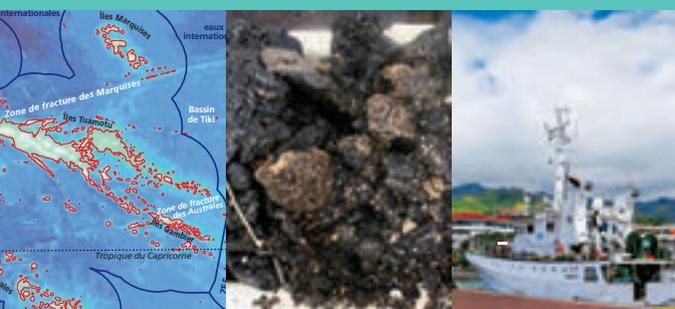


Les ressources minérales profondes en Polynésie française



Deep-sea mineral resources in French Polynesia

Sous la direction de
Pierre-Yves LE MEUR

Experts coordonnateurs
**Pierre COCHONAT, Carine DAVID,
Vincent GERONIMI, Sarah SAMADI**



Institut de recherche
pour le développement

**Les ressources
minérales profondes
en Polynésie française**

Les ressources minérales profondes en Polynésie française

Sous la direction de Pierre-Yves LE MEUR

Experts coordonnateurs :
Pierre COCHONAT, Carine DAVID,
Vincent GERONIMI, Sarah SAMADI

*Expertise collégiale réalisée par l'IRD
à la demande de l'État et de la Polynésie française*

IRD Éditions
INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT

Marseille, 2016

Coordination éditoriale
Laure Vaitiare André

Traduction en anglais
Technicis

Maquette couverture
Michelle Saint-Léger

Maquette intérieure et mise en page
Aline Lugand – Gris Souris

Interactivité et duplication clé USB
Poisson soluble/Giga services

Coordination fabrication
Catherine Plasse

Pour citer cet ouvrage :

LE MEUR P.-Y., COCHONAT P., DAVID C., GERONIMI V., SAMADI S. (coord.), 2016 – *Les ressources minérales profondes en Polynésie française*. Marseille, IRD Éditions, coll. Expertise collégiale, bilingue français-anglais + tahitien, 288 p. + clé USB.

La loi du 1er juillet 1992 (code de la propriété intellectuelle, première partie) n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans le but d'exemple ou d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article L. 122-4). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon passible des peines prévues au titre III de la loi précitée.

© IRD, 2016

ISSN : 1633-9924

ISBN : 978-2-7099-2191-6

Composition du collège des experts

Président :

Pierre-Yves LE MEUR, anthropologue, IRD

Experts du collège et coordonnateurs des axes

Pierre COCHONAT, géologue-géosciences marines, ex-Ifremer

Carine DAVID, juriste, université de la Nouvelle-Calédonie

Vincent GERONIMI, économiste, université de Versailles St-Quentin

Sarah SAMADI, biologiste, Muséum national d'histoire naturelle

Experts du collège

Nicholas ARNDT, géochimiste, université de Grenoble Alpes

Tamatoa BAMBRIDGE, anthropologue, CNRS

Patrice CHRISTMANN, géologue-stratégie des ressources minérales, BRGM

Christian JOST, géographe, université de la Polynésie française

Antonino TROIANELLO, juriste, université de la Polynésie française

Pour l'appui à ses travaux,
le collège a bénéficié de la contribution de :

Experts consultés

Henri BOUGAULT, géochimiste-géosciences marines, ex-Ifremer

Julien DENEGRE, ingénierie sous-marine, Technip/Forsys Subsea

Benoît LOUBRIEU, cartographe-traitement des données, Ifremer

Géraud MAGRIN, géographe, université Paris-I Panthéon Sorbonne,
relecteur scientifique du rapport de synthèse

Organisation en Polynésie française

Marc TAQUET, représentant de l'IRD en Polynésie française

IRD, département Mobilisation de la recherche et de l'innovation pour le développement

Laure Vaitiare ANDRÉ, coordinatrice de projet expertise collégiale

Danielle GRANIER, chargée des ressources documentaires

Carmen PELLET, assistante administrative

Sylvain ROBERT, ancien responsable du service de l'expertise

Nestor ODJO, chef du service innovation, expertise et valorisation

Sarah MARNIESSE, directrice du département

Sommaire

La clé USB jointe regroupe la version numérique de cet ouvrage et l'intégralité des contributions des auteurs.

▶ L'expertise collégiale à l'IRD : objectifs et méthodes	9
▶ Préfaces	13
▶ I. Résumé exécutif	15
▶ en français	17
▶ en tahitien	23
▶ II. Recommandations	29
▶ III. Synthèse	53
Introduction	
▶ Enjeux et logique de cette expertise	55
▶ 1. Phases et enjeux clés d'un projet minier	67
▶ 2. Connaissance de la ressource et des milieux : une approche plurielle	79
▶ 3. Économie de la ressource et soutenabilité du développement : scénarios	89
▶ 4. Campagnes de recherche et développement technologique	103
▶ 5. Enjeux et dispositifs de gouvernance	117
Conclusion	
Les enjeux d'une politique de valorisation des ressources minérales sous-marines	129
▶ Bibliographie sélective	133
▶ Annexes	139
▶ Version anglaise	151

■ Contributions intégrales des experts clé USB

- ▶ Axe I. Connaissances, représentations et économie de la ressource
- ▶ Axe II. Capacités de gouvernance : règles, responsabilités, acteurs
- ▶ Axe III. Enjeux technologiques de l'exploration et de l'exploitation
- ▶ Axe IV. Enjeux environnementaux de l'exploration et de l'exploitation
- ▶ Axe V. Enseignements tirés d'autres projets miniers sous-marins

L'expertise collégiale à l'IRD : objectifs et méthodes

L'Institut de recherche pour le développement (IRD) est un établissement public français à caractère scientifique et technologique, placé sous la double tutelle des ministères chargés de l'enseignement supérieur et de la recherche, et des affaires étrangères et du développement international.

Au titre de ses missions d'établissement public scientifique et technologique, l'IRD s'emploie à assurer le « développement d'une capacité d'expertise et d'appui [...] aux politiques publiques menées pour répondre aux défis sociétaux, aux besoins sociaux, économiques et du développement durable » (art. L 112-1 c bis du Code de la recherche). Depuis 2001, il se consacre à cette mission au bénéfice des pays du Sud et de l'outre-mer tropical français sous la forme d'expertises scientifiques collectives dites « Expertises collégiales ».

Les expertises collégiales sont réalisées sur les questions de grande ampleur qui intéressent les pays du Sud et leur développement, via une démarche partenariale de co-construction avec une autorité commanditaire de niveau politique. Par l'approche globale et pluridisciplinaire qu'elles adoptent pour analyser les connaissances scientifiques les plus récentes se rapportant au sujet et au contexte local, elles permettent de produire une vision consolidée des enjeux et d'aboutir à des conclusions et recommandations précises.

L'expertise collégiale à l'IRD : un instrument spécifique

L'expertise collégiale est fondamentalement un exercice de transposition de la connaissance scientifique vers la sphère des décideurs et dirigeants. En bref, elle intéresse ceux dont la fonction est, dans leur institution, de décider ou d'organiser la décision au profit de la collectivité : un ministère, une agence, une organisation sous-régionale ou internationale. À la demande de l'autorité commanditaire et en réponse à une liste de questions initiales, l'expertise collégiale a pour objet de fournir une vision consolidée, globale et complète des enjeux soulevés par un sujet déterminé, aboutissant à la production d'une série de conclusions et recommandations.

Ainsi conçue, elle se traduit toujours par :

- une relation contractualisée avec l'autorité commanditaire, sur le fondement d'une liste de questions initiales et d'un financement *ad hoc* ;
- la délimitation d'un questionnement à enjeux multiples, d'une portée nationale ou régionale, qu'une approche monodisciplinaire ne pourrait aborder seule ;
- la mise en place d'un collège paritaire nord-sud et pluridisciplinaire d'experts issus de différentes communautés scientifiques et institutions de recherche, recrutés pour leur compétence individuelle et leur reconnaissance sur le sujet soumis à l'expertise ;
- la réalisation d'une synthèse de l'ensemble des connaissances scientifiques et techniques disponibles, favorisée par un croisement des approches ;
- la formulation de conclusions et recommandations destinées à éclairer la décision ou l'action publique.

L'expertise collégiale est réalisée en relation étroite avec des processus ou mécanismes de prise de décision, le plus souvent dans le domaine des « politiques publiques » de la compétence des États ou d'autorités sous-régionales. En cela, elle se différencie de l'activité de production de connaissance scientifique *stricto sensu*. L'indépendance et la responsabilité solidaire du collège des experts doivent pouvoir se conjuguer avec les exigences de l'autorité commanditaire et les courts délais de remise des livrables.

Instrument original de valorisation de la recherche et d'appui aux politiques publiques, elle contribue véritablement à « faire parler » la recherche, en l'ancrant dans un contexte où elle vient clairement en réponse à une demande.

L'instruction du projet : critères et méthode

Au stade initial, il s'agit d'instruire la demande exprimée ou identifiée, puis de la préciser jusqu'à aboutir à la formalisation d'une commande claire. Lorsque cette étape est franchie, le service dédié de l'IRD approfondit l'examen du projet et l'engage dans le processus « expertise collégiale » au vu des trois critères principaux habituellement retenus :

- identification claire du besoin du demandeur et des processus décisionnels engagés ;
- recours jugé central et indispensable, au regard des politiques publiques concernées, à une synthèse des connaissances scientifiques et techniques pour éclairer, évaluer et analyser les enjeux en présence ;
- existence d'une littérature (scientifique, publiée ou grise) suffisante sur le sujet et de données accessibles.

Ces points sont vérifiés autant que possible en amont, par recoupement d'informations, exploitation des sources et établissement de contacts directs sur place. Lorsque l'un de ces trois critères fait défaut, l'IRD s'accorde le droit de ne pas donner suite.

La réalisation d'une expertise collégiale

Telle que conçue et mise en œuvre à l'IRD, l'expertise collégiale relève d'un modèle méthodologique bien éprouvé, certifié ISO 9001:2008. Elle s'appuie sur un ensemble de normes, règles et pratiques, qui sont régulièrement actualisées au gré des travaux produits.

Le service Innovation, expertise et valorisation de l'IRD pilote en propre l'ensemble des opérations du processus « expertise collégiale » : animation générale du processus, recrutement des experts, liaison avec le comité de pilotage, préparation des trois réunions plénières du collège des experts, organisation des missions, constitution du corpus documentaire, gestion intégrée du cycle de production documentaire, coordination éditoriale, traduction, édition de l'ouvrage dans la collection dédiée. Ces phases successives sont menées en relation étroite avec l'autorité commanditaire et le réseau diplomatique français, avec l'appui logistique de la représentation de l'IRD implantée dans le pays concerné.

Toute expertise collégiale débute officiellement à compter de la signature de la convention par les parties (autorité commanditaire, bailleur de fonds, IRD). Les accords, recrutements, installations d'instances, modalités de travail, etc., sont conclus dans la période qui suit. Les termes exacts des questions liées à la commande sont définis lors de l'« atelier initial », temps d'échanges approfondis entre l'autorité commanditaire, les partenaires invités, les experts conviés et, le cas échéant, les diverses parties prenantes. Il importe, en effet, d'explicitier les attendus des uns et des autres et de délimiter clairement ce qui peut être traité d'un point de vue scientifique et ce qui ne saurait l'être. Certaines questions ou interrogations, sans nul doute cruciales aux yeux de la décision politique, ne peuvent être traitées en leur état. Il convient donc de les reformuler, voire de les écarter. Le contexte politique et les processus décisionnels engagés sont, pour leur part, pleinement considérés.

À compter de l'atelier initial puis de l'installation du collège des experts, les travaux sont conduits durant une période d'un an sous la responsabilité du président du collège et de la coordination scientifique qui l'entoure, avec l'appui du service dédié. Un comité de pilotage est constitué par ailleurs, à l'initiative

de l'autorité commanditaire. Il est chargé de suivre l'avancement des travaux du collège, de lui faire part de ses éventuelles observations et de préparer les conditions d'une bonne appropriation des conclusions et recommandations issues des travaux. Au terme de l'expertise, le rapport final remis à l'autorité commanditaire est présenté à l'occasion d'une restitution publique.

Ce rapport est, enfin, publié aux éditions de l'IRD dans la collection *Expertise collégiale*. L'ouvrage, rédigé dans une écriture accessible et en version bilingue, rassemble le résumé exécutif, les recommandations et la synthèse issus des travaux du collège des experts. Une clé USB attachée à l'ouvrage rassemble par ailleurs le texte intégral des contributions des experts dans une présentation interactive, à l'attention d'un public plus averti ou curieux.

Lionel BEFFRE

Haut-commissaire de la République en Polynésie française

Édouard FRITCH

Président du Gouvernement de la Polynésie française

Les ressources minérales marines profondes sont devenues un enjeu international majeur, plus particulièrement pour les pays et territoires de l’océan Pacifique. L’étendue de la zone économique exclusive de la Polynésie française (5 millions de kilomètres carrés) a conduit les scientifiques et les décideurs publics à s’interroger sur l’importance de ces ressources et leur valorisation.

Il convenait d’en évaluer plus précisément le potentiel, au regard notamment de la raréfaction de certains métaux indispensables au développement des nouvelles technologies et de l’épuisement des ressources minérales continentales.

C’est dans ce contexte que, en 2015, l’État et le Pays confiaient à l’Institut de recherche pour le développement la réalisation d’une expertise collégiale pluridisciplinaire et internationale sur les ressources minérales marines profondes et les conditions envisageables de leur exploitation.

La lumière est désormais faite sur l’état des connaissances de la ressource et les opportunités économiques, avec une réelle objectivité scientifique.

Le rapport d’expertise confirme en effet que la Polynésie française dispose d’un potentiel d’exploitation de classe mondiale concernant les encroûtements cobaltifères, qui ne doivent pas être confondus avec les « terres rares ».

En tout état de cause, le chemin parvenant jusqu’à une éventuelle exploitation est encore long et passera nécessairement par une phase d’exploration. Les experts ont ainsi exposé dans cette étude les nombreuses étapes qui devront jaloner la valorisation industrielle des ressources minérales.

Enfin, la mise en place d’une filière économiquement viable nécessitera également de garantir la préservation des écosystèmes et les usages socio-économiques et culturels de l’espace marin.

Autant d’enjeux que devront satisfaire les actions et partenariats que la Polynésie française, en pleine compétence, décidera d’engager pour poursuivre ces recherches avec le soutien de l’État.

Jean-Paul MOATTI

Président-directeur général de l'IRD

L'État et la Polynésie française ont fait l'honneur de confier à l'IRD la réalisation de sa quatorzième expertise collégiale sur le thème des ressources minérales marines profondes en Polynésie française, sujet sensible tout autant que décisif au regard des enjeux de développement du Pays.

La Polynésie française se caractérise en effet par une immense zone économique exclusive, représentant à elle seule la moitié de la vaste zone maritime française. Les enjeux de conservation et d'exploitation durable des océans, des mers et des ressources marines, en référence à l'objectif 14 du nouvel agenda onusien du développement durable, y sont prégnants. Il est nécessaire de produire des connaissances et des technologies innovantes pour proposer des solutions de valorisation bien adaptées au contexte culturel, socio-environnemental, économique et politique de la Polynésie française. C'est précisément dans cet esprit qu'a été conduite cette expertise.

Je me réjouis que cet exercice exigeant ait pu être mené avec autant d'implication et d'enthousiasme par un collègue multidisciplinaire d'experts – anthropologues, économistes, biologistes, géographes, juristes, spécialistes des géosciences et des technologies – démontrant une fois de plus toute la fécondité de l'interdisciplinarité et la richesse d'une synthèse formalisée et collégiale, synthèse aussi bien des connaissances établies que des incertitudes scientifiques qui persistent sur un sujet donné.

La commande conjointe de cette expertise par l'État et le Pays constitue, en soi, un signe de convergence vers une vision partagée et je me réjouis de la validation conjointe des conclusions et recommandations, qui constituent désormais le socle sur lequel débattre et bâtir des politiques publiques éclairées.

Merci aux commanditaires et aux contributeurs pour cette collaboration fructueuse qui illustre, une fois de plus, combien science et politiques publiques peuvent, à condition de dialoguer ensemble, faire bouger les lignes et contribuer de manière décisive au développement durable et humain des territoires.

Résumé exécutif I

Objectif et approche

La réalisation par l'Institut de recherche pour le développement (IRD) de cette expertise collégiale répond à la demande conjointe du gouvernement de la Polynésie française et de l'État français. L'objectif était de faire un état des lieux des connaissances sur les minéralisations sous-marines profondes en Polynésie française pour évaluer l'opportunité de développer une filière de valorisation et effectuer des recommandations précises en la matière, dans un contexte qui doit être caractérisé à plusieurs niveaux.

Le contexte international est marqué par le regain de l'intérêt pour l'accès aux ressources minérales marines sur fond de tendance à la hausse de la demande en matières premières minérales, malgré des prix à la baisse depuis le pic de 2008. Cet intérêt est aussi marqué par des préoccupations d'ordre géostratégique.

Le contexte polynésien est quant à lui déterminé par la recherche d'alternatives économiques durables après la fin de la rente nucléaire et par le double enjeu de la valorisation/préservation d'une zone économique exclusive (ZEE) immense qui représente 50 % de la ZEE française, elle-même la deuxième mondiale.

La demande initiale s'est construite autour d'un paradoxe apparent. D'une part, l'existence de ressources minérales sous-marines devait être confirmée, qualifiée, évaluée, dans une optique de valorisation de ces ressources et de développement économique du pays. D'autre part, il fallait désamorcer l'éventuel fantasme du trésor enfoui sous la mer et dont l'exploitation constituerait la panacée aux difficultés socio-économiques que traverse le pays. Cette tension productive a balisé le travail du collège, l'invitant à toujours regarder les choses sous ces deux angles.

L'expertise a réuni dix experts *intuitu personae* dans une logique interdisciplinaire afin de couvrir l'ensemble des enjeux constitutifs de la question minière sous-marine : anthropologie, biologie, droit, économie, géographie, géosciences, technologie. Les experts ont eu à répondre à une vingtaine de questions organisées en quatre axes thématiques et un axe transversal :

- I. Connaissances, représentations et économie de la ressource ;
- II. Capacités de gouvernance : règles, responsabilités, acteurs ;
- III. Enjeux technologiques de l'exploration et de l'exploitation ;
- IV. Enjeux environnementaux de l'exploration et de l'exploitation ;
- V. Enseignements tirés d'autres projets miniers sous-marins.

Diagnostic

Sur la base d'une revue extensive de la littérature scientifique et de la littérature grise, d'analyses comparatives et d'une série d'entretiens et de réunions avec des acteurs publics et privés concernés par les ressources minérales sous-marines profondes, le collège des experts a abouti à un diagnostic nuancé. Il souligne le potentiel de classe mondiale des encroûtements polymétalliques riches en cobalt de la ZEE de la Polynésie française ; relève les risques spécifiques associés à leur mise en valeur ; insiste sur la nécessité de développer les connaissances, encore insuffisantes ; recommande d'élaborer et de mettre en œuvre une politique de valorisation de ce potentiel.

Potentiel de classe mondiale des encroûtements cobaltifères

Parmi les formations minérales marines profondes, nodules polymétalliques, boues riches en terres rares, amas sulfurés, encroûtements polymétalliques, seuls ces derniers et à un moindre degré les nodules, présentent un intérêt potentiel en Polynésie française. Il s'agit d'encroûtements situés entre 800 et 4 000 m de profondeur, riches en cobalt et contenant d'autres métaux intéressants (nickel, manganèse, titane, platine...) situés dans des zones de monts sous-marins à faible sédimentation. La présence de phosphorite dans le substratum des encroûtements a été constatée, et elle pourrait aussi être exploitée. Les zones les plus prometteuses sont localisées dans les zones nord-est et sud-ouest du plateau des Tuamotu, et secondairement vers la chaîne des monts sous-marins Tarava au sud des îles de la Société.

Incertitudes et risques spécifiques associés à leur mise en valeur

Les critères d'âge, de profondeur, de pente, de surfaces et d'épaisseur d'encroûtements doivent être croisés avec d'autres paramètres. Ils concernent tout d'abord les écosystèmes environnants, à savoir tous les compartiments de la colonne d'eau depuis le fond jusqu'à la surface, ainsi que les milieux avec lesquels ils sont connectés via les chaînes trophiques et les cycles de vie des organismes. L'originalité des organismes (endémisme et spécialisation écologique), mais aussi la vulnérabilité et la résilience de ces milieux, sont très mal connues et les impacts d'une activité minière sous-marine par conséquent impossibles à prévoir pour l'instant. Par ailleurs, les reliefs sous-marins sont bien connus des pêcheurs, car ils correspondent à des zones de concentration des organismes pélagiques et des prédateurs. La question des usages et des représentations culturelles des espaces marins hauturiers, souvent hâtivement

assimilés à une *mare nullius*, doit donc être prise en compte, dans une logique d'acceptabilité et de consentement des populations. Enfin, l'équation technique et économique de la valorisation du potentiel minier sous-marin comporte de nombreuses inconnues, c'est donc une approche par scénarios qui est privilégiée ici.

Urgence de développer les connaissances

La mise en évidence d'un fort potentiel minéral sous-marin doit être assortie de précautions importantes. D'une part, la connaissance de ce potentiel reste trop fragmentaire pour permettre une décision quant à sa valorisation, que ce soit du point de vue de la localisation fine, des teneurs, des surfaces, des épaisseurs ou de la microtopographie de ces encroûtements. D'autre part, il subsiste de grandes lacunes dans la connaissance des écosystèmes susceptibles d'être perturbés par l'exploitation (état zéro de l'environnement, répartition spatiale de la biodiversité, évolution des caractéristiques physico-chimiques des eaux, courantologie, pollution par panache, résilience des habitats en cas de destruction...). Il est nécessaire de lancer très rapidement des campagnes d'exploration scientifique d'ampleur pour combler ces déficits et construire les choix politiques. Il y a également des lacunes en matière technologique concernant l'exploration (technique de microforage à développer) et aussi l'exploitation (les recherches et développements déjà menés par ailleurs pour l'exploitation des nodules et des amas sulfurés ne sont que partiellement adaptables aux encroûtements : les questions de broyage et de prélèvement du minerai sont spécifiques).

Besoin d'une politique de valorisation explicite et adaptée

Définir, dès l'amont, une politique explicite et adaptée en matière de valorisation du patrimoine minéral sous-marin de la Polynésie française, est fondamental. La situation est idéale à cet égard dans la mesure où il n'existe pour l'instant aucune activité minière sous-marine et qu'aucun permis d'exploration n'a encore été accordé en Polynésie française. Cela laisse le temps d'élaborer une politique originale, adaptée aux réalités du pays et intégrant la participation des populations. La prise en compte des représentations et pratiques culturelles de l'environnement abritant la ressource aidera à mieux saisir et anticiper les réactions des populations concernées. En parallèle, il est essentiel de commencer dès maintenant à construire le cadre institutionnel et les orientations stratégiques de cette politique, dans une logique évolutive et en s'appuyant sur l'acquisition de connaissances complémentaires de celles qui existent actuellement. Il est également nécessaire de trancher rapidement la question de la répartition de

la compétence en matière d'exploration et d'exploitation des fonds marins polynésiens. La législation faisant actuellement référence à une compétence résiduelle de l'État s'agissant des « métaux stratégiques » et ceux-ci étant cantonnés aux substances nécessaires à l'énergie atomique et aux hydrocarbures liquides et gazeux, on peut considérer qu'en l'état actuel des minerais identifiés dans les fonds marins polynésiens, la compétence résiduelle de l'État ne trouve pas à s'exprimer. Au final, il s'agit pour le pays de se mettre en « ordre de marche » et d'anticiper le montage de projets miniers, du point de vue des compétences et des dispositifs politico-administratifs. Dans cette perspective, l'ensemble des recommandations listées ci-dessous participe de la construction d'une politique publique adaptée.

Recommandations

Les termes de référence de cette expertise collégiale placent la question des recommandations au centre de la commande. Pour saisir à plein cette opportunité, le collège a opté pour une liste limitée de 9 recommandations articulées dans le cadre d'une séquence logique cohérente. Chacune d'entre elles est construite selon un schéma commun (justification/pertinence, horizon temporel, propositions d'actions, conditions et contraintes), qui est développé dans la partie recommandations, à la suite de ce résumé exécutif.

Les recommandations du collège sont les suivantes :

- R1 **Construire un système d'information** afin de mettre en cohérence et organiser l'accès aux données existantes ;
- R2 **Réaliser des campagnes d'exploration**, la production de connaissances nécessitant le développement de **technologies adaptées** ;
- R3 **Définir la stratégie de développement d'une filière sous-marine ou bien décider d'y renoncer**, sur la base d'un travail de combinaison des données acquises avec des scénarios technico-économiques affinés et des premières consultations.

La suite dépend du choix qui est fait à ce stade. S'il est décidé de développer la filière, le collège recommande les actions suivantes :

- R4 **Associer les parties prenantes et organiser les dispositifs de gouvernance** suffisamment en amont et dans une logique participative ;
- R5 **Inscrire le pays dans les dynamiques régionales, européennes et internationales** de coopération, de recherche et d'innovation dans le domaine des ressources minérales profondes ;

- R6 **Réaliser des programmes de recherche et de développement technologique** pour l'exploration, l'exploitation et la métallurgie ;
- R7 **Construire des dispositifs administratifs et réglementaires efficaces et attractifs** pour le développement d'un secteur minier sous-marin ;
- R8 **Définir les normes de sélection, de suivi et d'évaluation des projets miniers** à des fins de contrôle et de transparence dans la communication publique ;
- R9 **Organiser le suivi et l'évaluation de la politique des ressources minérales sous-marines** pour mesurer ses effets et envisager, le cas échéant, des réorientations.

Ha'apotorā'a parau

Te fā e te ravera'a

E pāhonora'a te tuatāpapara'a 'amui e ha'apa'ohia mai e te Pū o te mā'imira'a nō te fa'ahotura'a (IRD), i te anira'a 'āmui a te fa'aterera'a o Pōrīnetia farāni e a te Hau farāni. Te fā, o te fa'ata'ara'a ia i te huru o te 'ite i roa'a i ni'a i te mau repo pa'ari mīnera i raro i te moana hāhano i Pōrīnetia farāni nei nō te fāito atu i te fāna'o nō te fa'ahotu i te tahi ha'afaufa'ara'a e, nō te hōro'a i te mau mana'o pāpū i ni'a i taua tuha'a ra, i roto i te tahi tupura'a e au ia fa'ata'ahia i ni'a i te mau 'āna'ira'a e rave rahi.

I roto i te tupura'a o te mau fenua o te ao nei, ua ho'i fa'ahou mai te 'ana'anatae o te rahira'a i ni'a i te fāna'ora'a i te mau puna repo pa'ari mīnera i raro i te moana, noa atu ē ua topa te moni o te ho'o mai te matahiti 2008 mai. Ua tāpa'o-ato'a-hia teie 'ana'anatae e te mau māna'ona'ora'a i te pae o te perera'a i te vaira'a o te repo.

Are'a i te pae o te fenua nei, tei roto o ia i te mā'imira'a i te mau fa'arava'ira'a faufa'a tauroa mono i muri mai i te hopera'a atu te moni paura 'atomi e, i te perera'a rua o te ha'afaufa'ara'a/pārurura'a i te area fa'arava'ira'a faufa'a fa'ata'ahia e te rahi hope (i parauhia ZEE) o tei nūmerahia i ni'a i te faito 50% o te ZEE o te fenua Farāni i roa'a iāna te tī'ara'a piti i te ao nei.

Ua ha'amauhia te anira'a mātāmua i ni'a i te tahi tāhaperā'a mana'o. Oia mau, i te tahi pae, e au te vaira'a o te mau repo pa'ari mīnera i raro i te moana ia ha'apāpūhia, ia fa'ata'ahia e ia fāitohia nō te hi'ora'a i te ha'afaufa'ara'a o taua mau puna faufa'a ra e te fa'ahotura'a fa'arava'ira'a faufa'a o te fenua. I te tahi atu pae, e au ia tātarahia te mana'o hāmani o te tahi faufa'a tāponi i raro i te moana, e, e riro te ha'afaufa'ara'a i te reira ei pāhonora'a nō te mau fifi fa'arava'ira'a faufa'a e fa'aruruhia nei e te fenua. Ua tā'oti'a ra taua taura ne'ira'a nei i te 'ohipa a te 'āmuitahira'a ano'ite, ma te tītau tu'utu'u 'ore iāna ia hi'o i te mau mea i raro a'e i nā tara e piti nei.

Ua 'āmuihia nō te mātutura'a hō'ē 'ahuru rahira'a feia 'aravihi i feruri mai ia au i te tuha'a o tōna 'aravihira'a ia roa'a i te pū'ohu i te tā'ato'ara'a o te mau perera'a o te uira'a i ni'a i te repo pa'ari mīnera i raro i te moana : te 'ihita'ata, te 'ihiora, te tī'amanara'a, te fa'arava'ira'a faufa'a, te ihi anoa fenua, te 'ihifenua, te 'ihianoha'a. Ua tītauhia te feia 'aravihi ia pāhono i nā uira'a e piti 'ahuru tī'ahapa i fa'aineinehia ia au i nā tumu parau e maha, e hō'ē tumu parau arata'ira'a mana'o :

- I. Te mau 'ite, te mau fa'ahōho'ara'a e te fa'arava'ira'a faufa'a o te puna faufa'a ;
- II. Te roa'ara'a i te fa'atere : te mau fa'aturera'a, te mau amouta'a, te feia 'ohipa ;
- III. Te mau perera'a 'ihianoha'a o te mā'imira'a e te ha'afaufa'ara'a ;
- IV. Te mau ha'api'ira'a i tāpe'ahia mai i ni'a i te vetahi mau 'ōpuara'a mā'imira'a repo pa'ari mīnera i raro i te moana.

'Itera'a

Ia au i te pāpa'ira'a a te tahi ve'a pāpa'i a te mau 'eivana'a e a te feia mā'imi, te mau tuatāpapara'a fa'aaui mana'o e, te pu'era'a tāu'ara'a mana'o e te mau putuputura'a e te mau ta'ata 'itehia e tei 'ore i 'itehia i 'ati mai i ni'a i te parau o te mau faufa'a repo pa'ari mīnera i raro i te moana hohonu, ua roa'a mai i te 'amuitahira'a ano'ite i te tahi faito 'ite. Tē fa'ahiti ra teie pupu ta'ata i te faito teitei o te vaira'a o te mau repo pa'ari mētara rau 'i i te 'āuri tuoi i te area fenua ZEE o Pōrīnetia farāni ; e tē fa'ata'a ato'a ra i te mau 'atitae ta'a'ē i 'āpitihiā i tō rātou ha'afau'ara'a ; tē onono ra i ni'a i te faufa'a o te fa'ahotura'a i te 'ite, rava'i 'ore ā ; tē tītua ra ia ha'amauhia e ia fa'a'ohipahia te tahi porītita ha'afau'ara'a i taua maita'i ra.

Faufa'a hotu faito teitei o te mau repo pa'ari mētara rau'i i te 'auri tuoi.

I rotopū i te mau repo mīnera i raro i te moana hāhano, te mau poroporo mētara rau, te vari 'i i te repo varavara, te mau ha'apu'era'a tutae pere, te mau repo pa'ari mētara rau, teie noa mau repo pa'ari hōpe'a nei e te mau poroporo mētara rau, mea iti mai ra, te faufa'a 'ana'anataehia e Pōrīnetia farāni. E mau repo pa'ari teie e vai ra i te hōhonura'a e 800 ē 4 000 metera, 'i i te tōpara e te mau mētara faufa'a 'ē atu (mai te repo ma'atea, te manatanete, te tītana, te paratina...) i roto i te mau area mou'a i raro i te moana aita re'a e para i reira. Ua 'itehia te repo tīpura i roto i te niu o te mau repo pa'ari, e tano roa rātou ia ha'afau'ahia. Ua 'itehia i roto i te area 'apato'erau-hiti'a e 'apato'a-to'o'a o te mou'a moana o te Tuamotu, e te tahi vāhi, mea iti ra, i te pae mou'a moana Tarava i te pae 'apato'a o te mau motu Tōtaiete.

Pāpū'ore e te ro'ora'a'ati ta'a'ē 'āpitihiā i tō rātou ha'afau-fa'ara'a

E au te mau tītaura'a i te pae o te matahiti, te hōhonura'a, te tahara'a, te rahira'a e te me'ume'ura'a o te repo pa'ari ia fa'aauihia i te vetahi mau tītaura'a 'ē atu. Nā mua roa te parau o te fa'anahora'a arutaimareva e ha'ati mai, oia ho'i te mau 'opiha ato'a o te pou pape mai raro mai i te moana e tae atu i te iriatai, ē haere roa i te mau vāhi e 'atira'a tō rātou i reira, nā roto atu i te mau puna vaira'a mā'a e te mau 'ohura'a o te orara'a o te mau āora. Te ta'a'ēra'a o taua mau āora ra (nō reirara'a, e fa'anahora'a ta'a'ē o te 'ihiheiora), e tae atu te paruparura'a e te fa'aūra'a o taua mau vāhi ra, aita te reira i pāpūhia, e nō reira eita e roa'a i te hi'o atea, i teie nei, i te fa'atupua a te tahi 'ohipa 'iritira'a mīnera i raro i te moana. I te tahi pae, ua 'ite maita'i te feia tautai i te anoa i raro i te moana nō te mea e vāhi rōtahira'a o te mau āora moana e te mau 'a'iora. E au ato'a te mau peu mātārohia, te mau fa'ahōhō'ara'a peu tumu o te mau area moana i tua, i fa'ariri

‘oi’oihia, i te pinepinera’a, ei moana faufa’a ‘ore, ia fāri’ihia, e roa’a mai ai i te huirā’atira ia pāturu mai. I roto i te tai’o o te mata’i e te fa’arava’ira’a faufa’a o te ha’afaufa’ara’a o te faufa’a mīnera i raro i te moana, mea rahi te mau mea aita e ‘itehia ra, nō reira mea maita’i ia hi’o tātuha’a.

Te rūra’a ia ha’amaita’i i te mau ‘ite

E au ia tāmarūhia te parau o te ha’afaufa’ara’a o te mau repo mīnera i raro i te moana. Nā mua roa e mau ‘ite tātuha’a noa tē vai nei e ti’a atu ai ia rave i te tahi fa’aotira’a i nī’a i tōna ha’afaufa’ara’a, i te pae anei o te pāpūra’a o tōna vaira’a, te mau maita’i i roto, te ‘ā’anora’a, te me’ume’ura’a e aore ra te hōhō’a fenua tavevo o taua mau repo pa’ari ra. Hau atu ā, e ‘ere rahi tē ‘itehia nei i roto i te fa’anahora’a arutaimareva e riro i te fa’ahuru’ēhia i te ha’afaufa’ara’a (vaira’a o te ‘ōmuara’a o te arutaimareva, te ‘aerera’a o te ‘ihiorarau, te nu’ura’a o te huru ihitumu e te hēmia o te pape, te ‘ihi’ōpape, te ha’avi’ivi’ira’a tāaroa, te fa’arurura’a a te mau mea ora ia tupu noa atu te nināra’a...). Mea faufa’a ia ha’amata te mau ‘eivana’a i te fāfā haere e roa’a mai ai te mau pāhonora’a i nī’a i te mau ‘ere rahi e vai nei e, rave atu ai i te tahi mau fa’aotira’a poritita. Tē vai ato’a nei te mau ‘ere i te pae ‘ihimata’i i nī’a i te fāfāra’a (e ha’amaita’i i te raverā’a o te houra’atavevo) e te ha’afaufa’ara’a (te mau mā’imira’a e te mau fa’ahotura’a i rave-’ē-hia na nō te ha’afaufa’ara’a o te mau poroporo mētara e te mau ha’apu’era’a tōferi, te tahi noa tuha’a tē tano i nī’a i te mau repo pa’ari : mea ‘ē ia te parau o te ha’aperehira’a e te ‘ohira’a mai i te mīnera.

E rave i te tahi poritita ha’afaufa’ara’a māramarama e te tano

Mea faufa’a ia fa’ata’a, i te ‘ōmuara’a ra, te tahi poritita pāpū e te tano i nī’a i te ha’afaufa’ara’a o te faufa’a tupuna mīnera i raro i te moana i Pōrīnetia farāni. Mea ateatea mai te fa’anahora’a nō taua pae ra i te mea aita ā te tahi ‘ohipa pāherura’a repo pa’ari i raro i te moana e te parau fa’ati’a fāfāra’a repo i hōro’ahia i Pōrīnetia farāni. E toe mai ā ia te taime au nō te ha’amau i te tahi poritita ta’a’ē fa’atanohia i nī’a i te mau mea e vai ra i te fenua nei, ma te fa’aō mai i te mau huirā’atira i roto. Nā roto i te feruri-ato’a-ra’a i nī’a i te mau fa’ahōhō’ara’a e te mau peu mātarohia i te pae o te arutaimareva i reira teie mau puna e vai ai, e tauturu maita’i mai te reira ia māramarama e ia hi’oatea i te mau mana’o o te mau huirā’atira e au mai. I te tahi a’e pae, mea faufa’a ia ha’amata i teiera’a ra i te patu i te ‘āua fa’aturera’a pāruu faufa’a huirā’atira e te mau ‘āvei’a perera’a pae poritita, i roto i te fa’anahora’a nu’u tāmau, ma tē tūru’i i nī’a i te mau ‘ite ‘āpī fa’arava’i i tei vai nei i teie mahana. Mea faufa’a ato’a ia fa’aoti ‘oi’oi i nī’a i te parau o te ‘ōperera’a i te mana fa’atere i te fāfāra’a e te ha’afaufa’ara’a o te mau repo fenua i raro i te moana i Porīnetia farāni. Tē fa’ahiti ra te fa’aturera’a i te tahi

toetoe'a mana o te Hau i ni'a i te mau « mētara faufa'a rahi », oia ho'i te mau mea e au nō te ito 'atomi e te mori e te māhu, e tano ra ia fa'ariro ē ia hi'ohia te huru o te mau mīnera e vai nei i raro i te moana i Pōrīnetia farāni, aita roa tō teie toetoe'a mana e parau i 'onei. Ei pū'ohura'a, e au i te fenua ia ha'amata « i te fa'ahaere » e ia hi'otatea i te patura'a o te 'ōpuara'a i ni'a i te mau mīnera, i te pae o te mana fa'atere e te mau fa'anahora'a poritita e te terera'a 'ohipa. Ia au i teie hi'ora'a, e ō atu ia te tā'ato'ara'a o te mau mana'o hōro'a i raro nei i roto i te patura'a o te tahi poritita huirā'tira tano maita'i.

Mana'o hōro'a

Tē tu'u nei teie fāfāra'a mana'o o te 'āmuitahira'a ano'ite i te parau o te mau mana'o hōro'a i te pū mau o te anira'a. E faufa'a roa ai teie fāna'o, ua mā'iti te 'āmuitahira'a ano'ite i te tahi tāpura mana'o i tā'oti'ahia i ni'a e 9 rahira'a mana'o hōro'a i fatuhia i ni'a i te tahi taura horora'a mana'o māramarama. Ua patuhia te mau mana'o hōro'a tāta'i tahi, ua ha'apa'arīhia e ua fa'ananeahia ia au i te tahi hōho'a arata'ira'a (ha'apāpūra'a/fa'atanora'a, te ne'era'a o te tau, te mau mana'o fa'atupu 'ohipa, te mau tītura'a e te mau fa'ahepora'a) i roto i te tuha'a Mana'o hōro'a.

Teie te mau mana'o hōro'a o te 'āmuitahira'a ano'ite :

- R1 E ha'amau i te tahi fa'anahora'a nō te ha'amāramaramara'a ia roa'a i te fa'atū'ati e te fa'anaho i te fa'afāna'ora'a o te mau tuatāpapara'a e vai nei ;
- R2 E haere e fāfā haere, i te rahi o te 'ite e roa'a ai i te ha'amaita'i i te 'iterave tano ;
- R3 E fa'ata'a i te fa'anahora'a o te fa'ahotura'a o te tahi 'ohipa i raro i te moana, e aore ra e fa'aoti eiaha e rave, i ravehia i ni'a i te fa'atū'ati'atira'a o te mau tai'o i roa'a mai i ni'a i te mau fa'anahora'a 'iterave e te fa'arava'ira'a faufa'a i fa'ahōhonuhia e te mau uiuira'a mana'o matāmua

Te mana'o i muri mai, tei te huru ĩa o te mā'itira'a i ravehia i teie vāhi. Mai te peu ua fa'aotihia e fa'ahotu teie 'ohipa, teie ĩa te mau mana'o o tā te 'āmuitahira'a ano'ite e hōro'a ra :

- R4 E 'āmui mai te mau pae ato'a e ō mai e, e fa'aineine te fa'aterera'a ;
- R5 E tāpa'o te fenua i roto i te mau fa'anahora'a o teie mau pae fenua, tō 'Europa, tō te ao nei, ia roa'a mai te 'ohipa torutahira'a i te pae o te 'āmuiira'a, te mā'imira'a e te fa'a'āpīra'a ;
- R6 E rave i te mau tāpura 'ohipa mā'imira'a e te fa'ahotura'a mata'ī nō te fāfāra'a, te ha'afaufa'ara'a e te 'ohipara'a i te mētara ;

- R7 E ha'amau i te mau fa'ahora'a terera'a 'ohipa e te fa'aturera'a 'ohie e te 'ana'anatae e au nō te fa'ahotura'a i te tahi tuha'a 'ohipa mīnera i raro i te moana ;
- R8 E fa'ata'a i te mau tītaura'a i te pae o te mā'itira'a, te 'āpe'era'a e te faitora'a i te mau 'ōpuara'a i ni'a i te mīnera ;
- R9 E fa'anaho i te 'āpe'era'a e te faitora'a o te poritita o te mau hotu mīnera i raro i te moana nō te faito i tōna mau hotu e te mau fa'atanotanora'a i muri mai (e ti'a roa ia tūra'i i te pae raro o te 'ohipa, ei hi'ora'a).

