forestiers de la planète !

Fleuve Betsiboka, Madagascar © Copernicus Sentinel Data 2019





Lac Tchad à la loupe. Précieuse oasis d'eau douce au cœur du Sahel, le lac Tchad fait vivre plus de 45 millions de personnes. Depuis près de cinquante ans, des recherches pluridisciplinaires offrent un suivi à long terme de la variabilité de son environnement. Celles-ci révèlent que si, dans les années 1970 et 1980, le lac a perdu 90 % de sa surface, il ne s'assèche plus depuis vingt ans. Des résultats majeurs pour l'avenir de cet écosystème essentiel au développement durable d'une région très fragilisée par le changement climatique comme par les conflits armés.

Lac Tchad, Tchad © Cnes/J.-F. Créteaux



Hydroélectricité durable. Composante majeure des énergies renouvelables, l'hydroélectricité est impactée par l'évolution du climat, particulièrement en Afrique de l'Ouest où elle fournit plus de 50 % de l'énergie. Des recherches transdisciplinaires ont permis de mieux évaluer la réduction de la production d'énergie par les barrages ouest-africains sous l'effet du réchauffement climatique combiné à d'autres facteurs anthropiques (usage des terres, demande accrue en eau, extension des zones aménagées...). Cette connaissance contribue à une meilleure gestion de cette source d'énergie aux faibles émissions de gaz à effet de serre.

Pouytenga, Burkina Faso © IRD/P. Cecchi

Quel climat demain ? Certains lacs conservent la mémoire des environnements passés. L'analyse de pollens, crustacés ou micro-organismes piégés au fil du temps dans des sédiments lacustres au Brésil, au Pérou et en Bolivie, ainsi que celle de la concentration de l'eau en oxygène 18 (un indicateur très utile en paléoclimatologie) ont permis de reconstituer les variations du climat sud-américain ces 40 000 dernières années. Grâce à ces précieuses données, les chercheurs testent et calibrent les simulations des variations futures du climat.

Pollen fossile © IRD/A.-M. Semah



Épidémies climatiques. Les épidémies sont dues à de multiples facteurs : densité des pathogènes et des vecteurs, conditions de vie, flux de populations... Des recherches ont montré que, dans de nombreuses îles du Pacifique, les épisodes pluvieux favorisent des épidémies de leptospirose, tandis qu'en Nouvelle-Calédonie des variations de température et de précipitations sont à l'origine de flambées de dengue. Ces découvertes améliorent la prévention et la gestion de ces maladies.

Nouméa, Nouvelle-Calédonie © Agence Hans Lucas/C. Richalet





Une fonte inégale. Un état des lieux unique, basé sur 50 000 images satellitaires, couplé à des mesures de terrain, révèle l'évolution de l'épaisseur et de la masse des glaciers asiatiques depuis l'an 2000. Ces glaciers, qui s'amincissent deux fois moins que la moyenne de ceux de l'ensemble du globe, ne répondent pas tous de la même manière au réchauffement climatique : certains gagnent en masse, ce qui n'est observé nulle part ailleurs dans le monde ; d'autres connaissent une fonte équivalente à celle des glaciers alpins. Ces résultats vont permettre d'améliorer les modèles de mesure d'impact de la fonte des glaciers sur le niveau des mers.

Glacier Mera, Himalaya, Népal © IRD/CNRS/T.Vergoz, Preshine 2017



Observatoires. Face aux changements globaux, particulièrement aigus dans les zones intertropicales et méditerranéennes, des systèmes d'observation de l'environnement sont mis en place depuis près de trente ans en Amérique du Sud, en Afrique subsaharienne, au Maghreb ou dans l'Atlantique tropical. À l'instar de l'observatoire Hybam qui assure un suivi du bassin amazonien depuis 2003, ils documentent finement l'évolution hydroclimatique de ces régions, offrant des données indispensables aux décideurs confrontés aux défis des bouleversements environnementaux.

Fleuve Amazone, Brésil © IRD/J.-M. Martinez



Eaux vulnérables. À El Alto, deuxième ville la plus peuplée de Bolivie, la disponibilité en eau est menacée aussi bien par le changement climatique que par des conflits d'usages et par la pollution générée par ces usages. Avec une approche pluridisciplinaire et en confrontant de nombreuses données (sur les activités humaines, sur la géolocalisation des sources de pollution et la mobilité des contaminants dans la nappe phréatique, enfin sur les modes de gouvernance de l'eau), les chercheurs évaluent la vulnérabilité de l'eau et peuvent proposer des stratégies de gestion durable des eaux urbaines.

Lagune Milluni, Bolivie © IRD/J. Gardon

De bons petits barrages. Depuis plusieurs décennies, les petits barrages se multiplient dans les régions méditerranéennes. Les scientifiques ont démontré leurs bénéfices : ils assurent des services précieux et variés aux populations rurales ; ils prolongent la durée de vie de grands ouvrages en aval (en piégeant les sédiments) ; enfin, ces zones humides préservent la biodiversité aquatique et terrestre. En Tunisie, des recherches sur ces infrastructures ont accompagné un ambitieux plan d'aménagement du territoire, mettant en exergue leur rôle fondamental dans le développement durable des zones arides.

Plateau du Yagour, Maroc © IRD/G. Michon







Nouvelle ère. Le réchauffement climatique combiné à une profonde évolution de l'usage des terres a un impact très fort sur le cycle de l'eau au Sahel. Touchée par la sécheresse à la fin du xx^e siècle, la région fait face depuis dix ans à des épisodes de pluie extrêmes et à des inondations ravageuses. Les recherches sur cette nouvelle ère hydroclimatique orientent les mesures d'adaptation : petits barrages en zone rurale facilitant l'infiltration de l'eau, révision des schémas d'assainissement urbain, nouvelles normes hydrologiques pour mieux dimensionner les infrastructures...

Bassin de Mélé, Niger © IRD/M. M. Abdou



Attention à l'eau ! La pluie atténue les signaux des antennes relais de téléphonie mobile. Au Burkina Faso, cette nuisance est devenue opportunité. En couplant l'analyse de ces signaux à des modèles hydrologiques, des chercheurs ont créé une application capable de détecter plus de 90 % des événements pluvieux et ainsi de cartographier les risques d'inondation. Cette innovation testée dans plusieurs pays du continent africain offre à moindre coût un maillage plus complet du territoire que celui des stations et radars météorologiques.

Burkina Faso © IRD/R. Fauck

Marie Christina Kolo

*Initiatrice du Réseau climatique de l'océan Indien,
fondatrice de Green N Kool et de la plateforme numérique
Ecofeminism (Madagascar)*

J'ai commencé à travailler depuis une dizaine d'années dans la région d'Androy, tout au sud de Madagascar, alors que j'étais volontaire pour les Nations unies. Cette partie de mon pays, régulièrement en proie à des sécheresses dramatiques, est un exemple emblématique de ce qu'une certaine approche de la recherche peut apporter au développement durable d'une région. Le Centre universitaire régional d'Androy (Cura) y est installé depuis 2013. Cette université publique ne possédait rien : ni électricité, ni eau, ni ordinateur, ni Internet, ni laboratoire pour mener des expériences scientifiques. Malgré ces conditions, elle accueillait alors près de 400 étudiants dans une région qui avait cruellement besoin de développer des compétences locales. Aucune organisation ne travaillait avec cette université publique et ses équipes. Je suis devenue, avec l'ONG que je venais de fonder, Green N Kool, leur porte-parole. Nous les avons accompagnés pour construire une éolienne, fournir de l'électricité, des ordinateurs, etc. Nous avons aussi lancé ensemble le premier centre de recherches sur les thématiques du genre et de la justice climatique. Il faut comprendre qu'à Madagascar, même les plus grandes universités ont peu de moyens – c'est encore pire pour les centres universitaires régionaux comme celui d'Androy. C'est, de ce fait, une nécessité pour



« LA RECHERCHE DOIT S'INSCRIRE DANS UNE DÉMARCHE RECHERCHE-ACTION »

eux de lier des partenariats avec des ONG locales, s'inscrivant ainsi dans la démarche des mouvements « *grassroots* », où des personnes issues des communautés locales sont à la base de la dynamique des projets. Au Cura, la recherche doit s'inscrire dans une démarche de recherche-action : lorsqu'il a fallu équiper l'université d'une éolienne, les étudiants locaux ont travaillé avec les chercheurs. De même, lorsqu'il a fallu développer un système de désalinisation pour les communautés locales, les savoirs traditionnels et la *low tech* ont été valorisés. Je pense que le monde de la recherche ne considère pas assez ces collaborations intersectorielles qui permettent d'aboutir à des solutions pragmatiques correspondant aux besoins et au contexte régionaux. Par exemple, l'exposition réalisée dans le cadre du projet Varuna, dédiée à la biodiversité dans cette région d'Androy a été une formidable occasion de changer le narratif sur ce territoire, principalement connu pour la précarité de ses habitants. Les panneaux de l'exposition décrivent différents écosystèmes et ont circulé dans plusieurs villes malgaches auprès des publics scolaires et plus généralement du grand public. Cependant, il a été fait appel à des chercheurs français afin de parler de la biodiversité en France, très éloignée de celle de Madagascar. Et finalement, moins de la moitié des panneaux évoquent la biodiversité endémique de Madagascar, pourtant si riche et si variée. Les enfants malgaches ont pourtant plus envie d'apprendre sur celle-ci que de découvrir des écosystèmes qui ne leur parlent pas. Cette initiative aurait pu s'appuyer davantage sur des compétences locales et, comme pour la recherche, elle a manqué de collaborations intersectorielles.

Eddy Ngonkeu

Chercheur à l'Institut de recherche agricole pour le développement et conseiller technique au ministère de la Recherche scientifique et de l'Innovation (Cameroun)

Le développement durable en Afrique dépend des progrès scientifiques et technologiques. Or la recherche y est encore à l'état brut avec très peu d'application à fort impact sur les populations. Et pourtant, au Cameroun, nous avons des chercheurs de très haut vol, notamment grâce à la formation de pointe dispensée dans les pays du Nord dont la France. Mais, de retour ici, ils ne peuvent pas toujours implémenter leurs recherches au profit des populations locales.

Pour passer d'une recherche fondamentale génératrice des biens immatériels aux applications par la production des biens matériels, les chercheurs ont besoin de trois choses importantes. Des plateaux techniques sont nécessaires ; en effet, aujourd'hui, je dois souvent encore repartir en Europe pour faire certaines analyses moléculaires des plantes que j'étudie ici. Le pragmatisme doit être plus important chez davantage de chercheurs camerounais, c'est-à-dire qu'il leur faut mieux identifier les problèmes à travers des diagnostics participatifs sur le terrain pour y apporter des solutions concrètes. Ils doivent être



« IL FAUT ARRÊTER DE TENTER DE GREFFER LE MANIOC SUR UN ORDINATEUR ! »

des « chercheurs opportunistes stratégiques » comme moi, qui se nourrissent de tout pour répondre aux Objectifs de développement durable (ODD) des Nations unies, de l'Agenda 2063 de l'Union africaine et de la Stratégie nationale 2020-2030 du Cameroun. Enfin, le tout passe par le financement de la recherche qui manque cruellement aux chercheurs camerounais.

Néanmoins, les choses évoluent, comme l'illustre le futur Centre de recherche en bio-géosciences de l'environnement (CBE) de Yaoundé, co-construit par le ministère de la Recherche scientifique et de l'Innovation au Cameroun (Minresi) et l'IRD, qui apportera des plateaux techniques de standard international. De même, depuis 2022, la docteur Madeleine Tchuinte, ministre du Minresi, a adopté le slogan « un chercheur, une entreprise » et a fixé une feuille de route pour la recherche. Celle-ci doit produire des brevets pour booster le tissu industriel, favorisant ainsi le « *made in Cameroun* » afin d'assurer notre souveraineté. À cette fin, le ministère soutient le partenariat public/privé avec par exemple l'appui de la France, ce qui a permis le financement de 100 start-up camerounaises. Pour que la recherche ait plus d'impact réel sur les populations, les prototypes développés doivent sortir des tiroirs. Autrement dit, il faut arrêter de tenter de greffer le manioc sur un ordinateur !

Hana Gannoun

*Maître assistante en Génie biochimique,
spécialité « Bioprocédés environnementaux et Bioénergies »,
à l'université de Tunis El Manar, Institut supérieur
des sciences biologiques appliquées de Tunis (Tunisie)*

Pour permettre le développement d'une recherche de qualité et durable, la formation des jeunes chercheurs est essentielle. L'IRD a su répondre à cette nécessité grâce, notamment, au programme « Jeunes équipes associées à l'IRD » (JEA), que j'ai intégré entre 2017 et 2020. Ce dispositif encourage les jeunes chercheurs à travailler en équipe au moment du lancement de leur carrière. Personnellement, cette participation m'a permis de construire progressivement des collaborations fructueuses autour des questions de développement durable, de déchets et d'énergie – un sujet sensible dans mon pays, confronté au fait que la vaste majorité des déchets alimentaires organiques est mise en décharge sans valorisation, avec pour résultats de saturer les décharges à l'échelle nationale. D'un petit groupe de deux chercheurs tunisiens et de deux chercheurs français, nous avons évolué vers la création d'un laboratoire mixte international, le LMI Biotech'H2, que je codirige avec Pierpol Liebott côté IRD : nous sommes aujourd'hui une équipe de plus de 40 chercheurs de nationalités différentes avec des compétences



« LA FORMATION DES JEUNES CHERCHEURS EST ESSENTIELLE »

variées et complémentaires, qui continue de s'étoffer au fur et à mesure des besoins. Techniquement, la maturation de cette équipe a aussi été accompagnée par l'installation d'un fermenteur qui nous permet de mener des expérimentations sur place, notamment de faire des fermentations obscures à haute température, l'une des solutions porteuses pour traiter les déchets organiques et produire du biométhane et du biohydrogène. Comme partout, nos recherches se heurtent à des obstacles : celui du temps – car la R&D en demande beaucoup –, la publication d'articles aussi, qui ne sont pas toujours compatibles avec l'évaluation de nos travaux ; celui des financements également car, pour être transposables à l'échelle sociétale, nos recherches devront passer différentes étapes de maturation technologique encore. Alors que ma carrière s'est jusque-là construite sur la collaboration à l'international, je suis aussi confrontée à des « freins » administratifs, tout comme le sont d'autres chercheurs : dans le cadre de missions ou de stages en France, les procédures pour obtenir des visas pour les enseignants-chercheurs permanents et les jeunes chercheurs en CDD sont toujours incertaines, de même que celles liées au remboursement de frais de mission par exemple. C'est un réel obstacle à notre formation : sans ces rencontres, on perd le contact avec nos collègues et les réseaux se défont. C'est assez décourageant pour les jeunes chercheurs. Nous travaillons à trouver des solutions durables et équitables pour tous les partenaires.



LE TEST DU VIH
EST GRATUIT ET ANONYME
IL PERMET DE CONNAÎTRE SON STATUT SÉROLOGIQUE
ET DE PRENDRE DES MESURES DE PRÉVENTION

UNE SEULE SANTÉ



Les maladies infectieuses (paludisme, sida, zika, etc.) tuent chaque année **14 millions de personnes**, et ce, en majorité dans les pays du Sud dans lesquels les maladies dites « de civilisation » (diabète, cancers, etc.) gagnent aussi en importance. Pollution, changement climatique, érosion de la biodiversité, pauvreté, insuffisance des structures de santé, modes de vie, démographie, niveau d'éducation des populations... les facteurs d'émergence ou de propagation de ces pathologies sont multiples. Comment combattre et prévenir les crises sanitaires ? Comme le montre ce chapitre, les scientifiques privilégient une approche intégrée qui prend en compte non seulement les aspects biomédicaux, mais aussi les contextes environnementaux, socio-économiques et culturels dans lesquels les questions de santé s'inscrivent.