Recommandations II



Les termes de référence de cette expertise collégiale placent la question des recommandations au centre de la commande, bien loin de l'exercice un peu rituel et à la portée limitée auquel se réduit parfois le jeu des recommandations. Pour saisir à plein cette opportunité, il fallait éviter la « liste à la Prévert » et le collège des experts a opté pour une liste limitée de recommandations (9 au total) développées chacune selon un canevas harmonisé et déclinant de manière ordonnée et hiérarchisée les conclusions générales qui suivent.

Le collège des experts :

- souligne le potentiel de classe mondiale des encroûtements polymétalliques riches en cobalt de la ZEE de la Polynésie française ;
- relève les risques spécifiques associés à leur mise en valeur ;
- insiste sur la nécessité de développer les connaissances, encore insuffisantes ;
- recommande d'élaborer et de mettre en œuvre une politique de valorisation de ce potentiel.

La démarche proposée par le collège repose sur la reconnaissance du caractère fondateur de la définition en amont d'une politique explicite et adaptée en matière de valorisation du patrimoine minéral sous-marin de la Polynésie française. Cette définition doit toutefois s'inscrire dans une logique évolutive et s'appuyer sur des connaissances supérieures à celles qui existent actuellement et ont été recensées et analysées dans le cadre de cette expertise. Les trois premières recommandations, comprenant un travail sur les connaissances (R1¹, R2) et sur les scénarios technico-économiques (R3), constituent à cet égard les éléments qui vont nourrir la décision de se lancer ou non dans une politique minière sous-marine.

Sur la base de ces conclusions générales, le collège des experts **recommande** les actions suivantes :

- R1 **Construire un système d'information** afin de mettre en cohérence et organiser l'accès aux données existantes ;
- R2 **Réaliser des campagnes d'exploration**, la production de connaissances nécessitant le développement de technologies adaptées ;
- R3 **Définir la stratégie de développement d'une filière sous-marine ou bien décider d'y renoncer**, sur la base d'un travail de combinaison des données acquises avec des scénarios technico-économiques affinés et des premières consultations.

1. Pour plus de clarté et de concision, « Recommandation 1 » est abrégé en « R1 », etc.

La suite dépend du choix qui est fait à ce stade. S'il est décidé de développer la filière, le collège recommande les actions suivantes :

- R4 **Associer les parties prenantes et organiser les dispositifs de gouvernance** suffisamment en amont et dans une logique participative ;
- R5 **Inscrire le pays dans les dynamiques régionales, européennes et internationales** de coopération, de recherche et d'innovation dans le domaine des ressources minérales profondes ;
- R6 **Réaliser des programmes de recherche et de développement technologique** pour l'exploration, l'exploitation et la métallurgie ;
- R7 **Construire des dispositifs administratifs et réglementaires efficaces et attractifs** pour le développement d'un secteur minier sous-marin ;
- R8 **Définir les normes de sélection, de suivi et d'évaluation des projets miniers** à des fins de contrôle et de transparence dans la communication publique ;
- R9 **Organiser le suivi et l'évaluation de la politique des ressources minérales sous-marines** pour mesurer ses effets et envisager le cas échéant des réorientations.

Ces neuf recommandations sont articulées dans le cadre d'une séquence logique cohérente. Chacune d'entre elles est construite selon le schéma suivant :

- un argumentaire justifiant/développant sa place et sa pertinence ;
- son insertion dans un horizon temporel défini (court, moyen, long terme) ; elle peut en recouvrir plusieurs selon les actions proposées ;
- sa déclinaison en propositions d'actions spécifiques ;
- d'éventuels commentaires assortis de l'énoncé des contraintes et conditions inhérentes ;
- l'articulation des recommandations entre elles ;
- le renvoi aux contributions intégrales spécifiques qui les ont nourries et qui développent certains aspects.

Construire un système d'information

afin de mettre en cohérence et organiser l'accès aux données existantes

Justification

Le collège des experts a constaté les lacunes importantes dans la connaissance de la ressource et de son environnement. Ces lacunes concernent l'ensemble des données : géologiques, environnementales, administratives, juridiques, techniques, économiques, sociales... Avant tout lancement de nouvelles campagnes de recherche, il importe de faire le point sur les données existantes, de les localiser précisément, de les rassembler pour les mettre en cohérence et les rendre accessibles dans un système d'information.

Horizon temporel

Cette recommandation s'inscrit tout d'abord dans le temps court immédiat : la construction d'un système d'information et l'organisation de l'accès à ces données sont des préalables. Dans un second temps interviendra la question de maintenance, qui s'inscrit dans le temps long².

Propositions d'actions

- Développer et mettre en œuvre un système de métadonnées permettant de caractériser les documents et données existants, de les localiser. Ce travail peut s'inspirer des lignes-guides en matière de métadonnées et d'architecture des systèmes de données numériques publics définis dans le cadre de la Directive européenne 2007/2/CE, Directive *Inspire*³, afin d'assurer l'interopérabilité du catalogage des métadonnées, la meilleure garantie pour que le système puisse s'insérer et bénéficier de son intégration dans le partage des données numériques publiques à l'échelle européenne et mondiale.
- Développer un système d'information géographique (SIG) pour gérer les données existantes et accueillir les données futures (incluant les références bibliographiques portant sur des développements hors Polynésie française).
- Décider du statut des données (degré de confidentialité ou de publicité), en conformité avec la réglementation (voir les recommandations de la Commission d'accès aux

2. Par convention, on entend par court terme une échelle de temps de 1 à 2, voire 3 ans, et par long terme, 5 ans et plus.

3. Directive du 14 mars 2007, voir <http://inspire.ec.europa.eu/>

documents administratifs – Cada) tout en évitant de « surconfidentialiser » pour être en cohérence avec la recommandation sur la participation (R3).

Contraintes et conditions

Il faut choisir quel sera l'organisme, relevant du gouvernement de Polynésie française, qui sera chargé de ce travail : direction des mines, service géologique, groupement d'intérêt public (GIP) à créer ou, dans l'attente, un tiers/prestataire choisi par le Gouvernement (éventuellement par appel d'offres).

Articulations avec les autres recommandations

R1 est un préalable à R2. Voir aussi R4 sur les dispositifs de gouvernance et R5 sur l'intégration régionale.

Renvoi aux contributions intégrales

– aucun.

Réaliser des campagnes d'exploration,

la production de connaissances nécessitant le développement de technologies adaptées

Justification

L'objectif est la production de connaissances publiques qui viendront combler les lacunes identifiées par l'expertise collégiale et précisées ensuite (voir R1). Les campagnes d'exploration constituent un préalable nécessaire à la fois à la définition d'un politique minière sous-marine et au développement de projets spécifiques d'exploitation. Il s'agit très schématiquement de trouver des zones abritant des dizaines de millions de tonnes d'encroûtements pour un projet d'exploitation sur vingt ans produisant de 4 500 à 10 000 t/an de cobalt (et des métaux associés : par exemple nickel, manganèse, platine, titane...).

Un des enjeux réside dans une caractérisation approfondie des sites d'intérêt déjà identifiés et donc des avantages comparatifs de ces zones : Kaukura dans la partie ouest des Tuamotu, chaîne de Tarava, partie ouest de la ZEE (nodules).

Horizon temporel

La réalisation de R2 est tout d'abord affaire de très court terme ; elle s'inscrit aussi dans le long terme, en lien avec les financements engagés et la volonté politique.

À court terme, avec une campagne ciblée de validation des données existantes sur les encroûtements du secteur des Tuamotu (bathymétrie, prélèvements de croûtes en grande quantité et prélèvements de faune), qui peut être planifiée en un à deux ans. Avec un solide programme d'analyse des échantillons, elle permettra de confirmer le potentiel de la ressource, son exploitabilité, son étendue éventuellement exploitable, d'aborder l'aspect de la répartition spatiale de la biodiversité. Elle décidera et orientera très sensiblement la suite de l'exploration géologique et biologique et de l'évaluation des ressources. Cette campagne est prioritaire.

À plus long terme (cinq ans), suivant les résultats de la précédente campagne, l'étude des sites et l'évaluation des ressources pourraient être entreprises sur

des cibles identifiées. D'autres campagnes de recherches pourraient également être conduites pour l'exploration géologique et biologique d'autres régions de la ZEE, mobilisant et contribuant à l'amélioration des techniques d'exploration.

Propositions d'actions

– Réaliser une campagne de cartographie et surtout de prélèvements systématiques d'encroûtements pour disposer d'un volume d'échantillons suffisant pour l'analyse et la caractérisation géotechnique et métallogénique des encroûtements (une campagne dédiée avec des moyens existants peut être montée rapidement).

– Pour l'exploration, développer un outil de forage et de prélèvement d'échantillons de qualité (carottes, taux de récupération et longueur adaptée aux roches dures) pour mesures de l'épaisseur de l'encroûtement et surtout de sa teneur en métaux par analyses en laboratoire (et/ou par des mesures *in situ*). Il s'agit là d'une réelle innovation technologique. Il est question de concevoir un système complet qui pourrait instrumenter un ROV⁴; ce système manque aujourd'hui dans la panoplie mondiale des outils d'exploration profonde.

– Lancer une étude conceptuelle du système de ramassage (fragmentation, broyage, enlèvement) en tenant compte des techniques développées pour les amas sulfurés et les nodules (riser et système de ramassage). Pour cela, il faut au préalable disposer d'une bonne caractérisation géotechnique des encroûtements et d'une connaissance la plus précise possible de leur géométrie (épaisseur et extension latérale).

Contraintes et conditions

Trois points importants :

– Contrainte de temps : la programmation du temps-navire pour réaliser une campagne océanographique peut prendre plusieurs années.

– Condition nécessaire : monter une équipe-projet pilotée par un organisme de recherche.

– Financement : la première campagne devrait logiquement être réalisée dans un cadre service public (type « Extraplac » ou « Zepolyf »).

Les instances étatiques et les institutions de la recherche doivent jouer un rôle moteur, en bonne articulation. L'ensemble constitue un programme pluri-annuel de campagnes d'exploration de la ZEE de Polynésie française qui peut être monté dans le cadre d'une « stratégie nationale sur les ressources profondes en mer » conforme aux mesures annoncées lors du Comité interministériel

4. *Remotely Operated Vehicle*.

de la mer (Cimer) du 22 octobre 2015 concernant « la planification à moyen et long terme d'exploitation des grands fonds marins ». Très en amont, des coopérations peuvent aussi être recherchées dans un cadre européen ou en partenariat avec le privé (industriels) et des organismes étrangers, y compris dans un cadre régional avec les autres îles très dynamiques dans ce domaine, voire avec le Japon.

Articulations avec les autres recommandations

R2 suppose que la R1 soit réalisée, afin de pouvoir intégrer les nouvelles données dans le système d'information. Ses résultats constituent un préalable à la définition d'une politique minière sous-marine dont le volet recherche et développement technologique est décrit en R5.

Renvoi aux contributions intégrales

I-2, III-1 à III-4

Définir la stratégie de développement d'une filière sous-marine ou bien décider d'y renoncer,

sur la base d'un travail de combinaison des données acquises
avec des scénarios technico-économiques affinés
et des premières consultations

Justification

La question que doivent se poser les pouvoirs publics est simple : les perspectives de développement minier sous-marin sont-elles suffisamment prometteuses pour justifier l'élaboration d'une politique publique en la matière ? La réponse passe par une mobilisation des connaissances (R1 et R2), mais elle doit aussi s'appuyer sur des scénarios technico-économiques que l'augmentation des connaissances permettra d'affiner, ainsi que sur les premières consultations des populations et parties prenantes. Ces scénarios doivent aider à la décision, en aucun cas se substituer à elle. L'objectif, une fois la décision prise de se lancer dans le secteur, est d'élaborer un document de stratégie minière sous-marine à l'échelle du pays.

Horizon temporel

Ces scénarios technico-économiques doivent être établis sur le court terme, sur la base des premiers éléments et modèles proposés par l'expertise collégiale. Le document de politique minière doit être élaboré dans le court terme, dès que la décision de se lancer dans le secteur minier sous-marin sera prise, mais pas dans la précipitation : il faut se méfier des urgences artificielles générées par les calendriers politiques ou les agendas industriels. Son élaboration peut, théoriquement, nécessiter jusqu'à deux ans de travail afin de permettre d'y associer l'ensemble des parties prenantes concernées.

Propositions d'actions

– Élaborer des scénarios sur la rentabilité du secteur, jouant sur des variables géologiques, économiques (prix, cours des métaux) et technologiques (métallurgie ou non) et incluant les dimensions sociales et environnementales.

- Établir et suivre un jeu de paramètres clefs : suppose l'acquisition de données et le développement d'une fonction de veille dans les domaines évoqués ci-dessus.
- Mettre en place un dialogue interministériel dense et élargi, traitant des questions de développement, d'environnement, de fiscalité, de formation, etc., en vue de l'élaboration d'un document de politique minière sous-marine.
- Organiser, dès la phase d'élaboration du document de politique minière, la participation des populations et autres parties prenantes afin d'identifier leurs attentes.
- Diffuser largement le document de politique précité et organiser des réunions d'informations.
- Développer et mettre en œuvre la stratégie de communication pour attirer les investisseurs.

Contraintes et conditions

Il est nécessaire de clairement positionner la stratégie de développement des ressources minérales profondes de la Polynésie française par rapport à la stratégie nationale (française) sur les ressources minérales marines (pilotée par le Secrétariat général de la mer).

Articulations avec les autres recommandations

Les décisions prises en R3 dépendront des résultats de R1-2. Si la décision est prise d'abandonner, les recommandations suivantes n'ont pas lieu d'être suivies. *A contrario*, si le choix est fait de poursuivre et de développer la filière, R3 devra s'articuler très rapidement avec R4.

Renvoi aux contributions intégrales

I-4, I-5, I-6 ; III-5

Associer les parties prenantes et organiser les dispositifs de gouvernance

R4

suffisamment en amont et dans une logique participative

Justification

En parallèle au développement du système d'information et à l'acquisition de données nouvelles (R1 et R2), il faut aussi organiser très en amont les dispositifs de diffusion de l'information, de consultation et de participation des populations, dans une logique de consentement préalable, libre et éclairé. Le fait de se situer en amont de toute opération doit être mis à profit pour définir et mettre en œuvre une politique publique et une gouvernance participative qui permettra en particulier d'anticiper ou de gérer d'éventuels conflits. Il s'agit aussi d'un travail pédagogique multidirectionnel, combinant information et sensibilisation, et permettant aussi de faire remonter les points de vue, les attentes, les craintes des populations en direction des institutions et des industriels.

Horizon temporel

Le démarrage de la conception et de la mise en place des dispositifs de gouvernance doit intervenir très tôt, en même temps que le lancement des campagnes de recherche, mais leur développement et leur suivi doivent s'inscrire dans le moyen et long terme des projets miniers et des politiques publiques.

Propositions d'actions

- Travailler sur le contenu et la forme des informations à transmettre concernant les enjeux de la politique minière sous-marine (traduction culturelle).
- Identifier les acteurs concernés directement et indirectement (ONG, associations locales, autorités traditionnelles...) en tenant compte de l'éclatement du territoire.
- Identifier les arènes mobilisables (mairies, associations culturelles, églises...) avant création de tout nouveau forum.
- Identifier les enjeux locaux, les compétitions d'usages potentielles et sites de valeur pour les acteurs ; enquêter de manière indirecte en amont d'une négociation sur l'éventualité d'un développement minier ; puis mener un travail de suivi (un « permis social d'exploiter » s'entretient).

– Procéder à une refonte complète du code minier aujourd’hui embryonnaire en veillant notamment à sa bonne articulation avec les contraintes relatives au droit de l’environnement, cette démarche imposant notamment de veiller à la sensibilité particulière attachée aux affaires foncières en Polynésie française. Dans cette perspective, la prise en compte des expériences des États voisins et des normes et bonnes pratiques internationales paraît s’imposer.

Contraintes et conditions

Aucune

Articulations avec les autres recommandations

R4 démarre en articulation directe avec R3 (premières consultations) et est étroitement corrélée à R9 (dispositifs de suivi et évaluation).

Renvoi aux contributions intégrales

II-1, II-4, II-5, II-6, IV-4

Inscrire le pays dans les dynamiques régionales, européennes et internationales

R5

de coopération, de recherche et d'innovation
dans le domaine des ressources minérales profondes

Justification

La Polynésie française est absente de tous les groupes de travail, européens et autres, travaillant sur les besoins de recherche et innovation dans le champ des ressources minérales sous-marines. Or ces groupes de travail ont un rôle important, participant à la programmation des efforts de recherche européens, échangeant de l'information, etc. La Polynésie française, dont les moyens humains et financiers sont limités, est dans l'obligation de s'inscrire suffisamment tôt dans des logiques de partenariats internationaux si elle veut conserver le contrôle de son développement minier.

Horizon temporel

Cette insertion dans une communauté plus large doit être pensée très en amont et elle fait clairement partie des éléments de construction d'une stratégie et d'une politique minière sous-marine. Il faut donc démarrer rapidement et inscrire le développement de partenariats dans le plus long terme.

Propositions d'actions

- Travailler à l'insertion de la Polynésie française dans les différents groupes de travail au niveau européen (Blue Atlantis ; *Joint Programming Initiative* dont les principaux participants sont allemands et français) et au niveau français (réseau Era-min, Era-net).
- Définir les moyens humains et les types de compétences nécessaires et disponibles pour que ce travail d'insertion soit efficace. Idéalement, cela suppose de pouvoir mobiliser des compétences scientifiques, technologiques (connaissance des procédés d'exploitation et de traitement des minerais), juridiques, administratives... La Polynésie française aurait intérêt, au moins pendant quelques années, dans ce contexte, à se faire appuyer par de l'expertise au-delà des ressources humaines de sa propre administration. Un

compagnonnage au bénéfice de ses propres cadres peut alors lui permettre de développer progressivement des compétences autonomes.

- Développer les partages d'expériences via les dispositifs régionaux (voir l'extension envisagée du programme *Deep sea mining* de la Communauté du Pacifique (CPS) aux territoires français du Pacifique), sachant que les pays de la région partagent des contraintes communes en matière de financement de la recherche.
- Encourager les efforts de coopération, de mutualisation, d'échanges d'expériences avec les États et territoires insulaires océaniques (Cook, Tonga, Papouasie-Nouvelle-Guinée, etc.) et Hawaii, et via les institutions régionales comme la CPS.
- Explorer les possibilités de partenariat avec les pays de la région Asie-Pacifique (Japon, Corée du Sud) intéressés par les ressources potentielles (le cobalt en particulier).

Contraintes et conditions

La démarche doit venir du gouvernement de la Polynésie française mais l'appui de l'État français est nécessaire, en particulier au niveau de l'Union européenne (la Polynésie française a un statut de territoire associé à l'UE).

Articulations avec les autres recommandations

R5 et R6 sont inséparables et toutes deux s'inscrivent dans le prolongement de R2.

Renvoi aux contributions intégrales

III-3 et III-4 ; V

Réaliser des programmes de recherche et de développement technologique

R6

pour l'exploration, l'exploitation et la métallurgie

Justification

L'organisation à court terme de campagnes de production de connaissances (R2) doit s'accompagner rapidement d'un travail de définition des priorités en matière de recherche, d'innovation et de développements technologiques à moyen et long terme. Il s'agit de mettre en place une programmation scientifique d'acquisition de données et des moyens pour ce faire, incluant toutes les disciplines et allant de la recherche fondamentale à la recherche appliquée et au développement d'innovations. L'objectif est de comprendre la distribution des métaux (modèles géologiques de formation des gisements, distribution spatiale des métaux, développement de méthodes pour caractériser la ressource) et développer des méthodes d'exploitation, de traitement des minerais et d'extraction des métaux contenus.

Horizon temporel

L'horizon temporel est le moyen/long terme. Suivant les résultats de la/des campagne(s) d'exploration à court terme (R2), et si un intérêt fort est manifesté notamment de la part d'industriels ou d'autres partenaires régionaux, un programme pluri-annuel de campagnes d'exploration sur l'ensemble de la ZEE de la Polynésie française pourrait être lancé pour une étude en plusieurs phases (outre les encroûtements, ce programme pourrait permettre de prendre éventuellement en compte sur le plus long terme d'autres types de ressources, notamment les nodules et éventuellement les terres rares si de nouveaux arguments sur leur intérêt apparaissaient) : (1) exploration régionale (SMF⁵, prélèvements) ; (2) étude des sites et évaluation des ressources (ROV, AUV⁶, prélèvements) et biodiversité associée ; (3) suivi de l'évolution spatio-temporelle de ces sites à des fins de surveillance et de préservation des environnements (Observatoires Fond de Mer).

5. Sondeur multifaisceaux.

6. *Autonomous underwater vehicle*.

Propositions d'actions

- Développer les technologies de microforage (50 cm max., carottes de quelques centaines de grammes) pour des reconnaissances *in situ* tenant compte de la variabilité de l'épaisseur de l'encroûtement et de la concentration en minerais.
- Examiner la possibilité d'adapter des méthodes de mesures *in situ* en diagraphie (associées au microforage) et en route (spectromètre Raman).
- Poursuivre le développement de l'instrumentation géophysique innovante près du fond (ROV, mais surtout AUV) pour une imagerie haute à très haute résolution du fond 2D et 3D (topographie, rugosité et épaisseur de la croûte) et caractérisation de la nature des fonds par tout type de mesure géophysique.
- Mettre en place des systèmes fond de mer adaptés à la surveillance et à la mesure de l'évolution spatiale et temporelle des caractéristiques physico-chimiques des eaux autour des sites d'exploitation (courantologie, pollution par panache, destruction et résilience des habitats...) pour le suivi de paramètres caractérisant l'évolution de l'environnement avant, pendant et après la mine.
- À plus long terme, lancer une étude conceptuelle d'un projet pilote d'exploitation et de traitement du minerai de cobalt et sur la co-valorisation des métaux présents en concentration significative dans les encroûtements, outre le cobalt (ex. manganèse, platine).
- Développer des recherches dans le domaine métallurgique (ce qui suppose de prélever quelques tonnes d'échantillons pour tester différents procédés métallurgiques) ; études sur séparation Mn, Ti, Pt (co-valorisation du minerai).

Contraintes et conditions

Aux différentes étapes de conception et de mise en œuvre de cette politique de recherche et de développement technologique, il faut (1) identifier les acteurs/partenaires (recherche, industrie : pour le travail sur les techniques d'exploitation, en particulier) et (2) développer les compétences locales par rapport aux thématiques prioritaires pour progressivement former et insérer de jeunes Polynésiens (techniciens, ingénieurs, chercheurs) dans la dynamique du secteur ; avec le souci d'encourager/favoriser leur participation aux consortiums qui se construiront.

Articulations avec les autres recommandations

R6 s'inscrit dans la continuité de R2 et elle est soumise aux conditions de R5.

Renvoi aux contributions intégrales

III-1, III-2, III-3 et III-4

Construire des dispositifs administratifs et réglementaires efficaces et attractifs

R7

pour le développement d'un secteur minier sous-marin

Justification

Pour attirer les industriels, il est nécessaire de construire un service minier crédible et « lisible » et de disposer d'une réglementation claire et stable (la clarification des compétences n'est pas le problème central, même s'il doit bien sûr être rapidement réglé).

Horizon temporel

Le travail de définition des besoins en compétences et en infrastructures, fondé sur des arbitrages politiques mobilisant en particulier les scénarios élaborés, doit démarrer tôt. Sa réalisation s'inscrit dans le moyen et le long terme.

Propositions d'actions

- Régler la question de la répartition des compétences entre la Polynésie française et l'État, sachant qu'en l'état actuel des minerais identifiés dans les fonds marins polynésiens, la compétence résiduelle de l'État ne trouve pas à s'exprimer.
- Se documenter sur comment les pays et territoires miniers de la région se sont organisés (Cook, Fidji, Papouasie-Nouvelle-Guinée, Vanuatu, Nouvelle-Calédonie) en complément du travail de l'expertise collégiale ; ce point suppose de se doter des compétences humaines pour ce travail.
- Construire un service minier clairement identifiable, un guichet unique à compétence « trans-administration ». Une structure intermédiaire pourrait gérer la mise en place de la politique minière pour aller ensuite vers la création d'une autorité indépendante et/ou une administration des mines classique (à partir du service existant).
- Définir les besoins en infrastructures en fonction du choix fait en matière de filière (traitement sur place ou non ; voir R9).

- Établir les besoins en formation à partir du besoin en compétences (administratives, juridiques, scientifiques, techniques) et du choix de développer les compétences sur place et/ou de sous-traiter/mutualiser certaines fonctions.

Contraintes et conditions

Les compétences minimales nécessaires pour encadrer le développement du secteur minier sont les fonctions de service des mines (gestion des titres miniers, instructions de demandes, perception des droits, etc.), de service géologique (capacité à acquérir et conserver les données, à promouvoir, à fournir les informations de base aux compagnies d'exploration), et de direction de l'environnement.

Articulations avec les autres recommandations

R7 résulte de la définition d'une stratégie minière sous-marine pour/par la Polynésie française et des choix effectués en matière de filière (R3). Du fait de son inscription dans la durée, elle devra être suivie et soumise à évaluation (R9).

Renvoi aux contributions intégrales

III-5

Définir les normes de sélection, de suivi et d'évaluation des projets miniers

R8

à des fins de contrôle et de transparence dans la communication publique

Justification

Pour les pouvoirs publics, il s'agit de pouvoir garder le contrôle sur le respect des normes par les projets miniers éventuels, et ce sur l'ensemble de leur déroulement, depuis la demande de permis d'exploration jusqu'aux travaux post-exploitation. Cela suppose aussi une capacité de réaction et de sanction en cas de manquement à la règle. Par ailleurs, la communication publique des résultats des procédures de suivi et d'évaluation constitue un second enjeu de politique publique, pour établir une relation de confiance avec la population et lui permettre de réagir en connaissance de cause.

Horizon temporel

Sous condition des choix effectués de développer ou non la filière (séquence R1 à R3), il faut rapidement mettre en place l'ensemble des procédures nécessaires. Le travail de suivi s'inscrit ensuite dans le long terme de la politique minière sous-marine, via la mise en place des dispositifs de suivi et d'évaluation récurrents.

Propositions d'actions

- Définir les normes des études d'impact social et environnemental jusqu'à la fin des projets. Ces études doivent être à la fois financées par l'industriel et être indépendantes, faisant appel à un panel d'experts. Option 1 : organisation de l'étude par l'industriel, mais validation de la procédure par les services miniers et des résultats par des experts indépendants – notions d'avis extérieur et de tierce expertise ; option 2 : organisation et validation de l'étude par services publics et/ou experts indépendants.
- Prévoir une obligation de rapportage de tous les travaux d'exploration jusqu'à l'étude de faisabilité comprise, la procédure de référence la plus aboutie en la matière étant l'instrument national canadien NI 43-101.

- Développer la stratégie d'atténuation des impacts dans l'étude de faisabilité, comme cela est prévu dans le cadre d'un plan de gestion environnementale obligatoire : cela suppose de préserver les zones adjacentes, sources pour le repeuplement des zones affectées (logique d'exploitation en réseau ou en damier). Voir aussi R5 pour le suivi spatio-temporel avant, pendant et après la mine. Le financement de cette mesure doit être provisionné à l'avance, et la caution libérée quand la « sécurisation » post-exploitation sera validée.
- Programmer un suivi de la reconstitution de l'environnement (l'équivalent de la revégétalisation, à terre) et enlever tout le matériel (travaux post-exploitation).
- Mettre en place une politique de compensation dont il faudra définir la forme (compensation écologique, monétaire, directe, indirecte...), les bénéficiaires et les modalités de suivi.
- Lancer des appels à projets pour l'exploration selon une procédure et des critères de sélection des projets incluant les bonnes pratiques en matière de responsabilité sociale et environnementale.

Contraintes et conditions

Il faudra tenir compte de la réglementation existante (notamment le code de l'environnement et aussi le code minier une fois rénové) et les dispositifs réglementaires en place ou à venir (aires marines gérées ou protégées). Les normes internationales disponibles varient au cours du cycle du projet : la procédure NI 43-101 s'applique aux projets en phase d'exploration (dont on peut faire l'hypothèse d'un impact environnemental limité, mis à part le bruit généré) jusqu'à la faisabilité incluse, tandis que seuls les outils de type *soft law* (outils juridiquement non contraignants et prenant la forme de recommandations ou de guides de bonnes pratiques) relevant de la responsabilité sociale et environnementale des entreprises sont disponibles pour la phase d'exploitation.

Articulations avec les autres recommandations

R8 suppose que les dispositifs de R3 et R7 soient mis en place, et s'inscrit dans le cadre plus large de R9.

Renvoi aux contributions intégrales

II-4, IV-4

Organiser le suivi et l'évaluation de la politique des ressources minérales sous-marines

R9

pour mesurer ses effets
et envisager le cas échéant des réorientations

Justification

Au-delà des projets « individuels » dont il faut organiser le suivi et l'évaluation et centraliser les informations, les dispositifs de gouvernance mis en place doivent permettre de suivre et évaluer la politique minière sous-marine de manière régulière, fiable et précise pour mesurer ses effets et envisager le cas échéant des réorientations (par exemple, à terme, choix d'interdire l'exportation de minerai non transformé).

Horizon temporel

Ces dispositifs doivent accompagner les évolutions du secteur de manière permanente et ils doivent être pensés et opérationnalisés très en amont pour que les pouvoirs publics gardent le contrôle des développements miniers et soient capables de répondre aux demandes d'information du public.

Propositions d'actions

- Définir des indicateurs pour mesurer les impacts de la politique minière : nombre de permis d'exploration, mesure de l'avancement des projets (par rapport au cycle) ; impact économique (relatif à la phase d'exploitation) : volume et valeur de la production, recettes publiques directes et indirectes, nombre d'emplois directs et indirects, énergie consommée (par unité de valeur et/ou tonne produite) ; indicateurs sociaux : conflits (nombre, durée, résolution), formation (nombre de techniciens et/ou cadres formés) ; indicateurs environnementaux ; indicateurs internationaux : évolution de l'index de corruption internationale (*Transparency International*), indice de développement humain... ; indicateurs de soutenabilité macro-économique, recettes fiscales.
- Définir la temporalité des indicateurs : la définition des indicateurs relatifs aux projets miniers implique de définir la fréquence d'acquisition des données, à partir de la mise en exploitation, la collecte de données permettant d'établir

le point zéro économique, environnemental et social. Les sources de vérification doivent être définies : une fois l'indicateur défini, où trouver l'information. Les indicateurs pour l'industrie des mines et métaux développés par la *Global Reporting Initiative* (GRI) offrent un référentiel directement utilisable.

– Veiller à l'adéquation entre moyens employés et objectifs, à décliner en batterie de critères. Les indicateurs de la GRI sont ici utiles, mais il faut rappeler qu'ils ne sont pas spécifiques à un site et correspondent aux résultats consolidés au niveau d'un groupe. Les entreprises exploitantes doivent avoir obligation de produire un rapport annuel de type GRI pour leur(s) site(s) d'exploitation en Polynésie française.

– Assurer un accès public aux informations en matière de politique des ressources minières : mise en ligne actualisée, nombre de visites du site : SIG, cadre juridique, documents de politique, études d'impact environnement/social, etc.

Contraintes et conditions

Les entreprises minières doivent fournir leurs données, dans un principe de transparence. Par ailleurs, interpréter et tirer les enseignements des résultats des indicateurs nécessitent des compétences spécifiques d'évaluation des politiques. Ce travail doit être mené par une institution indépendante de l'entreprise minière et implique : soit un renforcement du service des mines ou une cellule au niveau du gouvernement/de la présidence de la Polynésie française, soit la mobilisation de l'appui de l'Institut de statistique de Polynésie française ou encore de consultants.

Articulations avec les autres recommandations

R9 constitue la recommandation englobante.

Renvoi aux contributions intégrales

0-1, II-6, IV-4

Synthèse III

Enjeux et logique de cette expertise

L'intérêt international pour les ressources minérales maritimes profondes, qui s'était éveillé dans les années 1970, a connu un fort regain au niveau mondial, du fait des tensions qui sont apparues autour des matières premières à partir de 2006 (la hausse des prix, liée au boom de l'économie chinoise démarrant dès 2002). La baisse récente des cours des matières premières (leur niveau actuel reste toutefois en moyenne supérieur à celui de la période 1986-2006 en termes réels), due au développement de surcapacités pendant le super-cycle⁷ 2002-2012 et au léger tassement de la croissance chinoise, ne doit pas masquer que, sur le long terme, la demande en matières premières minérales devrait continuer de croître, du fait de : l'évolution globale de la démographie, la sortie de la pauvreté de tranches croissantes de la population mondiale et l'évolution des styles de vie vers des modes de consommation plus intensifs en ressources naturelles. La transition énergétique répondant au changement climatique exercera aussi ses effets sur les matières premières minérales.

De nombreux rapports et publications ont relayé ce regain d'intérêt auprès des multiples acteurs et institutions concernés directement et indirectement par les perspectives de mise en valeur de ces ressources. La zone économique exclusive (ZEE) de la Polynésie française est fortement concernée par les ressources minérales maritimes profondes. De par sa taille (figure 1), son positionnement géographique et ses caractéristiques géologiques, la ZEE semble disposer d'un important potentiel en ressources minérales marines profondes. Le présent document expose de manière

7. Un super-cycle dans les prix est un cycle long au cours duquel on trouve une période de hausse, jusqu'à un plafond, puis de baisse jusqu'à un plancher du prix. Généralement associé aux matières premières, le super-cycle peut aussi être interprété en relation avec une séquence historique de développement/reconstruction d'une économie nationale ; en l'occurrence, le développement très rapide de l'économie chinoise.

synthétique les principaux résultats du travail réalisé par le collège d'experts constitué par l'Institut de recherche pour le développement (IRD) à la demande du Gouvernement de la Polynésie française et de l'État français.

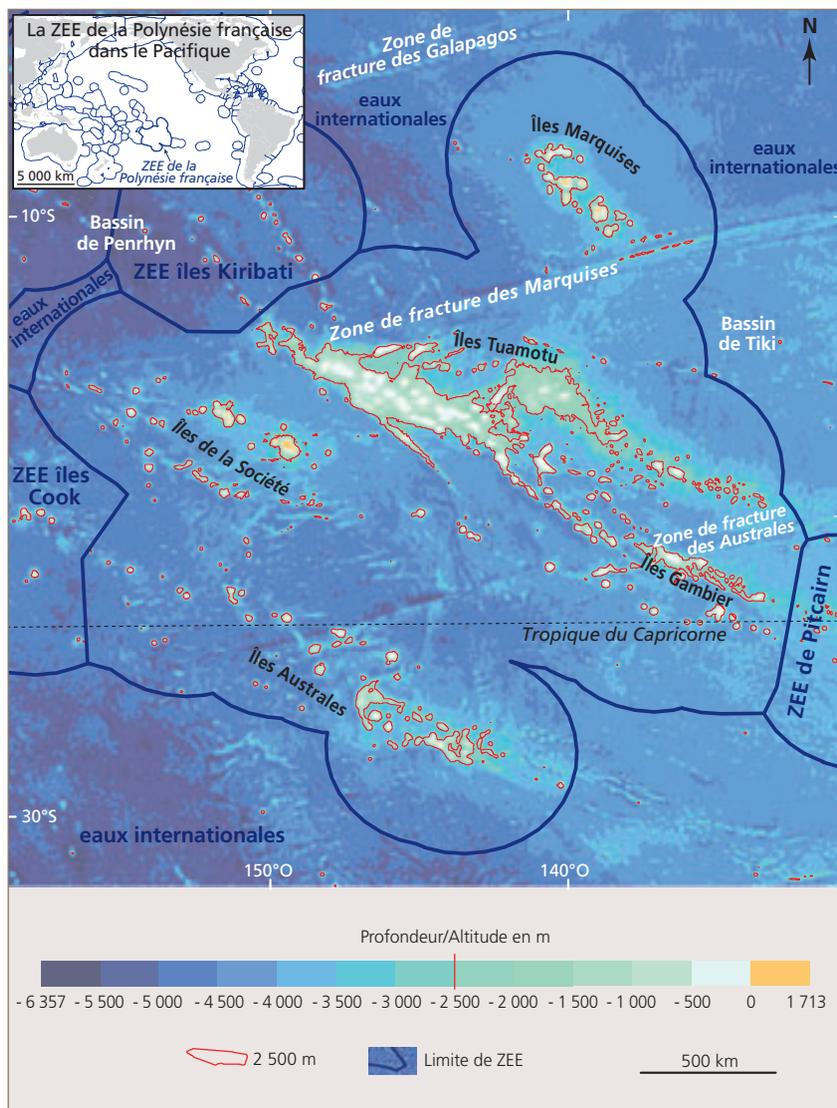


Figure 1.
Bathymétrie de la zone économique exclusive (ZEE) de la Polynésie française.
© IRD/service Cartographie.

Le contexte polynésien : autonomie, rentes et développement

Le territoire de la Polynésie française est composé de 118 îles dont 67 seulement sont habitées, pour une population de moins de 300 000 habitants, dont près des deux tiers vivent sur une seule île, Tahiti. Il se caractérise par une immense zone économique exclusive d'une superficie d'environ 4,8 millions de km². Colonisée par la France au XIX^e siècle, la Polynésie française jouit depuis 1984 d'un statut d'autonomie assez large. Elle traverse une période complexe de son histoire, que l'on peut schématiquement caractériser selon quatre dimensions : économique, politique, institutionnelle et identitaire.

L'économie est à la recherche d'alternatives crédibles depuis la fin de la rente nucléaire (arrêt des essais en 1996) et le pays traverse une crise profonde (AL WARDI et REGNAULT, 2011). Le jeu politique est devenu très instable, marqué par la volatilité des alliances au pouvoir et la faible durée de vie des gouvernements. D'un point de vue institutionnel, le statut d'autonomie, revu en 2004, est contesté par les indépendantistes qui ont récemment fait inscrire la Polynésie française sur la liste des pays à décoloniser, établie par l'ONU. Enfin, on assiste depuis les années 1980-1990 à un fort mouvement de renouveau culturel et identitaire (SAURA, 2009). Cette « politique de la reconnaissance » (TAYLOR, 1994) exerce des effets sur la manière dont sont négociés les projets et politiques de développement, ainsi que les questions foncières (BAMBRIDGE, 2009). Un rapport d'information du Sénat français (LANIER et ALLOUCHE, 1996) souligne que l'organisation centralisée du territoire est mal adaptée à l'isolement et à la diversité sociale, culturelle et naturelle des archipels.

La question de la possible exploitation des ressources minérales sous-marines de la Polynésie française se situe dans ce contexte institutionnel complexe. Elle s'inscrit dans la quête d'options de développement (tourisme, pêche, perliculture...) et de partenariats dans l'immense région Pacifique, probablement la plus importante zone économique et géopolitique du XXI^e siècle. Or les options qui seront retenues en matière de développement, si la volatilité institutionnelle ne les remet pas périodiquement en cause, auront pour effet de déplacer les équilibres entre l'autonomie politique, les effets distributifs du développement socio-économique et le poids du jeu des rentes (OVERTON *et al.*, 2012).

Le thème des ressources minérales sous-marines est relativement nouveau en Polynésie française, et son émergence résulte pour une large part de la publication d'un article (KATO *et al.*, 2011) dans la revue *Nature*, laissant espérer de riches ressources en terres rares dans les boues sédimentaires des grands fonds du Pacifique, terres rares faisant alors l'objet d'une très forte crise de l'offre. Cette question s'inscrit aussi dans une histoire spécifique du territoire en matière d'insertion dans

des filières de valorisation de ressources minérales. Deux noms symbolisent cette histoire : Makatea et Mataiva. Les ressources en phosphate de l'atoll surélevé de Makatea ont été exploitées de 1908 à 1966 (DECOUDRAS *et al.*, 2005). Celles du gisement de Mataiva, non exploitées à ce jour, ont suscité diverses études, mais leur projet de mise en exploitation fait l'objet d'un refus radical de la part des habitants de l'atoll. Ce développement minier d'ampleur limitée, mais dont l'impact local a été lourd en particulier d'un point de vue environnemental, a obéi à une logique d'enclave peu soucieuse des spécificités du territoire et de la soutenabilité du modèle mis en place.

Par ailleurs, le Centre d'expérimentation du Pacifique (CEP) basé à Tahiti a mené des essais nucléaires militaires de 1966 à 1996 à Mururoa (et aussi à Fangataufa, autre atoll des Tuamotu) (MAWYER, à paraître). La mise en place du centre (qui se situe à une extrémité d'une filière minière stratégique) s'est accompagnée de transferts de l'État français qui ont été à la fois facteurs de modernisation, de développement économique et générateurs d'une logique rentière et clientéliste dont la conversion vers une économie plus durable en termes sociaux et environnementaux s'avère délicate depuis l'arrêt des essais en 1996.

Les enseignements tirés de ces expériences portent entre autres sur les impacts environnementaux, le caractère non participatif et très opaque de la mise en œuvre des politiques, les formes de redistribution clientélistes induites, etc. Ce capital d'expériences pourrait être utilement mobilisé pour aider à la définition d'une future stratégie de développement du potentiel minéral de la Polynésie française (SDMPF). L'expertise collégiale présentée ici offre aux autorités tant polynésiennes que françaises des éléments permettant d'alimenter une réflexion stratégique et de faire des choix politiques en amont de tout démarrage d'une mise en valeur des ressources minérales sous-marines, qui en l'état actuel des connaissances et des technologies ne paraît guère envisageable avant dix à vingt ans.

Le contexte global : course à la mer et aux ressources

Deuxième élément contextuel, la « course à la mer » et aux espaces océaniques s'est intensifiée depuis une vingtaine d'années et concerne tout particulièrement la « mer d'îles » (HAU'OFÀ, 1993) et les « peuples de la mer » (D'ARCY, 2006) qui constituent le Pacifique sud. La Convention des Nations unies sur le droit de la mer (ou Convention dite de Montego Bay), signée le 10 décembre 1982, qui crée les « zones économiques exclusives » (ZEE), définissant les conditions d'extension du plateau continental, constitue la pierre angulaire de ce mouvement au plan international. L'Autorité internationale des fonds marins (AIFMISA : *International Seabed Authority*) a été créée en 1994 sous l'égide des Nations unies, pour organiser et

contrôler les activités relatives aux ressources minérales des fonds marins, ainsi que celles, connexes, d'exploration et de transport, dans la zone internationale des fonds marins (hors ZEE). Elle vient enrichir le dispositif international de régulation dont le développement relève donc aussi de cette « course à la mer » (*scramble to the sea*).

Cette course à la mer mobilise une vision des étendues océaniques comme des espaces non humanisés, non appropriés, sortes de *mare nullius* justifiant la mise en action d'une logique de frontière, de colonisation de territoires marins conçus comme vides institutionnellement (CHAUVEAU *et al.*, 2004). Elle répond à des stratégies et à des objectifs hétérogènes. Les discours qui la sous-tendent mettent souvent en avant la protection de l'environnement, mais les enjeux économiques (ressources minérales, zones et quotas de pêche) et politiques sont également très présents.

Il en est de même au niveau de l'Union européenne qui affiche deux objectifs de développement dont l'intégration mutuelle et l'insertion dans une logique de développement durable ne sont pas évidents :

- la croissance bleue : une stratégie à long terme de la Commission européenne⁸, visant à soutenir la croissance durable dans les secteurs marin et maritime dans leur ensemble. Elle ne mentionne cependant pas le Pacifique ;
- la croissance verte : pauvre en carbone et utilisant efficacement les ressources et la transition vers une économie circulaire, qui fera l'objet d'importantes propositions⁹ (suite à l'appel à projets fin 2015).

La possible exploitation des ressources minérales profondes dans le Pacifique se situe à la croisée de ces enjeux.

Il s'agit bien sûr d'une affaire économique. Elle pose en particulier la question de l'intérêt pour les autorités à engager le processus d'identification et, en cas de confirmation du potentiel économique, de mise en valeur du potentiel minéral marin profond, puis de la répartition entre les parties prenantes des richesses éventuellement générées. Le domaine des matières premières minérales est hautement capitalistique et technologique. Il est marqué par un mouvement de concentration de l'activité aux mains d'un petit nombre de multinationales et la floraison d'un secteur à la fois très dynamique et mouvant de sociétés juniors ; on observe aussi la persistance d'entreprises mixtes d'origine publique comme Codelco au Chili ou KGHM en Pologne. De plus, ce domaine connaît l'arrivée sur

8. Disponible en ligne :

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0494:FIN:FR:PDF>

9. Voir les appels à projet publiés dans le cadre du programme H2020 pour fin 2015, par exemple <https://ec.europa.eu/eip/raw-materials/en/content/environmentally-responsible-deep-sea-mining>

la scène d'entreprises au fonctionnement opaque, financées par des capitaux privés ou pilotées par des pays aux standards très hétérogènes en matière de gouvernance, de transparence, de performances sociales et environnementales. Le contexte minier est également caractérisé par les incertitudes générées par la volatilité des cours des matières premières, l'évolution rapide des technologies consommatrices de minéraux et métaux et les nombreux risques spécifiques à l'industrie minière, dont celui de la financiarisation débridée de l'économie mondiale et du prix futur de l'énergie.

Face à ce contexte global, quelles peuvent être les retombées d'un essor minier, pour les petites économies insulaires et les populations riveraines ? La réponse à cette question est très incertaine à ce stade, tant sont nombreuses les inconnues techniques, économiques, sociales et politiques, même si les données disponibles, très limitées, laissent espérer un potentiel très important d'encroûtements cobaltifères.

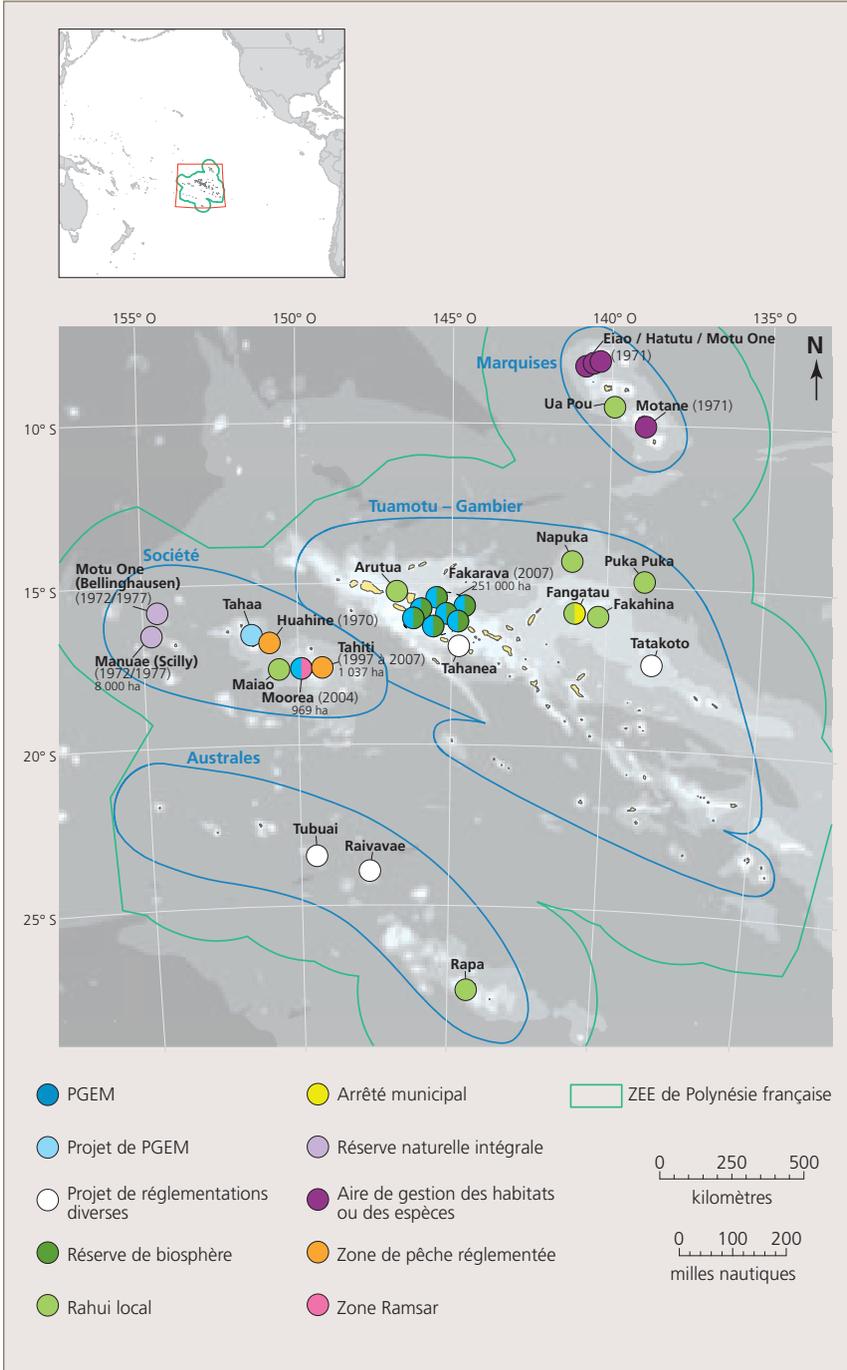
La question environnementale est également importante. Or les données et les connaissances disponibles sur les écosystèmes marins profonds sont extrêmement fragmentaires. Le développement d'aires marines protégées de très grande taille, sous l'influence, entre autres, de grandes ONG internationales, constitue un enjeu qui ne peut qu'influer sur la question minière sous-marine (figure 2).

Enfin, la course à la mer, que ce soit pour la protéger ou pour en valoriser les ressources, obéit également à des objectifs politiques et géostratégiques qui peuvent répondre à des raisons tactiques de court terme (profit économique ou satisfaction de normes internationales en termes d'aires protégées), au détriment d'une stratégie à plus long terme (10 à 20 ans) nécessitant la constance de la vision et des choix politiques qui en découlent.

Plusieurs États insulaires du Pacifique sont des acteurs de cette course, comme le montrent l'implication de l'État de Papouasie-Nouvelle-Guinée dans le projet d'exploitation de l'amas sulfuré sous-marin de Solwara (Nautilus Minerals), le lancement d'un appel d'offres en 2015 par les îles Cook pour l'attribution de permis d'exploration de sa zone économique exclusive et la participation de 16 États du Pacifique au projet *Deep Sea Minerals Project 2011-2015*, porté par le Secrétariat de la Communauté du Pacifique et l'Union européenne.

Les ressources minérales sous-marines constituent un point à la fois fort et aveugle de ces enjeux et dispositifs : fort pour le potentiel qu'elles représentent, aveugle du fait des inconnues nombreuses entourant leur qualification et leur valorisation, ainsi que du fait de l'impact que pourrait avoir leur exploitation pour l'atteinte des Objectifs du développement durable des Nations unies, adoptés en septembre 2015¹⁰. Cela

10. On pense en particulier à l'objectif 14 : « Conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines », mais aussi, entre autres, à ceux touchant à la transition énergétique (objectif 7) et à l'industrialisation durable (objectif 9).



vaut aussi pour la Polynésie française : le questionnement adressé par les pouvoirs publics à l'IRD se situe bien à la croisée d'enjeux territoriaux, nationaux, régionaux et globaux d'une part, et de choix stratégiques de modèle de développement d'autre part. Il s'agit de préparer l'avenir.

Une double commande : Gouvernement de la Polynésie française et État français

La demande d'expertise constitue le troisième niveau contextuel à expliciter. Elle présente la particularité d'être double, émanant à la fois du Gouvernement de la Polynésie française et de l'État français.

La demande s'est construite autour d'un paradoxe apparent. D'une part, l'existence de ressources minérales sous-marines devait être confirmée, qualifiée, évaluée, dans une optique de valorisation de ces ressources et de développement économique du pays. D'autre part, il fallait désamorcer l'éventuel fantasme du trésor enfoui sous la mer et dont l'exploitation constituerait la panacée aux difficultés socio-économiques que traverse le pays. Cette tension productive a balisé le travail du collège, l'invitant à toujours regarder les choses sous ces deux angles. Dans son travail, le collège a eu le souci constant de mobiliser et de synthétiser les connaissances disponibles dans les champs de l'anthropologie, de l'économie, de l'environnement, du droit, des géosciences et de la technologie, afin d'informer les choix qui relèvent des politiques publiques.

Cette démarche conduit le collège à mettre en évidence le potentiel de classe mondiale des encroûtements cobaltifères de la ZEE de la Polynésie française, d'une part, tout en soulignant les risques spécifiques associés à leur mise en valeur éventuelle, d'autre part. Il insiste aussi sur la nécessité de développer les connaissances préalables nécessaires à l'éventuelle décision de mise en valeur.

La demande adressée au collège dépasse le seul état des connaissances pour inclure l'expression de recommandations, en conformité avec le modèle d'expertise collégiale développé par l'IRD. La double demande Gouvernement/État est assortie d'une question explicite sur la répartition des compétences entre les deux instances. Au-delà de la réponse technique proposée par les juristes du collège, c'est bien la définition d'une politique publique en la matière qui est en jeu.

Outre « l'état exhaustif des connaissances » sur les ressources minérales sous-marines acquises au cours des dernières décennies et des avancées récentes des « connaissances, protocoles et méthodes, technologies, impacts associés, concernant la prospection et l'exploitation des ressources minérales sub-océaniques », la demande porte aussi sur « une feuille de route exploratoire permettant d'appréhender de

manière complète les enjeux relatifs à l'exploitation de ces ressources à moyen et long terme (cartographie, sites pilotes, investissements, filière de transformation, retombées locales, risques), et de préfigurer, le cas échéant, l'élaboration d'un Schéma directeur d'exploitation durable des ressources minérales sub-océaniques en Polynésie française »¹¹.

L'extension de la demande vers l'aval – vers les politiques via la préfiguration d'un schéma directeur – s'est traduite par l'élaboration d'un jeu de recommandations ordonnées, articulées et hiérarchisées, présentées de manière détaillée. Le nombre des recommandations est donc volontairement limité, pour éviter une « liste à la Prévert ». Chacune se décline selon les points suivants : justification, horizon temporel (court, moyen, long terme : ces notions sont précisées dans les recommandations), actions spécifiques, contraintes et conditions inhérentes, articulation avec d'autres recommandations, renvois aux contributions intégrales.

En termes de politiques publiques, l'expertise propose des analyses et des recommandations portant sur deux niveaux qu'il est important de distinguer :

- celui de chacun des projets « individuels » d'exploration et d'exploitation ;
- celui de la politique de valorisation des ressources minérales sous-marines de la Polynésie française dans laquelle ces projets éventuels s'inséreraient.

La logique de l'expertise collégiale

En accord avec la commande analysée dans la section précédente, l'expertise collégiale réalisée correspond au format original élaboré par l'IRD et décrit *supra*. Il faut signaler que la thématique des ressources minérales sous-marines avait été abordée récemment dans le cadre d'une expertise scientifique collective menée par le CNRS et l'Ifremer et centrée sur les impacts environnementaux de l'exploitation de ces ressources (DYMENT *et al.*, 2014). Celle-ci nous a fourni une base de données et de réflexions très utiles.

Les différences entre les deux initiatives sont claires et elles aident à situer la logique de l'expertise présentée ici. Le travail coordonné par le CNRS et l'Ifremer, commandité par le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE) et le ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (MENESR), avait une visée globale d'un point de vue géographique, mais le spectre disciplinaire était limité aux sciences de la terre et de la nature et se bornait à faire un état des lieux. L'expertise collégiale commanditée

11. Extrait des termes de la commande de cette expertise collégiale, passée à l'IRD par le Gouvernement de la Polynésie française et l'État.

par le gouvernement de la Polynésie et l'État français est géographiquement localisée (ce qui n'empêche pas les croisements comparatifs), mais elle couvre un spectre disciplinaire large (anthropologie, biologie, droit, économie, géosciences, ingénierie minière, géographie, sociologie) et son cahier des charges comprend la rédaction de recommandations.

Classiquement, l'expertise est conçue comme un processus de « production d'une connaissance spécifique pour l'action » (LASCOUMES, 2002 : 369). La présente expertise se situe bien à l'interface entre science et politique, dans une logique d'imbrication qui « a pris une importance considérable avec la technicisation de la société et de l'administration publique » (*ibid.* : 371). Il s'agit en l'occurrence d'entrer dans une logique poussée de recommandations et, *in fine*, de proposer un canevas facilitant la rédaction d'un schéma directeur d'exploitation des ressources minérales sous-marines en Polynésie française. En ce sens, et contrairement à la vision commune de l'expertise comme simple mobilisation d'un savoir, celle-ci constitue un exercice hybride de coproduction de savoirs et de jugements (*regulatory science*), voire de la demande elle-même, souvent initialement peu stabilisée (JASANOFF, 2012). Ce positionnement est encore renforcé par la mobilisation du registre normatif du droit face à la situation d'incertitude et de manque de connaissances tant sur l'état initial (concernant la ressource, les milieux et les parties prenantes impliquées) que sur les impacts des décisions futures (en l'occurrence, explorer/exploiter les ressources minérales sous-marines).

La constitution d'un collectif scientifique pluridisciplinaire apparaissait comme une réponse ajustée à la situation dans la mesure où cette configuration favorisait l'exploration des controverses et la production collective d'une analyse transversale. La reconnaissance mutuelle des compétences disciplinaires de chacun, la variété des expériences et positionnements professionnels des membres du collège, le partage d'une éthique scientifique commune et un sens aigu de la convivialité ont permis au collège de produire analyses et recommandations.

Cette expertise collégiale fournit deux produits distincts :

- d'une part, ce rapport de synthèse, édité sous format papier, destiné avant tout aux décideurs, dirigeants et acteurs des sphères de la décision, ainsi qu'à ceux qui veulent aller à l'essentiel : il souligne les principaux points du diagnostic, décrit des choix de politique et propose des recommandations ;
- d'autre part, les contributions intégrales des experts, sur lesquelles se fonde le rapport de synthèse, qui sont éditées sous format numérique : clé USB attachée à l'ouvrage. Cet ensemble est organisé en 24 contributions détaillées rédigées selon les règles de l'écriture scientifique. Elles sont regroupées en cinq axes : après une introduction (I-0), assortie d'un glossaire (I-00), présentant le contexte et les phases d'un projet minier, le premier axe fait l'état des connaissances du potentiel minéral sous-marin de la Polynésie française et réfléchit à sa valorisation possible (I-1 à I-6) ;

le deuxième axe traite des enjeux de gouvernance sous l'angle juridique, institutionnel et socio-anthropologique (II-1 à II-6) ; le troisième axe fait l'état des lieux des technologies disponibles en matière d'exploration et d'exploitation minière sous-marine, dessine les tendances actuelles et définit les besoins en la matière (III-1 à III-5) ; le quatrième axe porte sur l'environnement et les risques liés à une possible activité minière sous-marine, du point de vue du fonctionnement des écosystèmes concernés et aussi des usages des espaces marins (IV-1 à IV-4) ; enfin un cinquième axe (V), transversal du point de vue thématique, rend compte des expériences actuelles en matière d'exploitation des ressources minérales sous-marines dans d'autres parties du monde.

Organisation du rapport de synthèse

La synthèse est structurée en six éléments, en plus de l'introduction :

- la première partie du document présente les grandes caractéristiques et phases d'un projet minier pour à la fois en exposer les enjeux généraux et stabiliser la terminologie ;
- la deuxième partie donne un état des connaissances quant au patrimoine et au potentiel minéral de la Polynésie française et à l'environnement naturel et social dans lequel il s'inscrit ;
- la troisième partie expose l'état des réflexions économiques relatives au patrimoine minéral identifié sur la base de scénarios ; ceux-ci sont précédés d'une présentation des marchés des métaux concernés et suivis d'une discussion sur la soutenabilité d'un développement minier sous-marin en Polynésie française ;
- la quatrième partie fait le point sur les développements technologiques existants et souhaitables ;
- la cinquième met en lumière les enjeux que la valorisation d'une filière minière sous-marine représente en termes de régulations et de gouvernance démocratique et participative ;
- la conclusion permet de poser sur ces bases la question de la politique publique à imaginer en vue de la possible valorisation des ressources minérales sous-marines profondes de la Polynésie française.

Phases et enjeux clés d'un projet minier

Ce chapitre propose un ensemble de repères relatifs aux projets miniers, et à l'industrie minière qui les opère, afin de contribuer à la compréhension et à la gestion du développement éventuel du potentiel minéral marin profond de Polynésie française. Le référentiel proposé est donc indexé aux projets miniers et, au-delà, à l'ensemble de l'industrie minière. Celle-ci inclut l'ensemble des activités extractives (industrie minière *stricto sensu*), de traitement des minerais (minéralurgie), d'extraction et de raffinage des métaux (métallurgie).

Nature et conditions de réussite d'un projet minier

Un projet minier est un projet d'investissement dans l'exploration puis, en cas de découverte d'un gisement, dans l'exploitation de ce gisement afin de produire un ou plusieurs produits commercialisables qui peuvent, selon les cas, être un ou plusieurs minéraux, un concentré ou bien un ou plusieurs métaux plus ou moins purs.

La réussite d'un projet minier dépend d'une gamme large de facteurs, ce qui rend sa mesure délicate, d'autant plus si elle essaie d'intégrer les points de vue des différentes parties prenantes : pour l'entrepreneur, l'indice synthétique final est le profit que dégage l'exploitation du gisement concerné par le projet, mais pour les populations riveraines ce sera le bon compromis entre limitation des dégâts environnementaux et retombées économiques directes, et pour le gouvernement l'adéquation avec des objectifs, eux-mêmes variables, de politique publique. Ces facteurs sont les suivants :

- l'existence d'un gisement, c'est-à-dire d'une concentration minérale dont il a été démontré qu'elle est exploitable ;
- la disponibilité des savoir-faire nécessaires pour mettre en œuvre un projet minier. Dans le cas de projets industriels à grande échelle, ces savoir-faire sont très

diversifiés. Des compétences dans différentes disciplines des géosciences (géologie, géochimie, géophysique, minéralogie, pétrographie, pétrologie, télédétection, géostatistique, modélisations numériques 3 et 4D), et dans les domaines du forage, de la métrologie (analyses chimiques et imagerie scientifique pour la caractérisation des minéralisations en vue de leur traitement), de traitement des minerais, de la métallurgie, de l'ingénierie et de la gestion sont nécessaires. Il est souvent fait appel à des compétences externes à l'équipe de projet (prestataires de forages, de géophysique, sociétés spécialisées en ingénierie minière, universités), mais cela suppose une forte capacité à planifier et à coordonner l'ensemble de ces intervenants et à évaluer de manière critique et continue les données acquises et les connaissances générées par ces intervenants externes ;

- la disponibilité des capitaux nécessaires à l'accomplissement de chaque étape du projet minier ;

- l'adhésion de l'ensemble des parties prenantes concernées par le projet minier. Celles-ci sont nombreuses (figure 3) et leurs attentes sont diverses et souvent contradictoires, voire conflictuelles. Fédérer les acteurs, développer du consensus autour d'un projet minier est une tâche complexe nécessitant des moyens et des talents spécifiques. La consultation des groupes d'acteurs concernés, leur participation au processus tout au long du projet, la transparence dans la mise en œuvre de celui-ci (jusqu'au stade post-exploitation, après l'arrêt des opérations) et une communication claire au cours du projet sont des clés de sa réussite, en particulier du point de vue du territoire qui porte ce projet.

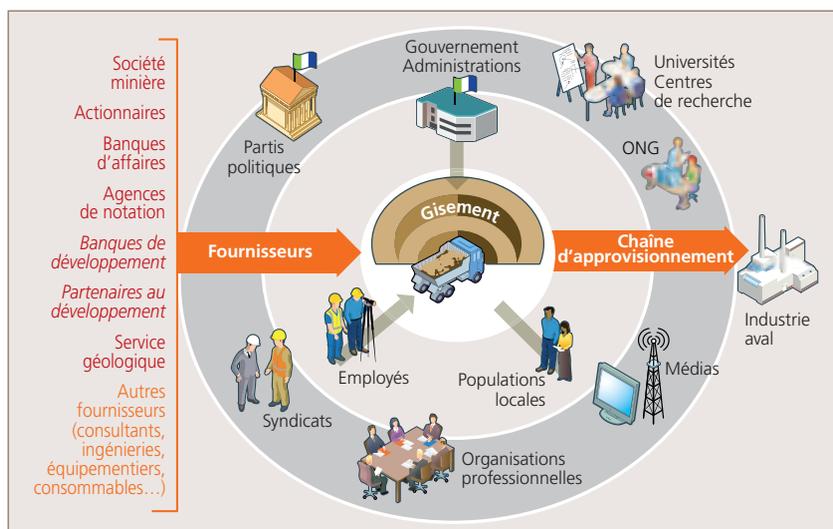


Figure 3.

Les parties prenantes du projet minier (les parties dont le nom figure en italique sont spécifiques de projets dans des pays en développement).

© BRGM/CHRISTMANN *et al.*, 2012.

Les principaux facteurs permettant de démontrer l'exploitabilité sont, classiquement, d'ordre économique et technique. Un investisseur attend une rentabilité de son investissement et celle-ci doit être au moins proportionnelle aux risques qu'il a pris en finançant un projet minier. Au-delà de la dimension technico-économique, la montée des préoccupations liées aux enjeux de soutenabilité du développement et aux régulations associées oblige désormais les industriels à prendre en compte les dimensions socio-environnementales et les questions de gouvernance.

Les impacts environnementaux des activités minières sous-marines profondes¹² (destruction des habitats, nuages de particules, rejet de déchets, bruit...) sont très mal connus, faute d'études à leur sujet. L'expertise collective Ifremer-CNRS relative aux impacts environnementaux de l'exploitation des ressources minérales marines profondes (DYMENT *et al.*, 2014 : 11) souligne que « [l']écologie des écosystèmes associés à ces ressources minérales est encore très mal connue, de même que les liens et interactions avec les sites plus distants. Les conséquences environnementales que pourrait avoir l'exploitation des ressources minérales sont encore aujourd'hui très largement méconnues. Ces sites rendent de nombreux services écologiques, de manière plus ou moins directe, et sont pour certains directement exploités par l'Homme (cas de la pêche, par exemple) ». Il faudra bien sûr situer plus précisément dans l'espace et la colonne d'eau les interférences possibles entre activités minières sous-marines, fonctionnement des écosystèmes et autres usages de la mer.

Les impacts sociaux de l'exploitation minière sous-marine sont également difficiles à prédire, faute d'exemples de référence. On peut faire l'hypothèse qu'ils seront moins sévères que sur terre, du fait de l'éloignement des populations et de la faiblesse des usages des espaces concernés (voir par exemple BATKER et SCHMIDT, 2015). Autre hypothèse (souvent vérifiée concernant les mines terrestres), ces impacts sont plus forts dans les situations où les populations locales n'ont pas d'expérience antérieure de projets d'exploitation des ressources naturelles. Les situations ainsi générées tendent à combiner incertitude normative (sur les « règles du jeu »), afflux brutal de ressources de tous ordres et (dans le cas des mines terrestres) mouvements de populations (évictions et migrations).

Ces problèmes nécessitent de bien intégrer les dimensions sociales et environnementales au concept de « faisabilité » du projet minier. La notion d'acceptabilité (sociale et environnementale) vient ici compléter celle de faisabilité. Un projet minier ne peut pas, sauf dans des systèmes autoritaires, réaliser ses objectifs économiques sans l'assentiment des populations impactées par ce projet, sans obtenir ce permis social tacite, basé sur la confiance réciproque développée entre les

12. Le terme « sous-marin profond » est à comprendre par opposition aux ressources minérales marines du plateau continental, beaucoup plus proches de la surface, comme le sont par exemple les gisements de phosphates de Polynésie française (Mataiva, Makatea), de formation intra-lagunaire.

parties prenantes, que la littérature anglo-saxonne désigne sous le nom de « *social licence to operate*¹³ » (voir par exemple OWEN et KEMP, 2013). Le permis social d'opérer (PSO) relève de la responsabilité sociale et environnementale des entreprises (RSE), progressivement développée par les grandes firmes minières vers la fin des années 1990 pour parer aux coûts du risque réputationnel : il s'agit d'une internalisation des risques environnementaux et sociaux autrefois conçus comme des externalités. Au-delà du PSO, la notion de consentement préalable, libre et éclairé (CPLE) apparaît comme une voie prometteuse en matière de reconnaissance des intérêts et points de vue des populations directement concernées par un projet minier, même s'il faut noter que sa mise en pratique est complexe (SZABLOWSKI, 2010) et que les institutions internationales rechignent à l'adopter (comme la Banque mondiale qui a voulu remplacer le « consentement » par la notion plus malléable de « consensus » ; KIRSCH, 2014).

Toute notre expérience, toutes nos connaissances concernant l'exploitation minière viennent des mines terrestres (sauf l'exploitation de diamants dans des eaux peu profondes au large de Namibie, voir V). L'absence d'expérience en matière d'exploitation minière des grands fonds marins, la connaissance encore très fragmentaire des écosystèmes océaniques, notamment du domaine profond, leur résilience par rapport à d'éventuelles activités d'exploitation minière ne sont connues que de manière très fragmentaire et locale (FOUQUET et LACROIX, 2012 ; HEIN *et al.*, 2013 ; DYMENT *et al.*, 2014). L'expérience liée à l'extraction d'hydrocarbures offshore est certes large, mais la comparabilité avec l'exploitation de ressources minérales sous-marines est finalement limitée : elle peut concerner quelques aspects technologiques (on retrouve certains acteurs sur les deux marchés, comme Technip). Il est toutefois possible de tirer plusieurs enseignements des dynamiques sociopolitiques et économiques induites par le développement des hydrocarbures (voir par exemple MITCHELL, 2011), de la gestion des catastrophes environnementales marines d'origine pétrolière (ADAM, 1998) et des questions d'acceptabilité sociale (MASON *et al.*, 2010 : 1374),

À ce jour, il n'existe pas de référentiel de connaissances acquises lors d'exploitations minières de ressources minérales marines profondes, quel qu'en soit le type. Il n'existe qu'un seul projet proche de la mise en exploitation, le projet d'exploitation de l'amas sulfuré de Solwara-1 par Nautilus Minerals en mer de Bismarck (Papouasie-Nouvelle-Guinée). Si de nombreux rapports techniques ont été rendus publics, il convient d'en souligner le caractère très préliminaire. Il n'existe pas encore d'étude économique de ce projet, seulement quelques premières estimations de la ressource (Golder Associates - Mineral Resource Estimate Solwara-1 Project) (voir V).

13. Cela peut se traduire par « permis social d'opérer ».

De nombreuses différences existent entre les conditions d'une exploitation de ressources minérales marines profondes et de ressources minérales « à terre » dans toutes les dimensions du développement durable : économiques, environnementales, sociales, technologiques, culturelles et politiques. S'il existe une littérature abondante relative à ces dimensions, le référentiel disponible sur les ressources minérales marines profondes est très limité, beaucoup restant à découvrir.

Aléas affectant les projets miniers et leur financement

Les projets miniers sont soumis à de nombreux aléas, exposant tous les acteurs à des risques (États, industrie minière, communautés riveraines de projets miniers).

Les types de ressources minérales marines profondes susceptibles de présenter un intérêt dans la ZEE de la Polynésie française concernent uniquement l'industrie des mines métallifères¹⁴. La suite de ce rapport se réfère donc spécifiquement à ce segment de l'industrie minière.

L'industrie des mines métallifères se caractérise, pour la grande majorité de la production mondiale, par des exploitations industrielles de grande échelle. S'il existe des productions de type PME ou artisanales, celles-ci ne pèsent pas grand-chose dans la production minière, à l'exception de la production de quelques métaux rares tels que les terres rares « lourdes » des argiles ioniques du sud de la Chine, le cobalt ou le tantale dans la région des Grands Lacs d'Afrique centrale.

L'activité de traitement des minerais a généralement lieu à faible distance des exploitations minières, afin de réduire au maximum les coûts du transport sur de longues distances de tonnages importants. En revanche, la métallurgie peut être réalisée à grande distance des sites d'exploitation, le coût du transport étant largement contrebalancé par le moindre coût de production d'usines métallurgiques situées dans des pays à énergie bon marché et/ou infrastructures et expertises développées (par exemple, le Japon ou la Corée du Sud).

Le financement des projets miniers est progressif. Il correspond à trois grandes tranches successives (figure 4) :

- l'investissement public (phase 1) dans l'identification du patrimoine minéral du pays ou de l'une de ses régions ;
- en cas d'identification de zones particulièrement prometteuses, l'investissement dans l'exploration minière (phases 2 à 5), chacune des phases étant séparée de la

14. Voir la contribution 0-1 pour une présentation des segments de l'industrie minière.

suyvante par une décision de poursuivre ou d'abandonner le projet au vu des résultats et du contexte économique. Cet investissement comprend l'ensemble des dépenses réalisées avant la décision de mise en production du gisement. Cette étape aboutit à l'étude de faisabilité ;

– en cas de conclusion positive de l'étude de faisabilité, mobilisation de l'investissement en capital nécessaire pour la mise en production (phase 6). Cet investissement doit comprendre une provision pour financer les travaux d'arrêt de l'exploitation lorsque celle-ci arrivera à son terme (phase 8).

Des investissements additionnels peuvent également s'avérer nécessaires au cours de l'exploitation, par exemple pour renouveler un parc d'engins, moderniser une installation ou accroître la capacité de production.

En ce qui concerne les investissements réalisés en matière d'exploration de ressources minérales marines profondes, on recense les opérations suivantes :

– l'exploration de l'amas sulfuré de Solwara-1 (Nautilus Minerals) et, beaucoup plus accessoirement, la reconnaissance de 18 autres amas sulfurés (Solwara-2 et 19) (voir I-2 et I-5). Ce sont environ 309 millions US\$ qui ont été investis en exploration, ainsi qu'en recherche et développement entre 2005 et fin 2014 ;

– l'exploration des zones à nodules polymétalliques. Les activités les plus avancées paraissent être celles de l'Inde, dans le cadre de permis accordés par l'AIFM dans la partie centrale de l'océan Indien. Ces activités mobilisent les navires océanographiques des ministères indiens de la Géologie, des Mines et de l'Institut océanographique national, ainsi que divers instituts effectuant des recherches et des développements relatifs aux moyens d'exploitation et de traitement métallurgique des nodules. Une ressource de 380 millions de tonnes de nodules (24,4 % manganèse, 1,2 % nickel, 1,1 % cuivre, 0,14 % cobalt) est annoncée par le ministère indien de la Science et de la Technologie¹⁵ ;

– l'exploration dans la zone internationale de Clarion-Clipperton (CCZ) par des organismes publics et des entreprises de plusieurs États, qui ont des permis (Allemagne, Angleterre, Belgique, Chine, Corée du Sud, États-Unis, France, Inde, Japon, Kiribati, Nauru, Russie, Singapour, Tonga...). Selon HEIN *et al.* (2013), une ressource de 21 100 millions de tonnes de nodules dans la CCZ contient trois fois la ressource terrestre globale de cobalt, deux fois celle du nickel et une quantité similaire de manganèse. Nautilus Minerals a également un permis dans cette zone et a publié en 2013¹⁶ une estimation de ressources supposées de 440 millions de tonnes à 26,9 % manganèse ; 1,2 % nitrate ; 1,1 % cuivre et 0,24 % cobalt ;

15. Source de ces informations, publiées en août 2015 : <http://pib.nic.in/newsite/PrintRelease.aspx?relid=124402>

16. Source de la publication : <http://www.nautilusminerals.com/IRM/Company/ShowPage.aspx/PDFs/1313-56149080/ClarionClippertonZoneProjectPacificOcean>

– l’exploration des boues volcano-sédimentaires minéralisées de la fosse d’Atlantis-II dans la mer Rouge, entre l’Arabie Saoudite et le Soudan. Situé à 115 km à l’ouest du port saoudien de Jeddah, ce gisement actuellement détenu par la société canadienne Diamond Fields International contient une ressource estimée à 89,5 millions de tonnes avec 2,06 % zinc ; 0,45 % cuivre et 38,4 ppm d’argent.

Les investissements réalisés avant la mise en exploitation sont particulièrement exposés aux divers types d’aléas spécifiques aux projets miniers, dont les plus évidents sont une chute du cours des métaux, affectant les perspectives de rentabilité, ainsi que des changements imprévus du cadre juridique et/ou fiscal applicable au projet, par exemple à la suite d’un changement de gouvernement. Les investissements ne pourront être récupérés et être générateurs de profits que si le gisement est exploité dans les conditions économiques au moins égales à celles prévues dans l’étude de faisabilité.

À ces investissements d’exploration viendront s’ajouter ceux de mise en production du gisement, appelés « investissement en capital » (« *Capital expenditure* », acronyme Capex (voir définition dans la contribution glossaire), dans la littérature anglo-saxonne). Le Capex est l’un des principaux indicateurs permettant d’évaluer l’économie d’un projet ou de comparer des projets entre eux.

Le montant du Capex peut varier entre quelques millions de dollars, pour de petites exploitations très simples situées dans des régions à infrastructures existantes, à plus de dix milliards de dollars pour des exploitations de très grande échelle, par exemple de minerai de fer, produisant des dizaines de millions de tonnes de minerai par an, nécessitant des infrastructures complexes, notamment pour acheminer le produit vers ses marchés. À ce Capex initial vient s’ajouter un Capex d’exploitation, destiné à financer le renouvellement des équipements lors d’exploitations à longue durée de vie.

Sur la base des données relatives à près de 3 300 projets miniers¹⁷, le Capex initial moyen est légèrement inférieur à 400 millions US\$.

Les phases du projet minier

L’importance des investissements à réaliser pour mettre en production une nouvelle mine, la nature et l’importance des aléas spécifiques à ces projets nécessitent un séquençage précis de ceux-ci afin de cibler et réduire au maximum ces aléas. Ceux-ci sont maximaux au tout début d’un projet minier, le risque principal étant

17. Base de données compilées par snl.com, service d’informations relatives à l’industrie minière mondiale, disponibles uniquement par abonnement payant.

la non-viabilité économique du projet, le risque de ne jamais pouvoir mettre en évidence des réserves minérales économiquement exploitables.

EGGERT (2010) estime que sur environ 500 à 1 000 projets d'exploration partant d'un terrain vierge, un seul aboutira à l'ouverture d'une mine.

La figure 4 présente l'enchaînement des différentes phases du projet minier et les rôles respectifs des États et des opérateurs industriels (qui peuvent également être publics). Il s'agit évidemment d'une représentation très simplifiée de la réalité et les acteurs impliqués dans ces différentes tâches ont varié dans le temps (voir JÉBRAK, 2015 : 104). Cette figure laisse par ailleurs entendre que l'État n'intervient qu'en amont et en fin de projet et que l'entreprise est la seule actrice durant la phase opérationnelle, alors que les questions de suivi, de respect des réglementations, etc. relèvent des administrations publiques, même si les tâches sont sous-traitées à des privés. Elle présente une arène minière très dualiste État/entreprise, laissant de côté d'autres acteurs et en particulier la « société civile » au sens très large, qui peut/doit jouer un rôle allant au-delà des procédures de consultation et de sa participation au travail minier (FILER et LE MEUR, *sous presse*). Il ne faut pas non plus oublier les actionnariats publics-privés d'entreprises et projets miniers, comme KNS en Nouvelle-Calédonie ou Codelco au Chili.

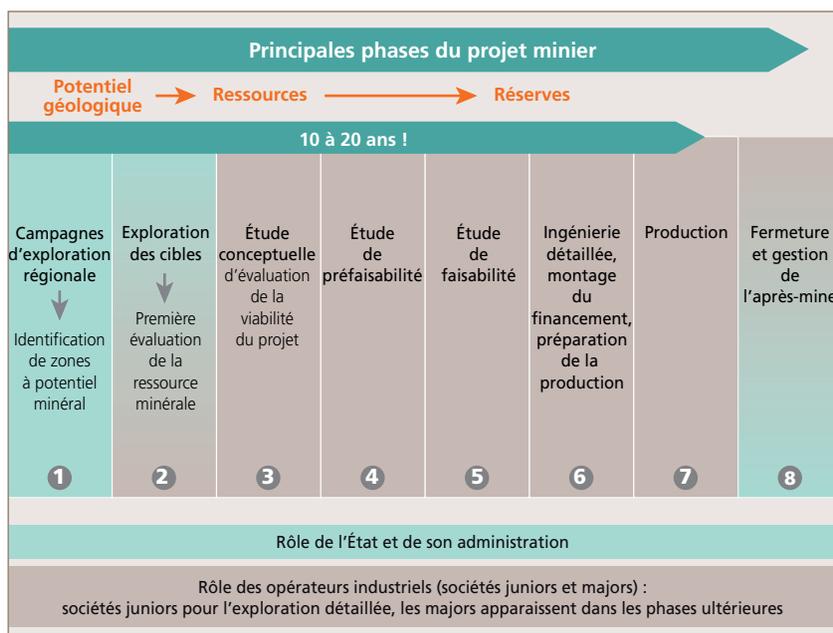


Figure 4.
Les principales phases d'un projet minier.
© BRGM/P. Christmann.

Cette figure représente en fond turquoise les activités qui sont de la responsabilité des États (ou de leurs collectivités territoriales dans le cas de certains États fédéraux) et, en fond gris, celles qui relèvent du rôle des opérateurs industriels. La limite entre les zones turquoise et grise de la phase 2, Exploration des cibles, est volontairement floue : certains États, pour des raisons de politique de développement régional et/ou de stratégie industrielle, choisissent de s'engager plus avant dans l'exploration, pour renforcer l'attractivité des sites qu'elles proposeront aux investisseurs miniers, et ainsi leur position dans la négociation.

Les éléments constitutifs des huit phases d'un projet minier (en référence aux activités minières terrestres) sont détaillés dans la contribution 0-1 ; la présentation qui suit est très résumée. Nous reviendrons plus loin sur les spécificités du cycle de projet minier sous-marin par rapport à ce canevas.