Pas de fatalité pour les décès maternels. L'immense majorité des décès à l'accouchement a lieu en Afrique du fait de soins chers et mal organisés, auxquels s'ajoute un accès difficile aux centres de santé en milieu rural. Au Mali et au Sénégal, les chercheurs ont réalisé dans 46 hôpitaux des « revues de décès » afin d'identifier la source des problèmes par un dialogue avec les soignants et tester des solutions (accès à certains médicaments, baisse de la surcharge de travail...). Les résultats spectaculaires (15 % de baisse de mortalité en moyenne et 35 % dans les hôpitaux ruraux) ont conduit l'OMS à étendre la démarche à la plupart des pays africains.

Matam, Sénégal © IRD/I. Makosi, projet Mogpa





Tuberculose infantile : des résultats prometteurs. La tuberculose est sous-diagnostiquée chez l'enfant, notamment en raison de l'absence de test de diagnostic rapide et efficace. La recherche a heureusement abouti à un test moléculaire à partir d'échantillons faciles à obtenir (selles, prélèvements nasaux). La lutte a aussi porté ses fruits en décentralisant les dépistages au plus près des familles, en détectant la maladie chez les enfants touchés par le VIH ou sévèrement malnutris, ou encore grâce à un traitement préventif pour les enfants vivant au contact d'adultes tuberculeux.

Phnom Penh, Cambodge © Alamy Banque d'images/M. Goldwater



Prévention et diagnostic rapide. Après sept décennies de recherches tous azimuts aux résultats très significatifs (lutte antivectorielle, moustiquaires intégrées, prise en charge de la maladie...), les progrès dans la lutte contre le paludisme ont marqué le pas. Mais de nouvelles stratégies voient le jour, associant traitements préventifs et tests de diagnostic rapide, avancées considérables permettant aux agents de santé d'identifier au plus vite les cas de paludisme et de prescrire précocement le bon traitement. Éprouvée en Asie du Sud-Est, cette technique permet désormais d'éliminer presque tous les cas dans certaines régions d'Afrique de l'Ouest.

Comé, Bénin © IRD/J. Montmarche

Obésité en croissance. En Afrique, l'obésité et les maladies chroniques associées sont en forte augmentation. Les recherches au Maghreb ont notamment montré que plus d'un tiers des femmes de cette région sont en surpoids, une proportion moitié moindre chez les hommes. Conduites à des fins de prévention en Tunisie, elles se sont traduites en pratique par la mise en œuvre de mesures pilotes ouvrant la voie au lancement d'une stratégie nationale de lutte contre l'obésité.

En haut : **Tunis, Tunisie** © IRD/P. Traissac

En bas : **Casablanca, Maroc** © IRD/Agence H. Lucas/M. Bertrand





Interventions rapides contre les zoonoses. Les flambées épidémiques issues de la cohabitation entre la faune sauvage et les humains appellent des réponses sanitaires rapides. Les scientifiques sont souvent en première ligne pour lancer des interventions de terrain. Ce fut le cas en réponse à l'épidémie d'Ebola en Guinée et en RDC plus récemment pour éviter la propagation d'une épidémie de la maladie de Marburg : ils ont pu identifier en un temps record les réservoirs du virus et sa circulation ou les comportements humains à risque. Le recours à un matériel de pointe, la mobilisation des autorités sanitaires et celle de personnels formés s'avèrent indispensables pour répondre à l'urgence de la situation.

Nzérékoré, Guinée © AFP/C. Valade



Covid-19 sous surveillance. L'épidémie de covid-19 a mis en exergue les fortes disparités mondiales, en termes d'épidémiologie comme de surveillance virologique. Fin 2021, sur 4 600 000 séquençages génomiques de Sars-COV-2, seuls 49 000 provenaient d'Afrique, soit moins de 1 % des cas diagnostiqués sur ce continent. Depuis, ce chiffre a plus que doublé. Un remarquable succès dû à Afroscreen, programme qui a permis une augmentation du nombre de pays africains capables de séquencer localement, avec un délai d'exécution plus rapide et une surveillance de routine plus régulière.

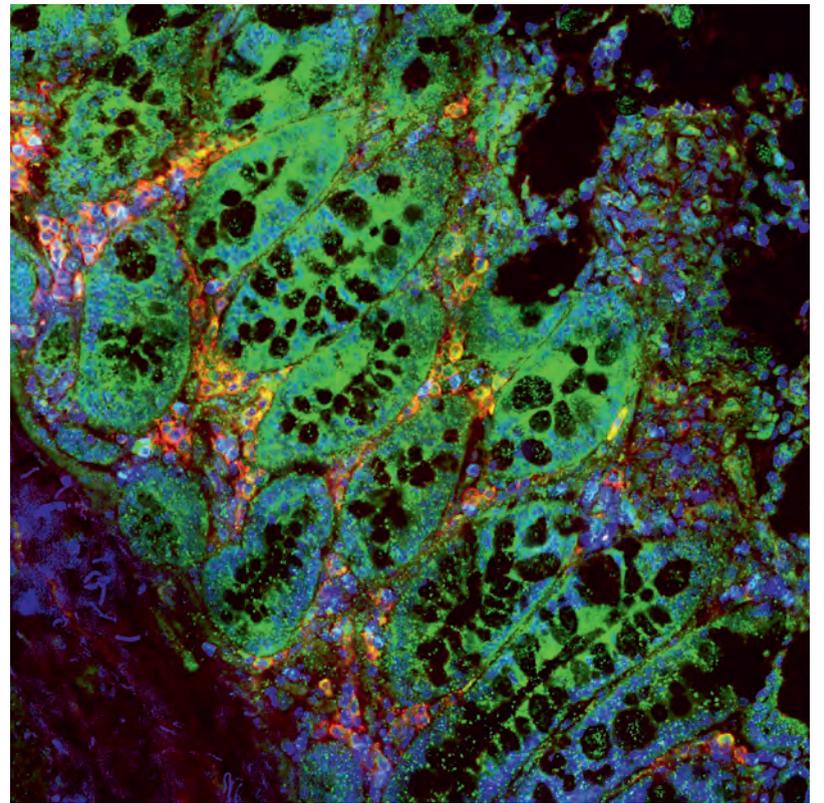
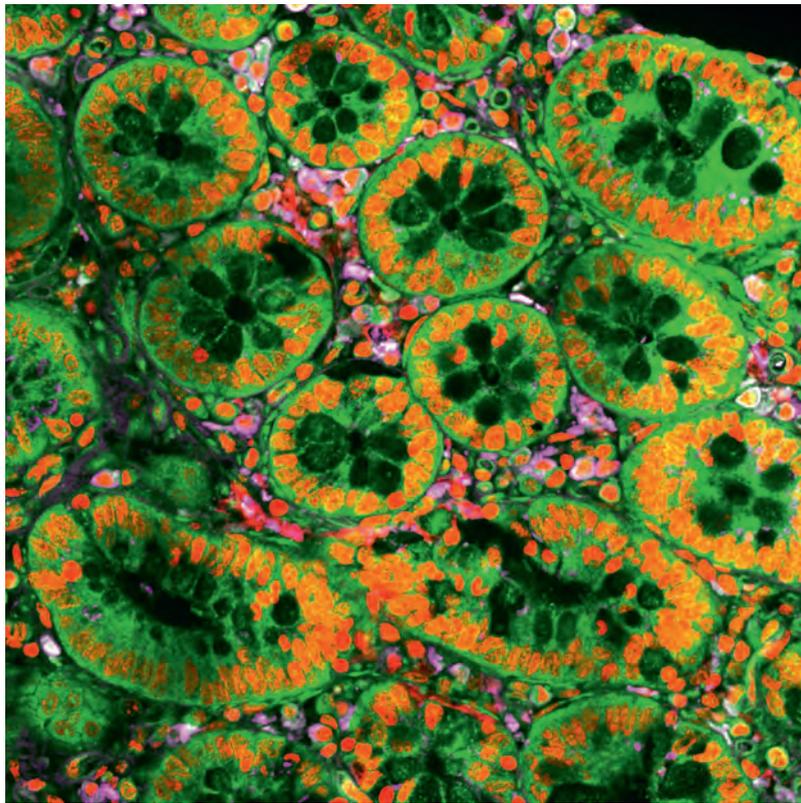
Montpellier, France © IRD/A. Tendero

Des trithérapies salvatrices. Dès 1996, grâce aux trithérapies, le sida, avant maladie mortelle, est devenu une pathologie chronique. Au Nord tout au moins. Quelques années plus tard, des études au Sénégal puis au Cameroun démontrent l'efficacité de ce traitement en Afrique, notamment des trithérapies génériques contribuant de façon majeure à l'évolution des politiques de santé. Depuis, des études clefs ont permis d'améliorer ces premiers traitements en validant en particulier des traitements allégés et l'utilisation d'une nouvelle classe de médicaments, les anti-intégrases, aujourd'hui recommandés par l'OMS.

Dakar, Sénégal © IRD/F. Hejoaka

L'origine du sida. En 1987, des chercheurs identifient chez un chimpanzé en captivité au Gabon un virus très proche du VIH1 responsable de la pandémie mondiale. Pour confirmer cette découverte chez des populations sauvages qui, protégées, ne pouvaient pas être capturées, des chercheurs ont procédé à l'analyse de milliers de fèces de chimpanzés et gorilles collectées dans les forêts d'Afrique centrale. Une méthode innovante qui a permis d'identifier l'origine du virus du sida chez les grands singes du Cameroun.

Tissus intestinaux de singes infectés © Institut Pasteur/N. Huot





Stériliser les vecteurs. Pour lutter contre la propagation de maladies transmises par les moustiques tigres (dengue, chikungunya), les chercheurs explorent des moyens de lutte sans insecticide. La technique de l'insecte stérile (TIS) consiste à produire des moustiques mâles stériles pour empêcher les femelles de se reproduire. Pour ce faire, l'éclosion massive de moustiques en unité spécialisée, leur sexage, leur stérilisation et leur lâcher ont été testés à La Réunion. Les résultats, très prometteurs, montrent une baisse de leur fertilité jusqu'à 60 %.

À gauche : **Insectarium, La Réunion** © IRD/T. Vergoz

À droite : ***Aedes albopictus*** © IRD/N. Rahola



Mystérieux virus. Zika s'est répandu à travers la planète dès 2015, causant des millions d'infections, provoquant chez certains nouveau-nés des malformations congénitales et des troubles neurologiques. Les recherches sur ce virus, alors peu connu, ont depuis avancé, notamment avec l'identification des récepteurs qui permettent au virus d'infecter les cellules, ouvrant la voie à des approches thérapeutiques. Des progrès ont été aussi récemment enregistrés dans la connaissance de la transmission du virus par le moustique *Aedes aegypti*.

Aedes aegypti © IRD/P. Landmann

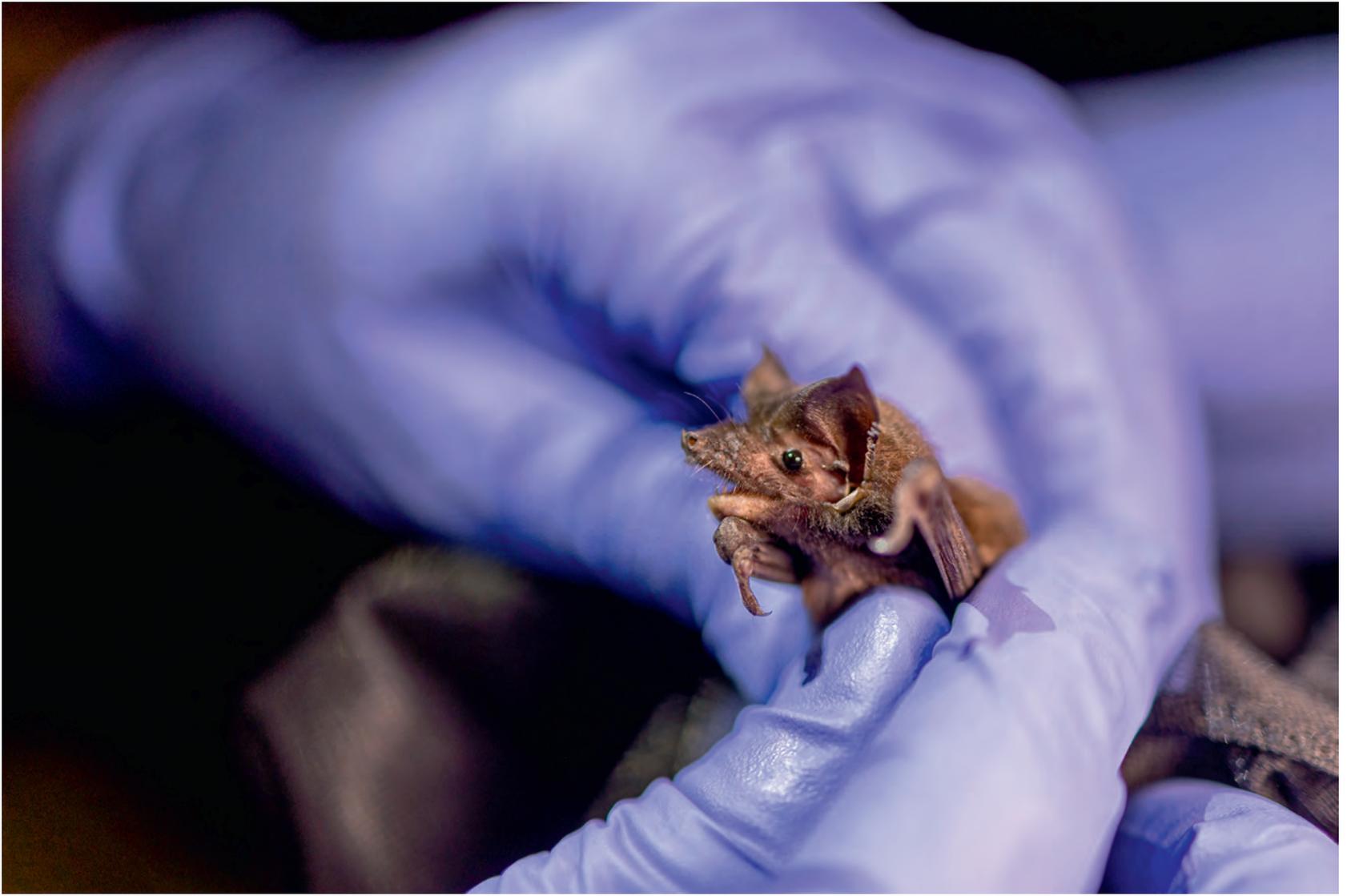




Salutaire biodiversité. Depuis les années 1950, la fréquence des maladies transmises par les animaux aux humains (les zoonoses) a presque doublé. Pourquoi ? Parmi les hypothèses étudiées, l'érosion de la biodiversité favoriserait leur émergence et leur propagation. Des recherches sur la maladie de Lyme, les hantavirus ou le virus du Nil occidental ont montré que les zones les plus riches en biodiversité connaissent une circulation des pathogènes beaucoup plus faible. Préserver la biodiversité offre alors un rempart contre l'apparition de ces maladies.