Phase 1 – Campagne(s) d'exploration régionale. Objectif : évaluer l'existence, ou non, d'un potentiel géologique et d'un patrimoine minéral associé, susceptible d'attirer des investisseurs intéressés à le développer jusqu'à une éventuelle exploitation.

Phase 2 – Exploration multi-méthodes des cibles minéralisées. Premiers calculs de la ressource supposée. Il est fréquent que les États se chargent d'une partie des travaux de cette phase, par exemple en réalisant des levés géophysiques aéroportés et/ou terrestres sur des zones d'intérêt géologique particulier, voire des tranchées et des forages. C'est au cours de cette phase que les permis d'exploration sont accordés par l'autorité publique compétente (variable en fonction de l'organisation institutionnelle du pays) aux investisseurs intéressés à prendre les risques pour développer le patrimoine minéral du pays.

Phase 3 – Étude économique conceptuelle. C'est la première étude technique et économique réalisée en cours d'avancement d'un projet minier. Elle doit déterminer la viabilité du projet en prenant en compte toutes les composantes (techniques, environnementales, sociétales), identifier les problèmes éventuels (et les études complémentaires nécessaires) et décrire/chiffrer les options possibles pour la suite du projet.

Phase 4 – Étude préliminaire de faisabilité. De contenu voisin à celui de l'étude économique conceptuelle, l'étude de pré-faisabilité offre cependant un degré de précision supérieur. Son utilité est à la fois d'informer les actionnaires de l'avancement du projet et de servir de base, au vu des résultats, à la décision de poursuivre ou d'abandonner le projet.

Phase 5 – Étude de faisabilité. Elle doit démontrer que l'exploitation d'un gisement déterminé est techniquement, économiquement et environnementalement viable, et socialement acceptée. L'étude doit démontrer que les problèmes géotechniques et hydrogéologiques sont traités et que les calculs des coûts d'investissement et

d'opération sont réalistes. Sur cette base, l'entreprise peut décider de monter le financement pour la mise en production (phase 6).

Phase 6 – Montage du financement, ingénierie détaillée, construction. Les informations qui lui sont relatives ne relèvent pas des obligations de publication imposées par nombre d'autorités de marché occidentales (Afrique du Sud, Australie, Canada notamment). Lorsque certaines sont rendues publiques, elles sont à rechercher dans les communiqués de presse, les rapports trimestriels et annuels des sociétés. Sa première étape, parfois entreprise en parallèle avec l'étude de faisabilité, est de finaliser l'obtention de tous les permis nécessaires à la mise en production. Ensuite viennent, plus ou moins en parallèle, le montage financier consistant à réunir les capitaux et les études détaillées d'ingénierie nécessaires à la mise en production. Ce n'est qu'ensuite que les acquisitions de matériels et les travaux pourront commencer.

Phase 7 – Production. Cette phase commence souvent 10 à 20 ans après la découverte de la minéralisation au cours de la phase 2 d'exploration. Ce n'est qu'au cours de cette septième phase du projet minier que l'investissement réalisé jusqu'ici pourra être récupéré et que des bénéfices seront réalisés, si les conditions identifiées dans l'étude de faisabilité se trouvent satisfaites ou dépassées. Elle commence généralement par une phase de démarrage, qui peut durer entre un et trois ans, pendant laquelle la production réelle ne sera qu'un pourcentage, progressivement croissant, de la capacité de production prévisionnelle identifiée dans l'étude de faisabilité.

Phase 8 – Fermeture et gestion de l'après-mine. Cette phase n'est pas, de loin, la moins importante du projet minier car, en milieu terrestre, l'exploitation a généralement conduit à la production de volumes importants de déchets. Un autre problème important des anciennes zones minières métallifères est la stabilité des anciens ouvrages souterrains lorsque ceux-ci sont peu profonds (quelques dizaines de mètres), ainsi que celle des remblais et dépôts de résidus de laverie. Un des avantages de l'exploitation des ressources minérales marines profondes est que ces problèmes ne se posent pas dans ces termes en milieu marin (BATKER et SCHMIDT, 2015), les impacts étant limités à la biodiversité marine, dont il faudra imaginer (et financer) des mesures de restauration spécifiques.

Les éléments à inclure dans les rapports liés aux phases 2, 3, 4 et 5, détaillées dans la contribution 0-1, s'inspirent des préconisations du standard canadien NI 43-101, annexe 43-101A (AUTORITÉ DES MARCHÉS FINANCIERS DU QUÉBEC, 2011), standard offrant le meilleur niveau international de transparence relative aux projets miniers. La description ci-dessous tient compte des expériences récentes acquises dans le domaine des ressources minérales marines profondes (projet Solwara-1 de Nautilus Minerals, projet Wallis-et-Futuna d'Eramet, Ifremer, Technip, ayant associé le BRGM, Areva, l'Agence des aires marines protégées et le ministère de l'Environnement du

Développement durable et de l'Aménagement du territoire lors de sa phase initiale ; voir aussi AGARWAL *et al.*, 2012 ; GOTO *et al.*, 2010).

La communication autour de la phase d'exploitation ne relève pas des codes édictés par les autorités des marchés financiers, mais d'autres pratiques laissées pour partie à l'initiative des opérateurs miniers, mais également définies par le cadre légal national. Elles concernent deux domaines :

- les obligations légales de publicité des comptes, variables en fonction de l'État de domiciliation de l'entreprise minière, de son statut juridique, de ses modes de financement (recours ou non à l'actionnariat public) et du lieu de ses activités ;
- l'engagement volontaire de l'entreprise en matière de responsabilité sociale et environnementale et en matière de rapportage de ses performances.

Connaissance de la ressource et des milieux : une approche plurielle

La connaissance du patrimoine minéral marin profond de la Polynésie française est bien sûr un préalable à toute décision d'exploitation. Cette connaissance relève de la première phase du projet minier, celle des campagnes d'exploration régionale, qui font souvent partie d'études scientifiques sans lien direct avec les ressources minérales. Cinq autres phases au total seront encore nécessaires pour arriver au stade de l'exploitation, sachant que le projet peut être abandonné à la fin de chacune d'entre elles si les perspectives de rentabilité sont insuffisantes pour l'investisseur qui développerait un projet.

Dans cette section, nous présenterons l'état des connaissances en la matière, dans l'objectif d'orienter les décisions en matière de production des connaissances et de campagnes d'exploration dont les enjeux sont exposés dans la quatrième partie de ce rapport. La présentation de l'état de la ressource et des connaissances actuelles ne se réduira pas à ses dimensions géologiques et économiques. Elle portera aussi sur les représentations polynésiennes de la ressource et de l'environnement dans lequel cette ressource s'insère, ainsi que sur les connaissances des milieux et des écosystèmes qui lui sont liés.

La reconnaissance de l'ensemble des dimensions de l'enjeu minier sous-marin, incluant la dimension culturelle, rend possible la construction d'une politique minière sous-marine originale, adaptée aux réalités du pays. Les choix effectués en matière de dispositifs (création d'une autorité minière spécifique, par exemple) et de découpages institutionnels (par exemple : la création d'une agence marine intégrant l'enjeu minier *versus* le maintien de politiques sectorielles : mine, pêche, environnement...) pourront se nourrir de cette reconnaissance plurielle. Elle passe donc par un état des connaissances, connaissances multiples du point de vue des disciplines mobilisées et des acteurs détenteurs de savoirs.

Croiser les différentes connaissances et représentations de la ressource et des milieux

Les représentations (normes, savoirs, valeurs) des différents acteurs jouent un rôle essentiel dans la construction d'une politique publique autour des ressources minérales maritimes profondes. En effet, la valeur de la ressource fait l'objet de lectures multiples, parfois contradictoires : le minéral est à l'origine de la vision polynésienne du monde, il a également une valeur potentielle du point de vue économique et environnemental. Les travaux d'exploration permettent de caractériser les types de formations minérales, et d'acquérir les informations précises nécessaires pour estimer avec justesse les teneurs, la composition, la géométrie (épaisseur, distribution des teneurs...) des minéralisations, afin d'aboutir à un calcul de ressources, selon la norme NI 43-101¹⁸. La dimension économique est déjà présente dans la définition des ressources et joue un rôle essentiel dans la définition au sein de ces ressources de ce qui est qualifié de « réserves »¹⁹.

Les différences entre les enjeux perçus par les différents acteurs tiennent alors une place d'autant plus importante que l'information concernant les ressources est partielle, que les facteurs économiques et environnementaux sont incertains, et que les règles concernant la répartition de la rente minière entre les différents acteurs ne sont pas définies. Ainsi, la valeur attribuée à une ressource minière par les différents acteurs concernés par un projet minier va résulter de la confrontation de ces différents niveaux d'analyse.

Les conditions de réussite d'un projet minier renvoient donc, au-delà même du critère du profit, non seulement à l'existence d'un gisement, à la disponibilité des savoir-faire et technologies, à l'accès aux financements, mais aussi à l'adhésion de l'ensemble des parties prenantes concernées et donc à la prise en compte de leurs savoirs, valeurs, intérêts et représentations.

18. Une ressource minérale est une concentration ou une occurrence d'une substance solide d'intérêt économique sur/dans l'écorce terrestre, dans une forme, teneur ou qualité telle qu'elle présente des perspectives raisonnables d'extraction économique (voir glossaire pour plus de détails).

Cette définition simple, qui a cours dans le secteur minier et les instances internationales, a été contestée et enrichie dans le champ de sciences sociales, par des économistes, des géographes ou des anthropologues, qui mettent en avant le caractère relationnel et socialement construit, via différents processus idéels, pratiques, marchands, technologiques de la notion de ressource, par opposition à la « matière » qui serait naturelle (par exemple STRANG, 1997 ; BRIDGE, 2014).

19. Les réserves minérales désignent la partie économiquement exploitable des ressources minérales mesurées ou indiquées (voir glossaire pour plus de détails).

L'état des connaissances géologiques du patrimoine minéral sous-marin

Notre connaissance du patrimoine minéral sous-marin de la Polynésie française est très limitée, tant en termes de couverture globale de la ZEE que de qualité de l'information disponible. L'exploration de la ZEE a été conduite très partiellement lors du programme Zepolyf avec les moyens de l'époque dans les années 1990 (BONNEVILLE et SICHOUX, 1998). Des informations récoltées lors des campagnes Nodules et Nodco dans les années 1970-1980 avaient révélé des indices favorables de l'existence en Polynésie française d'un potentiel minéral intéressant. Parmi ces découvertes, la plus notable est celle de la richesse exceptionnelle en cobalt d'encroûtements polymétalliques observés sur des reliefs sous-marins du plateau des Tuamotu principalement à des profondeurs allant de 800 à 2 500 m. (BONNEVILLE, 2002 ; BOUGAULT et SAGET, 2011 ; FOUQUET et LACROIX, 2012). Ces encroûtements restent parmi les plus concentrés en cobalt connus sur le plancher océanique à l'échelle mondiale. D'autres indices suggèrent la présence de nodules polymétalliques qui pourraient être abondants sur les plaines abyssales au nord-ouest de la ZEE (HEIN *et al.*, 2015). Toutefois, à l'heure actuelle, il est impossible de dire avec certitude si des métaux d'intérêt peuvent être extraits de manière acceptable, tant du point de vue économique qu'environnemental, et donc si ce potentiel minéral pourrait constituer une ressource. Beaucoup de recherche et d'exploration marines seront nécessaires avant d'établir leur statut de ressources.

Quatre principaux types de ressources sont connus sur le plancher océanique. Ces ressources minérales marines profondes se déclinent en :

- boues enrichies en terres rares ou en d'autres métaux ;
- amas sulfurés sous-marins ;
- nodules polymétalliques ;
- encroûtements polymétalliques.

Dans la ZEE de la Polynésie française, ce sont les encroûtements cobaltifères et, à un moindre degré, les nodules polymétalliques qui apparaissent aujourd'hui les plus intéressants.

En outre, des gisements divers sont exploités dans les eaux côtières peu profondes : phosphates, diamants, accumulations de minéraux lourds. Ils se situent en dehors du périmètre de cette expertise, sauf le phosphate dont la présence sous forme de phosphorite dans le substratum des encroûtements cobaltifères a été constatée (PICHOCKI et HOFFERT, 1987).

Terres rares

Le buzz autour de la publication de l'article de KATO *et al.* (2011) est probablement en grande partie injustifié. Ces auteurs ont signalé des concentrations de terres

rare dans les boues échantillonnées sur de nombreuses régions de l’océan Pacifique, et ils ont conclu que ce matériel représente une source potentielle importante de ces métaux. L’examen des données publiées par KATO *et al.* montre une grande hétérogénéité des teneurs en terres rares observées dans les 78 forages réalisés. En effet, la somme des terres rares contenues en moyenne dans un forage varie entre moins de 250 g/t et 2 228 g/t²⁰. Ces teneurs sont très modestes par rapport à celles observées dans de nombreux gisements « à terre ».

Dans ces conditions, en l’état actuel des connaissances disponibles, il est peu probable qu’un investisseur se manifeste pour chercher à développer l’exploitation des terres rares contenues dans les boues sédimentaires.

Cependant, les gouvernements chinois, japonais ou coréen pourraient être disposés à exploiter les terres rares à perte, le premier pour protéger son monopole, les deux autres pour échapper au monopole du premier.

Amas sulfurés sous-marins

Des gisements de sulfures massifs sous-marins sont situés dans des bassins d’arrière-arc ou bien dans la croûte océanique volcanique, associés soit à des dorsales médio-océaniques, soit à des zones de subduction en arcs insulaires (DYMENT *et al.*, 2014). Les principaux métaux dans des gisements de sulfures massifs sous-marins sont le cuivre et l’or, avec des quantités moins importantes de zinc et d’argent. Les projets d’exploitation de ceux-ci sont beaucoup plus avancés que ceux des autres ressources sous-marines. La société canadienne Nautilus Minerals a exploré dans la mer de Bismarck à l’ouest de la Papouasie-Nouvelle-Guinée depuis plus de 10 ans et, en dépit de nombreuses difficultés, elle prévoit de commencer l’exploitation du gisement de Solwara-1 en 2018. Produire une grande quantité de sulfures nécessite un système hydrothermal²¹ de longue durée (plusieurs millions à plusieurs centaines de millions d’années), tel qu’il existe au niveau des dorsales médio-océaniques ou marges convergentes ; de tels systèmes sont éphémères sur les îles volcaniques ou les monts sous-marins et les précipités de sulfure n’y existent qu’en quantités infimes.

La totalité de la ZEE de la Polynésie française se situe dans un contexte intra-plaque et, par conséquent, n’a pas les conditions requises pour la formation de gisements importants de ce type.

20. Sondage 597 A, situé à l’est des îles Gambier, en dehors des limites de la ZEE de Polynésie française, coordonnées du sondage : 18°48.43’S, 129°46.22’W.

21. Un système hydrothermal se forme quand de l’eau chaude circule à travers les roches de la croûte. Dans les bassins océaniques, l’eau de mer pénètre dans la croûte, puis sort sur le plancher océanique, formant des sources hydrothermales appelées fumeurs noirs. La précipitation de sulfures peut alors produire des dépôts de minéral (amas sulfurés).

Nodules polymétalliques

Ce sont des concrétions de roches composées essentiellement de couches concentriques d'oxydes/hydroxydes de fer et de manganèse. On les trouve en grandes concentrations sur la surface des plaines abyssales, recouverts de sédiments, à des profondeurs d'eau d'environ 3 500 à 6 500 m. Les nodules polymétalliques sont enrichis en métaux qui sont, par ordre d'importance en termes de proportion : le manganèse, le nickel, le cuivre, le cobalt, le molybdène et les terres rares. Le manganèse ajoute considérablement à la valeur totale de la minéralisation. La région la plus favorable connue à ce jour est la zone encadrée par les fractures de Clarion et de Clipperton dans le Pacifique centre-est, où l'Agence internationale des fonds marins a délivré 14 permis d'exploration à de nombreux pays : 18 au total, dont la France. L'existence de ce type de ressource en Polynésie française est indiquée par l'exploration menée à la périphérie de la ZEE (SPC-EU EDF10 *Deep Sea Minerals (DSM) Project*, Brochure 6) et décrite par HEIN *et al.* (2015).

Une forte abondance de nodules est signalée dans la ZEE des îles Cook, dans la partie ouest de la ZEE de la Polynésie française et principalement hors ZEE en eaux internationales.

Encroûtements polymétalliques

Ce sont des couches d'oxydes de fer et de manganèse, enrichies en métaux comme le cobalt, le titane, le nickel, le platine et les terres rares, qui se forment sur un substrat volcanique ou sédimentaire sur le plancher océanique (photo 1). Épaisses de quelques centimètres jusqu'à 25 cm (2 à 10 cm en moyenne), ces formations sont associées aux volcans intra-plaques, aux monts sous-marins isolés, aux alignements volcaniques et aux plateformes volcaniques ou carbonatées. Elles se trouvent à des profondeurs d'eau allant de 400 à 4 000 m et peuvent couvrir des surfaces du plancher océanique de plusieurs kilomètres carrés à des centaines de kilomètres carrés. Leur répartition est liée à leur mode de formation et elles se trouvent principalement sur les parties très anciennes du plancher océanique dans des endroits où le taux de sédimentation est faible, voire quasi nul, le plus souvent sur des reliefs qui s'élèvent d'au moins 1 000 m au-dessus du plancher océanique.

Certaines parties de la ZEE de Polynésie française sont très prometteuses pour ce type de ressource, mais les données manquent pour permettre des calculs précis, comme l'indiquent DYMENT *et al.* (2014).

Notre évaluation de la valeur potentielle des encroûtements polymétalliques en Polynésie française repose sur trois critères : âge, profondeur, pente. Selon HEIN *et al.* (2013), les encroûtements se forment à des vitesses de 1 à 6 mm par million d'années à des profondeurs comprises entre 400 m et 4 000 m dans des zones de faible sédimentation. Ils sont donc potentiellement plus épais – et donc plus



Photo 1.

Contenu d'une drague remontée lors de la campagne Tarasoc montrant les roches à encroûtements polymétalliques, 600-850 m de profondeur, sud-ouest de Kaukura²².

© IRD-MNHNS. Samadi.

prometteurs – sur des structures plus anciennes. On peut *a priori* considérer que plus faibles seront la profondeur et la pente, plus facile sera l'exploitation. Au-dessus de 800 m, la productivité biologique augmente la sédimentation. Au-dessous de 2 500 m, les encroûtements sont moins abondants et plus difficiles à exploiter. Nous avons donc considéré une gamme de profondeurs plus restreinte, de 800 à 2 500 m pour déterminer les zones favorables. Dans cette gamme de profondeur, les reliefs les plus favorables sont le plateau des Tuamotu, les Australes et, à un moindre degré, la chaîne des monts sous-marins Tarava, au sud-ouest des îles de la Société, celle-ci présentant des reliefs moins étendus. Si l'on élimine les zones trop pentues (plus difficiles à exploiter), ce sont les Tuamotu et les Australes qui apparaissent les plus prometteuses. L'âge des unités volcaniques et la durée de l'érosion après l'arrêt de l'activité volcanique permettent d'affiner le diagnostic et de conclure qu'en l'état actuel des connaissances (elles concernent surtout la zone de Kaukura, du plateau de l'archipel des Tuamotu (MARTEL-JEANTIN *et al.*, 2001 ; BONNEVILLE, 2002 ; BOUGAULT et SAGET, 2011) et des monts Tarava), les reliefs submergés les plus anciens de la ZEE de Polynésie française les plus susceptibles d'être couverts par de grandes surfaces d'encroûtements cobaltifères épais se

22. Voir coordonnées exactes sur le site :
<http://expeditions.mnhn.fr/campaign/tarasoc/event/DW3352?area=1>

trouvent sur les parties sud-ouest et nord-est du plateau des Tuamotu. Les reliefs des Marquises sont en revanche trop jeunes pour avoir développé des encroûtements épais et les surfaces sont trop pentues pour permettre une exploitation facile.

Le croisement des critères d'âge, de profondeur, de pente et de surfaces potentiellement intéressantes permettent d'avancer que ce sont les encroûtements polymétalliques qui présentent le potentiel le plus intéressant en matière de formations minérales sous-marines et que les lieux les plus prometteurs se situent dans les zones nord-est et sud-ouest du plateau des Tuamotu. Ces critères devront être croisés avec d'autres paramètres, portant sur les écosystèmes (vulnérabilité, résilience, rareté) et les usages de ces espaces (voir infra).

Les enjeux de l'expansion de la ZEE

Si le programme Extraplac (Programme français d'extension du plateau continental) est chargé d'instruire juridiquement les dossiers de demande d'extension du plateau continental, il offre aussi l'opportunité de produire des données nouvelles et contribue ainsi à la définition d'une stratégie d'inventaire des ressources potentielles de la ZEE et de son extension (voir I-4). Cette stratégie se développera nécessairement dans le cadre de programmes de recherche futurs, car l'aspect ressource minérale est indissociable de l'exploration scientifique et multidisciplinaire des grands fonds océaniques, comme cela a été rappelé à maintes reprises (DYMENT *et al.*, 2014).

Le dossier Polynésie est le dernier en cours de préparation. À la suite de l'étude théorique concernant la Polynésie française, il a été jugé nécessaire d'acquérir des données bathymétriques récentes et complémentaires sur des localisations clés. Une première campagne géophysique nommée Polyplac s'est déroulée en 2012 dans une zone située au sud-est des îles Marquises. Une seconde campagne, Polyplac 2, a été conduite en avril/mai 2015 dans la zone située à l'est des Tuamotu. À ces deux zones s'en ajoute une troisième à l'est des Australes, qui a également été jugée pertinente pour une demande de délimitation du plateau continental. À la suite de la seconde campagne géophysique et en exploitant également les données existantes, le dépôt du dossier de demande de délimitation du plateau continental pour la Polynésie française pour les trois zones évaluées comme les plus pertinentes, toutes situées dans la partie orientale de la ZEE, pourra être envisagé à l'horizon 2016. Cependant, il ne peut pas être escompté un examen du dossier avant plusieurs années, du fait de la liste d'attente actuelle des dossiers reçus par la Commission des limites du plateau continental (CLPC). Il s'agira d'apporter les éléments en matière d'évaluation des ressources et de préservation des environnements.

Un tel projet pourrait se positionner comme une action de service public post-Extraplac.

Écosystèmes et milieux environnant la ressource

La connaissance géologique de la ressource doit être contextualisée et ce de deux manières : d'une part, en la situant dans les milieux et les écosystèmes marins qui se sont développés à proximité d'elle (voir IV-1 et IV-2) ; d'autre part, en l'abordant du point de vue des représentations culturelles de l'environnement marin (voir I-1).

L'espace maritime concerné par l'exploration des ressources minérales profondes en Polynésie française est vaste. Les ressources potentielles identifiées sont les encroûtements cobaltifères (les nodules polymétalliques à un moindre degré), qui se forment sur des reliefs sous-marins tels que des plateaux ou des sommets de guyots (monts sous-marins d'origine volcanique présentant un sommet aplati)²³. L'épaisseur des encroûtements reste à préciser, mais l'exploitation peut potentiellement concerner des surfaces considérables. Une caractéristique importante des environnements marins est l'interdépendance entre compartiments éloignés verticalement (le long de la colonne d'eau) et horizontalement (entre sites distants). Ces couplages résultent, d'une part, des cycles de vie des organismes, qui peuvent inclure des phases dans différents compartiments le long de la colonne d'eau, et, d'autre part, des connexions trophiques entre ces différents compartiments (SHANK, 2010 ; voir IV-1).

Les connaissances sur les organismes et les habitats directement impactés par une exploitation de ces ressources sont quasi nulles en ce qui concerne la Polynésie française et guère plus avancées à l'échelle mondiale. Le peu de données disponibles sont des données naturalistes issues des campagnes d'exploration françaises déployées depuis une quarantaine d'années dans le sud-ouest du Pacifique (BOUCHET *et al.*, 2008). Ces données apportent des connaissances sur la diversité des organismes, mais peu d'éléments sur l'écologie et le fonctionnement des écosystèmes. Le peu de résultats disponibles suggère que la faune benthique profonde, à l'instar des faunes et flores récifales de Polynésie française, est relativement moins diversifiée que celles du triangle d'or de la diversité marine centrée sur l'Indonésie et la Papouasie ; toutefois, elle présente une proportion plus grande d'espèces endémiques.

Les reliefs sous-marins sont cependant bien connus des pêcheurs, car ils correspondent à des zones de concentration des organismes pélagiques²⁴ et des prédateurs. L'écologie des grands vertébrés marins – oiseaux, mammifères et poissons – est mieux

23. Voir définition complète dans la contribution glossaire.

24. Organismes pélagiques : vivant en pleine mer, dans la partie supérieure de la colonne d'eau.

documentée que celles des invertébrés benthiques²⁵. Nombre de ces pélagiques se déplacent en fonction des saisons et des stades de leur cycle de vie sur de vastes espaces maritimes pouvant aller pour certains, des eaux froides au sud de la Nouvelle-Zélande, jusqu'à l'archipel des Marquises.

Pour la faune benthique, même si les données écologiques sont plus rares, la biologie des organismes implique le plus souvent une phase mobile pélagique permettant la dispersion entre habitats distants favorables (SHANK, 2010). Une partie de la faune benthique associée aux reliefs sous-marins sur lesquels les encroûtements sont susceptibles de se former est fixée ou peu mobile au stade adulte (éponges, coraux, gorgones, etc.). La plupart de ces organismes ont une grande longévité et jouent un rôle d'architectes dans les écosystèmes (SAMADI *et al.*, 2007). Cette longévité est permise par la stabilité des structures qui est également un des facteurs permettant la formation des encroûtements. Le peu de données disponibles (SCHLACHER *et al.*, 2014) ne permet pas d'exclure que les faunes associées aux encroûtements soient différentes de celles associées aux reliefs non encroûtés. La réponse à cette question est déterminante pour proposer un plan de gestion et de protection des faunes profondes impactées par une potentielle exploitation.

Représentations polynésiennes de la ressource et du milieu

L'approche culturelle de la ressource enrichit le référentiel et donc le « récit de politique publique » dans lequel un projet minier sous-marin pourrait s'inscrire (voir I-1).

L'intérêt est double. D'une part, dans la mesure où l'on se situe en amont de toute exploitation, il est possible d'élaborer une stratégie minière sous-marine originale qui soit adaptée aux réalités du pays. D'autre part, la prise en compte des représentations et pratiques culturelles de l'environnement abritant la ressource aidera à mieux saisir et anticiper les réactions des populations concernées. L'objectif est que l'exploitation minière soit utile au développement du territoire.

Le rapport nature-culture en Polynésie est conçu comme un rapport généalogique, en vertu d'un principe de continuité où les dieux et les humains sont généalogiquement liés à la nature, qui inclut l'univers minéral, (voir I-1). Le minéral, le végétal peuvent être considérés comme une extension de la parentèle ou comme une manifestation du divin dans le monde visible. C'est en ce sens que l'extraction des

25. Invertébrés benthiques : vivant dans la partie inférieure de la colonne d'eau, sur les grands fonds.

ressources minérales ne relève pas seulement d'un processus industriel, mais aussi d'un désenchantement culturel.

La reconnaissance du caractère culturellement marqué ou « habité » de l'espace marin constitue un préalable essentiel au développement de toute activité risquant d'affecter ce milieu.

Il est également essentiel dans ce contexte de prendre en compte la politique des identités et de reconnaissance culturelle très active en Polynésie française depuis deux décennies environ (SAURA, 2009) pour mieux comprendre et peut-être anticiper la manière dont le développement possible d'une nouvelle activité affectant l'environnement peut être reçu et éventuellement repris dans les arènes politiques locales. Ce registre, qui est celui de la mobilisation active de l'identité et de la culture, diffère de celui, plus quotidien, des représentations et pratiques culturelles individuelles et collectives portant sur l'environnement et reproduisant le continuum nature/culture polynésien.

Du point de vue de l'enjeu minier sous-marin, comprendre la manière dont l'environnement marin dans ses différentes composantes (humaines et non humaines) s'inscrit dans un continuum culturellement construit, aidera à mieux saisir, voire à anticiper les réactions des groupes d'acteurs concernés, face à un possible développement minier sous-marin. Il ne s'agit pas ici seulement des conflits d'usage potentiels sur les espaces concernés, mais éventuellement de conflits de représentations. Sur ce plan, il faut prendre en compte l'hétérogénéité des positionnements individuels et collectifs : savoirs et représentations culturelles ne sont pas distribués de manière homogène et ils peuvent être instrumentalisés politiquement.

Économie de la ressource et soutenabilité du développement : scénarios

Aujourd'hui, les connaissances disponibles sur les ressources minérales de Polynésie française, dont les encroûtements cobaltifères, sont trop fragmentaires pour pouvoir produire une véritable étude de faisabilité économique de leur potentiel. Des campagnes de recherche d'envergure seront nécessaires (voir partie suivante). Il est toutefois possible de construire des scénarios qui doivent aider à opérer et affiner ensuite des choix politiques en matière d'exploration et exploitation des ressources minérales sous-marines de la Polynésie française. Ces scénarios jouent sur les critères géologiques (profondeur, relief, teneur, épaisseur des encroûtements cobaltifères) et, d'un point de vue économique, prennent en compte les deux catégories de variables principales que sont la valorisation de la ressource (prix) et les coûts de production (liés à la technologie d'exploitation choisie, aux coûts salariaux et des intrants, à la fiscalité). Ces scénarios portent aussi sur les choix à la fois technologiques et stratégiques d'extraction et/ou de transformation sur place ou hors ZEE.

Pour élaborer ces scénarios, nous nous basons donc sur l'état des connaissances présenté dans la partie précédente et sur les opportunités économiques potentielles des minéraux principaux des encroûtements cobaltifères du point de vue des marchés mondiaux. Nous mobiliserons dans la dernière section de cette partie ces scénarios pour traiter la question de la répartition de la rente minière.

Opportunités économiques : les marchés des métaux

En utilisant les données publiées par MARTEL-JEANTIN *et al.* (2001), BONNEVILLE (2002) et HEIN *et al.* (2013) relatives à la région de Kaukura et Niau (Tuamotu) en Polynésie française, il est estimé que 89 % de la valeur des ressources minérales sous-marines est contenue dans seulement cinq métaux, par ordre d'importance en termes de proportions : manganèse, cobalt, titane, nickel et platine. La valeur

in situ totale d'un tel minerai est de 1 026 US\$/t, une valeur très élevée équivalant environ à un minerai de cuivre à 20 % cuivre, soit une richesse absolument exceptionnelle, bien au-delà du 1 % de teneur en cuivre exploité en moyenne à l'heure actuelle (voir I-4).

Cobalt

Le cobalt représenterait environ 24 % de la valeur économique moyenne des encroûtements en l'état actuel des connaissances. Le marché du cobalt est très dynamique, sous-tendu par les nombreux usages du métal (batterie Li-ion, superalliages). La demande en cobalt devrait demeurer soutenue dans les années à venir. Il y a toutefois peu à craindre en termes de disponibilité de la ressource, peu de pressions économiques pour rechercher en mer de nouvelles ressources de cobalt. Un avantage, mais aussi un inconvénient de l'exploitation terrestre est que le cobalt y est un sous-produit de l'extraction de cuivre et de nickel, ce qui limite les coûts de production. Les teneurs des plus gros gisements de cuivre-cobalt (Congo, Zambie) sont également élevées. Cependant, des opérateurs pourraient être tentés par la mise en valeur des encroûtements cobaltifères marins profonds, étant donné les forts risques géopolitiques pesant sur cette ressource (et dont témoigne la volatilité des prix). En effet, en 2013, c'est en République démocratique du Congo et en Chine qu'ont eu lieu respectivement 54 % de la production, et 43 % du raffinage. Par ailleurs, la production de cobalt en République démocratique du Congo pourrait se trouver affectée par la décision de Glencore d'arrêter jusqu'en 2018 l'exploitation de ses mines de cuivre. Cependant, cette décision datant de septembre 2015 n'a pas jusqu'ici freiné la chute des cours du cobalt (environ 10 % au quatrième trimestre 2015).

Le marché reste étroit, bien qu'en croissance rapide. Un projet d'exploitation sous-marine du cobalt ne devrait pas viser une production sensiblement supérieure à 10 000 t de cobalt métal par an afin de ne pas bouleverser le marché (il faudrait aussi démontrer la compétitivité de l'exploitation des encroûtements polynésiens).

Manganèse

Le manganèse représenterait 50 % de la valeur économique moyenne des encroûtements polynésiens. Le marché du manganèse est étroitement lié à la sidérurgie mondiale, 91 % de la consommation de manganèse étant destinée à la production de l'acier et de superalliages. La sidérurgie mondiale traverse une période de crise profonde, avec le développement de fortes surcapacités de production au moment où le rythme d'urbanisation en Chine est entré dans une phase de ralentissement structurel sans qu'apparaissent des relais de croissance de la demande dans d'autres pays et régions du monde (Inde et Afrique notamment). Il est probable qu'à l'horizon de quelques décennies l'économie du manganèse se trouvera affectée par une

baisse graduelle des teneurs, la probabilité de trouver de nouveaux gisements riches semblant géologiquement assez faible (mais il ne faut pas oublier un taux de recyclage élevé, supérieur à 50 %). Par ailleurs, la moitié des réserves mondiales se trouvent dans deux pays à risque géopolitique élevé : Afrique du Sud et Ukraine. Cela pourrait alors stimuler les investissements de mise en exploitation des ressources marines en nodules manganésifères. Leur teneur en manganèse (21,7 %) étant comparable à celle des gisements pauvres à terre, soit environ seulement la moitié des teneurs actuellement exploitées à terre, il est peu probable que des investissements d'exploration soient rapidement consentis pour la recherche du manganèse en mer. Ceci dit, si la valeur du cobalt et d'autres métaux justifie l'exploitation, la récupération de manganèse comme sous-produit peut être rentable.

Nickel

Le nickel représenterait environ 6 % de la valeur économique moyenne des encroûtements polynésiens. Le nickel est un métal d'alliage, notamment du fer (66 % de sa consommation va dans les aciers inoxydables, qui sont recyclés à plus de 90 %). Les latérites nickélifères et les sulfures magmatiques sont les principales sources de production de nickel (Indonésie, Philippines, Nouvelle-Calédonie, Brésil, Cuba, Canada, Russie, Australie...). À l'heure actuelle l'industrie mondiale du nickel souffre de surcapacités et des cours très bas du métal. Si ces conditions économiques perdurent, de profondes restructurations de l'industrie du nickel sont à prévoir et il faudrait que la mise en valeur éventuelle des encroûtements cobaltifères de Polynésie française ait de sérieux arguments économiques à faire valoir pour susciter de l'intérêt.

Cuivre

Le cuivre représenterait une portion faible de la valeur économique moyenne des encroûtements polynésiens, autour de 1 %. Il a toutefois été retenu dans la littérature économique sur le sujet (voir *infra* la section sur les scénarios), et une covalorisation maximale des métaux contenus est évidemment souhaitable, si elle est faisable technologiquement et économiquement. Le cuivre fait partie des métaux de base dont la consommation est fortement tirée par les pays émergents (Inde et Chine en particulier, cette dernière ayant consommé en 2014 8 millions des 18 millions de tonnes produites au niveau mondial ; JÉBRAK, 2015 : 11) du fait de ses usages nombreux dans l'industrie, souvent sous forme d'alliages (télécommunications, bâtiment, transports, énergie et énergies renouvelables). Il faut toutefois noter que le taux de recyclage est très élevé (plus de 70 % du cuivre extrait de la Terre est toujours utilisé ; *ibid.* : 12). Par ailleurs, la place centrale du Chili dans la production (40 % environ, suivi des États-Unis) induit un risque géopolitique actuellement faible en termes d'approvisionnement.

Titane

Selon le prix adopté, le titane représenterait entre 8 et 20 % de la valeur théorique des encroûtements polynésiens. Il n'y a pas de tensions concernant les ressources en titane. Elles sont très abondantes sur la planète et la présence de quelques pourcentages de titane dans les encroûtements de Polynésie française ne devrait pas être considérée comme un atout particulier. À ce stade des connaissances des conditions économiques, la rentabilité de son éventuelle récupération métallurgique n'est pas connue. Il est impossible de savoir si celle-ci sera techniquement faisable, à des conditions économiques compétitives, en même temps que la récupération du cobalt, du manganèse et du nickel. Les exemples donnés ci-dessus démontrent que la génération de la valeur est essentiellement liée au processus métallurgique conduisant à la production de cobalt.

Platine

Plus de 90 % des ressources en platine se trouvent dans des pays sensibles (Afrique du Sud, Zimbabwe, Russie) mais, comme les terres rares, les valeurs rapportées dans des encroûtements sont très faibles. Les concentrations sont inférieures à 20 % des valeurs des minerais terrestres, et dans les conditions actuelles, l'exploitation sous-marine n'est probablement pas rentable.

Scénarios économiques

Compte tenu des enjeux de développement associés à l'existence d'une rente minière, il est nécessaire de situer son niveau potentiel pour effectuer les choix politiques en la matière. La rente économique est définie de façon opérationnelle comme la valeur actualisée nette hors impôts et taxes (VAN²⁶), selon la définition du FMI (FMI, 2012). Une telle définition a l'avantage d'être en lien direct avec les analyses de rentabilité des projets. La rente dépend des cours des métaux commercialisables et des coûts de production. Dans un calcul de rentabilité, la question de l'amortissement des dépenses d'exploration, ainsi que des dépenses éventuelles de recherche et développement (pour développer un nouveau procédé, un nouveau type d'équipement par exemple) est un sujet particulièrement épineux, car l'investisseur va souhaiter récupérer cet investissement non inclus dans le calcul du coût en capital du projet.

Le caractère fragmentaire des connaissances sur l'état de la ressource (teneur, épaisseur, surface, microtopographie), l'absence de réponse à des questions importantes relatives à l'exploitabilité et à la métallurgie des encroûtements

26. Pour plus de détail, voir la contribution glossaire.

cobaltifères, interdisent toute étude de faisabilité économique (et les études recensées dans la littérature ne se situent pas non plus à ce stade).

Pour illustrer les enjeux économiques d'un projet d'encroûtement cobaltifère, nous proposons donc une simulation de sa rentabilité et de ses impacts macroéconomiques (voir I-5). Pour mener à bien cette simulation, nous discutons des hypothèses dans deux scénarios alternatifs, un scénario de base et un scénario favorable. Rappelons ici qu'un scénario n'est pas une prédiction ou une prévision. Il permet de repérer les variables clés, celles qui jouent un rôle déterminant dans la rentabilité du projet. Une telle réflexion a l'avantage de préciser les ordres de grandeur vis-à-vis de l'économie de la Polynésie française.

Le premier scénario, « scénario de base », est une adaptation directe des hypothèses retenues par YAMAZAKI, en adoptant les teneurs moyennes des encroûtements cobaltifères prélevés dans trois zones de la ZEE de la Polynésie française (Kaukura, Tarava, et au nord-ouest des Tuamotu) et en corrigeant les coûts de production par les volumes traités.

Le deuxième scénario, « scénario favorable », considère un volume de production plus important, correspondant à 10 % du marché mondial du cobalt en 2014, soit 10 000 t (contre 4 500 t dans le premier scénario).

Ces scénarios permettent de préciser les hypothèses clés et de disposer d'ordres de grandeurs économiques sur la rente qui situent le projet dans la macro-économie de la Polynésie française. Le jeu d'hypothèses est le suivant :

– **Métaux.** Les métaux d'intérêt considérés dans les scénarios sont le cobalt, le nickel et le cuivre²⁷. Par rapport au raisonnement en termes de valeur *in situ*, qui prend aussi en compte la valeur liée, notamment, au manganèse, au titane et au platine, on considère dans la littérature simulant la rentabilité des projets miniers que ces métaux ne feront pas l'objet de valorisation (à la notable exception de GOTO *et al.*, 2010).

– **Durée.** La durée classiquement envisagée dans la littérature est de 20 ans en phase de production. À cette durée d'exploitation, il faut ajouter la période de construction et de montée en puissance. Conformément aux paramètres retenus par YAMAZAKI, une période de 5 ans sans production est envisagée, avec une production à 50 % pour la sixième année.

– **Production.** Nous retenons un objectif de production correspondant à 4 500 t de cobalt par an dans le scénario de base, et à 10 000 t de cobalt par an (correspondant à 10 % de la production mondiale) dans le scénario favorable.

27. La valorisation des autres métaux, représentant moins de 5 % de la valeur du minerai, sera bien sûr à étudier lors de futures études relatives au traitement métallurgique des encroûtements.

– **Localisation.** Deux zones dans la ZEE ont fait l’objet de prélèvements montrant la présence d’encroûtements cobaltifères avec des teneurs importantes en cobalt : Kaukura (Tuamotu), Tarava (au sud des îles de la Société). Au nord-est des Tuamotu, le contexte géologique et géographique apparaît aussi favorable, mais aucun prélèvement n’a été réalisé pour le moment.

– **Teneur.** Cobalt : 1,06 % ; nickel : 0,61 % ; cuivre : 0,11 %.

– **Processus industriel et taux de récupération.** Deux grandes options sont envisageables : soit une transformation métallurgique locale (à terre ou *offshore* sur quai flottant), soit un processus totalement hors ZEE. Pour la simulation de la rentabilité nous considérons ici un processus totalement hors ZEE (similaire à celui envisagé par YAMAZAKI). Le développement d’un processus *on-shore* avec installation d’une usine de traitement de minerai ou transformation métallurgique en Polynésie française, compte tenu des contraintes d’infrastructures et de coûts (énergie, main-d’œuvre), paraît aujourd’hui une perspective peu probable. Elle mériterait néanmoins des études plus poussées.

– **Financement.** Les scénarios envisagent un financement de l’investissement nécessaire à 30 % par des capitaux propres et à 70 % par des emprunts.

– **Prix.** Pour effectuer une simulation des revenus bruts, nous avons retenu la moyenne des prix des trois principaux métaux d’intérêt (cobalt, nickel et cuivre) sur les trente dernières années, selon l’hypothèse d’un super-cycle, sachant que la demande de l’Inde et de l’Afrique tend à prendre le relais de celle de la Chine.

Scénario de base

Pour le scénario de base, on obtient une simulation de la rentabilité, dans la lignée des travaux de YAMAZAKI, adaptée aux conditions géologiques des trois zones d’intérêt dans la ZEE de Polynésie. Cette première simulation conduit à un taux de rentabilité interne (TRI²⁸) de 4 %, ce qui est trop faible²⁹ pour envisager le démarrage d’un projet minier. Pour qu’un projet d’encroûtement cobaltifère atteigne un taux de rentabilité interne plancher de 10 %, seuil minimum pour les opérateurs, il faut atteindre des niveaux de prix supérieurs de 60 % à celui atteint en moyenne sur la période 1984-2013. Dans le scénario de base, la perspective que s’engage une exploitation des encroûtements cobaltifères sur la ZEE de la Polynésie française paraît très improbable à court et moyen terme.

28. Voir le glossaire pour plus de détail.

29. On considère (FMI, Banque mondiale) qu’un TRI de 10 % est un minimum pour inciter les agents privés à investir dans un projet. Pour les projets miniers, les TRI moyens considérés sont souvent beaucoup plus élevés (de l’ordre de 30 %), à cause des risques spécifiques à ces projets.

Si l'on calcule la valeur actualisée nette (VAN)³⁰ dans le scénario de base, mais avec l'hypothèse de prix du cobalt supérieur de 60 % à leur niveau moyen sur la période 1984-2013 et un taux d'actualisation³¹ de 10 %, qui correspond à un niveau plancher, on obtient l'équivalent de 1 % du PIB de la Polynésie française pour 2011 (rappelons que la VAN est une mesure de stock, alors que le PIB est une mesure de flux). Cette simulation se base sur une imposition sur le bénéfice à 30 %.

Hors impôts, le poids de la VAN représente 6 % du PIB de 2011, soit un montant plus significatif, relativement faible, mais comparable à la valeur des industries de pêche ou de perles.

Si on utilise le Taux effectif moyen d'imposition (Temi) en tant qu'indicateur du partage de la rente (FMI, 2012), avec 30 % d'impôt sur les sociétés, on obtient un rendement inférieur au seuil plancher de 10 % (hypothèse initiale d'un taux d'actualisation de 10 %).

Au final, le scénario de base +60 à partir duquel nous avons procédé à des simulations de la rentabilité économique d'un projet d'encroûtement cobaltifère et de ses enjeux économiques appuie l'idée que les conditions de démarrage d'un tel projet ne sont actuellement pas réunies. On retrouve là une conclusion largement partagée dans la littérature (ECORYS, 2014 ; ensemble des études de YAMAZAKI).

Scénario favorable

Une augmentation du volume de cobalt produit, jusqu'à 10 000 t (soit 10 % du marché mondial), change fortement la rentabilité d'un projet d'exploitation des encroûtements cobaltifères. Un tel niveau de production permettrait à la Polynésie française de devenir un acteur de poids dans le marché mondial du cobalt, tout en évitant un effet dépressif sur les prix. Cela supposerait toutefois, comme dans le scénario de base, un marché mondial du cobalt très porteur³². Pour qu'un projet atteigne une rentabilité de 20 %, il faut des niveaux de prix supérieurs de 60 % à celui atteint en moyenne sur la période 1984-2013.

Le poids de la VAN hors impôts représente désormais 50 % du PIB de 2011, soit un montant très significatif. Dans un tel scénario, l'impact macroéconomique du projet devient majeur.

30. Pour calculer une VAN, il faut choisir un taux d'actualisation des revenus futurs issus de l'exploitation. Dans le cadre des simulations menées ici, nous retenons un taux de 10 %, rendu ainsi équivalent à un niveau de rentabilité minimal.

31. Voir glossaire pour plus de détail.

32. Précisons que le cours actuel du cobalt (27 740 US\$ courant par tonne le 5 octobre 2015 au LME), est inférieur à son niveau moyen sur la période 1984-2013 (qui est calculé à 40 514 US\$ en dollars 2006).

À un tel cours, la rentabilité du projet minier ne serait pas assurée.

Le taux effectif moyen d'imposition (Temi) en tant qu'indicateur du partage de la rente (FMI, 2012) s'établit dans ce scénario à 18,6 %. Les Temi calculés par le FMI se trouvent en moyenne dans une fourchette allant de 40 à 60 % (FMI, 2012). Autrement dit, selon ce scénario, il y aurait une véritable marge de manœuvre pour mettre en œuvre, au-delà de l'impôt sur les sociétés, une fiscalité minière adaptée pour permettre à l'État de capter une part plus significative de la rente économique. Cette part serait toutefois réduite, quel que soit le scénario considéré, par la prise en compte des dépenses d'exploration et de rémunération du risque.

Au final, les deux scénarios de rentabilité présentés ici amènent à la conclusion que si les perspectives de développement d'un projet d'encroûtements sont limitées à court et moyen terme, il est possible que la contribution économique d'un tel projet soit très significative à plus long terme.

Certains travaux (LOUDAT *et al.*, 1995) ont étudié en laboratoire des procédés d'exploitation des encroûtements polymétalliques (cobalt, manganèse, nickel ; pas de cuivre) et aboutissent à des scénarios économiques plus attractifs. La seule conclusion que l'on puisse tirer de la revue de la littérature et de la construction de scénarios économiques qu'elle autorise est, qu'en l'état actuel des choses, les perspectives d'exploitation des encroûtements polymétalliques dépendent fortement des développements technologiques relatifs à leur extraction et à la récupération des métaux contenus. Les enjeux technologiques et géopolitiques liés au cobalt, métal qui résiste mieux que bien d'autres à la courante dépression des marchés des matières premières, justifient de poursuivre et d'intensifier l'effort d'acquisition de données et d'innovation.

Dernière précaution d'usage des chiffres produits, dans les calculs de rentabilité et de faisabilité, les valeurs prises en compte sont monétaires, et s'appuient essentiellement sur les valeurs d'usage direct. Par le biais de la prise en compte des coûts associés à la restauration et à la compensation, notamment pour les populations locales, une partie des autres valeurs (d'option, de quasi-option et d'héritage) peuvent être partiellement intégrées. Ces valeurs sont plus incertaines, l'absence de marchés indiquant des prix rendant très fluctuante leur valorisation monétaire, qui dépend finalement des rapports de force entre les différentes parties prenantes. On retrouve ici l'importance des représentations, et par conséquent d'élaboration d'arènes de discussion et de construction d'un savoir et de représentations communes quant aux différentes dimensions de la valeur d'une ressource naturelle.

Infrastructures et choix de filière : deux scénarios

La question d'une filière minière sous-marine doit être examinée en tenant compte de trois aspects : (1) l'exploration (domaine public ou partenariat public-privé) ;

(2) l'exploitation (domaine industriel) et (3) le traitement du minerai et la maintenance des systèmes d'exploitation (activité industrielle à terre) ?

La réflexion doit tenir compte du fait que dans les projections d'exploitation selon différents scénarios, nous sommes partis d'hypothèses d'extraction avoisinant un million de tonnes d'encroûtements cobaltifères par an³³, soit l'équivalent en volume de quatre vraquiers à l'année, ce qui reste assez faible en volume de matériau à transporter. La question est donc de savoir ce qu'il advient de ce volume extrait. Cela a des incidences fortes sur l'évolution des infrastructures portuaires. Cette question peut paraître prématurée, car il convient d'abord de conduire l'exploration, mais il s'agit avant tout ici d'une réflexion sur le long terme pour ce qui concernera peut-être un jour beaucoup d'investissements pour réaliser les infrastructures. Plusieurs solutions sont envisageables pour le traitement qui comprend ici la production d'un concentré, mais qui peut aller jusqu'à l'extraction des métaux par hydrométallurgie.

Scénario 1 : traitement entièrement en Polynésie (terrestre ou offshore)

Option 1. Le minerai est transporté du site *offshore* jusqu'aux installations portuaires terrestres, ce qui suppose des modifications des infrastructures portuaires existantes. Le transport du minerai nécessite alors la disponibilité d'un navire usine déconnectable du riser (système de tubage reliant le fond marin au bateau, nécessaire à la remontée du minerai), solution retenue par la société Nautilus en Papouasie, ou d'une plateforme en mer pour le stockage des produits de l'exploitation qui servira de port pour les vraquiers.

Option 2. Une plate-forme permettrait de réaliser en mer un tout premier traitement minéralurgique. Cette structure devrait être conçue pour limiter l'impact sur l'environnement. Cela pourrait aller jusqu'à la construction d'une « île flottante » pouvant éventuellement recevoir tout type d'infrastructures (hôtel, voire un port de plaisance, une gare maritime...) et surtout une centrale électrique fournissant l'énergie à l'ensemble du système de ramassage et d'opérations de surface sur le matériau récolté. Cette solution permettrait d'avoir une usine mobile, réutilisable et se déplaçant au gré des chantiers d'exploitation sur le fond.

33. Selon le scénario de base, il faudrait extraire environ 1 million de tonnes d'encroûtements polymétalliques pour récupérer 4 500 t de cobalt.

Dans le scénario favorable, il faudrait en extraire environ 2 millions de tonnes (pour 10 000 t de cobalt).

Là encore, les estimations présentées sont fortement dépendantes de paramètres géologiques et techniques (densité, taux de récupération...) encore incertains.

Scénario 2 : traitement hors Polynésie française

Si le traitement est réalisé à l'extérieur de la ZEE, le transport se fera par vraquier, ce qui peut nécessiter également la réalisation d'une infrastructure portuaire *offshore* tampon du type plateforme, pour y stocker le minerai avant le transport par vraquier.

Dans les deux scénarios, il sera nécessaire de fournir l'énergie à l'ensemble du système minier, et notamment dans le cas de traitement métallurgique. Devant l'absence de référence pour le traitement des encroûtements cobaltifères *stricto sensu*, nous avons examiné à titre indicatif les besoins connus pour le traitement du minerai de nickel (qui peut parfois concerner le cobalt en tant que coproduit). Nous pouvons ainsi estimer le besoin énergétique à plusieurs dizaines de mégawatts pour l'ensemble du système minier. Dans l'hypothèse d'importantes infrastructures *offshore*, les énergies marines renouvelables paraissent particulièrement adaptées (solaire, éolienne, voire énergie thermique des mers).

Quel que soit le scénario envisagé, la préférence à l'embauche sera donnée à la population locale et des formations devront être envisagées dans différents domaines :

- scientifique (géologie/volcanologie/tectonique, géophysique et cartographie, géochimie et métallogénie, biologie et microbiologie, économie minière) ;
- administratif et juridique (droit minier, services des mines, direction de l'environnement) ;
- technique (génie civil, manutention, traitement du minerai).

Rente et soutenabilité en question

À quelles conditions l'exploitation des ressources minières en eau profonde pourrait-elle être considérée comme soutenable pour l'économie de la Polynésie française ? À partir de la définition proposée dans le rapport Brundtland – « Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs » –, on retrouve la dichotomie usuelle entre « soutenabilité faible » et « soutenabilité forte » (DALY, 1990) (voir I-6).

Selon une lecture en termes de *soutenabilité faible*, la destruction d'une partie du capital naturel pourrait ainsi être compensée par un investissement dans le capital économique ou dans le capital immatériel. Pour la Polynésie française, le critère de soutenabilité faible serait satisfait aujourd'hui grâce aux transferts publics (épargne

brute élevée, faibles dégradations du capital naturel, forts investissements dans le capital humain). À l’opposé, les tenants de la *soutenabilité forte* considèrent que la destruction du capital naturel que représente l’exploitation d’une ressource non renouvelable ne saurait être compensée par l’investissement dans d’autres capitaux. La notion qui est au centre du débat est celle de la substituabilité entre les différents capitaux (capital naturel critique), qui elle-même dépend du progrès technique.

Dans la perspective d’une éventuelle mise en exploitation des ressources minières en eau profonde, la difficulté tient à l’évaluation des dégradations du capital naturel et des atteintes éventuelles au fonctionnement de l’écosystème marin. Les connaissances aujourd’hui disponibles sur la ressource minière et les impacts potentiels de son exploitation sont aujourd’hui encore trop partielles pour pouvoir estimer l’ampleur des impacts. On sait toutefois que les encroûtements polymétalliques se forment sur des reliefs profonds, sur des pas de temps très longs. La longévité des organismes architectes de ces milieux rend potentiellement ces communautés peu résilientes aux perturbations.

La rente associée à l’exploitation minière, même selon une approche en termes de soutenabilité faible, n’est pas forcément suffisante pour assurer la transmission d’un même niveau de richesse globale, si l’on ne prend pas en compte les autres sources de la richesse, y compris les transferts publics³⁴. Cette caractéristique renvoie aussi aux spécificités du bouclage du financement macroéconomique des petites économies insulaires (PEI), qui dépend fortement de l’accès à des rentes diverses, dont l’évolution questionne la soutenabilité. Pour une petite économie insulaire, soumise à de fortes contraintes économiques (coûts de transport, marchés limités), les conditions d’une substitution réussie entre capital économique et capital naturel – à savoir la conversion de la rente minière en développement économique diversifié et durable – sont d’autant plus difficiles à atteindre. Il faut réussir à cibler des créneaux de spécialisation efficace, qui sont fortement limités dans beaucoup de petites économies insulaires.

Les conditions de la soutenabilité par investissement dans le capital humain, dans une configuration marquée par la migration propre à plusieurs PEI, reposent sur le capital social, assurant le reversement d’une partie des rémunérations des migrants en direction de leur territoire d’origine. Comme POIRINE (1994) le montre, il n’est pas évident qu’une telle rente soit pérenne, auquel cas, les migrations finiraient par

34. L’exploitation d’une ressource minière représente effectivement une dégradation de cette ressource qu’il convient de compenser, si l’on souhaite maintenir la richesse totale (économique, naturelle, humaine) d’une économie à un même niveau.

Par exemple, pour la Nouvelle-Calédonie, l’investissement en capital humain et en capital économique compenserait globalement la destruction du capital naturel (l’exploitation du minerai de nickel), mais cet investissement repose en partie sur les transferts publics. Sans transferts publics, la soutenabilité (le maintien de la richesse totale à un même niveau) ne serait plus forcément assurée.

ne plus produire de flux financiers en retour. Dans le cas de la Polynésie française, les flux migratoires sortants sont limités, et ne constituent pas une source significative de revenus. Une stratégie d'accumulation dans le capital humain aurait alors essentiellement des effets positifs sur les revenus via un effet de hausse de la productivité du travail dans les activités implantées sur le territoire. Or, le spectre des activités économiques est limité par les spécificités des économies insulaires (éloignement et petite taille).

Les stratégies d'accumulation de capital économique et humain dépendent fortement de l'évolution du capital social et culturel, c'est-à-dire des manières de concevoir l'activité économique et les arbitrages entre accumulation et redistribution d'une part, individuel et collectif d'autre part (GERONIMI, 2015). On retrouve ici la question des représentations et des conditions culturelles de la mise en exploitation réussie des ressources minières. Ainsi, on peut considérer que l'approche Banque mondiale de la soutenabilité faible³⁵ passe à côté d'une dimension essentielle des petites économies insulaires : le caractère patrimonial d'une partie fondamentale de leur richesse. Si on peut effectivement considérer que toutes les valeurs patrimoniales ne sont pas nécessairement monétarisables (et notamment pour les valeurs de legs et d'existence), l'évaluation de la soutenabilité au sens faible (épargne véritable) exclut toutes les dimensions culturelles et patrimoniales, dont seules certaines peuvent faire l'objet d'une évaluation monétaire (THROSBY, 2002). Ces dimensions culturelles et patrimoniales sont pourtant sources d'avantages comparatifs, et de rentes, pour une partie importante des PEI. De fait, l'évaluation de la richesse totale (capital naturel et capital physique) laisse inexpliquées plus de 70 % des sources de revenus des économies insulaires, sous la dénomination de « capital intangible » (COUHARDE *et al.*, 2011). Ce résidu recouvre toutes les valeurs non évaluées monétairement et, notamment, les valeurs liées à la position géostratégique, aux relations historiques, à la base d'une partie essentielle des rentes perçues aujourd'hui par la Polynésie française³⁶.

Enfin, une interprétation de la soutenabilité au sens faible amène à laisser de côté les effets de seuil (COUHARDE *et al.*, 2010), dont la prise en compte est indispensable pour évaluer la soutenabilité des trajectoires économiques. Les tenants de la soutenabilité forte (DALY, 1990) retiennent ainsi la notion de capital naturel critique, représentant un seuil en dessous duquel la substitution par du capital humain ou économique n'est plus possible. À cet égard, le « modèle aux élastiques » présenté

35. Approche basée sur l'hypothèse que l'on peut substituer librement au capital naturel détruit par son extraction, du capital humain ou économique par l'investissement, voir l'indicateur d'épargne véritable.

36. On peut considérer que les transferts publics à destination de la Polynésie française, qui permettent d'assurer le financement macroéconomique du déficit des échanges extérieurs, sont semblables à la rémunération d'un capital géostratégique et historique.

par GIRAUD et LOYER (2006) a l'avantage de mettre en avant la possibilité que les relations de substitution entre capitaux (par exemple, entre capital naturel et capital humain) puissent laisser la place à des relations de complémentarité. Dans leur exemple, la dégradation de l'environnement conduit à des migrations massives (soit une baisse du capital naturel impliquant une perte de capital humain, sans possibilité de substitution entre ces deux dimensions) et donc à l'effondrement de la soutenabilité. Si l'on considère que le capital culturel constitue un « ciment » qui permet de maintenir ensemble les sujets d'une communauté, en reflétant une histoire commune, une accumulation collective de connaissances, de créativité, de valeurs, alors la prise en compte des dimensions patrimoniales et culturelles conduit à privilégier une définition de la soutenabilité « forte », favorisant l'existence de seuils et de complémentarités entre les différentes dimensions de la richesse totale, notamment des PEI. Il est important d'évaluer les complémentarités et les seuils qui peuvent se manifester en Polynésie française dans le cadre de l'exploitation de ressources minières profondes.

Pour la Polynésie française, les questions posées en termes de soutenabilité par la mise en exploitation éventuelle des ressources minérales profondes renvoient ainsi à un choix stratégique de trajectoire de développement et de croissance.

Campagnes de recherche et développement technologique

En mer profonde, l'expertise scientifique s'appuie plus qu'ailleurs, sur le développement de technologies de pointe et sur l'accès à des moyens lourds qui sont aux fondements de la capacité d'intervention sous-marine. C'est un domaine où les progrès technologiques ont une incidence directe sur ceux de la connaissance. La recherche sous-marine profonde peut d'ailleurs générer une nouvelle industrie avec en arrière-plan le marché des technologies de grands fonds, au-delà du domaine conventionnel et opérationnel de l'*offshore* pétrolier.

Le domaine concerné par les ressources minérales sous-marines est celui des grands fonds, hors granulats, phosphates et placers (notamment pour les diamants, en Namibie) pouvant exister sur le plateau continental (< 200 m profondeur d'eau). Les techniques d'investigation du plateau et des grands fonds sont souvent les mêmes dans leur principe, fondées sur l'approche géophysique, mais bien différentes par leur ampleur (fréquence acoustique, puissance, pénétration). Elles nécessitent des moyens lourds dotés de capacités d'intervention sous-marine profonde (jusqu'à 6 000 m). C'est dans ces grands fonds que l'on trouve les ressources minérales profondes : boues sédimentaires en terres rares et nodules polymétalliques (5 000-6 000 m), amas sulfurés (1 000-5 000 m) et enfin encroûtements cobaltifères (800-4 000 m), comme ceux signalés dans la ZEE de la Polynésie française.

Stratégies des pays et acteurs impliqués

Quelques pays, comme la France, ont développé des compétences et les outils nécessaires à l'exploration océanique. Après quelques tentatives focalisées sur les nodules dans les années 1970, les premiers signes de l'intérêt des milieux industriels pour les ressources minérales profondes (hors pétrole) réapparaissent aujourd'hui (voir III-2). Les moyens d'investigation sont toutefois encore principalement ceux de

la recherche océanographique publique. En effet l'exploration, conduite dans ces milieux extrêmes, repose sur l'expertise scientifique et technologique développée depuis près d'un demi-siècle dans des programmes de recherche menés par des institutions nationales. Ainsi, les divers acteurs impliqués dans l'exploration des ressources minérales profondes sont océanographes, géologues, biologistes, développeurs de technologie... Ils appartiennent au domaine public (organismes de recherche) et plus rarement à des entreprises privées. Pour permettre le développement d'activités minières marines, ces acteurs de la recherche devront vérifier si les indices de minéralisation qui auront été découverts par l'exploration géologique peuvent permettre d'identifier des gisements à potentiel économique. Leurs activités se déroulent souvent dans le cadre de permis d'exploration et de recherche délivrés par l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) pour les eaux internationales et par les États souverains, dans leur ZEE.

Jusqu'ici, au niveau national, les acteurs de l'industrie minière terrestre se sont peu intéressés au milieu marin et en connaissent mal les spécificités. La France a été pionnière dans le domaine de l'exploration des grands fonds, en particulier pour les bassins profonds (nodules) et les dorsales océaniques (hydrothermalisme) à travers des programmes de recherche pluri-organismes (CNRS, Ifremer, IRD, BRGM, etc.) (FOUQUET et LACROIX, 2012) et le maintien de la validité des permis dans les eaux internationales par l'Ifremer (permis nodules signé en 2001 et amas sulfurés en 2012). Aujourd'hui, certains pays affichent une forte vision stratégique de l'exploitation des ressources marines (Allemagne, Australie, Brésil, Chine, Corée du Sud, États-Unis, Inde, Japon, Russie...) et sont très actifs dans ce domaine, à en juger par le nombre et la qualité de leurs publications et leur participation aux activités de l'AIFM.

En France, des ambitions ont été affichées par les pouvoirs publics avec les recommandations du Grenelle de la mer (2009) suivies du démarrage du projet Wallis et Futuna. Le comité interministériel de la mer (Cimer) de juin 2011 a décidé de lancer « une stratégie nationale sur les ressources minérales profondes en mer qui fixera les orientations pour une exploitation durable de ces ressources dans les eaux sous juridiction nationale et dans les eaux internationales ». Parallèlement, l'Ifremer a conduit, avec la participation de représentants de nombreuses institutions françaises, une étude prospective sur les Ressources minérales marines (FOUQUET et LACROIX, 2012), alors que le MEDDE initiait l'Expertise scientifique collective sur les impacts environnementaux de l'exploitation des ressources minérales marines profondes (conduite par le CNRS et l'Ifremer ; DYMENT *et al.*, 2014).

Le Cluster maritime français tente avec le soutien de plusieurs industriels dont notamment Eramet et Technip, rejoints depuis par d'autres entreprises telles que Fayat Travaux sous-marins, DCNS, Louis-Dreyfus Armateurs et Creoceen, d'aider au développement d'une filière minière sous-marine nationale. Les activités qui relèvent de décisions de politique publique, et qui nécessitent d'importants budgets pour

conduire les campagnes en mer, sont aujourd'hui essentiellement consacrées à l'entretien des permis nodules attribués par l'Autorité internationale des fonds marins dans la zone de Clarion-Clipperton.

En Europe, l'*European Innovation Partnership for Raw Materials* (EIP) est la plateforme qui rassemble les représentants des parties prenantes pour les matières premières : industries, services publics, milieu académique et ONG. Quatre-vingts *Raw Material Commitments* (RMCs) avaient été lancés dans le cadre de l'EIP, dont quatre concernent des projets sur les ressources minérales marines. Au final, un seul projet aurait été retenu dans le programme H2020 (un projet belge sur les nodules). Il faut cependant signaler que le Secrétariat de la Communauté du Pacifique (CPS), qui rassemble 15 pays des îles du Pacifique, a lancé le projet *The Deep Sea Mineral Project* en collaboration avec l'Union européenne.

Dans le contexte international, de nombreux organismes, agences gouvernementales ou groupements de pays (listés plus haut) sont actifs dans le domaine des ressources minérales marines. L'exploration des ressources minérales marines profondes se déroule pour l'essentiel dans la « Zone » internationale, sous l'égide de l'AIFM qui a approuvé 26 contrats d'exploration. Parmi ceux-ci, 14 sont passés avec des États du Pacifique asiatique, 7 avec des États de l'Europe occidentale, 4 avec des États d'Europe orientale et 1 avec un groupe latino-américain et caraïbe (les États-Unis n'ont pas ratifié la convention de 1982 des Nations unies sur le droit de la mer et ils ne participent aux réunions de l'AIFM qu'en qualité d'observateurs).

Du point de vue de la stratégie nationale française, la demande de la présente expertise collégiale par le gouvernement de Polynésie française et l'État pourrait être à l'origine d'une relance d'un programme de recherche et d'accès aux ressources minérales marines. Un tel programme innovant concernant les encroûtements cobaltifères est recommandé par le collège d'experts, il paraît avoir toute sa place dans un cadre local (pays), régional (CPS), ou national, à définir.

Connaissance des encroûtements polymétalliques

L'analyse de l'état des connaissances géologiques montre que les encroûtements cobaltifères pourraient présenter un fort potentiel en tant que ressources minérales sous-marines en Polynésie française. Ils sont situés dans des secteurs favorables au plan géomorphologique, entre 800 et 2 500 m de fond, notamment dans le secteur des Tuamotu où ils sont déposés sur des substrats carbonatés, ce qui pourrait avoir une importance pour leur exploitabilité.

Pour ce type de ressources, un effort important d'exploration préalable devra encore être conduit en Polynésie, comme dans d'autres régions du monde où des

premiers intérêts se sont manifestés : à ce jour, seulement trois permis d'exploration d'encroûtements cobaltifères ont été attribués par l'AIFM (tous dans l'océan Pacifique, pour la Russie, le Japon et la Chine). Une demande du Brésil dans l'Atlantique sud est en cours d'évaluation.

La majorité des publications sur l'environnement physique et les caractéristiques des encroûtements cobaltifères se limite actuellement à des travaux de recherche et des publications académiques. À ce stade de démarrage de l'exploration, il est évident qu'il n'y a que peu, voire pas, d'activité spécifiquement liée à l'exploitation des encroûtements et encore moins de données techniques et économiques qui permettraient de fonder un calcul économique. Il y a un grand écart entre l'état actuel des connaissances, ponctuelles et fragmentaires, et la constitution des bases de données nécessaires à la définition de réserves et de calculs économiques. De nombreuses questions sur la nature même de la ressource subsistent pour ce qui concerne son exploitabilité. Pour accéder à cette ressource potentielle, il manque encore une partie des données de terrain et calculs précis nécessaires : contrôles géologiques de zones riches, volume exploitable (épaisseur des croûtes), morphologie et rugosité du fond de la mer, extension latérale et continuité des zones à encroûtements, propriétés géotechniques de la croûte et du substrat, contrôle en continu de l'épaisseur de la croûte, influence du substratum sur la dilution au ramassage, impact de l'activité minière sur les écosystèmes.

État des lieux de la technologie pour l'exploration

L'exploration océanique visant à la découverte de gisements exploitables implique une approche emboîtée mettant en œuvre des technologies spécifiques. L'objectif est d'établir un modèle géologique de la formation des encroûtements, d'évaluer qualitativement et quantitativement les minéralisations et de caractériser les environnements et la biodiversité. Outre les navires, les technologies existantes (ou à développer) pour localiser et étudier ces ressources potentielles sont à considérer sur trois niveaux avec une stratégie multi-échelle et pluridisciplinaire. Ces trois niveaux sont ceux des technologies d'exploration régionale, des technologies d'étude de site et d'évaluation des ressources et de la biodiversité et enfin des technologies de surveillance et de préservation des environnements (voir III-1 et III-3).

Technologies d'exploration régionale

Celles-ci sont essentiellement cartographiques, fondées sur les reconnaissances géophysiques et sur quelques prélèvements permettant de réaliser les premières analyses physico-chimiques et gîtologiques. C'est l'étape indispensable d'identification des

sites avant l'évaluation des ressources. Afin de définir les zones potentiellement intéressantes, il est nécessaire de conduire des levés de surface à grande échelle à l'aide de méthodes indirectes telles que les méthodes acoustiques (bathymétrie, réflectivité sonar), potentielles (gravimétrie, magnétisme, gammamétrie) ou sismiques. Les outils de cartographie actuels permettent, par exemple, de réaliser des cartes bathymétriques régionales ayant des résolutions d'une centaine de mètres. Aucune étude de site ne peut être lancée sans disposer de cette connaissance générale préalable qui permet de mieux comprendre le contexte géologique et morphologique. Au-delà des données satellitaires de faible résolution (d'ordre kilométrique, par rapport aux données bathymétriques acquises par sondeurs multifaisceaux d'ordre décimétrique) et hors données Extraplac, les cartes bathymétriques régionales acquises avec des moyens modernes sont quasi inexistantes dans la ZEE polynésienne. À ce stade, des prélèvements d'échantillons rocheux (à la drague à roche) doivent aussi être réalisés pour caractériser la nature des fonds et identifier des zones qui présenteraient éventuellement des enrichissements relatifs en cobalt et en platine. Des prélèvements biologiques doivent y être associés afin d'appréhender dès le départ des travaux, l'aspect régional de la répartition spatiale de la biodiversité des environnements profonds. Cette dimension est indispensable pour prendre en compte les questions de connectivité et d'interactions des écosystèmes à différentes échelles. Les encroûtements polymétalliques sont des structures qui se forment sur de longues périodes et dans des conditions océanologiques singulières. Les monts sous-marins où ils sont développés constituent des milieux ouverts, du fait des connexions entre les différents compartiments de la colonne d'eau et au-delà, en direction des espaces marins alentour et éloignés, via des formes d'interconnexions trophiques (chaîne alimentaire) et ontogénétiques (cycles de vie).

Technologies d'étude de site et évaluation des ressources et de la biodiversité

Lorsque les sites sont identifiés (des zones continues de 100 km² sont recherchées), la compréhension scientifique des processus géologiques, géochimiques et biologiques, implique des travaux près du fond mettant en œuvre des submersibles (ROV³⁷, AUV³⁸, engins habités). Ces engins permettent d'affiner les explorations au niveau local (bathymétrie et imagerie avec une résolution de quelques dizaines de centimètres) et de réaliser des prélèvements précis près du fond pour étudier la composition et la géométrie des sites en tant que gisements potentiels. Pour l'étude des encroûtements, au-delà des classiques dragues à roches, des forages carottés

37. ROV : *Remotely Operated Vehicle*.

38. AUV : *Autonomous Underwater Vehicle*.

seront indispensables pour mesurer leur teneur en métaux et leur épaisseur. Un point clé, notamment sur le plan de l'innovation technologique, sera le prélèvement par microforage, outil qui reste à développer ou à adapter à partir de systèmes existants capables d'être mis en œuvre par un ROV. La question des mesures *in situ* en forage (diagraphie), à développer sur la micro-foreuse, peut se poser. Cet équipement robotisé pourrait par exemple associer forage carotté (prélèvement) et forage destructif (avec mesures *in situ* associées) dans un même outil qui prélève et mesure au même endroit. Il s'agit d'un point très intéressant qui renforce le besoin d'un outil innovant qu'il faut concevoir.

D'autre part, il serait aussi très intéressant de développer les capacités d'analyse *in situ* en mouvement près du fond, notamment par des techniques Raman pour l'analyse *in situ* non destructive des solides. Ces équipements devront être adaptés aux vecteurs des AUV et ROV. La spectroscopie Raman est une technique d'analyse répandue dans le domaine des solides qui ne nécessite aucune préparation de l'échantillon et aucun réactif. L'objectif est de se doter d'une méthode de détection spectroscopique opérationnelle capable d'identifier des solides sur le fond. Les données spectrales seront fournies en temps réel, permettant une identification chimique immédiate. Les composés visés concernent les composés solides, qu'ils soient minéraux ou organiques, ou encore biologiques. Cet outil (en cours de développement dans le cadre d'un projet européen) constituera une avancée technologique considérable tant pour les recherches géologiques que biologiques (FOUQUET, 2013).

D'autres techniques d'exploration pourraient utiliser l'ICP-AES (*Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectroscopy*) ou la micro-fluorescence X couplée à un système de microforage.

Concernant la biodiversité, les biotopes liés aux encroûtements polymétalliques sont très mal connus, mais on sait que les conditions de leur formation (longue durée, conditions océanologiques) déterminent le type d'organismes qui s'y développent. Ces conditions favorisent notamment la présence d'organismes fixés (ou peu mobiles) à grande durée de vie, qui forment, à l'instar des arbres dans les forêts ou les coraux dans les récifs, un habitat biogénique pour un cortège diversifié d'espèces. Le fonctionnement des écosystèmes benthiques implique généralement des interactions fortes avec le reste de la colonne d'eau (interactions verticales) sur de grandes distances géographiques (interactions horizontales). La compréhension des biotopes des zones ciblées par l'exploitation doit donc s'intégrer dans un plan de recherche prenant en compte ces échelles multiples. Les connaissances actuellement disponibles, et notamment la situation biogéographique de la Polynésie française, permettent d'émettre l'hypothèse sinon d'un fort taux d'endémisme de cette faune benthique, du moins de la présence d'une faune benthique spécialisée.

Technologies de surveillance et de préservation des environnements

Il faut aussi organiser le suivi de l'évolution spatio-temporelle de ces sites à des fins de surveillance et de préservation des environnements. Afin de minimiser l'impact de l'exploitation des ressources des grands fonds, des outils spécifiques sont nécessaires pour établir des états de référence, notamment biologiques. Ces approches impliquent le développement d'outils permettant de suivre la variabilité temporelle, sachant que l'on est en présence de milieux qui se sont formés dans la longue durée et dont la résilience face aux perturbations (turbidité, modification des facteurs physico-chimiques de l'ensemble de la colonne d'eau, dépendant notamment des courants de surface et de fonds) est sans doute faible et la vitesse de récupération très lente. Les interconnexions verticales et horizontales avec d'autres habitats doivent être prises en compte dans ces approches.

Les observatoires fond de mer permettront de suivre l'évolution de l'environnement du site à différents stades : état zéro avant exploitation, évaluation de l'impact des activités d'extraction sur les écosystèmes et suivi post-exploitation. Des observatoires distants devront être mis en place pour évaluer les impacts sur les compartiments marins interconnectés.

État des lieux de la technologie pour l'exploitation

La mise au point des équipements et des techniques d'exploitation des grands fonds marins est l'une des grandes entreprises scientifiques et technologiques de ces cinquante dernières années. C'est pour le développement de l'*offshore* pétrolier profond que les plus grands progrès ont été réalisés. Par ailleurs, la préservation du milieu constitue aujourd'hui un défi majeur pour une activité qui n'est pas perçue comme exemplaire dans ce domaine. Accès à la ressource minière et aspects environnementaux devront nécessairement cohabiter (voir III-1 et III-4).

Les progrès réalisés en matière de capacité de forage, de creusement de tranchées et de production de pétrole de profondeur ont élargi sensiblement la gamme de moyens techniques disponibles, mais ceux-ci devront faire l'objet de modifications importantes, voire d'innovations, pour convenir aux procédés d'extraction plus sélectifs requis pour les gisements de minéraux plus durs et plus superficiels, comme cela sera le cas pour les encroûtements qui nous intéressent dans la ZEE de la Polynésie française.

Si la récupération des nodules est relativement aisée puisqu'ils reposent sur un substrat de sédiments meubles, il n'en va pas de même pour les encroûtements qui

peuvent être plus ou moins solidement rattachés au substrat (ils sont plus faciles à « décoller » dans le cas de substrat carbonaté). Pour une exploitation réussie, il est indispensable de récupérer les croûtes sans enlever le substrat, ce qui peut diluer considérablement la teneur en minerai, sauf dans le cas où le substrat contiendrait de la phosphorite (PICHOCKI et HOFFERT, 1987) et qu'il serait intéressant de l'exploiter aussi. Dans leurs simulations, DYMENT *et al.* (2014) décrivent ainsi les opérations qui se succéderaient : la fragmentation, le broyage, l'enlèvement, la séparation et la remontée par airlift (système de pompage par injection d'air). Des véhicules autopropulsés se déplaceraient à une vitesse d'environ 20 cm/s sur le fond marin (ce qui paraît élevé) et seraient attachés à un navire ou une plateforme d'exploitation minière en surface, au moyen d'un système d'enlèvement hydraulique et d'un câble électrique. Le volume de la production serait ainsi estimé grossièrement à environ 1 million de tonnes par an. D'autres méthodes sont proposées pour séparer les croûtes du substrat, telles que le décapage par jet d'eau, les techniques de lixiviation *in situ* et le détachement par effet acoustique. On peut aussi largement s'inspirer du système de ramassage (*crawlers*, *cutters* et *riser*) utilisé pour l'exploitation des diamants piégés dans les granulats consolidés (par la société De Beers Marine et concernant le programme Nautilus Solwara, voir V).

D'après les travaux du groupe de travail Synergie grand fond du Cluster maritime français, c'est dans le domaine du système de ramassage et du véhicule de support que les technologies sont les moins bien maîtrisées.

Moyens accessibles et besoins technologiques

Exploration (accès aux navires et engins)

Les infrastructures de recherche et les moyens à la mer adaptés pour l'exploration océanique des ressources minérales marines ont été développés et sont gérés dans les grands organismes de recherche publics et parfois privés (États-Unis) ; ils sont normalement accessibles par des appels d'offres relatifs à la recherche. Pour utiliser ces moyens très spécifiques et en traiter les données, il faut disposer d'une solide expertise scientifique dans le montage et la conduite de projets d'exploration.

La flotte océanographique française (TGIR FOF³⁹) pour sa partie flotte hauturière, utilisable pour l'exploration des grands fonds océaniques, est principalement constituée de sept navires opérés par l'Ifremer (*Le Suroît*, *La Thalassa*, *L'Atalante*, *Le Pourquoi Pas ?*), l'IRD (*l'Alis* et *l'Antea*) et l'Institut polaire français Paul Émile Victor

39. TGIR : Très grande infrastructure de recherche ;
FOF : Flotte océanographique française.

(Ipev ; le *Marion Dufresne*). La flotte est utilisée prioritairement pour effectuer des recherches scientifiques. Elle peut aussi être utilisée pour des opérations de service public (type Extraplac) ou des contrats de recherche-industrie, tels que ceux conduits avec Total, ExxonMobil, Technip ou Eramet.

La programmation des campagnes océanographiques découle d'un processus pluri-annuel pour les campagnes de recherche scientifique, incluant la réponse à l'appel d'offres des commissions d'évaluation et l'évaluation des dossiers par les mêmes commissions. Leur programmation est alors assurée conjointement au sein de l'Unité mixte de service « Flotte » par les opérateurs de la flotte qui en supportent le coût sur leurs budgets institutionnels. La programmation peut exceptionnellement être plus rapide, si la logistique le permet, dans le cas de campagnes cofinancées comme les campagnes de service public, les partenariats public-privé (contrats recherche – industrie) ou les affrètements.

Des compagnies privées, sociétés de services, notamment celles qui assurent l'exploration pétrolière, ont encore peu développé de réelles compétences pour l'exploration des ressources minérales, mais elles le feront certainement lorsque le marché sera plus mature.

Il existe donc une panoplie importante de navires et engins disponibles pour l'exploration sous-marine ; nous avons cependant identifié des lacunes ou besoins technologiques nouveaux qui restent à couvrir, notamment pour l'exploration des encroûtements cobaltifères.

Des acquisitions de nouvelles données sont indispensables, notamment pour établir un modèle géologique de la formation des encroûtements (géologie structurale, âge du substratum, géomorphologie, courants océaniques, échanges eau de mer/substrat



Photo 2.

Le navire *Alis*, de la flotte océanographique française, à quai à Papeete.

© IRD/S. Petek.

rocheux, microbiologie, etc.). Il servira de guide d'exploration pour définir les secteurs favorables et leurs extensions spatiales pour une exploitation future.

Les caractéristiques physiques et minérales des encroûtements doivent être davantage précisées pour ce qui concerne :

- la mesure de l'épaisseur des encroûtements, qui peut varier de quelques centimètres à 25 cm, ce qui fait de très grandes différences pour l'évaluation des ressources ;
- l'indispensable mesure de la teneur en métaux (analyse de carottes prélevées) ;
- la connaissance précise de la microtopographie pour connaître l'extension des gisements et leur rugosité de surface.

Enfin, de grandes lacunes caractérisent la connaissance des écosystèmes susceptibles d'être perturbés par l'exploitation (état zéro de l'environnement, connaissance de la répartition spatiale de la biodiversité, évolution des caractéristiques physico-chimiques des eaux, courantologie, pollution par panache, résilience des habitats en cas de destruction...).