À gauche : **Saint-Gilles, La Réunion** © IRD/T. Vergoz

À droite : **Sainte-Marie, La Réunion** © IRD/T. Vergoz



Protéger les femmes enceintes du paludisme. Si le paludisme pendant la grossesse représente un danger pour les femmes, il est aussi à l'origine d'un déficit pondéral chez les nourrissons et pourrait affaiblir leur système immunitaire. Grâce aux importants progrès dans la connaissance des mécanismes immunitaires chez les femmes enceintes infectées, des chercheurs ont conduit des essais vaccinaux prometteurs pour protéger les femmes enceintes. Une fois mis au point, un vaccin pourrait prévenir chaque année 50 millions de cas de paludisme gestationnel et sauver beaucoup de nourrissons.

Gyabankrom, Ghana © WHO/F. Combrink





Joseph Kamgno

Directeur général de l'Institut supérieur de recherche scientifique et médicale et chef de département de Santé publique à la faculté de Médecine et des Sciences biomédicales de l'université de Yaoundé I (Cameroun)

Les travaux menés au Cameroun sur l'onchocercose – une maladie qui peut conduire à la cécité – et la filariose lymphatique – aussi appelée éléphantiasis – illustrent l'intérêt de la recherche pour l'Afrique. Dès 1994, un vaste essai clinique mené par Michel Boussinesq, parasitologue de l'IRD et dont j'avais intégré l'équipe au centre Pasteur du Cameroun, a montré l'efficacité des doses répétées d'ivermectine sur les filaires (des vers) de l'onchocercose. En 1996, nous avons identifié que les effets secondaires graves qui survenaient chez certains malades étaient dus à une forte infection d'une autre filaire à l'origine de la loase. En parallèle, nous avons établi une cartographie de l'onchocercose dans l'ouest du Cameroun. En 2005, après ma thèse à l'université Paris VI et avec le soutien du programme de la donation Mectizan, j'ai fondé le Centre de recherche sur les filarioses. Il était chargé de la surveillance et de la formation à la prise en charge des effets secondaires du traitement de masse de l'onchocercose dans les zones de co-endémie avec la loase. Concernant leur prévention, nous avons mis au point, avec divers partenaires, dont l'IRD, le « LoaScope », qui permet en 3 minutes de faire le diagnostic quantitatif de la loase. Nous avons ainsi développé la stratégie *Test and not Treat* (Tant) afin de traiter les populations sans risque d'effets secondaires. Ces études ont aidé les pouvoirs publics et l'Organisation mondiale de la santé (OMS) à déterminer et ajuster les stratégies de lutte contre l'onchocercose, ce qui permet d'envisager sereinement l'élimination de cette maladie. Entre 2009 et 2010, mon équipe du centre – devenu Centre de recherche sur les filarioses et autres maladies tropicales (CRFILMT) – a effectué la cartographie de la filariose lymphatique dans l'ensemble



« DÉVELOPPER DES OUTILS DE DIAGNOSTIC DES MALADIES TROPICALES »

du Cameroun. Des campagnes de traitement associant l'ivermectine et l'albendazole ont alors été engagées. Le Cameroun fait actuellement le dossier de certification de l'élimination de cette maladie ! Depuis 2023, le centre a pris le nom d'Institut supérieur de recherche scientifique et médicale afin de tenir compte de la diversification de ses thématiques de recherche. Un centre d'essais cliniques de phase I y est en cours d'équipement afin que l'évaluation des traitements destinés aux maladies endémiques africaines se fasse aussi ici. Dès les phases précoces, le développement des médicaments doit en effet tenir compte du contexte, notamment alimentaire, qui peut avoir des influences sur la pharmacocinétique. Il permettra aussi de contribuer au développement de la pharmacopée traditionnelle, dont certaines substances montrent leur efficacité sur le terrain. L'idée est de les inclure dans un processus de développement classique de médicaments afin qu'elles puissent profiter au plus grand nombre partout dans le monde.

L'Institut souhaite aussi développer des outils de diagnostic des maladies tropicales qui, faute d'un marché suffisant, ne bénéficient pas de la recherche mondiale. Enfin, notre laboratoire P2 contribuera à l'inventaire des virus et bactéries présents chez les animaux et susceptibles de passer chez l'homme en vue de la prévention de nouvelles pandémies. L'Institut offre donc un espace de travail et une vision qui permettront aux générations suivantes de se former et de lutter contre les maladies.

Plus largement, si on souhaite le développement de l'Afrique, je suis convaincu qu'il faut investir dans la recherche afin de trouver et exploiter ses ressources endogènes pour développer la médecine, mais aussi l'agriculture et l'élevage, et importer le moins possible de médicaments et de produits alimentaires. Grâce à une coopération mutuellement bénéfique avec ses partenaires, l'Afrique pourra ainsi apporter sa pierre à la construction d'un monde meilleur.

Mame Sidy Ndour

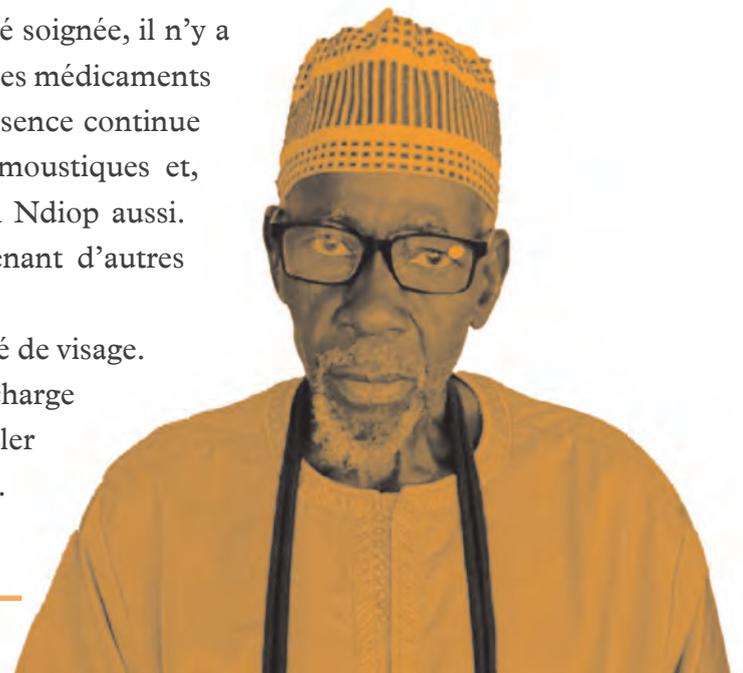
Chef du village de Dielmo (Sénégal)

Mamadou Sarr

Chef de village de Ndiop (Sénégal)

*Propos recueillis et traduits du wolof
par Cheikh Sokhna, directeur de recherche à l'IRD*

Avant le programme de recherche sur le paludisme lancé en 1990, les enfants de Dielmo mourraient très souvent avant l'âge de deux ans et les habitants des villages voisins nous évitaient. Les scientifiques de l'IRD et de l'institut Pasteur qui menaient les recherches ont trouvé que c'était le paludisme qui tuait nos enfants du fait de moustiques attirés par la rivière située à quelques mètres du village. À l'époque, nous ne savions pas que les moustiques transmettaient le paludisme et que leur présence était due à l'eau de la rivière qui servait à cultiver les légumes. Avant, on comptait des centaines de crises de paludisme par an chez les enfants et les femmes enceintes. Depuis 30 ans, à partir du moment où la population du village, y compris les enfants, a été soignée, il n'y a plus eu que 3 à 5 décès dus au paludisme. Grâce à des médicaments efficaces, aux moustiquaires imprégnées et à la présence continue des médecins, nous ne voyons presque plus de moustiques et, depuis 2018, le paludisme a disparu du village. À Ndiop aussi. C'est pourquoi les médecins y surveillent maintenant d'autres maladies pour encore mieux nous soigner. Depuis, Ndiop et Dielmo ont complètement changé de visage. L'électrification des deux villages a été prise en charge par le programme qui nous a aussi aidés à installer une école primaire pour l'éducation de nos enfants. Certains sont devenus enseignants ou infirmiers



« ASSOCIER LES POPULATIONS RENFORCE L'IMPACT DE LA RECHERCHE »

alors qu'auparavant personne ne savait ni lire, ni écrire en français dans nos villages. Quand la recherche donne de très bons résultats, il ne faut pas en informer uniquement l'État, mais aussi partager avec nous ces informations auxquelles nous n'avons pas toujours accès. Si les populations sont informées des résultats scientifiques et associées, les impacts des recherches sont renforcés. Cela a été le cas lorsque, sans attendre les directives du ministère de la Santé, les enfants ont été incités à prendre un bain avant d'aller à l'école et à se laver les mains régulièrement. Les médecins comme les parents ont constaté que cela a permis de beaucoup réduire les maladies infantiles comme les diarrhées, la toux et les fièvres. C'est la même chose avec le cimentage des maisons qui permet de lutter contre la borréliose, maladie qui, comme le paludisme, donne des maux de tête atroces.

À l'avenir, la recherche doit permettre un meilleur accès aux services de santé essentiels, comme cela a été le cas à Dielmo et Ndiop, même si c'est difficile de le faire partout. En effet, nous devons faire face à des dépenses de santé trop chères pour nos familles, et les médicaments et autres techniques médicales sont souvent inaccessibles. Enfin, pour tenter de résoudre le manque des professionnels de santé, la recherche doit être associée à une formation complète en santé de nos jeunes qui pourront ainsi prendre le relais.



Coumba Touré Kane

*Professeure et rectrice de l'université
du Sine Saloum El-Hâdj Ibrahima Niass (Sénégal)*

La science est avant-gardiste au Sud comme au Nord, particulièrement dans le contexte actuel où des changements géopolitiques imposent de nouvelles orientations. Ainsi, la pandémie de covid-19 a permis une prise de conscience de l'incidence des changements globaux sur l'émergence ou la réémergence d'infections, avec des conséquences dramatiques sur les plans sanitaires, économiques et sociaux. Mais, avant cette pandémie, l'antibiorésistance ou encore l'épidémie de sida ont montré la nécessité de l'approche holistique « une seule santé » (One Health). Les pays du Sud ont bien conscience de devoir travailler ensemble pour mettre au point des dispositifs de lutte contre ces différentes menaces.

Par ailleurs, la science connaît de grandes avancées, notamment médicales, et on parle de plus en plus de « e-santé ». Il faut donc que les pays du Sud se positionnent, en partenariat avec ceux du Nord, pour avoir les équipements de détection, de surveillance et de traitement des maladies, et bénéficier de transferts de technologies dont le rôle est essentiel. Par exemple, grâce entre autres à ma thèse menée à l'IRD et au soutien de l'Agence nationale de recherches sur le sida, le Sénégal a été à l'avant-garde dans la prise en charge de l'infection au VIH, dans son contrôle et la mise en place d'un écosystème de recherche qui a débuté



« LES RÉSULTATS SCIENTIFIQUES SONT À TRANSFORMER EN POLITIQUE »

avec l'implantation, dès 1998, du premier laboratoire de biologie moléculaire dans un hôpital public.

Outre la formation de beaucoup de chercheurs africains experts du VIH, cet écosystème a contribué à la création de réseaux continentaux pour la surveillance du sida, mais aussi de la tuberculose, du paludisme et, récemment, des maladies tropicales négligées et émergentes, dont le covid-19. Ce travail en réseau permet d'avoir une vue globale pour appréhender les risques et problèmes de sécurité sanitaire.

En revanche, pour asseoir une réelle politique de recherche, il faut renforcer la volonté politique existante ainsi que les financements, car trop de recherches africaines dépendent de financements extérieurs. Ainsi, le Sénégal a validé son plan de recherche 2023-2032. Le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation voit maintenant comment il peut développer des pôles de recherche opérationnels. Cette démarche doit être collégiale et holistique. En effet, les résultats scientifiques doivent pouvoir être transformés en une politique, et être vulgarisés pour que les communautés comprennent ce qui a été fait et trouvé, comment on va l'utiliser et quels seront les impacts pour elles.

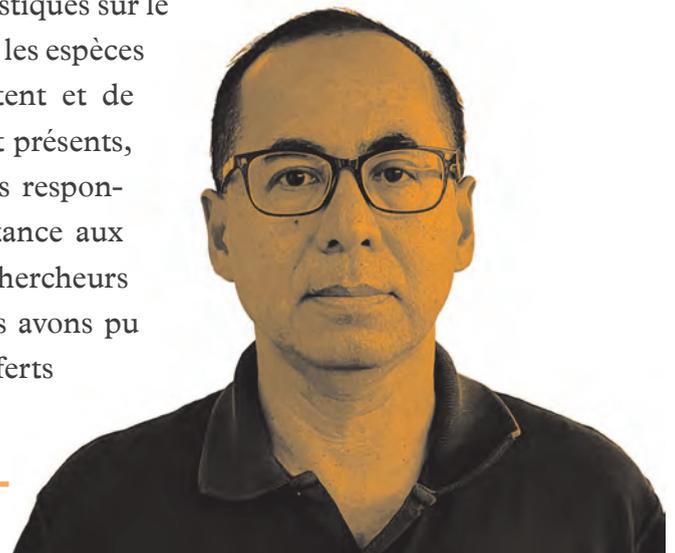
Enfin, dans une approche One Health qui inclut le changement climatique, il faut développer des plateformes de recherche collaboratives afin de travailler de façon holistique également avec les acteurs de la santé animale, humaine et ceux de l'environnement, sans oublier les communautés, car c'est à leur échelle qu'on met en place une bonne surveillance.

Theeraphap Chareonviriyaphap

*Professeur au département d'Entomologie,
faculté d'Agriculture de l'université Kasetsart (Thaïlande)*

En vingt ans de collaboration, la professeure Sylvie Manguin de l'IRD et moi-même avons acquis, grâce à la recherche, des compétences et des connaissances complémentaires qui ont eu des répercussions importantes dans certains domaines du développement durable dans mon pays. La Thaïlande est l'un des épicyentres mondiaux des études sur plusieurs maladies transmises par les moustiques, telles que le paludisme, la dengue, l'encéphalite japonaise, etc.