Exploitation

Comme on l'a vu, il y a peu d'informations existantes ou disponibles sur la stratégie des industriels. Les premiers développements technologiques relatifs à une possible exploitation des ressources minérales sous-marines (amas sulfurés ou nodules) sont effectués de manière indépendante et dans la plus grande discrétion par chacun des consortiums impliqués. Les développements récents proposés combinent généralement les acquis des compagnies de service de l'*offshore* pétrolier et gazier profond au savoir-faire des constructeurs de machines-outils de l'industrie minière. La figure 5 représente de manière futuriste les différents modules et opérations constitutifs d'une possible « mine sous-marine ». Les recherches et développements en cours pour l'exploitation des nodules et des amas sulfurés seront en partie adaptables aux encroûtements (liaison fond/surface, remontée du minerai broyé, robotique), mais le système de broyage et de prélèvement du minerai sera spécifique aux encroûtements.

D'autre part, proposer une activité extractive exemplaire du point de vue de l'impact sur l'environnement implique de se fonder sur la meilleure connaissance du milieu et des technologies innovantes. D'un point de vue strictement technologique, le développement d'un prototype de système de ramassage spécifique adapté aux encroûtements devra être entrepris. Il semble que le décollement des « croûtes » soit plus facile à effectuer sur un substrat carbonaté, tel que cela a été observé lors des campagnes Nodco et Zepolyf. Il s'agit là d'un point majeur qui doit être confirmé. La récupération d'une sous-strate de phosphates pourrait ajouter de la valeur au produit exploité. Pour son dimensionnement, il est nécessaire de bien définir les propriétés géotechniques des encroûtements pour adapter les systèmes de broyage et de disposer d'outils pour mesurer l'épaisseur de la croûte à l'avancement du

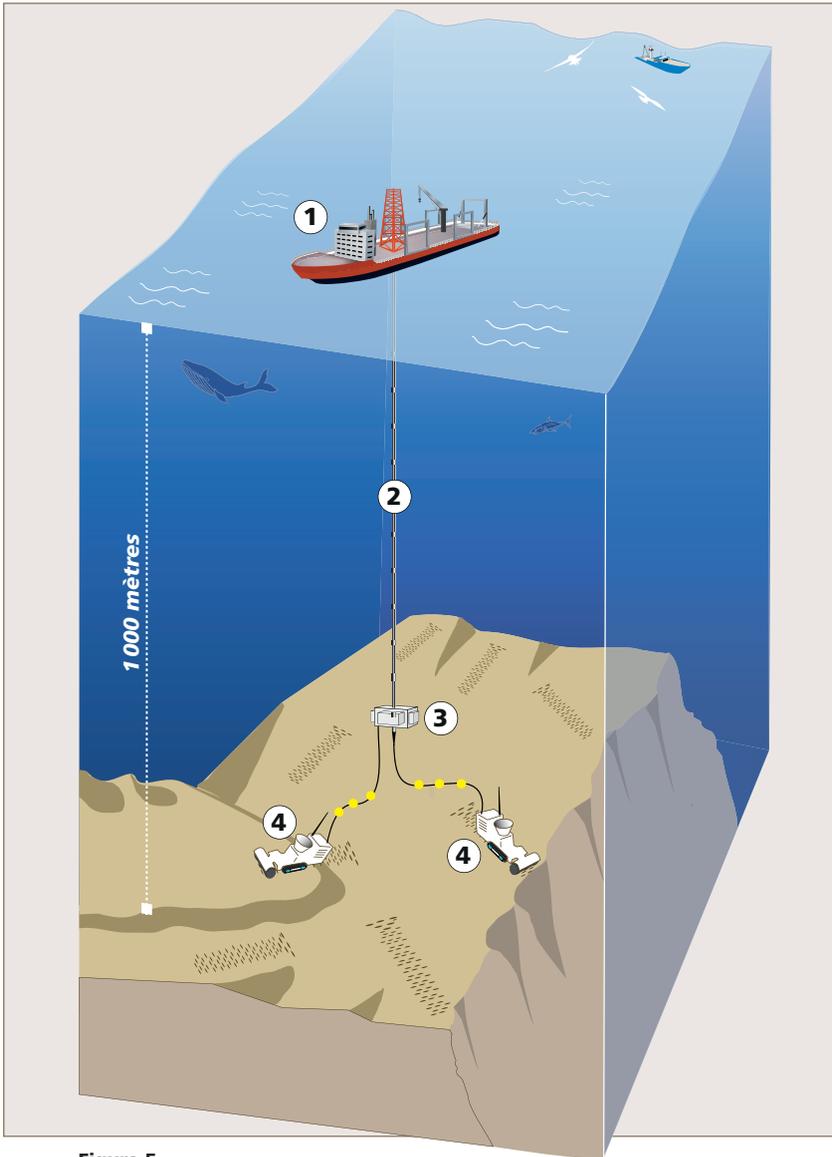


Figure 5.

Vision futuriste de ce que pourrait être une « mine sous-marine » en Polynésie française.

Sur le schéma :

1/ structure de surface type navire minier : réception des matériaux et alimentation en énergie des engins de fond de mer, transport des matériaux vers un port ou une plateforme à proximité ;

2/ riser : liaison fond-surface, tube flexible de remontée des matériaux et câble pour l'énergie ;

3/ pompe : propulsion du matériau broyé dans le riser (*air lift*) ;

4/ engins miniers autopropulsés : extraction, fragmentation et ramassage des matériaux (croûtes polymétalliques).

© IRD/L. Corsini.

système de ramassage. Ensuite se pose la question du traitement de surface sur barge ou après transport du minerai *on-shore*. À terme, compte tenu du caractère novateur d'un tel ensemble de production, il devrait être testé lors d'une opération pilote, sachant qu'il convient d'abord et en priorité de consacrer les efforts à l'exploration.

Enfin, toute future étude d'impact d'un projet d'exploitation des encroûtements devra, entre autres, tenir compte de la présence d'éléments écotoxiques dans les encroûtements cobaltifères. Une solution devra être développée pour gérer ces boues très fines (*tailings*), en particulier mais pas uniquement si le traitement a lieu en mer. En effet, des teneurs élevées en arsenic, plomb, thallium ont été décelées dans les échantillons de la campagne Polydrag (MARTEL-JEANTIN *et al.*, 2001). Ce sont trois métaux écotoxiques qui pourraient poser des problèmes de gestion des déchets de traitement du minerai.

Enjeux spécifiques et feuille de route

De nombreuses incertitudes jalonnent la question des développements technologiques en milieu sous-marin profond. Cette situation oblige à formuler de nombreuses hypothèses sur les caractéristiques morphologiques, géométriques, gîtologiques, environnementales des gisements potentiels. La technologie de l'engin de fond sera également différente de ce qui est imaginé, voire conçu, pour les autres ressources. Concernant les traitements pyrométallurgiques ou (bio) hydrométallurgiques éventuellement *in situ* qui pourraient *a priori* convenir, le nombre limité de références sur le traitement d'un minerai comparable à celui des encroûtements rend l'approche délicate (voir toutefois GOTO *et al.*, 2010 et les travaux d'AGARWAL *et al.*, 2012, sur les nodules). Mais les encroûtements de Polynésie française peuvent être présentés comme un cas emblématique.

Pour le cas de la Polynésie française, tout est parti de quelques données acquises lors des campagnes Zepolyf et Nodco, il y a 30 ans. Compte tenu des remarques ci-dessus, l'urgence est de valider ces anciennes données, notamment la teneur en métaux des encroûtements cobaltifères et d'avoir une meilleure connaissance morpho-bathymétrique de sites potentiellement intéressants. Il s'agit de réaliser, avec des moyens existants (sondeur multifaisceaux de coque, dragues à roches) une reconnaissance bathymétrique, des prélèvements de croûtes en grande quantité et des prélèvements de faune associée. Avec un solide programme d'analyse des échantillons, on pourra vérifier, et si possible confirmer, le potentiel géologique sur ce secteur. En outre, l'existence et l'étendue de certaines cibles potentiellement intéressantes pourront être confirmées afin d'en poursuivre ultérieurement l'exploration avec des moyens plus spécifiquement adaptés à l'acquisition de données de

haute résolution sur le fond. L'étude de la répartition spatiale de la biodiversité sera ainsi également abordée par ces premiers prélèvements. Elle orientera très sensiblement la suite de l'exploration géologique et biologique et de l'évaluation des ressources. Cette campagne est la priorité.

Ensuite, des recherches pourront être conduites pour l'exploration géologique et biologique d'autres régions de la ZEE. Il faudra améliorer les techniques d'exploration, notamment par des microforages et des mesures *in situ* des épaisseurs et teneur en métaux et enfin, à plus long terme, mettre au point les systèmes de ramassage adaptés pour une opération pilote qui pourrait être pionnière pour l'exploitation des encroûtements sur le plan mondial. Celle-ci doit être conçue dans une logique d'extrapolation vers l'exploitation industrielle, ce qui implique des choix en matière de technologie industrielle, tant du point de vue des critères de fiabilité et d'efficacité que du point de vue des impacts sur l'environnement.

Les aspects environnementaux (impacts sur les écosystèmes, gestion des déchets) et sociétaux (acceptabilité sociale, usages concurrents) devront donc être partie intégrante de ces recherches dès le départ. L'ensemble constitue un vaste programme qui peut être monté dans un cadre européen ou dans une « stratégie nationale sur les ressources profondes en mer » conforme aux mesures annoncées lors du Comité interministériel de la mer (Cimer) du 22 octobre 2015 concernant « la planification à moyen et long terme de l'exploitation des grands fonds marins », ou bien dans un cadre plus régional, avec les autres îles très dynamiques dans ce domaine, ou encore avec un partenaire comme le Japon qui paraît être intéressé par ce sujet.

Enjeux et dispositifs de gouvernance

L'éventualité d'une exploitation des fonds sous-marins polynésiens pose avec acuité la question du cadre sociopolitique et juridique dans lequel elle est susceptible de s'inscrire. Dès lors, deux éléments apparaissent prépondérants : l'encadrement juridique d'une telle activité au vu de son caractère impactant sur l'environnement et la société, et la participation des parties prenantes dans la préparation et la mise en œuvre des projets. Une démarche reposant sur ces deux éléments permettra alors d'identifier les moyens dont devrait se doter la Polynésie française afin de favoriser une activité minière sous-marine respectueuse des « meilleures pratiques » sociales et environnementales en la matière.

Il s'agit *in fine* de construire suffisamment en amont une politique publique adaptée et de réguler (suivre, évaluer) la gouvernance des ressources minérales sous-marines qui se met en place. À cet égard, la question des acteurs impliqués dans l'arène générée par la question minière sous-marine est étroitement liée à celle de la gouvernance. En effet, si l'on considère la gouvernance dans un sens descriptif comme un mode de régulation émergeant des interactions entre acteurs et institutions, qu'ils soient étatiques ou non étatiques (LE MEUR, 2011), la définition de l'arène d'acteurs impliqués de manière directe ou indirecte dans l'enjeu considéré va influencer sur le mode de gouvernance.

La répartition des compétences en matière de mine sous-marine en Polynésie française

Il apparaît crucial de traiter au préalable la question de la répartition des compétences en matière d'exploration et d'exploitation des minerais sous-marins entre l'État et la Polynésie française (voir II-1).

Collectivité d'outre-mer dotée de l'autonomie, la Polynésie française jouit d'une compétence de droit commun en vertu de l'article 13 de la loi organique statutaire de 2004, l'État et les communes se voyant dotés d'une compétence d'attribution. S'agissant de la compétence en matière minière, il apparaît que si la Polynésie française dispose de la compétence de principe en vertu de l'article 47 de la loi organique statutaire, l'État conserve une compétence résiduelle s'agissant de métaux dits « stratégiques ».

Dès lors, la détermination d'une répartition claire des compétences entre l'État et la Polynésie française implique de définir la notion de « métaux stratégiques ». Or, il n'existe ni définition juridique ni même délimitation scientifique de la catégorie des « métaux stratégiques », si ce n'est dans les décisions du 14 avril 1959, à la solidité juridique incertaine (ce n'est pas un décret).

Opter pour la notion européenne de « métaux critiques » n'apparaît pas convaincant, car si l'opérationnalité de la notion apparaît assez claire, sa pertinence en termes de stabilité et de sécurité juridique est en revanche faible. On change alors de registre, glissant d'une notion politique de souveraineté à une notion économique de fonctionnement de la filière, basé sur des questions d'approvisionnement, de substituabilité et de taux de recyclage des métaux. Il existe certes une liste européenne de métaux critiques, publiée en 2010, révisée en 2014. Ce document, qui sera à nouveau révisé en 2017, est purement informatif, il n'a aucune valeur juridique.

En tout état de cause, il est nécessaire de trancher la question de la répartition de la compétence en matière d'exploration et d'exploitation des fonds marins polynésiens. La législation faisant actuellement référence à une compétence résiduelle de l'État s'agissant des « métaux stratégiques » et ceux-ci étant cantonnés aux « substances nécessaires à l'énergie atomique (hélium, uranium, thorium, béryllium, lithium et leurs composés) » et aux hydrocarbures liquides et gazeux, on peut considérer qu'en l'état actuel des minerais identifiés dans les fonds marins polynésiens, la compétence résiduelle de l'État ne trouve pas à s'exprimer.

L'encadrement juridique de l'exploitation minière sous-marine

La réflexion sur l'encadrement juridique a été menée à plusieurs niveaux : analyse du droit positif (l'ensemble des règles applicables dans un espace juridique déterminé), identification des référentiels existants (incluant des normes internationales juridiquement non contraignantes ou *soft law*) et exercice de droit prospectif. En effet, il a tout d'abord été réalisé un état des lieux des contraintes juridiques existantes en matière environnementale et minière (voir II-1). Partant du constat du caractère lacunaire du droit polynésien et afin d'être en mesure de préconiser des évolutions

souhaitables du droit positif (voir II-3), un inventaire des principaux référentiels et outils de régulation étrangers et internationaux pertinents a été établi (voir II-2).

Le droit positif

L'étude du droit positif applicable en Polynésie française en matière environnementale et minière fait apparaître deux types de normes : celles s'imposant aux autorités polynésiennes et celles adoptées par la Polynésie française elle-même.

Parmi les normes environnementales s'imposant aux autorités polynésiennes du fait de la hiérarchie des normes, figure au premier rang la Charte de l'environnement de 2004, de valeur constitutionnelle.

Certains principes édictés par le Constituant produisent directement des effets en Polynésie française. Ainsi en est-il du droit de vivre dans un environnement sain et équilibré et du devoir de prendre part à la préservation de l'environnement, lesquels fondent pour le Conseil constitutionnel une obligation de vigilance environnementale. Il s'agit également du principe de précaution, lequel est omniprésent dans le cadre d'activités telles que l'exploration et l'exploitation des ressources minérales profondes dans la mesure où pèsent sur elles nombre d'incertitudes quant à leur impact environnemental, tant du point de vue technologique (impact des techniques d'exploration/exploitation) que biologique (identification de la biodiversité présente et impact des prélèvements sur la biodiversité).

D'autres principes édictés dans la Charte n'ont pas d'effet direct et nécessitent l'intervention du législateur pour leur mise en œuvre. Le Conseil d'État a établi à ce propos en février 2015 que l'Assemblée de Polynésie française pouvait être considérée comme l'autorité compétente pour mettre en œuvre certaines dispositions constitutionnelles par « lois du pays ». Les principes concernés sont :

- le devoir de prévention selon lequel toute personne doit prévenir les atteintes qu'elle est susceptible de porter à l'environnement ou, à défaut, en limiter les conséquences ;
- la contribution à la réparation des dommages que chacun cause à l'environnement ;
- les principes d'information et de participation du public à la prise de décision dont le Conseil constitutionnel a eu l'occasion de définir la portée dans plusieurs décisions.

À côté des dispositions constitutionnelles, le droit international vient définir un certain nombre de normes, même s'il existe peu de conventions internationales applicables au domaine de l'exploitation minière sous-marine. La convention sur le droit de la mer de 1982 concerne principalement la délimitation spatiale et matérielle des compétences étatiques sur les zones maritimes ; seule la convention de Nouméa de 1986 demande aux États de prendre toutes les mesures appropriées

pour prévenir, réduire et contrôler la pollution pouvant résulter directement ou indirectement des activités d'exploration et d'exploitation des fonds marins et de leur sous-sol, sans autre précision. Toutefois, malgré son caractère contraignant, cette convention ne prévoit pas d'instruments permettant de sanctionner les États et territoires qui ne la respecteraient pas.

Par ailleurs, il va de soi que, bien qu'elles ne soient pas spécifiquement dédiées à la question minière sous-marine, l'ensemble des conventions internationales applicables en Polynésie française, notamment les conventions intervenant en matière environnementale, ont vocation à produire leurs effets, et au premier rang d'entre elles la convention sur la diversité biologique de 1992.

Il convient également de prendre en compte les normes polynésiennes existantes et ayant vocation à s'appliquer à l'activité minière sous-marine. Elles sont principalement contenues dans le Code minier et le Code de l'environnement polynésiens.

Du fait d'une activité minière très limitée, le Code minier de Polynésie française est extrêmement sommaire. Rédigée de manière souvent imprécise et archaïque, la réglementation locale apparaît inadaptée aux spécificités de l'activité minière sous-marine et contient très peu de dispositions relatives à l'environnement. En effet, la plupart d'entre elles ont pour objectif de fixer le régime juridique applicable aux titres miniers.

Par ailleurs, le Code de l'environnement contient des dispositions susceptibles d'impacter le cadre juridique d'une activité minière sous-marine. Outre le régime juridique des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), les réglementations relatives aux espaces et aux espèces naturels fixent des contraintes qui devront être respectées par les exploitants. À cet égard, il est nécessaire de souligner que le manque de lisibilité de certaines réglementations, particulièrement celles relatives aux espèces naturelles, constitue un obstacle pour une bonne réception et donc une efficacité optimale de celles-ci. Enfin, certaines dispositions relatives aux déchets paraissent en l'état inadaptées, si elles devaient être appliquées au cas de l'activité minière sous-marine. Ainsi en est-il par exemple de la possibilité d'immersion de plateformes et autres ouvrages en mer.

Les référentiels et outils de régulation étrangers et internationaux

Outre les normes de références contraignantes, la réflexion sur l'édiction d'une réglementation adaptée aux spécificités de l'activité minière sous-marine peut être nourrie par référence à des outils de régulation existant dans ce domaine :

– normes internationales édictées par l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) dans le cadre de son pouvoir de réglementation de l'activité dans la zone internationale, constituée des fonds marins situés au-delà des juridictions nationales ;

- outils relevant de la *soft law* et prenant la forme de recommandations ou de guides de bonnes pratiques ;
- législations adoptées par d'autres États dans une perspective comparatiste.

Parmi les outils particulièrement mobilisables, figure le code d'exploitation minière élaboré par l'AIFM et qui regroupe un ensemble détaillé de règles, recommandations et procédures édictées pour encadrer la prospection, l'exploration et l'exploitation des minéraux marins dans la zone internationale des fonds marins. Elles pourront servir de référentiels au moment d'établir une réglementation. Tel est également le cas du projet-cadre de réglementation des activités d'exploration minière sous-marine édicté par l'AIFM en mars 2015 (AIFM, 2015). D'autres outils pourraient s'avérer pertinents comme le cadre législatif et réglementaire régional édicté par la Sopac (Division Géosciences du Secrétariat de la Communauté du Pacifique) en 2012 ou encore le code de gestion des travaux miniers sous-marins de l'*International Marine Minerals Society* (IMMS) en 2010.

Enfin, les quelques législations nationales existantes peuvent apporter des compléments utiles comme le *Seabed Minerals Act* des îles Cook de 2009 ou encore celle du royaume des Tonga de 2014. Les îles Cook ont fait preuve d'une capacité d'anticipation et ont développé une réflexion et un cadre politique original, en termes de dispositifs (avec notamment la création d'une autorité de gestion et de régulation de l'activité minière sous-marine) et de définition d'une démarche de promotion de la mise en valeur du patrimoine (lancement d'un appel d'offres pour l'obtention de permis d'exploration).

Évolutions envisageables du cadre juridique

Si la répartition des compétences entre l'État et la Polynésie française cristallise l'attention en raison de sa dimension politique, ce n'est pas sur ce terrain que se jouent les évolutions du droit les plus décisives en matière d'exploitation des ressources minérales marines, mais sur celui des normes de rang supérieur qui s'imposent à la Polynésie française dans l'exercice de sa compétence minière. Tout comme elles imposent une modification du code minier national, les exigences issues de la Charte de l'environnement imposent une modification du code minier polynésien comportant des développements spécifiques s'agissant des activités sous-marines. De même, la profonde méconnaissance de l'impact environnemental des activités minières sous-marines pourrait sans doute justifier, à la différence des activités minières terrestres, qu'il soit fait application de manière bien plus stricte des principes constitutionnels de prévention et de précaution issus de la Charte de l'environnement, sous réserve de trouver un équilibre pour éviter un blocage complet de tout développement de l'activité.

Outre cet impératif, la création d'un cadre attractif pour les opérateurs économiques constitue sans doute l'un des principaux enjeux de l'évolution du code minier

polynésien. Cette attractivité suppose, d'une part, la mise en place d'une fiscalité spécifique adaptée à la nature, à l'ampleur, à la durée et au caractère aléatoire des projets miniers et, d'autre part, une réglementation prévisible et stable. Enfin, compte tenu du caractère expérimental des activités minières sous-marines, une réforme du droit minier polynésien devrait s'inspirer des principes dégagés au plan international par l'AIFM, du retour d'expérience issu des quelques projets pilotes actuellement en cours et des dispositifs mis en place dans les pays voisins (Cook, Tonga), sans négliger la prise en compte des bonnes pratiques développées par l'industrie *offshore* et des réglementations (encore faibles) auxquelles elle est soumise.

La participation

Sujet relativement nouveau, la question de l'exploitation des ressources minérales profondes commence juste à émerger dans le débat public. De ce fait, les réactions des acteurs concernés par cette question ne peuvent être analysées que prospectivement. Il faut toutefois relever que la Charte de l'environnement intégrée depuis 2004 au bloc de constitutionnalité et applicable en Polynésie française prévoit un droit à l'information et à la participation du public.

Même si l'enjeu minier sous-marin se situe loin des côtes, rendant plus difficile la détermination du « périmètre du public » concerné, il n'en reste pas moins que son acceptabilité sociale reste délicate tant le double continuum terre/mer et culture/nature est important en Polynésie française. Dans ce cadre, la participation des parties prenantes, entendue comme l'implication des acteurs dans une intervention publique ou un projet de développement, est essentielle (voir II-4, II-5 et IV-3).

La prise en compte de la question a vocation à dessiner les contours d'une gouvernance participative de l'activité minière sous-marine, dans laquelle la notion de consentement préalable, libre et éclairé (CPLÉ) tient une place centrale puisqu'elle renvoie à un régime non plus de consultation mais de consentement, celui-ci devant être exprimé en amont de la décision. Il apparaît par ailleurs que ce dispositif doit être évolutif et inscrit dans la durée. Pour cela, il doit faire l'objet de mesures régulières de suivi et de réévaluation dans un processus interactif permanent.

L'identification des parties prenantes

Il convient tout d'abord de réaliser une « cartographie des parties prenantes » (*stakeholder map*) (MASON *et al.*, 2010) afin d'identifier les acteurs concernés de manière large, puis de cerner les appréhensions des différents groupes et d'anticiper

les demandes d'informations. Afin d'éviter la multiplication des débats, un élément important réside dans l'identification et l'évaluation de lieux préexistants comme arènes de débat, afin de les mobiliser dans le cadre d'un projet.

Les zones potentiellement intéressantes pour l'exploitation minière sous-marine étant hauturières, le nombre des acteurs impactés sera nécessairement moins important que pour l'activité minière terrestre. Toutefois, dans le contexte d'une société démocratique de la mise en avant de forme de patrimonialisation (de la nature, en particulier) dépassant le cercle des acteurs directement concernés, de diffusion croissante des informations via les réseaux de communication et de la spécificité des rapports nature-culture dans le monde polynésien, il est probable que ces acteurs, ou leurs représentants, expriment des craintes et des attentes spécifiques. Il importe donc de les identifier. Au-delà des différentes autorités publiques et de la société civile, la pêche constitue un enjeu essentiel, car les hauts-fonds potentiellement riches en termes de ressources minières sont par ailleurs réputés concentrer une biodiversité importante. Dès lors, la pêche palangrière est concernée au premier chef, mais pas seulement. Ainsi, la pêche côtière, voire la pêche lagonaire pourraient être impactées et il convient donc de prendre en considération les craintes de l'ensemble des acteurs de la pêche.

D'autres usagers peuvent également être identifiés. Ainsi en est-il des activités liées au tourisme. L'activité minière pourrait en effet générer une baisse de qualité des eaux (particules en suspension) et une esthétique dégradée (bâtiments liés à l'exploitation) à un moment où le tourisme nautique en Polynésie française est en pleine expansion, contrairement au tourisme terrestre. Enfin, le transport maritime ou encore l'activité de croisière (autre forme de tourisme) constituent également des activités pouvant être impactées par des projets miniers sous-marins. Il faut aussi noter l'intérêt scientifique que présentent ces espaces et qui se traduit par une présence importante des organismes de recherche.

L'enjeu environnemental, et donc les acteurs et dispositifs associés, occuperont une place particulière dans l'arène minière qui pourrait émerger. La Polynésie française compte 32 espaces naturels protégés et/ou gérés, répartis dans 15 îles des archipels de la Société, des Tuamotu et des Marquises. Parmi ceux-ci, il existe différentes réserves marines ou terrestres et marines, et des projets variés à des stades d'avancement divers, qui peuvent avoir un impact sur l'exploration et l'exploitation des ressources minérales en eaux profondes et inversement. Cet enjeu général est également différencié spatialement, selon les spécificités culturelles, écologiques des archipels polynésiens, leur vulnérabilité, et aussi les dispositifs environnementalistes existants : projet de grande aire marine protégée aux Australes, d'inscription au patrimoine mondial Unesco aux Marquises, réserve de biosphère aux Tuamotu (Fakarava)...

Éléments de méthode

Afin d'appréhender au mieux la perception de l'activité minière sous-marine, il paraît nécessaire de mettre en place des forums à différentes échelles : pays, archipel concerné, ou encore à l'échelon plus localisé environnant les sites envisagés.

L'information délivrée doit par ailleurs être perçue comme indépendante et transparente et permettre aux populations d'accroître leur capacité à formuler un avis sur le projet. Pour cela, il convient de faire un état des lieux vulgarisé des connaissances scientifiques, mais également des lacunes de la science. Cet état des lieux, qui devrait aller au-delà des habituelles études d'impact environnemental et social (EIE/EIS), doit être complété par une information technique sur les procédés d'exploration et d'exploitation. Les informations doivent être contextualisées afin d'alimenter au mieux un processus interactif d'échanges mutuels.

La Polynésie française comprend un certain nombre d'espaces maritimes protégés ou en passe de l'être. Dès lors, il apparaît que l'existence et les projets de zones protégées doivent nécessairement être pris en considération dans la détermination des zones susceptibles de connaître une activité minière sous-marine. Ainsi en est-il de l'aire marine protégée des Tuamotu (réserve Unesco de biosphère de la commune de Fakarava), dont l'extension est en cours de discussion, et dans laquelle est interdite toute activité destructrice de biodiversité et des paysages associés. Dès lors, si des activités d'exploration y paraissent envisageables, tel n'est pas le cas d'un projet d'exploitation. On peut encore citer le projet d'aire marine protégée aux îles Marquises dont les objectifs sont aujourd'hui incompatibles avec une exploitation minière. Tel serait également le cas du projet d'aire marine protégée aux Australes.

Le facteur temps

Le facteur temps joue un rôle essentiel dans la participation organisée autour d'un projet de développement minier et plus largement dans la mise en place d'une politique publique dans ce domaine (voir ADAM, 1998 ; KIRSCH, 2014). Il se décline sous plusieurs formes.

- L'anticipation : il est établi que plus la participation est précoce, plus elle peut influencer sur la décision. C'est pourquoi il s'avère extrêmement important de prévoir des dispositifs de participation, sachant que le débat n'a pas forcément lieu dans les arènes prévues par les pouvoirs publics. C'est là un avantage majeur de la Polynésie française que de se préoccuper très en amont de l'impact du développement de projets miniers sous-marins, alors même qu'aucun permis d'exploration ou de prospection n'a encore été délivré, ni même demandé.
- L'adaptabilité : un projet minier s'inscrivant dans une séquence de temps long, enjeux, risques et bénéfices vont varier dans le temps. Il faut donc identifier les

moments clés où l'association des parties prenantes s'avère nécessaire, tout en tenant compte des changements technologiques qui peuvent entraîner la nécessité d'une réévaluation du projet.

- Le temps de l'assimilation : cela passe par la reformulation dans différentes arènes, permettant une appropriation du projet par les parties prenantes.
- Le relais de l'information : il doit être assuré par des tiers légitimes pour une plus grande diffusion de l'information.
- La clôture des débats : elle est nécessaire pour éviter des réouvertures « tactiques » des dossiers, mais il faut maintenir la continuité du processus interactif, en particulier en garantissant des possibilités d'expression inscrites dans la durée.

Enjeux et dispositifs de gouvernance

L'objectif est de construire une politique minière adaptée et d'accompagner les formes de régulations qui se mettent en place progressivement à travers le jeu des acteurs et des institutions (voir II-6 et IV-4).

Enjeux : déséquilibres et asymétries, transparence et conflits d'intérêts

Des risques de déséquilibre et de dépendance caractérisent la situation créée par un développement minier important dans un pays de taille limitée :

- le flux de ressources financières et matérielles véhiculé par un projet minier est considérable, potentiellement générateur de stratégies de captation diverses et actives ;
- les technologies apportées par un projet minier sont souvent importées et non maîtrisées par les instances locales et cette maîtrise (ou non maîtrise) constitue un second facteur de déséquilibre ;
- l'afflux de ressources généré par un projet minier s'accompagne souvent d'un relatif vide normatif et donc d'une forte incertitude relative aux « règles du jeu ».

Le rétablissement d'un certain équilibre en termes de capacités de négociation (*bargaining power*) dans les relations passe par une stratégie d'anticipation : les compétences nécessaires doivent être construites en amont de tout projet pour que les administrations concernées soient en capacité de répondre efficacement quand une demande de permis est déposée.

La capacité à anticiper doit s'accompagner d'une politique de transparence. La diffusion de l'information (sous une forme claire et accessible) et la consultation/participation des populations doivent être organisées très tôt, on l'a vu, pour éviter de

mettre les personnes concernées devant un « fait accompli » ou perçu comme tel. Cette nécessaire politique de transparence doit s'attaquer à tous les penchants à l'opacité, générateurs d'une suspicion (LARMOUR, 2012) et d'une défiance très difficiles à contrer une fois installées. Or en Polynésie française, cette tendance s'est fortement implantée en lien avec la politique du secret qui a entouré l'entreprise nucléaire militaire française. L'héritage est lourd et les comptes sont loin d'être apurés.

La transparence est aussi nécessaire dans l'identification et le règlement des conflits d'intérêts. Il faut être extrêmement attentif à cet enjeu, car les biais qu'il peut impliquer sont forts et difficiles à redresser, incluant diverses formes de corruption, qui peuvent s'ancrer dans des pratiques culturellement admises ou dans une culture de la corruption spécifique. Les conflits d'intérêt peuvent être très divers. On peut identifier de grandes catégories basées sur des contradictions entre fonctions, comme entre évaluateur et opérateur, ou entre régulateur et actionnaire. La résolution de ces conflits fonctionnels passe par la conception, la mise en œuvre et le suivi de tout un ensemble de procédures administratives, de découpages sectoriels, de recours judiciaires, et *in fine* de choix politiques combinés à des mécanismes de responsabilité (*accountability*).

La question des compétences nécessaires

Différentes initiatives pourraient être développées pour répondre aux besoins en matière de compétences minières (voir III-5).

- **Développement d'un service des mines** au sein des pouvoirs publics polynésiens, notamment pour mettre en place une stratégie fondée sur l'attribution et le suivi de permis miniers.
- **Création d'une agence des ressources** : compte tenu de la transversalité des questions à traiter (attribution des permis, gestion des questions environnementales, lutte contre la pollution en mer, information aux populations et échanges avec les parties prenantes), il serait opportun d'envisager la création d'une agence des ressources à la confluence de tous ces champs.
- **Rapprochement avec les îles Cook** : dans le but de mutualiser les moyens (y compris moyens à la mer pour l'exploration) et les compétences pour les aspects miniers, il serait judicieux de se rapprocher des îles Cook qui affichent des ambitions sur les ressources minérales marines, ou du Secrétariat de la Communauté du Pacifique (CPS).
- **Création d'une unité mixte de recherche** : une structure dédiée davantage à la recherche, notamment pour les travaux d'exploration et d'évaluation de la ressource, l'impact sur les écosystèmes et les aspects socioculturels. Ce peut être

une structure d'unité mixte de recherche (UMR) permettant de rassembler plusieurs organismes.

– **Création d'un Groupement d'intérêt public** : une structure de type para-public orientée vers la préparation de l'exploitation de la ressource en attendant et en incitant une nécessaire implication plus forte d'industriels miniers. Elle aurait aussi à s'occuper du montage et du financement des projets de campagne et de traitement des données, d'infrastructures, de traitement du minerai et d'acceptabilité sociale. Cette structure devrait être idéalement un groupement d'intérêt public (GIP), ce qui permet la mise en place d'un véritable partenariat public-privé et pourrait avoir vocation à devenir un groupement d'intérêt économique (GIE).

Dispositif de gouvernance : réflexions relatives à une autorité des mines

Étant donné les enjeux de gouvernance (participation, transparence, conflits d'intérêts, responsabilité) que nous venons d'énoncer, la réflexion en la matière devrait logiquement explorer la possibilité d'une autorité des mines. Celle-ci pourrait être chargée de la régulation du secteur minier sous-marin et terrestre (permis, études d'impacts, etc.) et/ou réfléchir à la préparation de la stratégie minière pour la Polynésie française. Dans ce cadre, il serait utile d'imaginer les différentes articulations possibles entre politique sectorielle et enjeux transversaux ou territoriaux (mer, environnement). La réflexion relative à la création d'une telle institution doit s'inscrire dans le cadre d'une politique d'anticipation du démarrage effectif d'une activité minière sous-marine, que ce soit du point de vue des orientations stratégiques du pays, de la formation des compétences et de l'expertise, ou encore du cadre réglementaire.

La réflexion pourrait porter sur plusieurs éléments : rôle, forme juridique, relations avec les autres entités administratives, ressources humaines, matérielles et budgétaires, missions, pouvoirs, indicateurs d'évaluation.

À titre comparatif, les îles Cook et le royaume des Tonga ont mis en place une telle autorité dans le cadre de leur réglementation sur l'activité minière sous-marine. Mais à bien y regarder, il apparaît qu'il s'agit plutôt d'agences, rattachées au gouvernement, dont on peut certainement discuter la réelle autonomie par rapport aux pouvoirs publics. Pour atteindre une véritable autonomie, la forme juridique qui semble la plus appropriée pourrait être l'autorité administrative indépendante (possible via une loi du pays), dans la mesure où l'objet d'une telle autorité est justement de déconnecter la prise de décision du pouvoir exécutif dans des secteurs sensibles, notamment d'un point de vue économique.

Il est en même temps nécessaire de réfléchir à une bonne articulation entre cette autorité indépendante et les procédures participatives.

Définition d'une politique minière sous-marine et question du suivi et de l'évaluation

Au-delà de la question de la forme institutionnelle du dispositif politico-administratif et juridique nécessaire pour un accueil adapté d'une possible activité minière sous-marine, il faut poser le problème en termes de politique publique. La question du suivi et de l'évaluation est ici essentielle. Son effectivité dépend de l'existence d'une stratégie politique clairement définie.

Une des principales difficultés de l'évaluation et du suivi de l'impact environnemental d'une exploitation marine est d'identifier à quelles échelles, verticale et/ou horizontale, les processus écologiques peuvent être impactés. Seule une stratégie d'acquisition de connaissances à la fois hiérarchisée spatialement et couvrant tous les compartiments biologiques de la colonne d'eau permettrait d'identifier l'échelle pertinente à prendre en compte dans les études et le suivi des impacts environnementaux.

Les enjeux et impacts environnementaux de l'activité minière sous-marine ne sont pas uniquement écologiques mais aussi sociaux et culturels, dans la perspective polynésienne d'un continuum nature/culture. De ce fait, ils ne sont pas localisés aux zones exploitées, mais s'étendent spatialement parfois à de grandes échelles. Ils sont donc étroitement liés à des questions d'usages et de représentations de l'espace marin. Le suivi et l'évaluation des transformations induites par l'activité minière sous-marine doivent donc être socio-environnementaux, et les études d'impact conçues en termes de développement durable (voir IV-4) et de soutenabilité.

La question du suivi et de l'évaluation renvoie aussi à des enjeux de participation et de consentement. Ce serait une erreur d'imaginer le consentement préalable, libre et éclairé (CPLÉ) sous la forme d'une transaction effectuée en une fois en début de projet et réglant définitivement la question du consentement des populations potentiellement affectées. Mettre en œuvre la notion de CPLÉ est délicat et suppose de la concevoir comme un dispositif politique et moral qui intègre ses parties prenantes à un jeu de droits et d'obligations. Ces derniers doivent être clarifiés, mais peuvent être réévalués en fonction d'événements porteurs d'un « changement de donne » jugé suffisamment important par l'ensemble des parties (selon des procédures à définir). Il est essentiel de garantir des possibilités et espaces d'expression (y compris de voix dissonantes) dans la durée. *A minima*, il faut prévoir des obligations de transparence, de rapportage élargi de la performance sociale, économique, environnementale, de gouvernance et un mécanisme de règlement des conflits. En d'autres termes, le consentement préalable, libre et éclairé (CPLÉ) ne constitue pas une étape préalable, mais un processus à maintenir actif tout au long du cycle d'un projet. À ce titre, il participe des dispositifs de suivi et évaluation.

Les enjeux d'une politique de valorisation des ressources minérales sous-marines

Notre conclusion s'organise autour de quatre propositions articulées. Le collège des experts :

- souligne le potentiel de classe mondiale des encroûtements cobaltifères de la ZEE de la Polynésie française ;
- relève les risques spécifiques associés à leur mise en valeur ;
- insiste sur la nécessité de développer les connaissances, encore insuffisantes ;
- recommande d'élaborer et de mettre en œuvre une politique de valorisation de ce potentiel.

Les implications en termes de recommandations sont développées dans la section dédiée. Dans cette conclusion nous souhaitons plus particulièrement revenir sur l'enjeu de politique publique que représente le possible développement d'une filière de mise en valeur des ressources minérales sous-marines en Polynésie française.

Un timing parfait : en amont de toute action

La situation est idéale en Polynésie française, dans la mesure où il n'existe pour l'instant aucune activité minière sous-marine et qu'aucun permis d'exploration n'a encore été accordé. Cela laisse du temps pour réfléchir à une politique originale, adaptée aux réalités du pays et intégrant la participation des populations. La prise en compte des représentations et pratiques culturelles de l'environnement abritant la ressource aidera à mieux saisir et anticiper les réactions des populations concernées.

Du point de vue du cadre réglementaire, l'essentiel reste à faire et il s'agit d'imaginer les types de dispositifs juridico-administratifs qui permettraient d'encadrer une activité minière sous-marine naissante dans le cadre d'une stratégie de développement minier

dont la rédaction doit associer l'ensemble des parties prenantes. Le document de stratégie doit engager les pouvoirs publics sur de nombreuses années. La capacité d'anticipation est essentielle, dans la mesure où il s'agit potentiellement d'un secteur d'activité de grande ampleur faisant entrer en jeu des entreprises internationales. Le risque est grand pour l'administration polynésienne d'être dépassée par les capacités d'expertise (technique, économique, voire juridique) de ses interlocuteurs et par la dimension des enjeux (en particulier politiques et économiques). D'où l'importance de prévoir des garde-fous, d'anticiper avant même la première demande de permis d'exploration, en définissant une ligne de politique publique, en mettant en place des dispositifs administratifs et juridiques adaptés et en renforçant (ou créant) les compétences et l'expertise nécessaires.

Il faut en même temps réfléchir de manière prospective à la construction d'une gouvernance participative et démocratique associant populations riveraines, communes, organisations de la société civile, institutions de recherche, experts, etc. Une telle dynamique augmenterait la réactivité des populations concernées par un projet minier, face à des investisseurs qui fonctionnent dans une logique temporelle différente et des gouvernants souvent pris dans d'autres urgences, électorales par exemple.

La délicate gestion de temporalités et de risques hétérogènes

L'éventuel démarrage d'une activité minière sous-marine en Polynésie française initialisera un jeu complexe de temporalités et générera des risques et des incertitudes spécifiques.

Les projets miniers sont inscrits dans des durées longues, qui incluent la période hautement incertaine de l'exploration (le pourcentage des projets miniers dépassant cette phase est infime) et engagent ensuite un flux massif de ressources et d'acteurs pour des périodes de plusieurs décennies d'exploitation puis de travaux post-exploitation. Cette durée est intégrée en termes économiques, et à cet égard, la question du coût de l'investissement de l'exploration se pose tout particulièrement.

Cet aspect renvoie au temps des campagnes d'exploration, d'acquisition de données indispensables, mais aussi de leur traitement et de leur valorisation, le temps de la science, donc.

Ces temporalités entrepreneuriales et scientifiques rencontrent des écosystèmes dont les rythmes de vie sont bien différents. Les encroûtements cobaltifères s'insèrent dans des milieux encore très mal connus, à la fois ouverts, connectés vers l'extérieur, et très spécifiques. La genèse de ces milieux est extrêmement longue, leur capacité

de résilience probablement faible et leur vitesse de régénération après perturbation et destruction partielle très certainement lente.

Le changement institutionnel et politique se déploie quant à lui dans le cadre de séquences temporelles elles-mêmes hétérogènes : le relatif court terme des échéances électorales, le rythme parfois un peu vif des changements de gouvernement, la pérennité plus longue des réseaux politiques, les inerties des cadres réglementaires.

Enfin, les populations polynésiennes sont les héritières d'un temps long culturel, d'une mémoire historique et elles sont en même temps prises dans les urgences du quotidien et le souci des générations futures. Ceci signifie que chaque acteur social évolue dans un cadre temporel composite, pluriel.

Ces temporalités sociétales, écologiques, politiques, industrielles ne sont pas seulement diverses, voire contradictoires, elles sont aussi soumises à des aléas nombreux, allant du risque plus ou moins probabilisable à l'incertitude absolue (ADAM, 1998 ; DUPUY, 2002). Le manque de connaissances traverse tous les groupes d'acteurs impliqués dans l'arène minière potentielle, mais ses conséquences et les impacts des décisions prises et des actions qui pourraient être lancées ne sont pas les mêmes pour tous.

Cette situation invite à la prudence, ce qui ne signifie pas l'inaction, mais bien plus la mise en œuvre des principes de précaution, de délibération et de responsabilité.

Le besoin d'une politique publique explicite et adaptée

La présente expertise propose un état des lieux des connaissances dans le champ des ressources minérales sous-marines profondes dans le contexte polynésien. Cet état des lieux, qui inclut l'identification des zones d'ombre, est large, puisqu'il englobe les savoirs géologiques, technologiques, économiques, sociaux, juridiques, écologiques, géographiques. Le croisement de ces données a permis d'identifier des perspectives, des lacunes et des incertitudes. Il s'agit *in fine* de proposer une série de conclusions et de recommandations qui puissent fournir les fondements d'un schéma directeur et, plus largement, d'une politique publique en la matière.

Le secteur minier, caractérisé par des temps très longs (plusieurs décennies en cas de matérialisation d'une exploitation) est un défi pour le politique, dont les agendas et les échéances diffèrent. Il nécessite une vision sur le long terme et une constance dans l'action, et implique de nombreuses parties prenantes, dont les intérêts, les attentes et la compréhension peuvent être fortement hétérogènes. Par ailleurs, la vision linéaire des politiques publiques, allant de la conception à la mise œuvre puis à l'évaluation correspond rarement à la réalité. Les politiques publiques servent

souvent à légitimer l'action *a posteriori* plutôt qu'à l'orienter et la question de l'évaluation constitue un aspect très négligé, en particulier en France, et par ricochet dans ses territoires d'outre-mer. L'occasion se présente de construire une politique basée sur une stratégie explicite et impliquant la mise en œuvre de mesures de politiques sectorielles, en amont de l'action.

Le processus de mise en œuvre de cette politique doit se faire en plusieurs étapes, se basant sur un approfondissement des connaissances et donc sur des campagnes d'acquisition de données (voir proposition d'un plan de campagne d'exploration en III-2). Celles-ci sont nécessaires pour confirmer, ou non, l'enjeu socio-économique et, le cas échéant, développer des partenariats équilibrés avec le privé. Cet équilibre ne va pas de soi et le rôle de la puissance publique est ici décisif.

La première étape se centrerait donc sur le développement des connaissances : l'identification du potentiel des encroûtements cobaltifères (et peut-être de zones à nodules polymétalliques) doit être intensifiée, pour trouver une ou plusieurs zones de forte attractivité (encroûtements de 10 cm et plus, teneur moyenne en cobalt d'au moins 1 %, substratum carbonaté et faible pente). Ensuite, il faudrait réaliser des essais en laboratoire visant à récupérer un maximum de métaux, voire entreprendre un petit essai pilote pour obtenir des premières indications sur les coûts éventuels de traitement du minerai. En parallèle, les milieux environnants doivent également être explorés et connus dans leur fonctionnement afin de définir les meilleures stratégies d'atténuation des effets d'une éventuelle exploitation ultérieure (ou de non-exploitation sur une zone donnée si les effets anticipés paraissent trop destructeurs). Enfin, les représentations culturelles et usages sociaux de la mer doivent faire l'objet d'enquêtes complémentaires.

Ces connaissances serviront à l'élaboration de scénarios plus précisément documentés que ceux présentés ici. Ces scénarios devront prendre en compte les marchés des différents métaux identifiés (cobalt, cuivre, nickel, manganèse, titane, platine...) et consolider les hypothèses économiques. Des scénarios relatifs aux choix de filières, d'implication des acteurs et d'enjeux socio-environnementaux compléteront les scénarios économiques.

Enfin, en fonction des connaissances acquises et des scénarios élaborés, des décisions politiques pourront être prises, tout d'abord concernant le choix de lancer ou non une politique de développement minier sous-marin, et en parallèle portant sur les modalités de réalisation de ce choix : cadre institutionnel et juridique, procédures de participation des populations, dispositifs politico-administratifs, compétences administratives, juridiques, techniques, etc.

Les modalités de suivi et d'évaluation permettront d'éventuelles réorientations. Mobilisant une expertise à la fois scientifique, technique et citoyenne, elles complètent ce dispositif de politique publique fondé dans un principe – une politique et une éthique – de responsabilité (JONAS, 1995).

Bibliographie sélective

ADAM B., 1998 – *Timescapes of Modernity: The Environment and Invisible Hazards*. New York, Routledge.

AGARWAL B., HU P., PLACIDI M., SANTO H., ZHOU J. J., 2012 – Feasibility Study on Manganese Nodules Recovery in the Clarion-Clipperton Zone. *The LRET Collegium 2012 Series*, vol. 2, University of Southampton.

AIFM, 2015 – *Draft Framework for the Regulations of Exploitation Activities*. International Seabed Authority 14-20 Port Royal Street Kingston Jamaica. <https://www.isa.org.jm/fr/node/16821>.

AL WARDI S., REGNAULT J.-F., 2011 – *Tahiti en crise durable. Un lourd héritage*. Papeete, Les éditions de Tahiti.

AUTORITÉ DES MARCHÉS FINANCIERS DU QUÉBEC, 2011 – Règlement 43-101 sur l'information concernant les projets miniers - Loi sur les valeurs mobilières (L.R.Q., c. V-1.1, a. 331.1) - www.lautorite.qc.ca/files/pdf/reglementation/valeurs-mobilieres/43-101/2011-06-30/2011juin30-43-101-vofficielle-fr.pdf.

BAMBRIDGE T., 2009 – *La terre dans l'archipel des îles Australes. Étude du pluralisme juridique et culturel en matière foncière*. IRD Éditions et Aux Vents des îles.

BATKER D., SCHMIDT R., 2015 – *Environmental and Social Benchmarking Analysis of the Nautilus Minerals Inc. Solwara-1 Project*.

BONNEVILLE A., 2002 – Dépôts à partir de l'eau de mer : croûtes cobaltifères et platinifères. *Les techniques de l'industrie minière*, 17, septembre.

BONNEVILLE A., SICHOUX L., 1998 – Topographie des fonds océaniques de la Polynésie française : synthèse et analyse. *Géologie de la France*, 3.

BOUCHET P., HEROS V., LOZOUET P., MAESTRATI P., 2008 – A quarter-century of deep-sea malacological exploration in the South and West Pacific: Where do we stand? How far to go? *Mémoires du Muséum national d'histoire naturelle*, 196 : 9-40.

BOUGAULT H., SAGET P. 2011 – Les encroûtements cobaltifères de Polynésie française. *Mines et Carrières*, 6, Industrie minière, 185 (hors série) : 70-85.

BRIDGE G., 2014 – Resource Geographies II: The Resource-State Nexus. *Progress in Human Geography*, 38 (1) : 118-130.

CHAUVEAU J.-P., JACOB J.-P., LE MEUR P.-Y. (éd.), 2004 – *Gouverner les hommes et les ressources. Dynamiques de la frontière interne*. Cahier thématique *Autrepart*, 30.

CHRISTMANN P., AUDION A. S., BARTHÉLÉMY F., VARET J., 2012 – Vers une gouvernance des ressources minérales, *Géosciences*, 15.

COUHARDE C., GERONIMI V., MAÎTRE D'HÔTEL E., TARANCO A., 2010 – Les enjeux liés à la mesure du capital naturel : l'exemple de la Nouvelle-Calédonie. *European Journal of Development Research*, 23 : 151-173.

COUHARDE C., GERONIMI V., MAÎTRE D'HÔTEL E., TARANCO A., 2011 – Vulnérabilité et développement soutenable en Nouvelle-Calédonie. *Mondes en développement*, 39 (2) : 154.

D'ARCY P., 2006 – *The People of the Sea. Environment, Identity, and History in Oceania*. Honolulu, University of Hawai'i Press.

DALY H. E., 1990 – Towards Some Operational Principles of Sustainable Development. *Ecological Economics*, 2 (1) : 1-6.

DECOUDRAS J.-M., LAPLACE D., TESSON F., 2005 – Makatea, atoll oublié des Tuamotu (Polynésie française) : de la friche industrielle au développement local par le tourisme. *Cahier d'Outre-Mer*, 230 : 189-214.

DUPUY J.-P., 2002 – *Pour un catastrophisme éclairé. Quand l'impossible est certain*. Paris, Seuil.

DYMENT J., LALLIER F., LE BRIS N., ROUXEL O., SARRADIN P.-M., LAMARE S., COUMERT C., MORINEAUX M., TOUROLLE J. (coord.), 2014 – *Les impacts environnementaux de l'exploitation des ressources minérales marines profondes*. Expertise scientifique collective, CNRS-Iframer.

ECORYS, 2014 – *Study to investigate the state of knowledge of deep-sea mining*. Final Report for the European Commission, Rotterdam/Brussels.

EGGERT R. G., 2010 – *Mineral exploration and development: risk and reward*. International Conference on Mining, "Staking a Claim for Cambodia," Phnom Penh, Cambodia, 26-27 May 2010.

FILER C., LE MEUR P.-Y. (eds), *sous presse* – *Local-level politics and large-scale mining in Papua New Guinea and New Caledonia*. Canberra, ANU Press.

FMI, 2012 – *Régimes fiscaux des industries extractives : conception et application*. Préparé par le Département des finances publiques, approuvé par Carlo Cottarelli, 15 août.

FOUQUET Y., 2013 – Les ressources minérales marines. État des connaissances sur l'importance des dépôts. *Annales des Mines, Responsabilité et environnement*, 70.

FOUQUET Y., LACROIX D., 2012 – *Les ressources minérales marines profondes : étude prospective à l'horizon 2030*. Versailles, éditions Quae.

GERONIMI V., 2015 – « Développement soutenable et vulnérabilités. Les contraintes spécifiques au développement durable dans les petites îles ». In Blaise S. et al. (dir.) : *Le développement durable en Océanie, vers une éthique nouvelle ?* Presses universitaires de Provence, coll. Espace et développement durable.

GIRAUD P.-N., LOYER D., 2006 – *Capital naturel et développement durable en Afrique*. Paris, AFD, Document de travail, 33.

GOTO K., YAMAZAKI T., NAKATANI N., ARAI R., 2010 – Preliminary Economic Feasibility Analysis Of Cobalt-Rich Manganese Crust Mining For Rare Metal Recovery. *Proceedings of the ASME 2010, 29th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering* June 6-11, 2010, Shanghai, China.

HAU'OFA E., 1993 – « Our Sea of Islands ». In Hau'ofa E. et al. (eds) : *A New Oceania: Rediscovering our Sea of Islands*, Suva, University of the South Pacific, in association with Beake House.

HEIN J. R., MIZELL K., KOSCHINSKY A., CONRAD T. A., 2013 – Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high- and green-technology applications: comparison with land-based resources. *Ore Geol. Rev.*, 51 : 1-14.

HEIN J., SPINARDI F., OKAMOTO N., MIZELL K., THORBURN D., TAWAKE A., 2015 – Critical metals in manganese nodules from the Cook Islands EEZ, abundances and distributions. *Ore Geology Reviews*, 68 : 97-116.

JASANOFF S., 2012 – *Science and Public Reason (collected essays with new Introduction and Afterword)*. Abingdon, Oxon, Routledge-Earthscan.

JÉBRAK M., 2015 – *Quels métaux pour demain ? Les enjeux des ressources minérales*. Paris, Dunod.

JONAS H., 1995 – *Le principe responsabilité*. Paris, Flammarion [édition allemande 1979].

KATO Y., FUJINAGA K., NAKAMURA K., TAKAYA Y., KITAMURA K., OHTA J., TODA R., NAKASHIMA, IWAMORI T. et H., 2011 – Deep-sea mud in the Pacific Ocean as a potential resource for rare-earth elements. *Nature Geoscience*, 4 : 535-539.

KIRSCH S., 2014 – *Mining capitalism. The relationships between corporations and their critic*. Oakland, University of California Press.

LANIER L., ALLOUCHE G., 1996 – *Rapport d'information fait à la suite d'une mission effectuée en Polynésie française du 14 au 28 janvier 1996*. Sénat de la République française. http://www.senat.fr/rap/r95-215/r95-215_mono.html.

LARMOUR P., 2012 – *Interpreting Corruption: Culture and Politics in the Pacific Islands*. Honolulu, University of Hawaii Press.

LASCOUMES P., 2002 – L'expertise, de la recherche d'une action rationnelle à la démocratisation des connaissances et des choix. *Revue française d'administration publique*, 103 (3) : 369-377.

LE MEUR P.-Y., 2011 – *Anthropologie politique de la gouvernance. Acteurs, ressources, dispositifs*. Sarrebruck, Éditions universitaires européennes.

LOUDAT T. A., ZAIGER K. K., WILTSHIRE J. C., 1995 – Solution mining of Johnston Island manganese crusts: an economic evaluation, *Oceans'95. MTS/IEEE. Challenges of Our Changing Global Environment*. Conference Proceedings, 2 : 713-722.

MARTEL-JEANTIN B., LAMOUILLE B., BOUGAULT H., LE SUAVÉ R., FOUQUET Y., BONNEVILLE A., TROLY G., 2001 – *Évaluation stratégique et prospective préliminaire des encroûtements polymétalliques sous-marins de la ZEE de la Polynésie française*. Rapport confidentiel BRGM/RP-50842-FR.

MASON C., PAXTON G., PARR J., BOUGHEN N., 2010 – Charting the territory: exploring stakeholder reactions to the prospect of seafloor exploration and mining in Australia. *Marine Policy*, 34 (6) : 1374-1380.

MAWYER A., à paraître – *The Maladie du Secret: Witnessing the Nuclear State in French Polynesia*.

MITCHELL T., 2011 – *Carbon Democracy. Political Power in the Age of Oil*. London-New York, Verso.

OVERTON J., PRINSEN G., MURRAY W. E., WRIGHTON N., 2012 – Reversing the Tide of Aid: Investigating Development Policy Sovereignty in the Pacific. *Journal de la société des océanistes*, 135 (2) : 229-242.

OWEN J. R., KEMP D., 2013 – Social licence and mining: a critical perspective. *Resources Policy*, 38 : 29-35.

PICHOCKI C., HOFFERT M., 1987 – Characteristics of Co-rich ferromanganese nodules and crusts sampled in French Polynesia. *Marine geology*, 77 (1) : 109-119.

POIRINE B., 1994 – Rent, Emigration and unemployment in Small Island: The Mirab Model and the French Overseas Departments and Territories. *World Development*, 22 (12).

SAMADI S., SCHLACHER T., DE FORGES B. R., 2007 – « Seamount Benthos ». In Pitcher T. J. et al. (eds) : *Seamounts: Ecology, Conservation and Management*, Fish and Aquatic Resources Series, Blackwell, Oxford (UK) : 119-140.

SAURA B., 2009 – *Tahiti Ma'ohi. Culture, religion et nationalisme en Polynésie française*. Papeete, Au vent des îles.

SCHLACHER T. A., BACO A. R., ROWDEN A. A., O'HARA T. D., CLARK M. R., KELLEY C., DOWER J. F., 2014 – Seamount benthos in a cobalt-rich crust region of the central Pacific: conservation challenges for future seabed mining. *Diversity and distributions*, 20 (5) : 491-502.

SHANK T. M., 2010 – Seamounts: deep-ocean laboratories of faunal connectivity, evolution, and endemism. *Oceanography*, 23 (1) : 108-122.

STRANG V., 1997 – *Uncommon Ground: Cultural Landscapes and Environmental Values*. Oxford, Berg.

SZABLOWSKI D., 2010 – Operationalizing free, prior, and informed consent in the extractive industry sector? Examining the challenges of a negotiated model of justice. *Canadian Journal of Development Studies*, 30 (1-2) : 111-130.

TAYLOR C., 1994 – « La politique de reconnaissance ». In Gutmann A. (éd.) : *Multiculturalisme, différence et démocratie*, Paris, Flammarion : 41-99. [édition américaine 1992].

THROSBY D., 2002 – « Cultural capital and Sustainability concepts in the economics of cultural heritage ». In de la Torre M. (ed.) : *Assessing the Values of Cultural Heritage*, Los Angeles, Getty Conservation Institute.

YAMAZAKI T., PARK S.-H., SHIMADA S., YAMAMOTO T., 2002 – Development of Technical and Economical Examination Method for Cobalt-Rich Manganese Crusts. *Proceedings of The Twelfth (2002) International Offshore and Polar Engineering Conference*, Kitakyushu, May 26-31, Japan.

Annexes

Présentation du collège des experts

Présentation du collège des experts

Nom	Discipline	Institution	Pays
Nicholas ARNDT	Géochimie, exploitation économique de la ressource	Université Grenoble Alpes	France Canada Afrique du Sud
Tamatoa BAMBRIDGE	Anthropologie juridique, pluralisme, tenure marine/terrestre	CNRS, USR Criobe, Moorea	Polynésie française
Patrice CHRISTMANN	Géologie, stratégie des ressources minérales	BRGM, direction de la stratégie, Orléans	Métropole
Pierre COCHONAT	Géosciences marines, explorations sous-marines, ressources minérales et énergétiques	ex-Ifremer, Paris	Métropole
Carine DAVID	Droit public, droit de l'environnement, pluralisme juridique	Université de la Nouvelle-Calédonie, Nouméa	Nouvelle-Calédonie
Christian JOST	Géographie de l'environnement, risques, impacts sur les milieux	Université de la Polynésie française, Papeete	Polynésie française
Vincent GERONIMI	Économie du développement, matières premières	Université de Versailles St-Quentin	Métropole
Pierre-Yves LE MEUR	Anthropologie politique, gouvernance des ressources et de l'environnement	IRD, UMR Gred, Nouméa	Nouvelle-Calédonie
Sarah SAMADI	Biologie, évolution, faune des monts sous-marins	Muséum national d'histoire naturelle, Paris	Métropole
Antonino TROIANELLO	Droit public, droit économique, réglementation des matières premières	Université de la Polynésie française, Papeete	Polynésie française

Présentation du comité de pilotage

Le comité de pilotage de l'expertise collégiale a pour objectif de suivre régulièrement l'avancement des travaux du collège des experts, de lui faire part de ses observations éventuelles, sur la base du compte rendu et des documents de séance préparés par le service dédié à l'IRD et le président du collège et, enfin, de préparer la bonne appropriation des conclusions et recommandations remises par le collège des experts.

Installé par les commanditaires, le comité de pilotage s'est réuni à quatre reprises :

- le 22 janvier 2015 à l'issue de la première réunion du collège des experts, qui s'est tenue à la représentation de l'IRD à Arue, Tahiti ;
- le 7 juillet 2015, en visioconférence à l'issue de la deuxième réunion collégiale, qui s'est tenue à Paris ;
- le 18 septembre 2015 à l'issue de la troisième réunion, qui s'est tenue à la représentation de l'IRD à Arue, Tahiti ;
- enfin, le 23 novembre 2015, en visioconférence, à la suite de la remise du pré-rapport par l'IRD aux commanditaires.

Commande de l'expertise collégiale



LA POLYNÉSIE FRANÇAISE



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

HAUT-COMMISSARIAT
DE LA RÉPUBLIQUE
EN POLYNÉSIE FRANÇAISE

CONTRAT DE PROJETS 2008-2014

CONVENTION D'APPLICATION N° **016 15** du 27 JAN. 2015

Entre l'Etat, la Polynésie française et l'Institut de recherche pour le développement
finançant le projet « Expertise collégiale internationale sur les ressources minérales
sub-océaniques en Polynésie française
au titre de l'action 2.2 « Encourager des thématiques de recherches pour un meilleur
développement économique de la Polynésie française »

dans le cadre de la convention d'exécution relative au volet
« enseignement supérieur et recherche ».

Programmation 2014

- Vu la loi organique n° 2001-692 du 1^{er} août 2001 relative aux lois de finances ;
- Vu la loi organique n° 2004-192 du 27 février 2004 modifiée, portant statut d'autonomie de la Polynésie française, ensemble la loi n° 2004-193 du 27 février 2004 complétant le statut d'autonomie de la Polynésie française ;
- Vu la loi n° 2013-1278 du 29 décembre 2013 de finances pour 2014 ;
- Vu le décret n° 82-1068 du 15 décembre 1982 modifié relatif à la déconcentration du contrôle financier sur les dépenses d'investissements civils de l'Etat dans les territoires d'outre-mer ;
- Vu le décret n° 99-1060 du 16 décembre 1999 relatif aux subventions de l'Etat pour des projets d'investissement, auquel il est fait référence à l'article 9.6 du contrat de projets, modifié ;
- Vu le contrat de projets 2008-2014 signé entre l'Etat et la Polynésie française le 27 mai 2008 modifié ;

VISÉ : CDE Page 1 sur 7

Cette liste de questions initiales, validée par les commanditaires, est le fruit du travail préparatoire mené à l'occasion de l'Atelier initial qui s'est tenu les 3 et 4 juillet 2014 à Papeete.

Libellé de la question	
Axe I La ressource et ses dimensions économiques	
I.1	Que sait-on du patrimoine géologique de la Polynésie française ? Quel est l'état de la ressource connu ? Quelle est la proportion de la ZEE de Polynésie française pour laquelle nous disposons d'une connaissance suffisante, au niveau de la ressource (supposée, indiquée, mesurée) ? Où sont situées, en l'état actuel des connaissances, les ressources minérales susceptibles d'être exploitées à l'horizon de 15-20 ans ? avec quel degré de précision ?
I.2	Quels potentiels supplémentaires apporterait une extension de la ZEE ?
I.3	Quel potentiel économique <i>in situ</i> des ressources minérales profondes en PF ? (hiérarchisation des possibles)
I.4	Quelles sont les opportunités économiques plausibles dans le secteur de l'exploitation des minerais en PF, par rapport au marché global ?
I.5	Quels informations ou enseignements tirer des quelques projets d'exploration avancée actuels (Solwara 1 en PNG, Atlantis 2 en mer Rouge) ?
Axe II Capacités de gouvernance : règles, responsabilités, acteurs étatiques et non étatiques	
II.1	Compte tenu du caractère relatif et rapidement évolutif de l'intérêt « stratégique » de la ressource minérale, quelle répartition partagée et claire des compétences organiser entre État et Pays en matière d'exploration et d'exploitation des ressources profondes en PF ?
II.2	Quelle est la hiérarchie des normes en cas d'exploitation des ressources minérales marines profondes ?

Libellé de la question	
II.3	Quelles sont les contraintes juridiques liées au droit de l'environnement (local, national et international) devant être prises en compte ?
II.4	Quelles sont les évolutions en cours pour l'exploitation durable des ressources (refonte du Code minier français, révision envisagée du Code des mines polynésien) ?
II.5	Quelles sont les évolutions du droit applicable (national, local, international) en matière d'autorisation d'exploration et d'exploitation des ressources minérales? (avec une attention particulière pour le profond) ?
II.6	Quelles évolutions envisager pour un cadre fiscal de référence (prédictible, incitatif, modulable) ?
II.7	Quelle est l'arène des acteurs impliqués ou à impliquer dans la construction des enjeux ?
II.8	Enjeux d'aménagement des espaces maritimes et conflits d'exploitation (arbitrage des potentiels)
Axe III Enjeux technologiques pour l'exploration et l'exploitation	
III.1	Quelles sont aujourd'hui les technologies connues pour l'exploration et l'extraction des ressources minérales profondes en PF ?
III.2	Quelles sont les tendances actuelles et anticipables des évolutions technologiques dans l'exploration-exploitation des ressources (programmes R&D en cours, investissements des industriels minéraliers, ordres de grandeur par pays...) ?
III.3	Quels informations ou enseignements tirer des quelques projets d'exploration-exploitation actuellement les plus avancés (ex : projet Solwara 1) ?
III.4	Quelle hiérarchisation des pistes technologiques innovantes les plus appropriées pour la PF ?
Axe IV Enjeux environnementaux pour l'exploration et l'exploitation et mitigation des impacts	
IV.1	Quels sont les facteurs de vulnérabilité écologique identifiés pour une exploitation de ces ressources ?
IV.2	Quels impacts environnementaux associés à l'exploration et l'exploitation des ressources minérales profondes ? Quels types d'études d'impact sont à recommander ?
IV.3	Quelles dispositions doivent être prises en matière de préservation et de mitigation des mécanismes fonctionnels écologiques de la faune et de la flore des fonds sous-marins ?

Liste de l'intégralité des contributions

La liste des questions initiales a été retravaillée par le collège des experts à mesure de la progression de ses travaux, et affinée lors de ses trois réunions plénières successives, afin d'aboutir à un canevas consolidé et complet sur le sujet. Ces modifications ont été présentées aux comités de pilotage et validées par les commanditaires. Chacune des questions a ainsi donné lieu à la rédaction d'une contribution par un ou plusieurs experts, référencée comme article scientifique. L'intégralité de ces contributions est livrée sous format numérique dans la clé USB jointe à l'ouvrage.

Titre de la contribution		Experts
I-00	Glossaire	Le collège
I-0	Introduction : spécificités et phases du projet minier	P. CHRISTMANN, N. ARNDT, P. COCHONAT, V. GERONIMI, P.-Y. LE MEUR
Axe I Connaissance, représentations et économie de la ressource		
		Coordinateur : V. GERONIMI
I-1	Représentations polynésiennes, pratiques culturelles et usages sociaux de la ressource et de son environnement	T. BAMBRIDGE P.-Y. LE MEUR, C. JOST
I-2	Que sait-on du patrimoine géologique sous-marin de la Polynésie française ?	N. ARNDT, P. COCHONAT, P. CHRISTMANN, V. GERONIMI
I-3	Opportunités économiques	P. CHRISTMANN, N. ARNDT, P. COCHONAT, V. GERONIMI
I-4	Quels potentiels supplémentaires apporterait une extension du plateau continental juridique ?	P. COCHONAT Experts consultés : B. LOUBRIEU, W. ROEST
I-5	Scenarii économiques relatifs aux encroûtements cobaltifères	V. GERONIMI, P. CHRISTMANN, P.-Y. LE MEUR
I-6	Diffusion et répartition de la rente : enjeux de soutenabilité	V. GERONIMI P.-Y. LE MEUR

Titre de la contribution		Experts
Axe II Capacités de gouvernance : règles, responsabilités, acteurs (étatiques et non étatiques)		Coordinateur : C. DAVID
II-1	La répartition des compétences entre l'État et la Polynésie française s'agissant des ressources minérales marines profondes : un besoin de clarification	A. TROIANIELLO, C. DAVID
II-2	Contraintes et référentiels juridiques	C. DAVID, A. TROIANIELLO
II-3	Les évolutions du droit national et polynésien envisageables en matière d'autorisation et d'exploitation des ressources minérales marines profondes	A. TROIANIELLO, C. DAVID
II-4	Organisation de la participation des groupes d'acteurs impliqués/à impliquer	P.-Y. LE MEUR, T. BAMBRIDGE, C. DAVID
II-5	Acteurs et gouvernance : enjeux, positionnements, intérêts, attentes	T. BAMBRIDGE, P.-Y. LE MEUR
II-6	Dispositifs d'administration et de gouvernance existants ou nécessaires	T. BAMBRIDGE, C. DAVID, P.-Y. LE MEUR
Axe III Enjeux technologiques de l'exploration et de l'exploitation		Coordinateur : P. COCHONAT
III-1	Quelles sont aujourd'hui les technologies connues pour l'exploration et l'extraction des ressources minérales profondes applicables aux ressources identifiées en PF	P. COCHONAT, S. SAMADI, N. ARNDT Experts consultés : J. DENEGRE, H. BOUGAULT
III-2	Quels sont les acteurs, leurs rôles respectifs et les moyens disponibles pour l'exploration des ressources minières sous-marines ?	P. COCHONAT, P. CHRISTMANN, S. SAMADI
III-3.	Quelles sont les tendances des évolutions technologiques dans l'exploration des ressources minières sous-marines ?	P. COCHONAT, P. CHRISTMANN, S. SAMADI, N. ARNDT Experts consultés : J. DENEGRE, H. BOUGAULT
III-4.	Quelles sont les tendances actuelles des développements technologiques qui seraient adaptés à la Polynésie française?	P. COCHONAT, P. CHRISTMANN, S. SAMADI, N. ARNDT, V. GERONIMI Experts consultés : J. DENEGRE, H. BOUGAULT
III-5.	Infrastructures et compétences humaines pour accueillir une filière d'exploitation minière sous-marine	T. BAMBRIDGE, P. COCHONAT Expert consulté : J. DENEGRE

Titre de la contribution	Experts
Axe IV Enjeux environnementaux de l'exploration et de l'exploitation Coordinateur : S. SAMADI	
IV-1 Écosystèmes et milieux concernés : état des connaissances	S. SAMADI, C. JOST
IV-2 Vulnérabilité et résilience écologique (impacts écologiques)	S. SAMADI, C. JOST
IV-3 Interférences de l'exploration/exploitation minière sous-marine avec les autres activités (pêche, tourisme, environnement, transport)	T. BAMBRIDGE, C. JOST
IV-4 Recommandations socio-environnementales	T. BAMBRIDGE, S. SAMADI, P.-Y. LE MEUR, C. JOST
Axe V Question transversale Coordinateur : N. ARNDT	
V-1 Quels informations ou enseignements tirer des projets d'exploration en cours, dans le monde ?	N. ARNDT S. SAMADI, P. CHRISTMANN

- François BOZZI, responsable de la mission de la Stratégie et de l'Évaluation, secrétariat général, Haut-Commissariat de la République en Polynésie française.
- Éric CLUA, chargé de mission à la Recherche et à la Technologie, Haut-Commissariat de la République en Polynésie française.
- Ian CORBETT, géologue-ressources minérales, Knoco South Africa.
- Benjamin DE CASTRO, étudiant en sciences de la Terre à l'université Grenoble-Alpes.
- Étienne de la FOUCHARDIÈRE, adjoint au chef du bureau des Politiques agricoles, rurales et maritimes, et Marie-Pierre CAMPO, politiques publiques en mer, direction générale des Outre-Mer, sous-direction des Politiques publiques.
- Yves FOUQUET, géochimie-ressources minérales, Ifremer.
- Priscille Tea FROGIER, ex-déléguée à la Recherche de la Polynésie française.
- Rémi GALIN, géologie minière, chef du bureau de la Gestion et de la Législation des ressources minérales non énergétiques, ministère de l'Environnement, du Développement durable et de l'Énergie.
- Elisabeth HABERT, responsable du service Cartographie de l'IRD.
- James R. HEIN, géologue-ressources minérales, U.S. Geological Survey.
- Elie JARMACHE, juriste-droit de la mer, Secrétariat général de la mer / Autorité internationale des fonds marins.
- Monique LEGUEN, chef du département Géologie Ressources Réserves, Eramet Nickel Division.
- Jean-Yves MEYER, délégué à la Recherche de la Polynésie française.
- Walter ROEST, géophysicien, Commission des limites du plateau continental / Organisation des Nations unies / Ifremer.
- Voltina ROOMATAAROA-DAUPHIN, chef du service de la Traduction et de l'Interprétariat, gouvernement de la Polynésie française.
- Marc TAQUET, représentant, et toute l'équipe à la représentation de l'IRD en Polynésie française.
- Francis VALLAT et son équipe, président du groupe Synergie Grands Fonds au Cluster maritime français et président du European Network of Maritime Clusters.
- Danie VAN ASWEGEN et Jan NEL, géologie-ressources minérales, De Beers Marine.
- Elisabeth VERGÈS, directrice scientifique et Bernard COMMÈRE, ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, direction générale de la Recherche et de l'Innovation.
- Éric ZABOURAEFF, secrétaire général adjoint du Haut-Commissariat de la République en Polynésie française.

- AIFM : Autorité internationale des fonds marins.
BRGM : Bureau de recherches géologiques et minières.
Cimer : Comité interministériel de la mer.
CLPC : Commission des limites du plateau continental.
CNRS : Centre national de recherche scientifique.
CPLÉ : Consentement préalable, libre et éclairé.
CPS : Secrétariat de la Communauté du Pacifique.
EIP : *European Innovation Partnership for Raw Materials*.
FMI : Fonds monétaire international.
FOF : Flotte océanographique française.
GIP : Groupement d'intérêt public
GIE : Groupement d'intérêt économique.
ICPE : Installations classées pour la protection de l'environnement.
Ifremer : Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.
IMMS : *International Marine Minerals Society*.
Inspire : *Infrastructure for Spatial Information in the European Community*.
IRD : Institut de recherche pour le développement.
MEDDE : Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.
MENESR : Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.
ONG : Organisation non gouvernementale.
ONU : Organisation des Nations unies.
PEI : Petites économies insulaires.
PSO : Permis social d'opérer.
RSE : Responsabilité sociale et environnementale.
SIG : Système d'informations géographiques.
Sopac : Division Géosciences du Secrétariat de la Communauté du Pacifique.
Temi : Taux effectif moyen d'imposition.
TGIR : Très grande infrastructure de recherche.
TRI : Taux de rentabilité interne.
VAN : Valeur actualisée nette.
ZEE : Zone économique exclusive.

English version

Deep-sea mineral resources in French Polynesia

Under the direction of Pierre-Yves LE MEUR

Coordination experts:
Pierre COCHONAT, Carine DAVID,
Vincent GERONIMI, Sarah SAMADI

*Expert group review under the IRD supervision
at the request of French Polynesia and the French government*

IRD Éditions
INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT

Marseille, 2016

Editorial Coordinator

Laure Vaitiare André

Translation

Technicis

Cover design

Michelle Saint-Léger

Interior design and page layout

Aline Lugand – Gris Souris

Interactivity and duplication of USB drive

Poisson soluble/Giga services

Production Coordination

Catherine Plasse

To quote this publication:

LE MEUR P.-Y., COCHONAT P., DAVID C., GERONIMI V., SAMADI S. (coord.), , 2016 – *Deep-sea mineral resources in French Polynesia*. Marseille, IRD Éditions, Expert group review collection, bilingual French/English + Tahitian, 288 p. + USB drive.

Since the law of 1st July 1992 (intellectual property code, first part), under paragraphs 2 and 3 of article L122-5, only authorises, on the one hand, "copies and reproductions strictly reserved for the private use of the copyist and not destined for collective use," and, on the other hand, analyses and short quotations in a purpose of example and illustration, "any representation or complete or partial reproduction, made without the approval of the author or the entitled parties or the legal claimant, is prohibited (paragraph 1 of article L. 122-4). Such a representation or reproduction, by whatever process, would therefore constitute counterfeit punishable under title III of the above law.

© IRD, 2016

ISSN : 1633-9924

ISBN : 978-2-7099-2191-6

Composition of the college

Under the direction of

Pierre-Yves LE MEUR, anthropologist, IRD

Experts and coordination of the axis

Pierre COCHONAT, geologist-marine geoscience, formerly of Ifremer

Carine DAVID, lawyer, New Caledonia University

Vincent GERONIMI, economist, Versailles St-Quentin University

Sarah SAMADI, biologist, National Museum of Natural History

Experts

Nicholas ARNDT, geochemist, Grenoble Alpes University

Tamatoa BAMBRIDGE, anthropologist, CNRS

Patrice CHRISTMANN, geologist-mineral resources strategy, BRGM

Christian JOST, geographer, French Polynesia University

Antonino TROIANELLO, lawyer, French Polynesia University

In support of its work,
the college benefited from contributions from:

Specialists consulted:

Henri BOUGAULT, geochemist-marine geoscience, formerly of Ifremer

Julien DENEGRE, subsea engineering, Technip/Forsys Subsea

Benoît LOUBRIEU, cartographer-data processing, Ifremer

Géraud MAGRIN, geographer, Paris-I Panthéon Sorbonne University,
scientific reviewer of the synthesis report

Organisation in French Polynesia

Marc TAQUET, IRD representative in French Polynesia

IRD, Mobilisation of research for innovation and development Department

Laure Vaitiare ANDRÉ, Expert group review projects coordinator

Danielle GRANIER, responsible for documentary support

Carmen PELLET, administrative assistant

Sylvain ROBERT, former officer of the expertise Service

Nestor ODJO, chief Innovation, expertise and valorization Service

Sarah MARNIESSE, head of the Department

Summary

The attached USB drive assembles the digital version of the report and the full contributions of the experts.

▶ Expert group review at IRD: objectives and methods	159
▶ Prefaces	163
▶ ■ I. Executive summary	165
▶ ■ II. Recommendations	173
▶ ■ III. Summary report	197
Introduction	
▶ Issues and methods of the expert group review	199
▶ 1. Key phases and priorities for mining projects	211
▶ 2. Understanding the resource and the environment: a multifaced approach	221
▶ 3. Resource economics and development sustainability: scenarios	231
▶ 4. Technological research and development campaigns	243
▶ 5. Governance issues and tools	255
Conclusion	
▶ Issues involved in a policy for developing deep-sea mineral resources in French Polynesia.	267
▶ Selective bibliography	271
▶ Appendices	277

■ **Integral contributions of the experts** USB drive

- ▶ Axis I. Knowledge, social representations and resource economics
- ▶ Axis II. Governance capacities: rules, responsibilities, stakeholders (state and non-state)
- ▶ Axis III. Technological challenges for exploration and mining
- ▶ Axis IV. Environmental challenges for exploration and mining
- ▶ Axis V. Cross-cutting issues

Expert group review at IRD: objectives and methods

The *Institut de recherche pour le développement* (IRD) is a French public scientific and technological institution operating under the joint authority of the French Ministry of Higher Education and Research and the Ministry of Foreign Affairs.

Concerning its missions as a public scientific and technological institution, IRD works to ensure the “development of a capacity for public policy expertise and support [...], conducted to meet societal challenges, and social, economic, and sustainable development needs” (article L 112-1 c bis of the Research Code).

Since 2001, it has been devoted to this mission to benefit the countries of the South and the French tropical overseas territories in the form of collective scientific expertise called an “Expert Group Review”.

An expert group review is carried out on major questions that interest the countries of the South and their development, through a partnership approach involving co-construction with a policy sponsoring authority. Through the global, interdisciplinary approach they adopt to analyse the most recent scientific knowledge on the subject and the local context, they help produce a consolidated vision of the challenges and lead to accurate conclusions and recommendations.

Expert group review at IRD: a special instrument

Fundamentally, an expert group review is an exercise in transposing scientific knowledge to the sphere of decision-makers and leaders. In short, it interests those whose function is, within their institution, to take decisions or organise decisions for the benefit of the community: ministries, agencies, or sub-regional or international organisations. At the request of the sponsoring authority and in response to a list of initial questions, the expert group review is intended to provide a consolidated, global, and complete vision of the

challenges raised by a given issue, leading to the production of a series of conclusions and recommendations.

Thus designed, it always translates into:

- a contractual relationship with the sponsoring authority on the basis of a list of initial questions and *ad hoc* financing;
- the definition of a line of questioning with multiple challenges and a global or regional scope, which a disciplinary approach could not address alone;
- the establishment of a North-South balanced, interdisciplinary college of experts from various scientific communities and research institutions, recruited for their individual knowledge and their reputation on the topic under study;
- the production of a summary of all available scientific and technical knowledge, promoted by combining approaches;
- the formulation of conclusions and recommendations intended to enlighten decision-making processes or public action.

The expert group review is carried out in close relation with decision-making processes or mechanisms, most often in the domain of “public policies” under national governments or sub-regional authorities. In this way, it is different from the production of scientific knowledge in the *strict sense*. The independence and joint responsibility of the college of experts must be able to work together with the requirements of the sponsoring authority and meet the short deadlines for submitting deliverables.

An original instrument for promoting research and support for public policies, it truly contributes to “making research speak”, by anchoring it in a context in which it is clearly in response to a demand.

Directing the project: criteria and method

At the beginning stage, the request expressed or identified must be investigated, then specified to lead to the formalisation of a clear order. When this step has been achieved, the IRD Innovation, Expertise and Development Service expands the examination of the project and engages it in the “expert group review” process in light of the three main criteria typically adopted:

- clear identification of the requester’s need and the decision-making processes involved;
- recourse to a summary of scientific and technical knowledge to enlighten, evaluate, and analyse the existing challenges deemed central and essential to the public policies in question;

– existence of sufficient literature (scientific, published or grey) on the topic and accessible data.