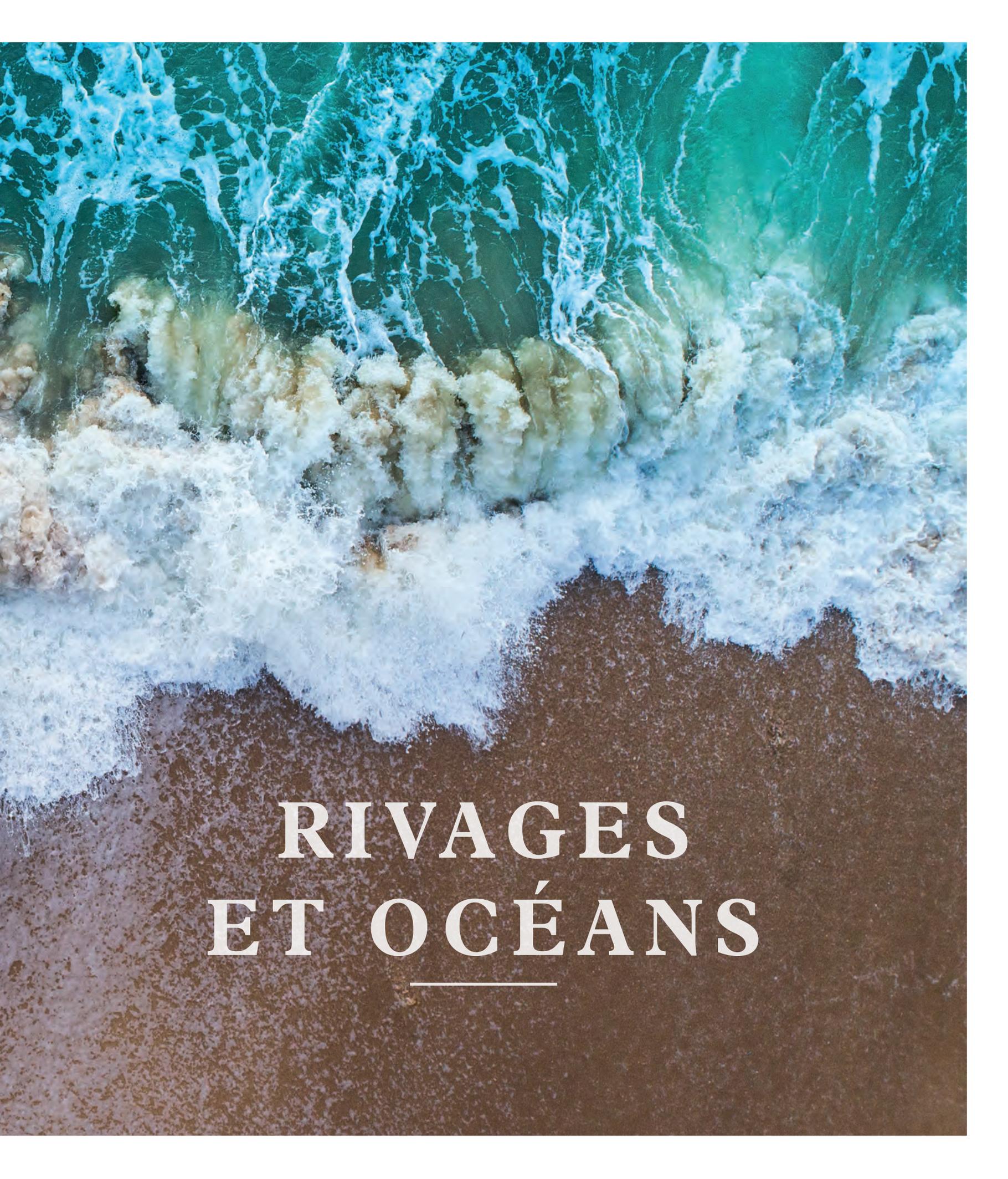
Notre travail commun a consisté à collecter des moustiques sur le terrain afin d'identifier ultérieurement en laboratoire les espèces vectrices et les agents pathogènes qu'ils transportent et de cartographier les points chauds où ces vecteurs sont présents, où ils peuvent transmettre les parasites ou les virus responsables des maladies, et où ils acquièrent une résistance aux traitements insecticides. Grâce aux échanges de chercheurs et d'étudiants entre la Thaïlande et la France, nous avons pu partager nos compétences, procéder à des transferts de technologies et renforcer nos capacités dans le



« NOUS AVONS OUVERT LA VOIE AUX GÉNÉRATIONS FUTURES DE CHERCHEURS »

domaine de l'entomologie médicale et moléculaire. Plus précisément, nos homologues français nous ont permis de bénéficier du développement des technologies moléculaires en France et, plus tard, ils nous ont aidés à mettre en place un nouveau laboratoire, ici à Bangkok, dans lequel nous utilisons plusieurs techniques biochimiques et moléculaires pour identifier les espèces de moustiques et d'agents pathogènes. La possibilité d'effectuer un tel travail, ici, si près du terrain, joue un rôle clé. Pouvoir identifier les bonnes espèces est crucial pour contrôler des maladies, car cela nous permet de savoir où les vecteurs se concentrent et quelle est leur dynamique sur notre territoire. Bien sûr, les collaborations internationales ne sont jamais faciles : nous avons dû apprendre à connaître nos différences culturelles qui peuvent parfois constituer un obstacle. J'ai moi-même pris conscience de l'énorme charge de travail administratif nécessaire à la recherche française ! Après ces décennies de partenariat, nous pouvons affirmer que nous avons non seulement construit une fructueuse collaboration, mais aussi que nous avons ouvert la voie aux prochaines générations de jeunes chercheurs qui naviguent entre nos deux pays et qui poursuivront nos projets et en construiront de nouveaux au service de la science et du développement durable.



An aerial photograph capturing the dynamic interaction between the ocean and a sandy beach. The top half of the image shows the churning, turquoise-green water of a wave, with white foam and spray cascading down. The bottom half shows the dark, wet sand of the beach, which is being inundated by the white foam of the wave. The overall scene is one of natural power and movement.

**RIVAGES
ET OCÉANS**

Les océans et leurs littoraux sont essentiels au développement durable de l'humanité. Recouvrant les deux tiers du globe, les eaux océaniques sont le principal régulateur du climat et elles constituent un réservoir de biodiversité garant de la sécurité alimentaire et du bien-être des populations. Face aux pressions conjuguées du changement climatique, de la surexploitation des ressources marines et de l'urbanisation des régions côtières, les scientifiques œuvrent sur plusieurs fronts, depuis la haute mer jusqu'aux estuaires. Ils s'attachent à décrypter les interactions complexes entre l'océan et le climat, à comprendre le fonctionnement de ces socio-écosystèmes et à évaluer leur capacité de résilience. Autant de connaissances qui permettent, comme on le découvre ici, de nourrir des stratégies pour une gestion plus durable et équitable de l'océan et de ses littoraux.

Eaux fertiles. Dans nombre de régions côtières, notamment du Pérou, de l'Afrique du Sud ou du golfe de Guinée, se produisent des remontées d'eaux froides et fertiles, essentielles à la pêche, les upwellings. Elles se caractérisent par une très forte variabilité qu'étudient les scientifiques. Des modèles de simulation de leur fonctionnement, co-construits avec des chercheurs du Sud, permettent aujourd'hui à une communauté scientifique internationale de mieux comprendre et de suivre la dynamique de ces phénomènes indispensables à l'économie des pays côtiers.

Océan Pacifique, Pérou © IRD/Y. Tremblay





Des aires bénéfiques. Des chercheurs ont montré pour la première fois que les aires marines protégées de Madagascar ne préservent pas seulement les poissons, mais aussi les récifs coralliens adultes. Ce bénéfice est d'autant plus marqué que l'aire marine protégée est ancienne, que sa taille est petite et que son niveau de protection est élevé. Cependant, le résultat est beaucoup moins probant pour les coraux juvéniles, générations futures pour lesquelles il est essentiel de renforcer et d'adapter les mesures de conservation.

Crinoïde © IRD/P. Laboute



Réciprocité. Les îles coralliennes abritent une biodiversité unique, dont certaines des plus grandes colonies d'oiseaux marins tropicaux au monde. Dans les océans Pacifique et Indien, le rôle clé joué par ces oiseaux dans la bonne santé des récifs a été mis en évidence. Ces bénéfices sont réciproques, le guano enrichissant les îlots en nutriments et les oiseaux utilisant les récifs pour se reproduire. Mais ces oiseaux marins restent mal connus, ce qui confirme l'intérêt des réseaux internationaux de recherche dédiés à l'étude de ces espèces et de ces milieux.

Microbouture de corail © IRD/N. Job, mission Cacao





À gauche :

Surpêche vs survie des oiseaux marins. La surpêche perturbe-t-elle le succès reproducteur des oiseaux marins ? Les données sur 14 espèces d'oiseaux et 483 années d'observations cumulées ont permis de trouver une réponse précise à cette question : lorsque l'abondance des espèces fourrages (sardines, anchois, etc.) tombe sous le seuil d'un tiers du stock maximal observé sur le long terme, la reproduction des oiseaux côtiers s'avère compromise. Ce résultat a été déterminant pour intégrer le seuil optimal de prélèvement des poissons pélagiques dans les politiques de gestion de pêche.

Au large de la région de Chimbote, Pérou © IRD/A. Bertrand

À droite :

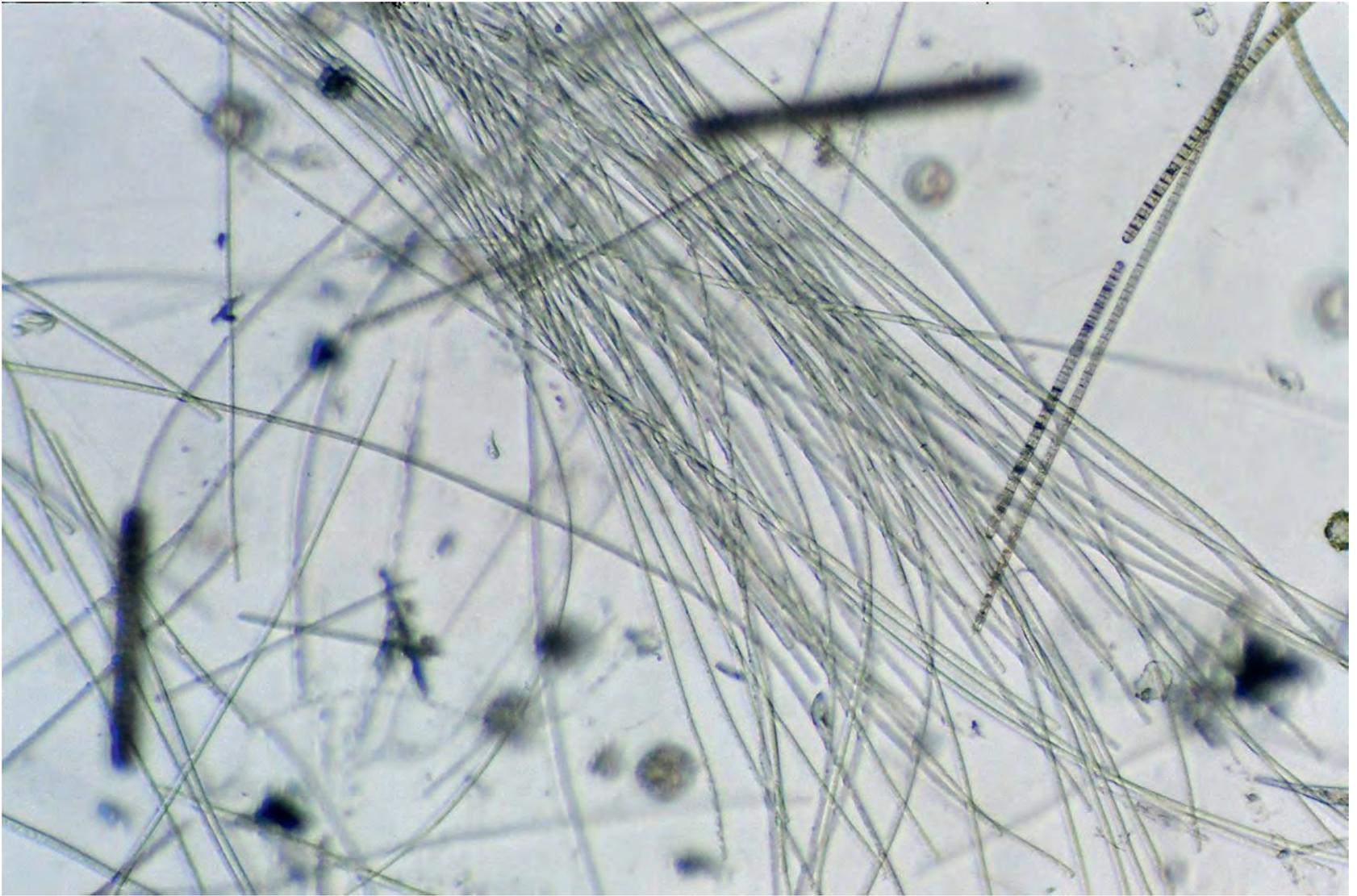
L'ultra-réactivité de la pêche péruvienne. Favorisée par le courant de Humboldt, la productivité en poissons des zones marines au large du Pérou et du Chili est soumise à une grande variabilité climatique : les épisodes El Niño peuvent en effet conduire à l'effondrement de certaines espèces avec un fort impact économique. Pour accompagner au mieux les pêcheurs péruviens, les scientifiques ont mis en place des outils innovants d'observation en temps réel des stocks de poissons. Grâce à son adaptation aux phénomènes climatiques, la gestion des pêches au Pérou est devenue unique au monde par sa réactivité.

Au large de Lima, Pérou © E. Benavides



El Niño à l'œil. Phénomène climatique majeur lié aux interactions océan/atmosphère en zone intertropicale, El Niño contribue à la formation de cyclones, influe sur la pluviométrie ou la productivité de certaines zones océaniques. Ces événements génèrent des impacts souvent dévastateurs pour les populations, les activités (pêche, agriculture...) et les équipements. Des recherches ont permis de mieux comprendre El Niño, en particulier le rôle prépondérant que joue le centre du Pacifique dans la régulation de ce phénomène climatique.

Fleuve Rio Santiago, Pérou © IRD/P. Baby



Pompe à carbone. En grande partie grâce au phytoplancton, l'océan absorbe environ un tiers du CO_2 émis par les humains dans l'atmosphère et joue un rôle majeur dans l'évolution du climat. Dans les océans tropicaux, plus pauvres en azote nécessaire à la croissance du plancton, les effets de cette pompe biologique semblent moindres. Des recherches dans le Pacifique Sud ont cependant révélé la présence de certaines espèces de plancton dites « diazotrophes », capables de piéger le carbone dans les profondeurs. Une avancée majeure même s'il reste encore beaucoup à découvrir sur ces mécanismes complexes.

Trichodesmium © IRD/C. Dupouy







Page précédente :

Bienfaits perdus de la mangrove. Les mangroves rendent d'incontestables services : protection des côtes, séquestration du carbone, frayères, fourniture de bois de chauffe et de nourriture... Des bienfaits menacés par des campagnes de reboisement avec une seule espèce de palétuvier, au détriment de la biodiversité et de l'usage des mangroves par les populations locales. Les chercheurs plaident pour la recolonisation spontanée de ces écosystèmes fragiles en restaurant les conditions bio-hydrologiques et pour une appropriation indispensable des projets par les communautés riveraines.

Région de Kourou, Guyane © IRD/C. Proisy

Ci-contre :

Néfastes radeaux. Les thoniers utilisent des dispositifs de concentration de poissons (DCP), jusqu'à 100 000 par an, pour accroître leurs captures. Près de la moitié de ces radeaux de bois et de plastique coule ou s'échoue sur les côtes. Pour réduire cette pollution ainsi que les risques de surpêche, les chercheurs proposent une stratégie alliant l'interdiction des DCP dans des zones précises à leur récupération, répondant à la nécessité de maîtriser et rendre plus durable cette pratique.

Thons à nageoires jaunes © IRD/Ifremer, M. Tacquet





À gauche :

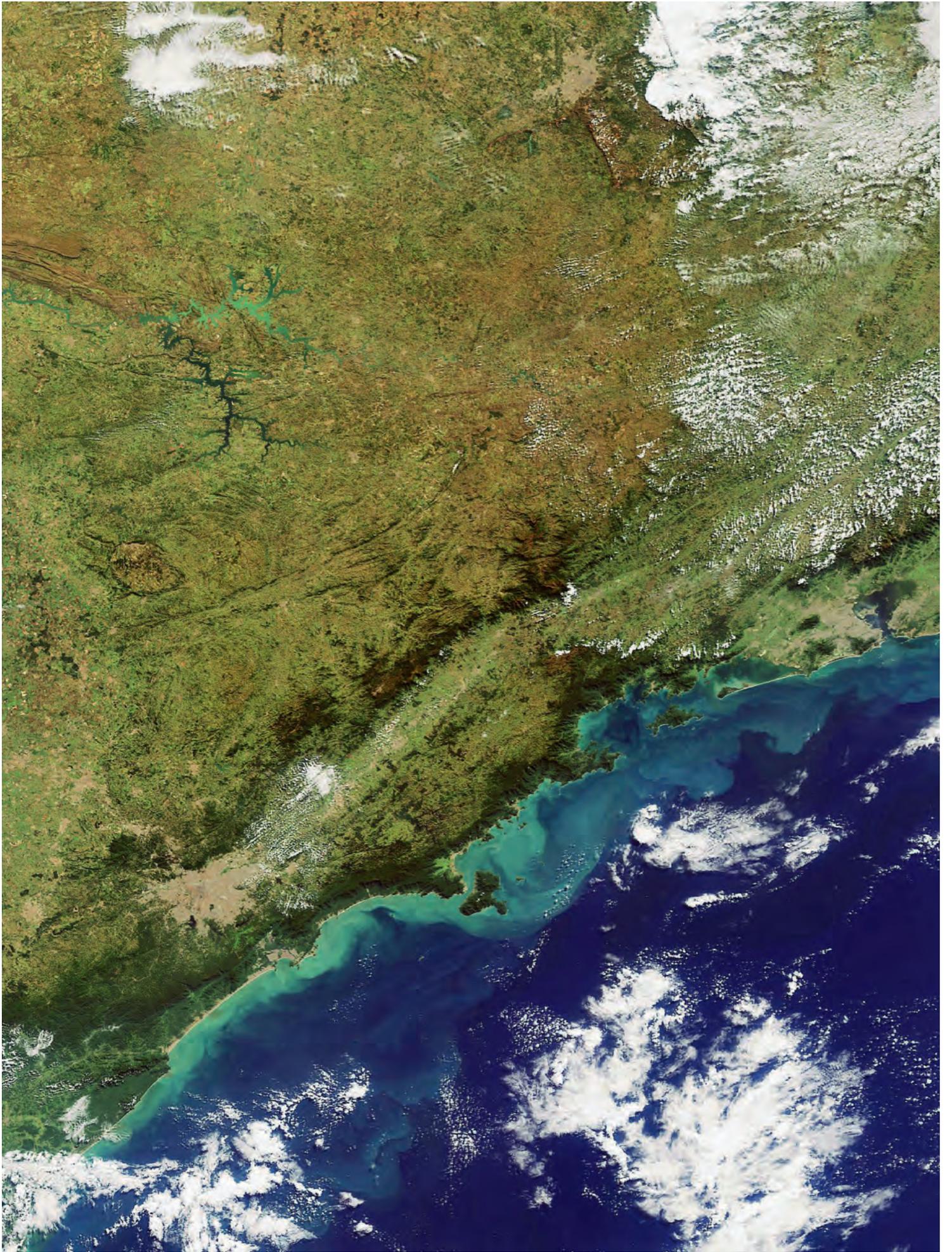
Des bouées à l'aide. Dans l'Atlantique tropical, Pirata, un réseau de bouées, transmet en temps réel de nombreux paramètres : température et salinité de l'eau à différentes profondeurs, force et direction des vents... Indispensable outil pour comprendre la variabilité climatique à différentes échelles spatio-temporelles, Pirata a ainsi permis de déterminer qu'un refroidissement des eaux du golfe de Guinée précède de quelques semaines le début de la mousson. Une information très précieuse pour les agriculteurs ouest-africains.

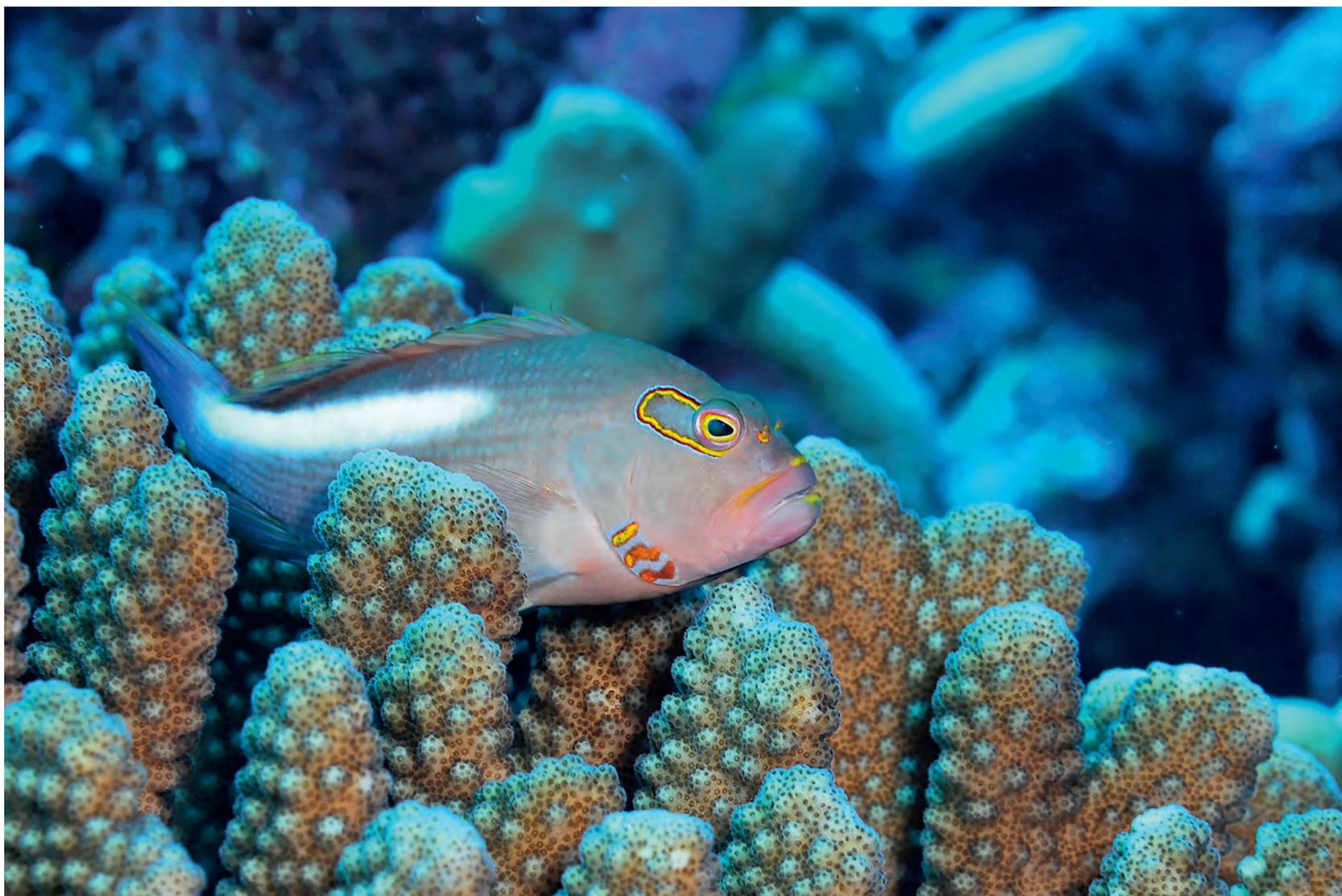
Océan Atlantique © IRD/L. Weppé

À droite :

Sous l'œil des satellites. Le satellite Swot observe lacs, rivières et étendues océaniques pour mieux comprendre la dynamique des océans et des eaux de surface. Avec une résolution 10 fois supérieure aux technologies antérieures, il sonde à petite échelle les courants et les tourbillons océaniques, qui peuvent chambouler le climat mondial en modulant la température de surface de la mer et l'absorption du CO₂. Au large du Brésil, récemment, une campagne en mer a permis de valider les données du satellite sur la circulation des vagues et des courants dans une zone de grande biodiversité.

Côte sud-est, Brésil © European Space Agency





Super-coraux. Les coraux sont particulièrement vulnérables au réchauffement climatique et risquent de disparaître d'ici à 2100. Néanmoins, certains récifs résistent à un milieu plus acide, plus chaud et moins oxygéné. Celui de Bouraké en Nouvelle-Calédonie abrite ainsi une cinquantaine d'espèces résistantes qui ailleurs dépérissent. La proximité de la mangrove, la symbiose avec une algue unicellulaire ou la présence de certains allèles de résistance pourraient expliquer cette adaptation exceptionnelle. Si cette résistance est confirmée, les espèces les mieux armées génétiquement pourront être disséminées dans des zones plus endommagées.

À gauche : **Corail et poisson épervier** © IRD/E. Folcher

À droite : **Corail et *Mulloides vanicolensis*** © IRD/J.-M. Boré



Jihad Zahir

*Professeure et chercheuse en informatique
à l'université Cadi Ayyad (Maroc)*

« L'IA POUR PRODUIRE DES INDICATEURS DE LA BIODIVERSITÉ MARINE »

La recherche scientifique dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA), au sein de l'université Cadi Ayyad, a aujourd'hui trois atouts principaux : la multidisciplinarité, les ressources humaines qualifiées et la diversité des collaborations nationales et internationales. Ainsi, le projet multidisciplinaire Nawras que je coordonne avec Marie Bonnin, directrice de recherche à l'IRD et spécialiste en droit de l'environnement au laboratoire des Sciences de l'environnement marin, vise à utiliser l'IA pour comprendre et évaluer le rôle du droit dans la protection des océans. De même, l'Artificial Intelligence for Marine Ecosystems (Aime) mêle plusieurs disciplines pour produire des indicateurs de la biodiversité marine basés sur l'IA. Par ailleurs, de plus en plus de jeunes Marocains s'orientent vers les métiers centrés sur l'IA ; les compétences sont là. Enfin, autre point fort : nous sommes polyglottes. La maîtrise du français et de l'anglais en plus de l'arabe nous facilite la communication et l'intégration dans des équipes internationales. La dynamique est donc globalement positive. Cependant, notre accès à des ressources de calcul importantes, indispensables pour l'IA, ainsi qu'à la littérature scientifique, est encore limité. De même, les projets se heurtent souvent à des lourdeurs administratives, ce qui peut ralentir leur exécution.



Flávia Lucena-Frédou

Professeure à l'université fédérale rurale du Pernambuc (Brésil)

« DÉVELOPPER PLUS DURABLEMENT LES RELATIONS SUD-SUD »

La coopération entre mon université et l'IRD dure depuis plus de vingt ans déjà. Au cours de ces années s'est dessinée l'histoire d'un partenariat très porteur. Personnellement, il m'a permis de faire un post-doctorat en France, de rencontrer de nombreux scientifiques spécialistes des écosystèmes marins brésiliens et de construire un réseau de recherche. Au-delà, des campagnes en mer ont été organisées, entre autres grâce à la flotte de recherche française. Des chercheurs français ont également été affectés ici, au Brésil. Ensemble nous avons construit ce qui est devenu en 2018 le LMI Tropical Atlantic Interdisciplinary Laboratory on Physical, Biogeochemical, Ecological and Human Dynamics (Tapioca), reconnu aujourd'hui comme un centre d'excellence pour les sciences marines dans l'Atlantique tropical. À ce jour, et au-delà des connaissances scientifiques très novatrices que nous produisons sur les écosystèmes marins du Nord et du Nordeste brésilien, ce sont aussi plus d'une centaine d'étudiants qui ont été formés grâce à ce « hub ». Certains d'entre eux ont obtenu des doctorats dans nos deux pays, ils ont appris les langues des uns et des autres, ils ont été initiés en France à des techniques peu utilisées ici, comme l'acoustique, et de jeunes scientifiques français sont venus faire leur terrain au Brésil. Les échanges sont réciproques, constructifs, et continuent d'attirer des nouvelles institutions partenaires toujours plus nombreuses. Nous aimerions aussi développer plus durablement les relations Sud-Sud dans le cadre de nos partenariats avec l'IRD, par exemple avec l'Afrique, qui a des environnements marins similaires aux nôtres. Enfin, à quoi serviraient toutes ces connaissances si on ne les diffusait pas ? Au cours de cette collaboration, nous avons eu à cœur de transmettre une culture scientifique auprès d'écoles, de pêcheurs et de communautés locales ; nous avons aussi collaboré avec des médias nationaux ou régionaux, etc. C'est essentiel.



Carmen García Dávila

Présidente exécutive de l'Institut de recherche de l'Amazonie péruvienne et co-coordinatrice de l'Observatoire de la biodiversité de l'Amazonie péruvienne (Pérou)

La recherche scientifique a contribué et continue de contribuer à la production de connaissances et de technologies pour le développement durable de l'Amazonie péruvienne, qui représente plus de 60 % du territoire du Pérou. Dans les années 1980, la recherche scientifique a fourni les technologies nécessaires au développement de la pisciculture d'espèces d'intérêt commercial en Amazonie péruvienne, marquant ainsi le début d'une activité durable, d'un point de vue social, économique et environnemental. Cette activité a également eu un impact sur la réduction de la pression de la pêche en environnement naturel. L'Institut de recherche de l'Amazonie péruvienne (IIAP), fondé il y a plus de quarante ans, a été un pilier important pour la production d'environ 120 000 tonnes de chair de poisson, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire et au développement économique des populations amazoniennes. De même, plus de quinze ans de partenariat scientifique entre l'IIAP et l'IRD ont permis récemment de proposer un nouveau paquet technologique pour la reproduction et l'élevage en captivité du poisson-chat. Cela permettra de diversifier davantage l'approvisionnement en poisson et de réduire la pression de la pêche sur les populations naturelles de cette espèce de grande valeur économique dans l'ensemble du biome amazonien.

Parallèlement, l'Amazonie est aujourd'hui confrontée à une occupation territoriale sans précédent, qui entraîne une dégradation des écosystèmes amazoniens et de leurs services environnementaux : niveaux élevés de déforestation dus à l'expansion de l'emprise agricole, pollution domestique, augmentation de l'extraction



« ATTEINDRE LES ACTEURS CLÉS DU DÉVELOPPEMENT DURABLE »

illégale d'or dans les cours d'eau, ce qui se traduit par une pression accrue sur les ressources de la flore et de la faune. La recherche scientifique en Amazonie, qui remonte à un siècle au moins, a un rôle fondamental à jouer dans le développement durable en conservant les forêts. Nous nous sommes demandé pourquoi la plupart de ces recherches n'avaient pas servi de lignes directrices pour le développement durable de ce biome dont les principales activités économiques ont continué à être purement extractives. Nous nous sommes rendu compte qu'au cours de ces dernières décennies, nous n'avions diffusé les connaissances que dans des sphères scientifiques restreintes, sans développer les capacités et les mécanismes permettant d'atteindre les acteurs clés pour le développement durable de ce milieu, tels que les agences d'État et les populations qui y vivent. Notre plus grand défi reste de combler ces lacunes en matière de communication. Cela a été l'une des motivations pour créer, en collaboration avec l'IRD, entre 2011 et 2021, un laboratoire mixte international pour promouvoir la recherche sur l'ichtyofaune amazonienne (LMI Edia) visant à améliorer les connaissances sur sa biodiversité pour le développement durable de son exploitation. Un autre exemple réussi de la contribution de la science au développement durable en Amazonie péruvienne est la production par l'IIAP et l'IRD, pendant deux décennies, de nombreuses informations scientifiques sur l'état de conservation, la génétique des populations, les traits d'histoire de vie (périodes de reproduction, croissance, migration), entre autres paramètres, des principaux stocks de poissons dans l'environnement naturel. La plupart de ces informations ont été partagées par l'IIAP avec les parties prenantes (Direpros, etc.) et les communautés locales afin qu'elles puissent servir d'outils de gestion pour ces ressources, qui sont l'une des principales sources de protéines et de revenus économiques pour les populations vivant en Amazonie.

Dorothy Wanja Nyingi

*Directrice du département d'ichtyologie
des musées nationaux du Kenya et coordinatrice
du Kenya Wetlands Biodiversity Research Team*

J'ai commencé à travailler avec l'IRD en 1999, lors de l'affectation au Kenya de Jean-François Agnèse, scientifique de l'IRD, spécialiste du tilapia, l'un des poissons africains les plus importants d'un point de vue économique. Sous sa direction, j'ai effectué mon master et mon doctorat entre 2002 et 2007 à l'université de Montpellier II. En travaillant dans son laboratoire, j'ai appris ce que devait être une bonne collaboration : même si j'étais encore inexpérimentée, il s'est assuré que je devienne une chercheuse compétente en me donnant accès aux techniques modernes et à l'équipement d'un laboratoire. Notre collaboration a donné lieu à de nombreuses publications sur l'écologie des tilapias. Après avoir obtenu mon doctorat, j'ai commencé à travailler avec Stéphanie Duvail, géographe et directrice de l'UMR Paloc, travaillant au Kenya sur les zones humides d'Afrique de l'Est. Le fait qu'elle soit une femme scientifique a eu un fort impact sur notre travail au Kenya. Outre nos travaux de recherche communs, nous avons ensemble développé des capacités humaines qui ont ouvert des perspectives plus prometteuses aux jeunes femmes scientifiques. Ensemble, nous avons créé une équipe de recherche sur la biodiversité des zones humides du Kenya. Auparavant, nous avions de grandes difficultés à retenir les jeunes femmes dans nos programmes de recherche. Nous vivons en effet dans un système dominé par les hommes, où les femmes instruites sont déconsidérées et peuvent se sentir inaptes au mariage et à la vie de famille. De plus, les politiques de carrière étant conçues pour les hommes, les femmes sont désavantagées dans leur progression professionnelle, lorsqu'elles deviennent mères par exemple. Nous avons ainsi « perdu » en cours de route de nombreuses femmes scientifiques de qualité. À partir de 2011, notre équipe, dirigée conjointement par Stéphanie et moi-même, a mis au point des méthodologies scientifiques pour l'étude des zones humides et a co-supervisé de nombreux étudiants. Nous avons encouragé des jeunes femmes à se lancer dans



« ENCOURAGER LES JEUNES FEMMES À SE LANÇER DANS LES SCIENCES »

les sciences en leur montrant l'exemple et en les incitant à suivre nos traces. Nous avons discuté des moyens de renforcer la confiance en soi, et nous nous sommes attaquées à des obstacles tels que le manque de soutien familial en trouvant des fonds pour des bourses d'études. Nous avons presque atteint un ratio de 1 pour 1 dans nos projets, alors qu'en 2011 il n'y avait que deux femmes pour six hommes. Malgré le retour en France de ma collègue, notre travail commun se poursuit à l'aide des systèmes que nous avons mis en place et des mentorées qui assument désormais des rôles plus importants. Grâce à cette fructueuse collaboration, j'ai eu l'honneur de recevoir en 2016 les palmes académiques du gouvernement français pour mes travaux sur la biodiversité des poissons et l'écologie aquatique ! Mon espoir est de voir le travail que nous avons commencé constituer un tournant clé dans la politique de l'IRD, en particulier pour la place des femmes dans la science. Comment l'Institut peut-il soutenir les femmes au même titre que les hommes dans les pays avec lesquels il travaille ? Un programme visant à briser les barrières de genre devrait être mis en place et inclus dans chaque projet. L'IRD travaille en effet dans cette direction pour son propre personnel : en 2014, j'ai été invitée à rejoindre le comité Parité de l'IRD, où j'ai eu l'occasion de partager certaines des questions liées au genre au Kenya. Un autre point important d'attention pour l'avenir est le transfert technologique. Si le renforcement des capacités a été couronné de succès en ce qui concerne les bourses d'études de troisième cycle, le manque d'équipements et de laboratoires reste énorme ! Si nous construisons des laboratoires au Kenya, nos scientifiques, au terme de leur troisième cycle universitaire, pourront faire avancer la recherche collective plus efficacement qu'en demandant à revenir dans des laboratoires étrangers pour poursuivre leurs travaux. De nombreux scientifiques étrangers ont l'habitude de revenir chez eux avec leurs équipements, même après avoir formé des scientifiques kenyans à leur utilisation. Dans le cadre de nos projets aux musées nationaux du Kenya, nous faisons campagne en faveur de la conservation de ces équipements, signe d'une collaboration véritable et équitable dans laquelle les deux partenaires ont une vision commune du renforcement des capacités qui leur permet de travailler sur un pied d'égalité. C'est un élément indispensable à une recherche scientifique internationale durable.



TERRE ET EAUX



L'exploitation des ressources que recèlent les sols et les sous-sols constitue une source potentielle de développement pour les pays du Sud. Mais elle est souvent à l'origine de perturbations environnementales et sanitaires majeures – contamination de l'eau, pollution atmosphérique, etc. – et de fortes inégalités socio-économiques. Est-il possible d'exploiter de façon durable et équitable ces géorressources ? Ce chapitre illustre comment les avancées de la science permettent d'envisager une valorisation des ressources plus respectueuses de l'environnement et de la santé des populations. Ces pages révèlent également la contribution de la recherche à une meilleure connaissance des aléas naturels et anthropiques, des actions de réduction et parfois de prévention des risques associés permettant ainsi de diminuer la vulnérabilité des populations.

Modéliser les coulées volcaniques. La mise au point d'un nouvel appareil, le viscomètre, pour mesurer la viscosité de la lave devrait faire beaucoup progresser la volcanologie. D'abord testé dans un four à température contrôlée, cet appareil unique au monde permet de modéliser la propagation des coulées de lave dès le début d'une éruption. Au-delà des enjeux scientifiques, l'objectif est de mieux évaluer les risques des volcans actifs et ainsi atténuer leurs dangers pour les populations et les infrastructures.

Volcan Kilauea, Hawaï © IRD/J.-P. Eissen



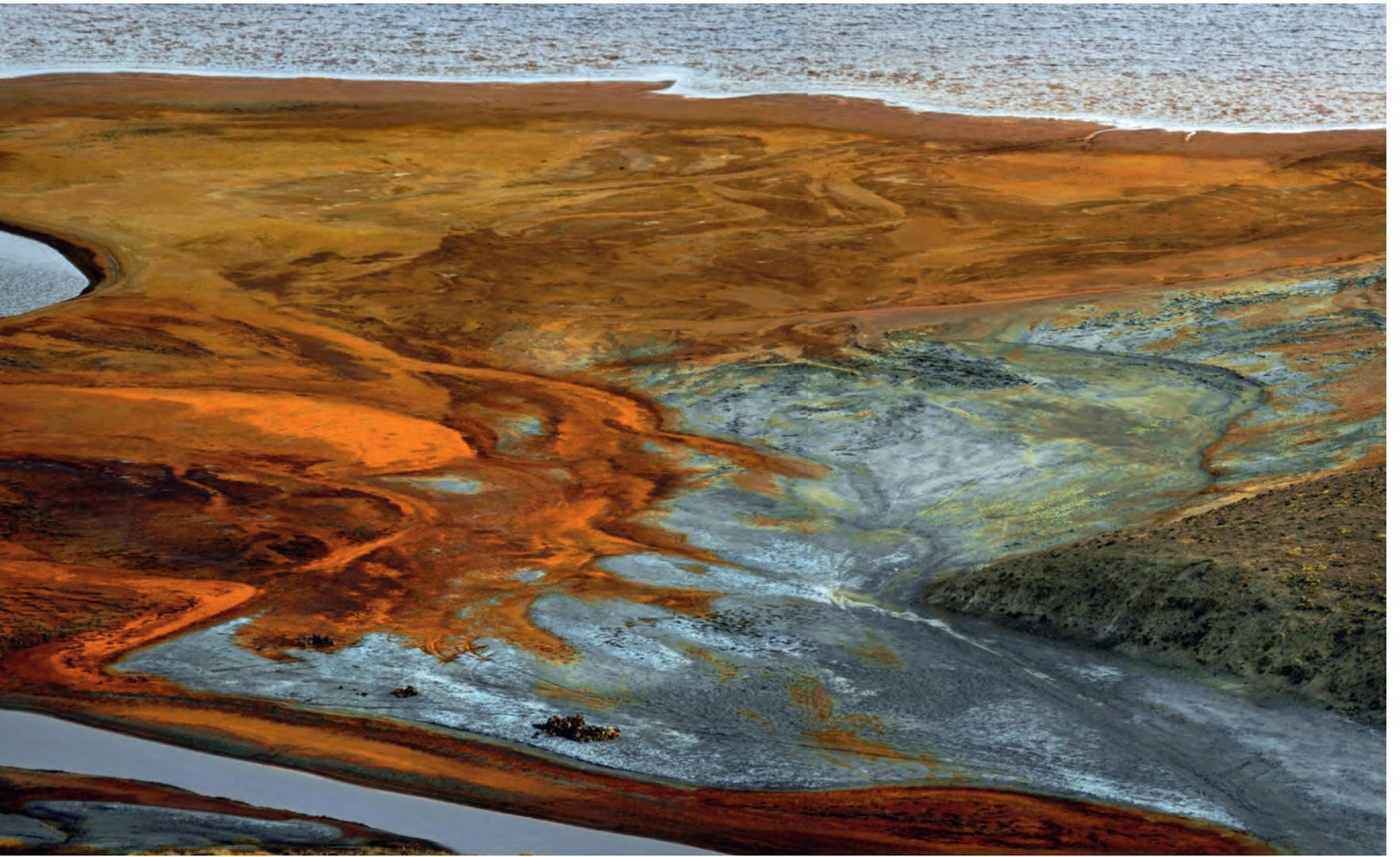


Des bactéries voraces. Les *Mesotoga* sont des bactéries capables de vivre dans des environnements naturels de haute ou basse température. Elles ont aussi été découvertes dans des milieux très dégradés par certaines activités industrielles, contaminés par des métaux lourds, des hydrocarbures ou des organochlorés. Les scientifiques ont eu l'idée d'associer les deux seules espèces connues de *Mesotoga* à une autre bactérie. Des binômes bactériens amenés à connaître le succès car capables de « bioremédiation » pour dégrader les contaminants chimiques et les rendre moins toxiques pour l'environnement, voire inoffensifs.

Lagune Milluni, Bolivie © IRD/O. Dangles et F. Nowicki

Contamination en chaîne par le mercure. Le mercure de provenance naturelle ou celui utilisé pour l'orpaillage ont deux signatures isotopiques différentes, permettant de distinguer l'origine de ce métal toxique qui, rejeté dans l'environnement, se diffuse dans la chaîne alimentaire, notamment via les poissons contaminés. Une étude menée en Guyane près de mines d'or artisanales montre l'impact de l'orpaillage sur la contamination en mercure (dans les eaux, les sols, les sédiments, chez les poissons et dans la population). Ses résultats novateurs appellent à la mise en place d'actions de prévention ciblées pour les populations autochtones à risque, les femmes enceintes particulièrement, et à soutenir l'adoption de techniques d'orpaillage sans mercure.

Haut Maroni, Guyane © IRD/P. Dumas





Des eaux douces saturées en microplastiques. Si la pollution aux microplastiques est scrutée dans les océans, leur présence dans les eaux douces l'est beaucoup moins. Pourtant, ils peuvent les contaminer massivement, comme l'a constaté une équipe de chercheurs dans le fleuve Saïgon : les filets de récupération des particules de plastique montrent une concentration 1 000 fois plus importante que dans d'autres fleuves, en particulier ceux des pays du Nord. En cause, la mauvaise gestion des déchets plastiques provenant d'usages domestiques ou rejetés par l'industrie textile. Une haute contamination qui interpelle les autorités vietnamiennes.

Hô Chi Minh-Ville, Vietnam © IRD/J.-M. Boré



Des sismomètres « citoyens ». En Haïti, les sismologues s'appuient depuis 2019 sur les données de 15 sismomètres hébergés par des particuliers volontaires. Ce dispositif réparti uniformément sur le territoire s'avère crucial pour la détection et la mesure des séismes. Il complète les informations des stations scientifiques temporaires. Les données sont publiées en temps quasi réel sur un site Internet accessible à tous. Ce système de détection unique aide les autorités locales à intervenir en urgence grâce à la caractérisation et à la cartographie des secousses et des répliques.

Port-au-Prince, Haïti © IRD/M. Morell

L'IA au service de la sismologie. Les scientifiques misent aujourd'hui sur l'intelligence artificielle (IA) pour détecter les signaux précurseurs des séismes. Leur idée est d'alimenter les algorithmes avec des observations quantitatives, notamment celles issues de l'analyse de l'onde gravitationnelle dont on a découvert récemment qu'elle est un meilleur signal des tremblements de terre que les ondes sismiques. Tout l'enjeu de ces recherches est d'améliorer les systèmes de prédiction des séismes et d'alerte aux tsunamis.

Muisne, Équateur © IRD/Agence Nan/J. P. Verdesoto

Pages suivantes

En haut :

L'impact sanitaire de la pollution atmosphérique. Avec plus de 7 millions de décès prématurés par an, la pollution atmosphérique constitue l'un des cinq facteurs de risque sanitaire majeur. Les scientifiques ont montré que certaines particules fines sont plus nocives que d'autres car elles génèrent un « stress oxydatif » accru des cellules pulmonaires. Ce potentiel oxydant est un indicateur qualitatif de l'impact sanitaire des particules fines. Un enjeu majeur dans les métropoles qui concentrent non seulement le plus de particules fines mais aussi les plus nocives pour la santé des populations, spécialement les bébés et les jeunes enfants.

Hanoï, Vietnam © IRD/J.-M. Boré

En bas :

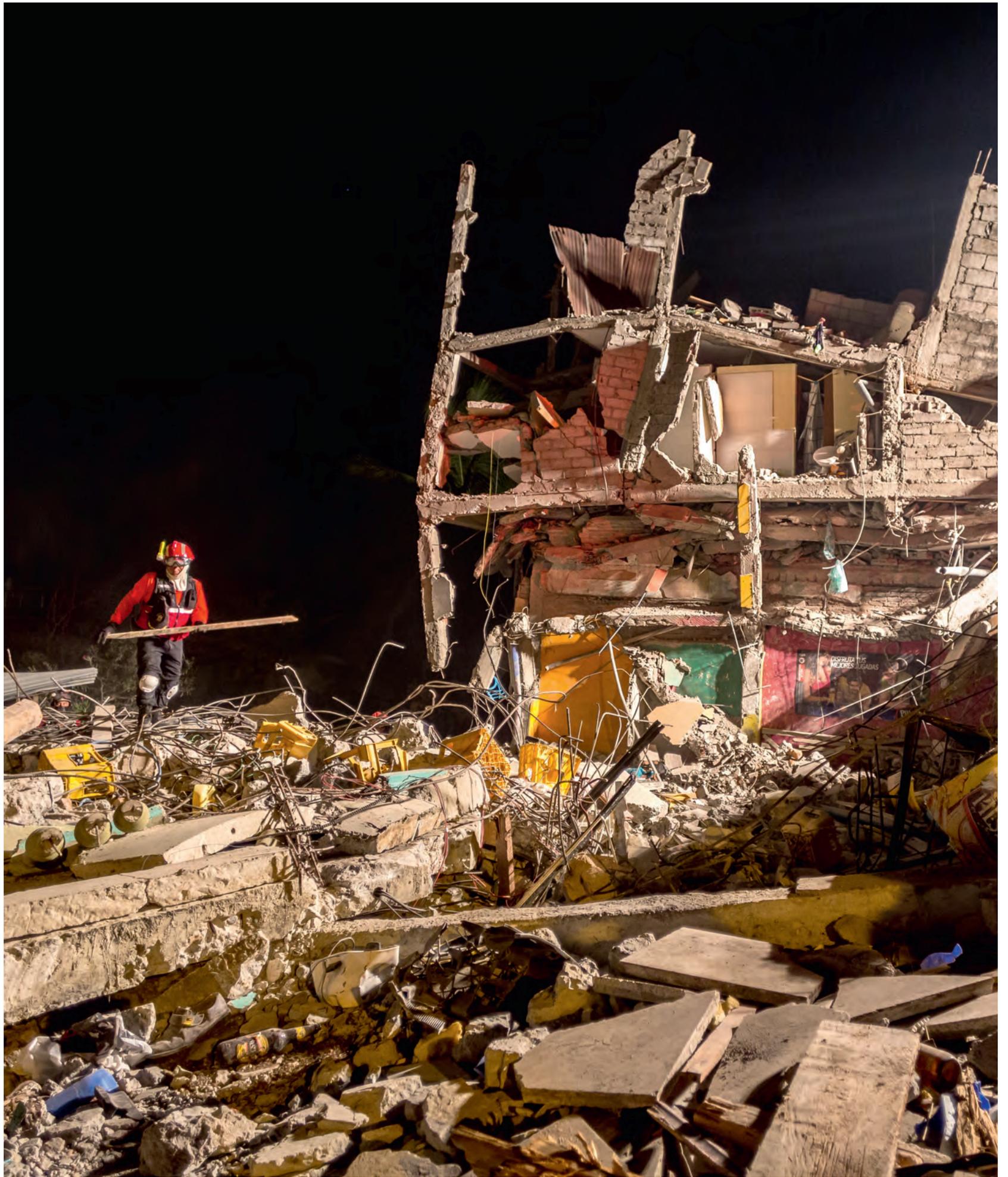
Vieux systèmes d'avenir. Les stations d'épuration des eaux usées domestiques seront, à elles seules, incapables de traiter les besoins à l'échelle mondiale dans un contexte de croissance de la population. Forts de ce constat, les chercheurs ont optimisé de manière prometteuse des systèmes traditionnels de filtration par graviers, micro-organismes et végétaux. La maîtrise du débit dans le système de filtration permet par exemple de récupérer une eau riche en nitrates et donc utilisable comme engrais. Un atout pour la création de parcs qui rafraîchiront l'air, notamment dans les villes africaines.

Tananarive, Madagascar © IRD/ ONG Hardi, T. Vergoz

À droite :

Le défi de la submersion littorale. Sur ses côtes, le Ghana est confronté à deux vulnérabilités cumulées. D'une part, le niveau de l'océan s'élève (environ 3 mm par an), d'autre part les côtes s'affaissent (environ 4 mm par an). Les scientifiques cherchent à quantifier de quelle façon la surexploitation des nappes phréatiques, le changement de l'usage des terres, l'extraction pétrolière et l'urbanisation influent sur la subsidence du littoral afin de permettre la planification de contre-mesures protectrices.

Grand Lahou, Ghana © Wikipedia/Willav FR







Traquer l'eau dans le sol. La détection de ressources hydriques dans le sous-sol africain est indispensable pour répondre aux besoins en eau potable des populations ou pour les besoins agricoles (80 % de l'eau prélevée). Une méthodologie mise au point en Afrique par les chercheurs permet de détecter les zones souterraines sableuses, principales sources de stockage en eau potable, et d'en évaluer le volume disponible. La gestion de l'irrigation agricole, quant à elle, s'appuie désormais sur des outils de modélisation de l'évapotranspiration et du bilan hydrique en fonction du type de culture, alimentés par des données satellitaires. De précieuses informations mises à disposition des agriculteurs.

Région de Dierma, Burkina Faso © IRD/M. Bournof

Fragiles deltas. Les embouchures de fleuves constituent des écosystèmes fragiles et des espaces socio-économiques convoités. Dans l'ouest de l'océan Indien, l'aménagement de barrages en amont des deltas pour des utilisations hydro-électriques, agricoles et industrielles impacte fortement le milieu naturel et conduit à des conflits. Les chercheurs analysent les effets environnementaux de ces infrastructures avec des approches interdisciplinaires et participatives afin d'orienter les prises de décision, notamment pour défendre le droit d'accès à l'eau des plus vulnérables.

Mahajanga, Madagascar © IRD/Didem, R. Rijasolo



Véronique Yoboué

*Professeure et vice-présidente en charge de la coopération
à l'université Félix-Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)*

Dans mon domaine, la pollution de l'air, la recherche joue un rôle crucial pour en identifier les sources spécifiques à l'Afrique et en comprendre les impacts sanitaires, socio-économiques et environnementaux. Les analyses scientifiques permettent d'évaluer le poids de chaque facteur source ; ainsi, des politiques d'atténuation peuvent être mises en place afin d'en réduire les impacts.

Par exemple, la combustion est une source de pollution majeure en Afrique : elle représente plus de 60 % de l'énergie domestique, qui, elle-même, contribue à plus de la moitié des émissions de particules fines. Partant de ce constat, en collaboration avec le laboratoire d'aérodologie de Toulouse, nous avons montré chez un groupe de fumeuses de poissons que l'utilisation de fours « plus modernes » améliore leur santé pulmonaire, car ils nécessitent moins de bois et de charbon que ceux utilisés par la technique traditionnelle et leur fumée est évacuée par une cheminée. Or, cet impact sanitaire positif a aussi un poids socio-économique à la fois pour l'État, qui dépensera moins pour leur prise en charge médicale, et pour les femmes qui gagneront mieux leur vie en achetant moins de bois et produisant des poissons fumés moins pollués et exportables. En outre, le calcul des émissions dues à la combustion améliorée permet d'évaluer l'effet positif de cette solution à court et moyen terme. L'impact environnemental est donc modélisable.



© Games

« LA SCIENCE N'A PAS DE FRONTIÈRES »

Comme l'illustre cet exemple, la science nous donne des arguments d'aide à la décision politique pour passer à une échelle plus importante. Mais, selon moi, elle joue également un rôle d'éducation et de sensibilisation du public dans son activité quotidienne – ici, le fumage de poissons – lorsque celle-ci contribue à polluer notre atmosphère et à nous rendre malades. De fait, l'approche doit être écosystémique. Elle implique les scientifiques, y compris des sciences sociales, les acteurs politiques et la société civile, car la mise en place de toute nouvelle technologie nécessite une adaptation, ce qui souvent est le plus difficile pour les populations concernées.

Plus largement, quel que soit le domaine, la science est indispensable à la promotion du développement durable. Mais le financement de la recherche demeure un problème majeur dans les pays du Sud, qui manquent également d'infrastructures et de capacités techniques.

Or, la science n'a pas de frontières. Mes collègues chercheurs doivent donc aller vers des collaborations internationales avec les pays du Nord mieux financés et qui incluent de plus en plus les pays du Sud. Ces collaborations permettent de renforcer nos capacités de recherche. Mais les États africains doivent aussi comprendre qu'il leur faut investir pour soutenir la science menée par nos chercheurs, afin qu'ils trouvent des solutions adaptées à nos territoires. En la matière, je suis optimiste car des financements existent. Autrement dit : petit à petit, l'oiseau fait son nid. Néanmoins, ce ne sont encore que de petits projets. Il faut vraiment qu'en matière de science, l'Afrique se réveille !

Thi San Hà Phan

*Chercheuse et membre du comité consultatif
du Centre asiatique de recherche sur l'eau
de l'Institut polytechnique de Hô Chi Minh-Ville (Vietnam)*

Un proverbe africain dit : « Si tu veux aller vite, vas-y seul ; si tu veux aller loin, allons-y ensemble ». Cette affirmation résonne bien avec la situation des pays en développement. Prenons l'exemple du delta du Mékong, une vaste plaine au sud du Vietnam. Le delta est le plus grand grenier à riz et un centre crucial pour l'aquaculture et la culture des fruits dans notre pays, qui nourrit non seulement la population vietnamienne, mais aussi les pays étrangers grâce aux exportations. Cependant, il est actuellement confronté à des défis sans précédent. En raison de la construction de barrages hydroélectriques en amont du Mékong, le débit d'eau et le transport de sédiments en aval diminuent de jour en jour. Les barrages entravent également la migration des poissons, ce qui met en péril les moyens de subsistance des pays en aval et entraîne des risques de malnutrition pour les communautés appauvries qui dépendent du poisson comme source vitale de protéines. En outre, le delta du Mékong est confronté à d'autres problèmes tels que l'élévation du niveau de la mer, l'affaissement des sols dû à l'extraction excessive des eaux souterraines, l'érosion des côtes et des rives, l'extraction excessive de sable, etc.



« LA RECHERCHE APPLIQUÉE EST TRÈS IMPORTANTE POUR DES SOLUTIONS LOCALES »

Les collaborations avec d'importantes institutions en Europe, en particulier le soutien de l'IRD, ont permis de réaliser des progrès prometteurs. Les résultats de recherches d'ampleur ont permis de mettre en lumière divers problèmes auxquels est confronté le delta du Mékong avec des avancées solides et convaincantes, ce qui a attiré l'attention du monde entier. Grâce à ces efforts de recherche conjoints, le gouvernement vietnamien a renforcé la réglementation sur l'extraction de sable dans le delta et des solutions efficaces ont été mises en œuvre pour prévenir l'érosion côtière dans certaines zones côtières clés. Malgré ces résultats positifs, les efforts scientifiques en Asie du Sud-Est se heurtent à de nombreux obstacles. Parmi eux, le fait que les décisions sont souvent davantage influencées par des objectifs économiques et politiques que par des objectifs de développement durable. Un autre frein réside dans le fait que les scientifiques qui cherchent à établir leur position et leur réputation doivent souvent publier des articles innovants sur le plan scientifique et technologique. Or, ces critères ne correspondent pas nécessairement aux objectifs de développement durable d'une région ou d'un pays. La recherche appliquée est très importante par exemple pour la conservation de la faune et de la flore dans une région ou un écosystème donné, la cartographie des ressources en eaux souterraines en vue d'une utilisation optimale, ou la recherche de solutions locales pour aider les agriculteurs à avoir des revenus tout en protégeant l'environnement.

Silvana Hidalgo

Volcanologue, ex-directrice de l'institut de Géophysique de l'École polytechnique nationale (Équateur)

La question des séismes et des éruptions volcaniques est très importante pour notre pays qui comprend 80 volcans, soit une densité très importante pour notre territoire qui a connu l'éruption de cinq volcans sur le continent et quatre volcans aux Galapagos au cours des vingt-cinq dernières années. La collaboration entre l'IRD et l'institut de Géophysique de Quito a commencé par la cartographie et l'étude détaillée des volcans équatoriens, qui se sont poursuivies récemment. En tant qu'ex-directrice de l'institut de Géophysique de l'École polytechnique nationale, ayant par ailleurs réalisé une partie de mes études en France, dont mon doctorat à Clermont-Ferrand avec le soutien de l'IRD, je peux témoigner de l'importance de cette collaboration pour former, hier et encore aujourd'hui, les cadres de notre institut et permettre à celui-ci de bien fonctionner. Cette collaboration, commencée à l'aide de plusieurs projets, s'est par la suite organisée, notamment dans le cadre du LMI Séismes et volcans dans les Andes du Nord (Svan) : pendant presque dix ans, de 2012 à 2022, de nombreux étudiants ont été formés en France et plusieurs sont revenus dans notre pays pour travailler à l'institut. Nous n'avons pas de programme de master ou d'école doctorale ici, en Équateur. On comprend dès lors pourquoi la formation de nos étudiants en France est essentielle et continuera de l'être : la demande de personnels qualifiés sur les aléas, tels que les



« DES COLLABORATIONS INTERNATIONALES, UN NOUVEAU SOUFFLE »

séismes et autres phénomènes naturels, est de plus en plus grande. Un autre apport de ces échanges avec l'IRD a été de mieux nous positionner sur la scène de la recherche : notre collaboration, qui a toujours été d'égal à égal entre nos deux pays, nous a aidés à proposer – au-delà des sites d'étude en volcanologie – des sujets et des programmes de recherches, ainsi qu'une expertise. Nous sommes désormais reconnus comme un institut expert dédié à l'étude des volcans et séismes dans le pays, mais également en Amérique latine. Ce partenariat a aussi permis de nous ouvrir à d'autres structures de recherche et d'envisager nos travaux sous l'angle d'autres disciplines, en collaborant par exemple avec des anthropologues ou des sociologues. Un projet, baptisé Éclair et commencé l'an passé, lancé par un jeune professeur de l'université, formé en France grâce à l'IRD, s'attelle ainsi à étudier les lacs de cratère du point de vue de leurs représentations auprès des populations locales, des croyances qui y sont attachées, etc. L'un des objectifs sera de créer un centre d'information compétent pour renseigner les communautés locales sur le fonctionnement des volcans et les risques qu'ils font peser sur la région. Le frein au développement de nos recherches et aux applications qui en découlent pour notre pays reste bien évidemment budgétaire : les financements dédiés à la recherche et à l'éducation en général déclinent depuis plusieurs années, et nous ressentons désormais une diminution de nos capacités de travail. Des collaborations internationales, comme celles entretenues avec l'IRD, peuvent nous donner un nouveau souffle, mais les restrictions budgétaires ne touchent pas que notre pays et les difficultés sont de plus en plus nombreuses à l'échelle mondiale pour financer des projets de recherche.

Claude Borna

Directrice de l'Agence de développement de Sèmè City (Bénin)

« UN HUB D'INNOVATION POUR LE BÉNIN »

L'Afrique ne peut se limiter à des modèles d'innovation frugale. Il est devenu impératif de développer des infrastructures de recherche et développement aux normes internationales pour renforcer la compétitivité de ses entreprises et offrir des opportunités d'épanouissement à sa jeunesse dynamique et talentueuse.

Sèmè City, projet phare du gouvernement béninois, est un *hub* d'innovation abritant des établissements d'enseignement supérieur, des centres de recherche et des incubateurs.

En aspirant à faire de son futur campus une plateforme d'expérimentation pour les villes intelligentes, Sèmè City encourage le développement de solutions innovantes dans divers domaines, tels que la gestion des déchets, la construction bioclimatique et la mobilité. Nous mettons l'accent sur l'utilisation des outils d'intelligence artificielle pour la collecte et l'exploitation des données liées à ces innovations communautaires, ainsi que sur la production de nouvelles applications utilisant l'intelligence artificielle (IA). La co-création, promue par Sèmè City, favorise la collaboration entre étudiants, chercheurs, entrepreneurs et partenaires, dont l'IRD. C'est la vision d'une Afrique où l'éducation, la recherche et l'innovation convergent pour un développement durable et prospère.



Adèle Rayangnéwendé Ouédraogo

*Lauréate des trophées de l'innovation de l'IRD,
chercheuse à l'Institut de recherche en sciences appliquées
et technologies (Burkina Faso)*

« CONTRIBUTUER À LA DURABILITÉ DE LA PRODUCTION AGRICOLE »

Le Burkina Faso est un pays sahélien dont les sols sont très pauvres et dégradés. Or différentes techniques de conservation des eaux et des sols optimisées par la recherche ont contribué à la durabilité de la production agricole. Grâce à la méthode traditionnelle du *zaï* amélioré (des trous enrichis à la fumure organique) et aux fosses en demi-lunes, associées à des cordons pierreux, les agriculteurs obtiennent des rendements acceptables sur des sols qui étaient pourtant incultes. La fertilisation organique a été facilitée par le développement de méthodes de compostage. De même, de nombreux travaux ont été menés pour promouvoir l'agroforesterie qui associe gestion des arbres et diverses cultures. Mais il subsiste des difficultés. Certaines de ces pratiques sont très laborieuses, ce qui limite leur adoption. Il faudrait rendre leur mécanisation accessible aux agriculteurs. Faute de biomasse disponible en quantité suffisante, la fertilisation organique est peu utilisée par exemple dans les cultures céréalières et cotonnières. C'est pourquoi nous travaillons à la valorisation des déchets organiques ménagers et agro-industriels. Mais, plus largement, nos laboratoires manquent considérablement d'équipements et de technologies pour approfondir leurs recherches et contribuer efficacement au développement durable du pays.



Mamadou Diol

Animateur culturel, association Kaddu Yaraax (Sénégal)

« ARTS ET SCIENCES SE NOURRISSENT RÉCIPROQUEMENT »

Les chercheurs ont coutume d'utiliser le théâtre car cette méthode d'intervention sociale permet de modéliser une problématique communautaire – déjà présente au Sénégal ou rencontrée ailleurs – de façon holistique, sans stigmatiser personne, en utilisant la langue et les codes locaux. Or, en travaillant avec les chercheurs, les acteurs s'approprient la démarche scientifique, ce qui les amène à tenir compte avant tout des résultats des recherches, des incertitudes qui subsistent et de l'expérience des populations locales. Grâce à ces interactions, le théâtre devient donc un vulgarisateur de science, tandis que la démarche scientifique produit des connaissances qui influencent la manière dont les acteurs abordent les textes, y compris les classiques qui traitent de l'eau, du climat, de la sécheresse, du pastoralisme, etc. Autrement dit, arts et sciences se nourrissent réciproquement.



Kieu Thi Kinh

*Chargée de cours à l'université de Danang
et fondatrice de l'ONG locale Builing Up Sustainability (Vietnam)*

« LA RECHERCHE A FAVORISÉ UN DÉVELOPPEMENT INCLUSIF ET ÉQUITABLE »

Dans le Sud global, au Vietnam en particulier, la recherche a joué un rôle crucial en contribuant à comprendre et à relever les défis environnementaux, sociaux et économiques spécifiques auxquels ces pays sont confrontés, notamment par l'avancement des technologies durables et l'amélioration de l'accès à des services essentiels tels que la gestion des déchets solides, les techniques de recyclage, etc. Elle a également favorisé un développement inclusif et équitable. En outre, la coopération scientifique et le partage des connaissances ont facilité l'échange de bonnes pratiques et des retours d'expérience, accélérant ainsi la réalisation des objectifs de développement durable dans nos communautés.

Cependant, si nous voulons renforcer le rôle de la science dans cette réalisation, il est impératif de s'attaquer à ses principaux freins et d'adopter des mesures stratégiques. Il s'agit notamment d'augmenter les financements et les ressources pour la recherche durable, de promouvoir les collaborations inter- et transdisciplinaires, et d'investir dans l'éducation et le renforcement des capacités des jeunes chercheurs et chercheuses. Le libre accès aux données et aux résultats de la recherche (qui reste limité au Vietnam), associé à une prise de décision fondée sur des données probantes et à leur intégration par les politiques, renforce la transparence et l'efficacité de la recherche. Les considérations éthiques, l'engagement et la sensibilisation de la communauté scientifique, ainsi que le transfert de technologies sont également essentiels pour garantir que les initiatives en faveur de la durabilité donnent la priorité à l'équité, à l'inclusion et à l'innovation. Selon moi, de nombreux scientifiques au Vietnam n'ont pas encore assez d'influence sur la transformation de la société en raison des contraintes mentionnées plus haut.



POSTFACE

L'expérience photographique

En tant qu'espèce humaine, nous avons développé le sens de la vue dont les deux plus importantes caractéristiques sont la vision des couleurs et le regard vers l'avant. Grâce à ce sens, nous recevons environ 50 % des informations sur notre environnement, ce qui s'est avéré essentiel au fil des millénaires pour nous repérer dans l'espace ou pour trouver de la nourriture. Notre vision définit la manière d'interpréter le monde et elle nous a permis de survivre au cours de l'évolution. Plus encore, nous avons représenté avec des images notre vie quotidienne sur de la pierre, du tissu ou de l'argile. Consciemment, à l'aide d'outils et de colorants naturels, nous avons cherché à immortaliser ce qui faisait pour nous l'objet d'une attention particulière. Cette interprétation picturale s'est imposée et a voyagé avec nous à travers les mers et les continents, se perfectionnant et trouvant à chaque époque des raisons et des perspectives différentes pour capturer les réalités matérielles et immatérielles que nous appelons aujourd'hui culture et patrimoine.

Nous vivons sur une planète en mutation et la photographie – l'un des moyens les plus avancés dont nous disposons pour documenter notre passage sur Terre – s'est très récemment massifiée comme jamais auparavant. Bien que la répartition ne soit pas uniforme, on recense aujourd'hui au moins un smartphone pour chaque être humain. Cela signifie que, statistiquement, chacun d'entre nous est un photographe potentiel qui a la capacité de documenter – en un « clic » – des moments de la vie quotidienne, personnelle ou professionnelle, d'émouvoir les cœurs et les consciences

et, dans certains cas, d'utiliser ce moyen pour appeler à l'action. Qu'il s'agisse de l'étreinte tendre d'une mère à son enfant affaibli par la malaria, de la reconnaissance du travail précaire des mineurs dans des tunnels inhospitaliers à 5 000 m d'altitude, ou du témoignage fidèle du recul des forêts et des glaciers, l'image a toujours un impact et peut générer des sentiments fugaces ou profonds, sensibiliser et mobiliser des groupes humains, ou encore amener à lutter pour des causes cruciales pour les humains.

D'un point de vue scientifique, la photographie réussit largement, voire complètement, à simplifier des concepts difficiles et à les rendre ainsi plus accessibles et compréhensibles par un large public. La naissance d'une étoile ou sa mort dans un trou noir, qui s'incarnent initialement dans des conjonctions mathématiques et des équations complexes, sont instantanément comprises avec une image contenant à elle seule toute l'information nécessaire à travers une série de pixels ordonnés. Quelques photographies peuvent expliquer l'éthologie d'un être vivant microscopique et résumer facilement ce qui, dans un livre spécialisé, nécessiterait un chapitre entier.

La connexion et la déconnexion de l'homme à la nature ont été racontées dans des récits photographiques qui ont suscité l'admiration ou la désolation selon la manière dont nous gérons notre relation à notre Terre nourricière. Un sujet, une idée et un moyen d'expression, voilà tout ce dont nous avons besoin depuis des millénaires pour capturer et partager notre passage éphémère sur Terre, ce que nous appelons « la vie ».

Olivier Dangles

Institut de recherche pour le développement

Rafael E. Cárdenas

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

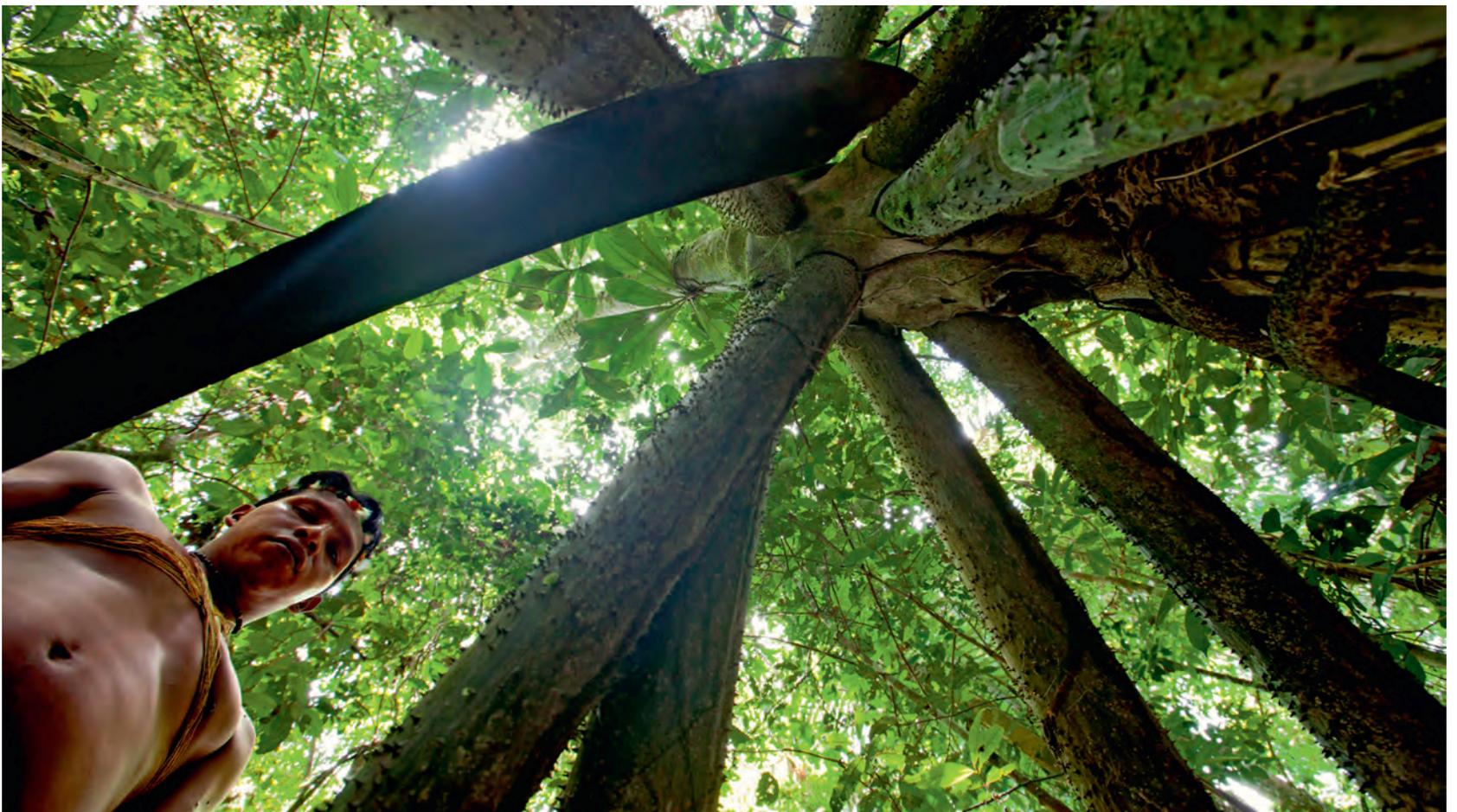


Rencontre de deux mondes. Pour un reptile comme l'iguane marin des Galápagos (*Amblyrhynchus cristatus*), une visite humaine est un événement quotidien. Pour les touristes, il s'agit peut-être d'un moment unique qu'ils cherchent désespérément à immortaliser par la photographie, ainsi que dans les profondeurs de leur mémoire. Ces deux modes de mémorisation d'un moment commun serviront à partager et à faire vivre à d'autres leur expérience inhabituelle.

Île de Santiago, Galápagos, Équateur © Puce/R. E. Cárdenas

Indien waorani et palmier (*Socratea exorrhiza*). Plusieurs approches mathématiques ont été développées afin de quantifier la relation entre populations et environnement. L'une d'elles, appelée équation $I = P \times A \times T$, stipule que l'impact environnemental de la population humaine (I) peut être décrit comme le produit de trois facteurs : la taille de la population (P) ; l'« appétit » de la population dans la consommation des ressources (A) ; et le facteur technologique (T) qui définit l'impact environnemental par unité de consommation. Cette photo est construite autour des trois variables de cette équation.

Équateur © IRD/O. Dangles, F. Nowicki/Une autre Terre





© naturexpose.com/O. Dangles et F. Nowicki

La plupart des photos de cet ouvrage sont issues de la photothèque de l'IRD qui rassemble près de 80 000 photographies prises par les scientifiques de l'IRD sur le terrain de leurs recherches en Afrique, Asie, Amérique latine, Méditerranée, Moyen-Orient, Océanie et dans les Outre-mer. Ce patrimoine iconographique unique est en libre accès sur : <https://multimedia.ird.fr/>

Les textes de cet ouvrage s'appuient sur les publications suivantes :

- IRD Le Mag (<https://lemag.ird.fr/fr>) ;
- *Science et développement durable. 75 ans de recherche au Sud*. Marseille, IRD Éditions, 2019 ;
- *Biodiversité au Sud. Recherches pour un monde durable*. Marseille, IRD Éditions, 2020.

Photogravure : IGS-CP

Achévé d'imprimer
sur les presses de l'imprimerie Escourbiac, Graulhet, France
sur papier Gardapat Bianka (135 g)

Dépôt légal : octobre 2024

Comment la recherche contribue-t-elle au développement durable des Suds ?
Ce livre met en lumière 80 avancées scientifiques majeures qui répondent
aux multiples défis qu'affrontent les pays des régions méditerranéennes et
tropicales à l'heure de la mondialisation.

Illustré de magnifiques photos prises sur tous les continents par des chercheurs de l'IRD et des photographes du monde entier, il offre un passionnant voyage au cœur des grands enjeux du monde contemporain que sont la lutte contre les changements climatiques, la prévention des pandémies, l'anticipation des risques, la préservation de la biodiversité, ou encore le combat contre les inégalités et pour une plus grande justice sociale. Au fil de ce parcours, des scientifiques et des acteurs du développement font entendre leur voix sur le rôle indispensable d'une recherche interdisciplinaire pour construire collectivement un futur souhaitable.

Destiné à un large public, cet ouvrage, publié à l'occasion du 80^e anniversaire de l'IRD, se veut l'illustration d'une science engagée au Nord comme au Sud sur tous les fronts du développement durable.