These points are verified in advance as much as possible, by cross-checking information, exploiting sources, and establishing direct contacts on site. If one of these criteria is not met, IRD reserves the right not to continue with the project.

Conducting the expert group review

As designed and implemented at IRD, the expert group review comes out of a well-tested, ISO 9001:2008-certified, methodological model. It relies on a set of standards, rules, and practices, which are regularly updated as work is produced.

The IRD Expertise Innovation, Expertise and Development Service coordinates all operations in the “expert group review” process: general leadership of the process, recruitment of the experts, liaison with the steering committee, preparation of the three plenary meetings of the college of experts, organisation of missions, development of the document corpus, integrated management of the document production cycle, writing of the final report, translation, publication of the work in the dedicated collection. These successive phases are carried out in close relation with the sponsoring authority and the French diplomatic network, with logistical support from the IRD representative office in the country in question.

All expert group reviews officially start upon signature of the agreement by the parties (sponsoring authority, backer, IRD). The agreements, recruitment, establishment of offices, working procedures, etc., are completed in the next period. The exact terms of the questions associated with the order are defined in the “initial workshop”, a time for in-depth discussions between the sponsoring authority, the invited partners, the experts convened, and where applicable, the various stakeholders. In fact, the goal is to state each party's expectations explicitly and to clearly delimit what can be addressed from a scientific point of view and what should not be. Some questions or investigations, which are undoubtedly crucial in the eyes of the political decision-makers, cannot be addressed as is. Therefore, it is important to reformulate them, or even to dismiss them. The political context and the decision-making processes involved are, for their part, considered in full.

Starting with the initial workshop and then the establishment of the college of experts, the work is conducted for a period of one year under the coordination of the president of the college and the associated research coordination staff,

with support from the Expertise Innovation, Expertise and Development Service. A steering committee is also established at the initiative of the sponsoring authority. It is responsible for monitoring the progress of the work done by the college, informing it of any potential comments, and preparing the conditions for proper appropriation of the conclusions and recommendations stemming from the work. At the end of the expertise, the final report submitted to the sponsoring authority is presented at a public conference.

Lastly, this report is published by the IRD Publisher in the *Expert group review* collection. The work, written in an accessible style and in a bilingual version, combines the summary and recommendations from the work by the college of experts. A USB key attached to the work also holds the full text of the contributions from the experts in an interactive presentation, for a more informed or interested audience.

Lionel BEFFRE

High Commissioner of the Republic in French Polynesia

Édouard FRITCH

President of French Polynesia

Deep-sea mineral resources have become a major international issue, especially in the countries and territories in the Pacific Ocean. Given the sheer scale of the French Polynesian exclusive economic zone (5 million sq. km), scientists and public decision-makers have begun to look more closely at the full extent and likely value of the resources.

This potential needed to be evaluated more precisely in light of the scarcity of certain metals essential to our high-tech world and the depletion of mineral resources on the land masses.

Against this background, in 2015, the French government and French Polynesia entrusted the IRD (Institut de recherche pour le développement) with an international, multidisciplinary expert group review on deep-sea mineral resources and the conditions under which they could be exploited.

This review describes the current state of knowledge about the resources and analyses the economic opportunities in full scientific objectivity.

It highlights the world-class exploitable potential of the cobalt-rich crusts (which should not be confused with “rare earths”) in French Polynesia.

For all that, there is still a long way to go before the resource can be commercially developed and there will first be a necessary exploratory phase. In their review, the experts have set out the different stages on the road to industrial processing of the mineral assets.

What is more, the set-up of an economically viable sector must go hand-in-hand with guarantees to preserve the ecosystems and protect socio-economic and cultural uses of the marine environment.

These are all key issues to be addressed by the partnerships and initiatives duly implemented by French Polynesia, with the French government’s backing.

Jean-Paul MOATTI

Chair of IRD

The IRD is honoured to have been entrusted by the French government and French Polynesia with its fourteenth expert group review on the theme of deep-sea mineral resources in French Polynesia, a sensitive topic critical to the country's development.

French Polynesia is endowed with an enormous exclusive economic zone, alone accounting for half of the vast French maritime area. The issues involved in the conservation and sustainable exploitation of oceans, seas and marine resources are many and significant, and they are reflected in goal 14 of the new UN agenda for sustainable development. There is a need for deeper knowledge and more innovative technology in order to provide development solutions tailored to the cultural, socio-environmental, economic and political context of French Polynesia. The expert group review was conducted in this spirit.

It is pleasing to see that this demanding exercise was completed with such diligence and enthusiasm by a multidisciplinary panel of experts including anthropologists, economists, biologists, geographers, legal experts, and specialists in geoscience and technology. They have once again demonstrated the rich possibilities of an interdisciplinary approach and the wealth of information afforded by a formalised, collaborative review surveying both established facts and the scientific uncertainties that remain for a given topic.

The dual request for this expert review from the French government and the country is itself a sign that we are coalescing around a shared vision and I am delighted by the joint approval of the conclusions and recommendations that lay the foundation upon which informed public policies can be discussed and built.

Many thanks to the sponsors and the contributors for this constructive collaborative effort, which once again proves that when science and public policy join in dialogue, they can effect change and make a decisive contribution to sustainable and human territorial development.

Executive summary I

Aims and method

This expert group review has been conducted by the Institute for Research and Development (IRD) upon request from the governments of French Polynesia and France. The aim was to review the current state of knowledge on deep-sea mineral deposits in French Polynesia in order to measure the potential for establishing a deep-sea mining sector, and to formulate precise recommendations on the issue in a context with several levels.

The international context is characterised by renewed interest in accessing deep-sea mineral resources against a backdrop of rising demand for mineral commodities, despite a drop-off in prices since their 2008 peak. This interest is also connected with geostrategic concerns.

The Polynesian context, on the other hand, is marked by the search for sustainable economic alternatives following the end of annual payments for nuclear testing and by the dual priority of developing/preserving a vast exclusive economic zone (EEZ) accounting for 50% of the French EEZ, itself the second largest in the world.

The initial request is based on a seeming paradox. On the one hand, the existence of deep-sea mineral resources needed to be confirmed, described and assessed with a view to exploiting these resources and boosting the country's economic growth. On the other hand, it is necessary to do away with any mirage of a supposed treasure buried under the sea, the exploitation of which would cure all the socio-economic ills plaguing the country. This paradox created a productive tension that shaped the work of the panel of experts, requiring it to consider the facts from both angles.

The review brought together ten experts working on an *intuitu personae*¹ basis with an interdisciplinary approach, as was needed to cover all the issues surrounding deep-sea mining: anthropology, biology, law, economics, geography, geoscience and technology. The experts were asked to respond

1. On a personal basis.

to around twenty questions, divided into four separate themes and one cross-cutting issue:

- I. Knowledge, social representations and resource economics;
- II. Governance capacities: rules, responsibilities and stakeholders (state and non-state);
- III. Technological challenges for exploration and mining;
- IV. Environmental challenges for exploration and mining;
- V. Cross-cutting issues.

Analysis

Based on an extensive review of the scientific and grey literature, comparative analyses and a series of interviews and meetings with public and private stakeholders concerned with deep-sea mineral resources, the panel of experts reached a qualified conclusion. Their analysis highlights the world-class potential of the cobalt-rich polymetallic crusts of the French Polynesian EEZ, mentions the specific risks their exploitation would involve, emphasizes the need to deepen knowledge, which currently remains insufficient, and recommends the formulation and implementation of a policy to unlock this potential.

World-class potential of the cobalt-rich crusts

Of the various types of deep-sea mineral formations – polymetallic nodules, muds rich in rare earth elements, massive sulphides and polymetallic crusts – only the latter, and to a lesser extent the nodules, are of potential value for French Polynesia. These are crusts found at depths from 800 to 4,000 m, rich in cobalt and containing other important metals (nickel, manganese, titanium, platinum, etc.); they are located in seamount areas with low sedimentation. Phosphorite has been observed in the substrate of the crusts and could be exploited too. The most promising areas lie in the zones north-east and south-west of the Tuamotu Plateau and, to a lesser extent, the Tarava seamount chain south of the Society Islands.

Uncertainties and specific risks involved in their exploitation

The criteria of age, depth, slope, surface area and thickness of the crusts need to be viewed alongside other parameters relating to the surrounding ecosystems, namely all compartments of the water column, from the sea floor to the surface,

as well as the habitats connected to these *via* trophic chains and organisms' lifecycles. The uniqueness of organisms (endemism and ecological specialisation) and the vulnerability and resilience of these habitats are poorly understood and we are therefore currently unable to predict the impact of deep-sea mining. Furthermore, fishermen are certainly familiar with the seamounts which have higher concentrations of pelagic organisms and predators. The uses and cultural representations of deep-sea areas, often casually categorised as *mare nullius*, must therefore be taken into consideration as part of an approach to acquire the population's acceptance and consent. Lastly, the technical and economic dimensions of exploiting the deep-sea mineral potential contain many unknowns, which is why this review takes a scenario-based approach.

Urgent need to deepen knowledge

Evidence of significant mineral potential must be accompanied by some major precautions. First, knowledge about this potential is still too fragmentary to reach a decision about its development, whether in terms of specific location, metal content, surface areas, thicknesses or topography of the crusts. Secondly, there are large gaps in information about the ecosystems likely to be disturbed by exploitation (baseline situation of the environment, spatial distribution of biodiversity, changes to the physical and chemical characteristics of the water, current strengths and directions, pollution plume, resilience of habitats in the event of destruction, etc.). Extensive scientific exploratory campaigns are needed to fill in these gaps and develop policy options. There are also technological deficiencies when it comes to exploration (e.g. micro-drilling techniques need to be developed) and exploitation (the research and development work already conducted in order to exploit nodules and massive sulphides cannot be fully applied to the crusts: the mining and ore transfer methods are different).

Need for an explicit, tailored development policy

An explicit, tailored policy to exploit French Polynesia's deep-sea mineral assets must be defined very early on. In this respect, the situation is ideal in that no deep-sea mining is currently taking place and no exploration permits have been granted in French Polynesia. This means there is time to formulate an entirely new policy, tailored to the country's realities and taking on board contributions from residents. By taking into account cultural practices and social representations of the environment where the resource is found, there will be better knowledge and foresight on how the affected populations might react. At the same time, work to define the institutional framework and strategic orientations of this policy

must begin right away, applying processes and drawing on the acquisition of information that complements existing knowledge. As a prerequisite, it is also necessary to address the allocation of jurisdiction with regard to exploration and exploitation of the Polynesian seabed. The legislation currently refers to the residual jurisdiction of the French State concerning “strategic metals”, which have been categorised as substances needed for atomic energy, and oil and gas. It may therefore be concluded that for the ores identified in the Polynesian seabed, the residual jurisdiction of the French government does not apply. Ultimately it is the country’s responsibility to ready itself and anticipate the development of mining projects, with regard to political and administrative expertise and mechanisms. To this end, the recommendations below will contribute to the formulation of an appropriate public policy.

Recommendations

The terms of reference for this expert group defined recommendations as the key component of the request. In response, the panel of experts drew up a restricted list of nine recommendations presented in a consistent, logical sequence. Each one is expressed in the same format (rationale and relevance, time-frame, proposed actions, constraints and conditions).

- R1 **Create an information system** to impose consistency and organise access to existing data;
- R2 **Instigate programs** to generate knowledge and develop suitable technology;
- R3 **Define a development strategy for a deep-sea mining industry or, alternatively, decide to abandon the project**, after combining the acquired data with detailed technical and economic scenarios as well as initial consultations.

What happens next will depend on the choice made in R3. If the decision is made to develop the industry, the panel recommends the following actions:

- R4 **Organise governance at a sufficiently early stage** and with the participation of all stakeholders;
- R5 **Involve the country in regional, European and international initiatives** to further the development of marine mineral resources, including co-operation, research and innovation;
- R6 **Conduct research and development programmes focused on innovative technology** in the fields of exploration, mining and metallurgy of deep-sea mineral resources;

- R7 **Create efficient and attractive administrative and regulatory instruments** to develop a deep-sea mining sector;
- R8 **Set standards for selecting, monitoring and evaluating mining projects** in order to promote control and transparency in public communication;
- R9 **Organise the monitoring and evaluation of the deep-sea mineral resources policy** in order to measure its effects and, when necessary, make changes.

Recommendations **II**



The terms of reference for this expert group review identified recommendations as the key component of the request, a significant departure from the perfunctory role and limited scope often assigned to recommendations. To take full advantage of this opportunity, the panel of experts opted not to produce a long, disconnected list but instead prepared a short list of recommendations (nine in all), each with a uniform structure, and presenting in an ordered, prioritised manner the following conclusions.

The panel of experts:

- highlights the world-class potential of the cobalt-rich polymetallic crusts in the French Polynesian EEZ;
- identifies the specific risks their exploitation would entail;
- emphasizes the need to deepen knowledge, which currently is insufficient;
- recommends the formulation and implementation of a policy to unlock this potential.

The approach proposed by the panel of experts recognises the fundamental importance of formulating, at an early stage in the process, an explicit, tailored policy to exploit the deep-sea mineral assets of French Polynesia. This definition must, however, be incorporated into a systematised approach drawing on the acquisition of information that complements that already collected and analysed during this expert group review. The first three recommendations—to develop knowledge (R1 and R2) as well as technical and economic scenarios (R3)—are the factors that will determine whether or not to press ahead with a deep-sea mining policy.

Based on these general conclusions, the panel of experts **recommends** the following actions:

- R1 **Create an information system** to impose consistency and organise access to existing data;
- R2 **Instigate programs** to generate knowledge and develop suitable technology;
- R3 **Define a development strategy for a deep-sea mining industry or, alternatively, decide to abandon the project**, after combining the acquired data with detailed technical and economic scenarios as well as initial consultations.

What happens next will depend on the choice made in R3. If the decision is made to develop the industry, the panel recommends the following actions:

- R4 **Organise governance at a sufficiently early stage** and with the participation of all stakeholders;

- R5 **Involve the country in regional, European and international initiatives** to further the development of marine mineral resources, including co-operation, research and innovation;
- R6 **Conduct research and development programmes focused on innovative technology** in the fields of exploration, mining and metallurgy of deep-sea mineral resources;
- R7 **Create efficient and attractive administrative and regulatory instruments** to develop a deep-sea mining sector;
- R8 **Set standards for selecting, monitoring and evaluating mining projects** in order to promote control and transparency in public communication;
- R9 **Organise the monitoring and evaluation of the deep-sea mineral resources policy** in order to measure its effects and, when necessary, make changes.

These nine recommendations are presented in a consistent, logical sequence. Each is expressed in the following format:

- an explanation of its rationale and relevance;
- its position within a set timeframe (short, medium or long term); a recommendation may cover several timeframes, depending on the proposed actions;
- a breakdown of specific proposed actions;
- additional comments along with a description of inherent constraints and conditions;
- a description of how the recommendations are linked;
- references to specific integral contributions in the full report that provided key information and offer more details on certain aspects.

Create an information system

to impose consistency and organise access to existing data

Rationale

The panel of experts found critical gaps in knowledge on the resource and its environment. These gaps concern all the data: geological, environmental, administrative, legal, technical, economic, social, etc. Before embarking on any new research efforts, it will be necessary to review the existing data, to establish where exactly they are located and assemble them in an information system that makes them accessible.

Timeframe

This recommendation applies to the immediate short term: the establishment of an information system and access to data are prerequisites. Later comes the issue of long-term maintenance.

Proposed actions

– Develop and implement a system of metadata to enable a description of existing documents and data, and to locate them. This work can draw on the guidelines on metadata and architecture for public digital data systems articulated in European Directive 2007/2/CE, known as the INSPIRE Directive², to ensure the interoperability of the metadata catalogue. This is the best guarantee that the system fits into and benefits from its integration into public digital data systems at the European and global scale.

Develop a geographic information system (GIS) to manage existing data and incorporate future data (including bibliographic references that apply to developments outside French Polynesia).

Determine the status of the data (confidential or public in nature) in accordance with regulations (see the recommendations of the French Commission on access to administrative documents - CADA), while being careful not to make data “overly confidential” so as to comply with the recommendation on consultation (R4).

2. See <http://inspire.ec.europa.eu/>

Constraints and conditions

An organisation must be appointed to lead this work: the creation of a mining department, geological survey or public interest group (PIG) or, pending this, a third-party or service provider chosen by the government (possibly through a call for tenders).

Connections with other recommendations

R1 is a prerequisite for R2. See also R4 on governance mechanisms and R5 on regional integration.

Reference to full contributions

None

Instigate programs

to generate knowledge and develop suitable technology

Rationale

The objective is to produce public information to fill the gaps that had been identified and subsequently detailed by the expert group review (see R1). Exploration campaigns are required before a deep-sea mining policy can be defined or specific exploitation projects developed. Broadly speaking, this means locating areas containing tens of millions of tonnes of crusts for a 20-year mining project producing 4,500 to 10,000 t/year of cobalt (and associated metals: e.g. nickel, manganese, platinum and titanium).

One priority is an in-depth characterisation of previously identified sites of interest (Kaukura in the western part of the Tuamotus, the Tarava chain and the western part of the EEZ [nodules]), and description of their comparative advantages.

Timeframe

Implementation of R2 is a very short-term project but also has a long-term dimension.

In the short term, there should be a targeted campaign to confirm existing data on crusts in the Tuamotu sector (bathymetry, sampling of large quantities of crust, and collection of fauna); this could be planned over one to two years. A robust sample analysis programme would confirm the potential of the resource, its mineability and the potentially mineable area, and would address the spatial distribution of biodiversity. It will have a profound, decisive effect on the direction of future geological and biological exploration and evaluation of the resources. This campaign is a top priority.

Over the longer term (five years), depending on the results of the foregoing campaign, site studies and resource evaluations may be undertaken for identified targets. Further research efforts could also be conducted for the geological and biological exploration of other regions of the EEZ, mobilising and improving exploration techniques.

Proposed actions

- Implement a campaign to map and, more importantly, systematically sample the crusts in order to obtain a sufficient volume of samples for geotechnical and metallogenic analysis and profiling of the crusts (a dedicated campaign using existing equipment could be set up very quickly).
- For exploration, develop a high-quality drilling and sampling tool (cores, recovery rate and length suited to hard rocks) to measure crust thickness and metal content for laboratory analysis (and/or *in-situ* measurements). This would be a true technological innovation that will require the design of a complete system that could be installed on a ROV, something that is currently lacking in the deep-sea exploration toolkit.
- Launch a design study for the collection system (fragmentation, grinding and removal) taking into account the techniques developed for massive sulphides and nodules (riser and collection system). Prior to this, good geotechnical profiling of the crusts is necessary, along with the most precise information possible on their geometry (thickness and lateral extension).

Constraints and conditions

Three important points:

- Time constraints: scheduling the ship-time needed to carry out an oceanographic campaign can take several years.
- Necessary condition: form a project team led by a research organisation.
- Funding: the first campaign should logically take place within a public service framework (such as Extraplac or Zepolyf).

Government bodies and research institutions will need to play an active role. Overall, this would be a multi-year programme of exploration campaigns in the French Polynesian EEZ. It could be created as part of a “national strategy on deep-sea resources” in accordance with the measures announced by the Interdepartmental Committee of the Sea (CIMER) on 22 October 2015 on the topic of “medium- to long-term planning for deep seabed mining”. Opportunities for co-operation may be sought very early on within a European framework or *via* partnerships with the private sector (industry) and foreign organisations, including in the regional context with other islands that are very active in this field or with Japan.

Connections with other recommendations

R2 assumes that R1 has been completed so that the new data can be incorporated into the information system. The outcomes of R2 are a prerequisite for the definition of a deep-sea mining policy, whose technological research and development component is described in R5.

Reference to full contributions

I-2, III-1 to III-4

Define a development strategy for a deep-sea mining industry or, alternatively, decide to abandon the project,

R3

after combining the acquired data
with detailed technical and economic scenarios
as well as initial consultations

Rationale

The public authorities need to ask themselves one simple question: are the prospects for deep-sea mining promising enough to justify the formulation of a public policy on the matter? The answer is to be found by furthering knowledge (R1 and R2), but it also depends on the technical and economic scenarios made possible by more detailed information as well as initial consultations with residents and stakeholders. These scenarios will contribute to the decision but cannot replace it. Once a decision has been made to develop the sector, the next goal is to draw up a deep-sea mining strategy for the country.

Timeframe

The technical and economic scenarios will be established in the short term using the initial elements available and models put forward by the expert group review. The mining policy document will be drawn up in the short term, as soon as a decision has been made to develop the deep-sea mining sector. However, it should not be done hastily: the pressures of political calendars or industrial agendas should not distort the process. Formulating a policy could, in theory, take up to two years to allow contributions from all of the relevant stakeholders.

Proposed actions

– Draft scenarios on the sector's potential profitability, based on geological, economic (metal prices) and technological (metallurgy or other) variables, including social and environmental aspects.

- Establish and monitor a set of key parameters: this implies data acquisition and the development of a monitoring mechanism in the subjects cited below.
- Promote extensive, comprehensive inter-ministerial dialogue addressing development, the environment, taxation, training and so on, in view of drafting a deep-sea mining policy document.
- From the mining policy definition phase, organise consultation with local population and other stakeholders to identify their expectations.
- Ensure extensive dissemination of the policy document and hold information meetings.
- Develop and implement the communication strategy to attract investors.

Constraints and conditions

The strategy for developing deep-sea mineral resources in French Polynesia needs clearly positioning with regard to the national (French) strategy on marine mineral resources (coordinated by the General Secretariat for the Sea).

Connections with other recommendations

The decisions reached for R3 will depend on the outcomes of R1 and R2. If it is decided to abandon the project, the following recommendations will no longer apply. Conversely, if the choice is made to pursue and develop the industry, R4 must quickly follow R3.

Reference to full contributions

I-4, I-5, I-6; III-5

Organise governance at a sufficiently early stage

R4

and with the participation of all stakeholders

Rationale

While developing the information system and acquiring new data (R1 and R2), it is also necessary to organise very early on the mechanisms for disseminating information and consulting with and involving local populations, following a ‘free, prior and informed consent’ approach. It is important to take advantage of the fact that this will take place prior to any operations. This means that potential conflicts can be anticipated and addressed as the public policy and participatory governance are defined and implemented. It requires a multi-directional educational effort combining information and awareness-raising in order to garner the opinions, expectations and concerns of residents with regard to institutions and industries.

Timeframe

The governance mechanisms must be designed and implemented early on, as the research efforts are getting underway, but their development and monitoring must be oriented towards the medium and long term of the mining projects and public policies.

Proposed actions

- Work on the format and content of the information on deep-sea mining policy issues that will be disseminated (cultural translation).
- Identify the stakeholders directly or indirectly involved (NGOs, local organisations, traditional authorities, etc.) while taking territorial fragmentation into account.
- Identify social groups and arenas that may be mobilised (town halls, cultural associations, churches, etc.) before creating any new fora.
- Identify local issues, potential conflicts over uses and sites of value to stakeholders; conduct an investigation prior to any negotiations of the possibility of mining development, then do the necessary follow-up work (the “social licence to operate” must be obtained).

– Conduct a complete overhaul of the mining code, which is still in its earliest stages, to dovetail it with constraints stemming from environmental law; as part of this initiative, close attention should be paid to the highly sensitive nature of land affairs in French Polynesia. With this in mind, it is important to incorporate the lessons learned by neighbouring countries and international best practices.

Constraints and conditions

None

Connections with other recommendations

R4 follows on immediately from R3 (initial consultations) and is closely linked to R9 (monitoring and evaluation mechanisms).

Reference to full contributions

II-1, II-4, II-5, II-6; IV-4

Involve the country in regional, European and international initiatives

to further the development of marine mineral resources,
including co-operation, research and innovation

Rationale

French Polynesia does not take part in any of the European or other working groups actively engaged in research in the field of deep-sea mineral resources. Nonetheless, these working groups play a vital role in planning European research efforts, exchanging information, etc. French Polynesia, with its limited financial and human resources, will need to get involved in international partnerships sufficiently early on, if it wishes to retain control over its mining development.

Timeframe

Involvement in a larger community must be planned well in advance and it is clearly a factor when it comes to formulating a deep-sea mining strategy and policy. It is therefore important to get started right away and ensure that very long-lasting partnerships are developed.

Proposed actions

- Involve French Polynesia in the various working groups at the European (e.g. Blue Atlantis; a Joint Programming Initiative whose main participants are German and French) and French levels (the ERAMIN network).
- Determine the human resources and skill types needed and available to make this involvement a success. Ideally, this requires scientific, technological (knowledge of exploitation and ore processing methods), legal and administrative expertise. In this respect, French Polynesia could, at least for a few years, call on the expertise of individuals from outside its own public sector. A mentoring system could be set up to allow its employees to gradually develop their own expertise.

- Increase experience sharing through regional mechanisms (see the planned extension of the *Deep-Sea Mining programme* of the Secretariat of the Pacific Community (SPC) in French Pacific territories), bearing in mind that countries in the region face the same constraints when it comes to funding research.
- Promote efforts for co-operating, pooling resources and sharing experience with island nations and territories (Cook, Tonga, Papua New Guinea, etc.) as well as with Hawaii through regional institutions such as the SPC.
- Explore possible partnerships with countries in the Asia Pacific region (e.g. Japan and South Korea) interested in the potential resources (especially cobalt).

Constraints and conditions

The approach must come from the French Polynesia government, but support from the French government is also needed, especially at the European Union level (French Polynesia has EU Overseas Countries and Territories status).

Connections with other recommendations

R5 and R6 are inseparable and both are a continuation of R2.

Reference to full contributions

III-3 and III-4; V

Conduct research and development programmes focused on innovative technology

R6

in the fields of exploration, mining and metallurgy of deep-sea mineral resources

Rationale

The short-term knowledge acquisition campaigns (R2) must be quickly followed by work to define the priorities for research, innovation and technological development in the medium to long term. This means setting up a scientific programme to acquire the necessary data and resources, covering all disciplines and ranging from basic research to applied research and developing innovations. The objective is to understand how the metals are distributed (geological models for deposit formation, spatial distribution of metals and development of methods for profiling the resources) and to develop methods for mining and processing the ore and extracting the metal it contains.

Timeframe

The timeframe is the medium to long term. Depending on the outcome of the short-term exploration campaign(s) (R2), and if there is strong interest from industrial players or other regional partners, a multi-year exploration programme covering the entire French Polynesian EEZ could be launched. This programme could be conducted in several phases: (1) regional exploration using multi-beam sonder (MBS) and sampling; (2) studying sites, sampling and evaluating resources, including associated biodiversity, using remote-operated and autonomous underwater vehicles (ROV and AUV); (3) monitoring spatio-temporal changes to these sites with the aim of observing and protecting the environment (Deep-Sea Observatories). In addition to polymetallic crusts, over the long term this programme could include other types of resource: particularly nodules and possibly rare earth elements, if new arguments in their favour emerge.

Proposed actions

- Develop micro-drilling technologies to obtain cores weighing a few hundred grams, 50 cm max length, for *in situ* investigation, taking into account variations in crust thickness and ore concentration.
- Study the possibility of developing *in situ* logging (combined with micro-drilling) and real-time measurement methods (Raman spectroscopy).
- Continue to develop innovative deep-sea geophysical instruments (ROV and especially AUV) to achieve high- to very-high-resolution 2D and 3D imaging of the seabed (topography, roughness and crust thickness) and to describe the nature of the seabed using every kind of geophysical measurement.
- Implement seabed systems suited to monitoring and measuring the spatio-temporal evolution of the physical and chemical characteristics of water around exploitation sites (current strength and direction, sediment plume, destruction and resilience of habitats, etc.) to track the parameters characterising environmental changes before, during and after mining.
- Over the longer term, launch a design study for a pilot project to exploit and process cobalt ore and extract metals other than cobalt found in significant concentrations in the crusts (e.g. manganese and platinum).
- Promote research in the field of metallurgy, which implies the collection of several tonnes of samples to test various metallurgical processes, and study the separation of Mn, Ti and Pt (co-processing of the ore).

Constraints and conditions

At each stage in the conception and implementation of this technological research and development policy, it is necessary to (1) identify stakeholders/partners (in research and industry, especially for the work on exploitation techniques), and (2) develop local expertise consistent with the priority themes to gradually train and integrate young Polynesians (technicians, engineers and researchers) as the sector develops, the aim being to encourage/promote their involvement in the consortia being established.

Connections with other recommendations

R6 is a continuation of R2 and is subject to the conditions of R5.

Reference to full contributions

III-1, III-2, III-3 and III-4

Create efficient and attractive administrative and regulatory instruments

R7

to develop a deep-sea mining sector

Rationale

To attract industrial players, it is necessary to create a credible, transparent mining department and provide clear, stable regulations (clarifying competence is not a key issue although it should, of course, be settled as soon as possible).

Timeframe

Definition of skills and infrastructure needs should begin very early on, based on political decisions utilising the working scenarios. This work will be completed over the medium and long term.

Proposed actions

- Settle the question of the allocation of responsibilities between French Polynesia and the French State, bearing in mind that as things currently stand, the residual competence of the French State does not apply to ores identified on the Polynesian seabed.
- Document how the countries and mining territories in the region (Cook, Fiji, Papua New Guinea, Vanuatu and New Caledonia) have structured the activity, to complement this expert group review. This implies the availability of human resources to carry out the work.
- Create a clearly identifiable mining department, a one-stop shop endowed with “cross-administration” competence. An intermediary structure could handle mining policy implementation, eventually leading to the creation of an independent authority and/or a traditional mining board (based on the existing department).
- Identify infrastructure requirements in line with the choice made to develop the industry (on-site or off-site processing; see R9).

– Establish training schemes to develop the required administrative, legal, scientific or technical skills, in line with the decision to develop local talent and/or to sub-contract or pool certain functions.

Constraints and conditions

The minimum institutional capacities needed to oversee development of the mining sector concerns the normal functions of 1) a mines department (managing mining rights, application procedures, collecting fees, etc.), 2) a geological survey (the capacity for acquiring and storing data, and promoting and supplying basic information to exploration companies) and 3) a department of the environment.

Connections with other recommendations

R7 is the outcome of the definition of a deep-sea mining strategy for or by French Polynesia and the choices made for developing the sector (R3). As it is a long-term strategy, it must be monitored and evaluated (R9).

Reference to full contributions

III-5

Set standards for selecting, monitoring and evaluating mining projects

R8

in order to promote control and transparency
in public communication

Rationale

This is a matter of importance for the public authorities and involves overseeing future mining projects to ensure that they comply with standards and to do so at every stage, from applications for exploration permits through to post-operational work. It requires the authorities take action and impose penalties if rules are breached. Secondly, public disclosure of the results of monitoring and evaluation is key to public policy: it helps build trust among residents and enables them to react on informed basis.

Timeframe

Depending on the choices made as to whether or not to develop the industry (from R1 to R3), all the required procedures will have to be implemented rapidly. Monitoring work then becomes part of the long-term deep-sea mining policy with the implementation of on-going monitoring and evaluation mechanisms.

Proposed actions

- Define the standards for social and environmental impact studies to the end of the projects. These studies must be funded by the industry and yet remain independent, calling on a panel of experts. Option 1: the industry conducts the study but the procedure is approved by the mines departments and the results approved by independent experts (notion of outside opinions and third-party expertise); option 2: the study is conducted and approved by public agencies and/or independent experts.
- Introduce a reporting obligation for all exploration work up to and including the feasibility study. The benchmark procedure in this respect is the Canadian national instrument NI 43-101.

- Develop an impact mitigation strategy during the feasibility study, as stipulated in the mandatory environmental management plan: this includes protecting adjacent areas and sources for repopulating affected areas (using a network or chequerboard operating approach). See also R5 for spatio-temporal monitoring before, during and after mining. Funding must be set aside in advance for this measure and the related guarantees only released once post-operational “safeguarding” measures have been approved.
- Plan environmental rehabilitation (equivalent to replanting on land) as well as monitoring and removal of all materials (post-operational work).
- Implement a compensation policy: define the form it will take (ecological, monetary, direct or indirect compensation) as well as the beneficiaries and follow-up arrangements.
- Launch calls for exploration projects in line with project selection procedures and criteria that take CSR best practices on board.

Constraints and conditions

Existing regulations (especially the environmental code and mining code, once it has been updated) and current or planned regulatory instruments (managed or protected marine areas) must be taken into account. The applicable international standards vary during the project cycle: procedure NI 43-101 applies to projects from the exploration phase (for which it is possible to assume a limited environmental impact, aside from the noise produced) up to and including the feasibility study, whereas only soft law mechanisms (non-legally binding instruments in the form of recommendations or guides to best practices) concerning companies’ social and environmental responsibility apply during the operating phase.

Connections with other recommendations

R8 assumes that mechanisms R3 and R7 have been implemented and is part of the broader context of R9.

Reference to full contributions

II-4; IV-4

Organise the monitoring and evaluation of deep-sea mineral resources policy

R9

in order to measure its effects and, when necessary, make changes

Rationale

Setting aside the “individual” projects for which monitoring and evaluation must be organised and information consolidated, the governance mechanisms must make it possible to regularly, reliably and precisely monitor and evaluate the deep-sea mining policy to measure its effects and, when necessary, consider new orientations (for example, whether or not to prohibit the export of unprocessed ore).

Timeframe

These mechanisms must continually adapt to changes in the sector and they must be designed and put in motion very early on so that public authorities are able to retain control over mining developments and respond to enquiries from the public.

Proposed actions

- Define the indicators to be used to measure the impact of the mining policy: the number of exploration permits, the progress of individual projects (with regard to the cycle); economic impact (for the operational phase): volume and value of production, direct and indirect public revenue, number of direct and indirect jobs, energy consumed (per unit of value and/or tonnage produced); social indicators: conflicts (number, duration and resolution), training (number of technicians and/or managers trained); environmental indicators; international indicators (the international corruption index of *Transparency International*), human development index, etc.; macroeconomic sustainability indicators, tax revenue.
- Establish the timeframe for the indicators. Specifying indicators for mining projects means defining, from the start of operations, how often data will be collected. These data are used to establish the economic, environmental and social baseline. Sources of verification must be specified: once the indicator

has been defined, the location of the information has to be specified. Indicators for the mining and metal industries developed by the *Global Reporting Initiative* (GRI) provide a reference framework that can be used directly.

– Make sure that the methods used actually fit the objectives; this must be broken down into a set of criteria. The GRI indicators are useful here, but it should be noted that they are not specific to one site and correspond to the results consolidated at group level. The mining companies must be required to produce an annual GRI report for their operating sites in French Polynesia.

– Ensure public access to information on mining resource policy: up-to-date publication online, number of visits to the site: GIS, legal framework, policy documents, environmental and societal impact statements, etc.

Constraints and conditions

The mining companies must provide their data following the principle of transparency. Interpreting and drawing lessons from the indicator results require special skills in policy assessment. This must be performed by an institution independent of the mining company, either by strengthening the mines department by adding a special unit at government/presidential level in French Polynesia, or by calling on support from the French Polynesian Institute for Statistics or consultants.

Connections with other recommendations

R9 is the overarching recommendation.

Reference to full contributions

0-1; II-6; IV-4

Summary report **III**

Issues and methods of the expert group review

International interest in deep-sea mineral resources began in the 1970s and has returned to the fore as a result of the tensions surrounding commodities since 2006 (rising prices linked to the Chinese economic boom that took off in 2002). The recent drop in commodity prices caused by overcapacity developed during the 2002-2012 super cycle³ and by a slight slump in Chinese growth should not obscure the fact that long-term demand for mineral resources will continue to grow. Current prices remain higher on average in real terms than for the 1986-2006 period. Higher prices in the future will be driven by: overall population changes, the emergence from poverty of growing segments of the global population, and the shift toward lifestyles and consumption patterns that rely more heavily on natural resources. The energy transition required to mitigate the effects of climate change will also have an impact on mineral resources.

Many reports and publications have noted a resurgent interest from stakeholders and institutions with direct or indirect interests in the future development of these resources. Given its size, geographic location and geological characteristics, the French Polynesian exclusive economic zone (EEZ) has considerable deep-sea mineral resource potential. This document summarises the primary results of the work conducted by the panel of experts formed by the Institute for Research and Development (IRD) upon request from the governments of French Polynesia and France.

3. A price super cycle is a long cycle with an increase, up to a certain threshold, and then a decrease, until the price floor is reached.

Often associated with commodities, super cycles may also be found as part of a historic sequence of events in the development/rebuilding of a national economy, such as the incredibly rapid growth of the Chinese economy.

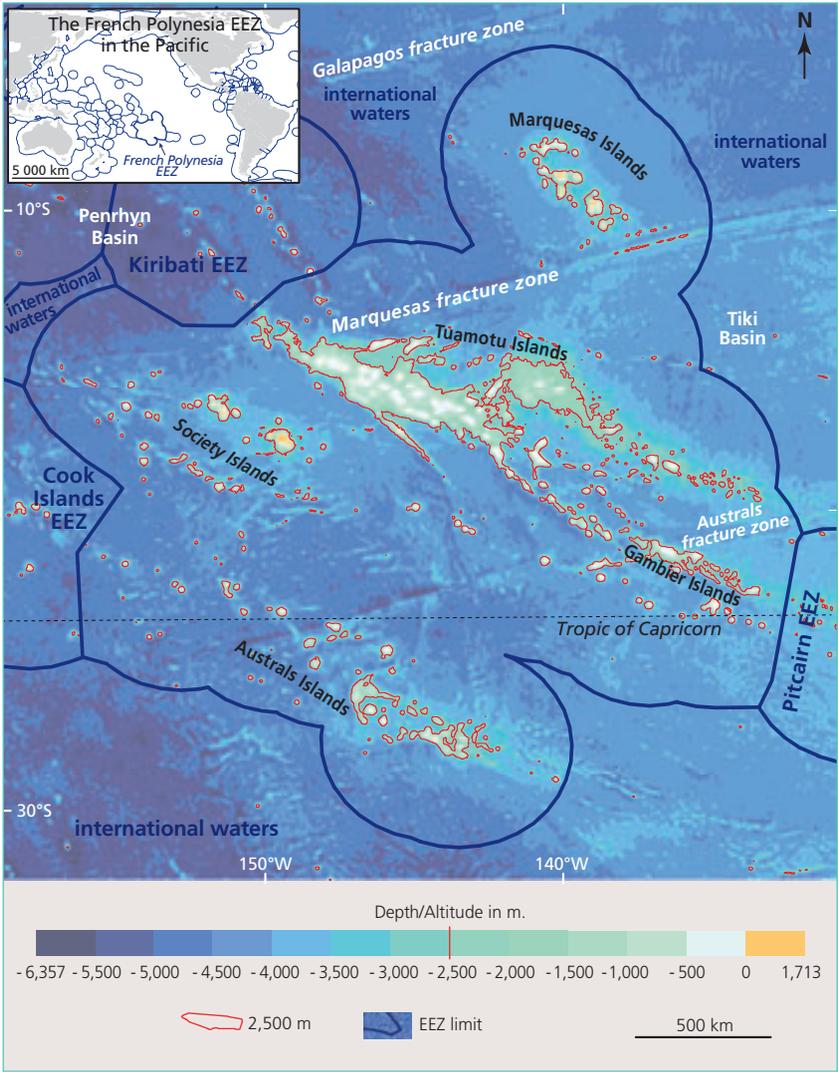


Figure 1.
 Bathymetric chart of the Exclusive Economic Zone (EEZ)
 of French Polynesia.
 © IRD/Mapping Service

The Polynesian context: autonomy, income and development

The territory of French Polynesia comprises 118 islands, of which only 67 are inhabited. It has a population of less than 300,000, nearly two thirds of whom live

on a single island, Tahiti. It is surrounded by an immense exclusive economic zone covering approximately 4.8 million sq. km. Colonised by France in the 19th century, French Polynesia has enjoyed broad autonomy since 1984. It is currently undergoing a complicated period in its history, with difficulties arising from four main areas - the economy, politics, institutions and identity.

The territory is undergoing a profound crisis triggered by the need to find credible economic alternatives to the annual payments for nuclear testing which ceased in 1996 (AL WARDI and REGNAULT, 2011). The political situation has become extremely unstable, marked by volatility in political alliances and a short lifespan for administrations. From an institutional point of view, the country's autonomous status, reviewed in 2004, is contested by those in favour of full independence; this group recently added French Polynesia to the UN's list of countries to be decolonised. Since the 1980s and 1990s, there has been a strong move to reconnect with local culture and identity (SAURA, 2009) This newfound "politics of recognition" (TAYLOR, 1994) has an impact on how development projects and policies are negotiated and on land disputes (BAMBRIDGE, 2009). A report from the French Senate (LANIER and ALLOUCHE, 1996) highlights the fact that the territory's centralised structure is ill-suited to the geographic isolation and the social, cultural and natural diversity of the archipelagos.

Possible exploitation of deep-sea mineral resources in French Polynesia would proceed within this complex institutional context. It coincides with the search for development options (tourism, fishing, pearl cultivation, etc.) and partnerships in the enormous Pacific region, probably the most important economic and geopolitical region of the 21st century. However, unless called into question by periodical institutional volatility, the selected development options will cause a shift in balance between political autonomy, the distributional impacts of socio-economic development and the balance of payments (OVERTON *et al.*, 2012).

The possible exploitation of deep-sea mineral resources is relatively new to French Polynesia. In large part, it was triggered by an article (KATO *et al.*, 2011) published in the journal *Nature* that evoked the presence of rich deposits of rare earth elements in mud on the Pacific seabed at the time of a profound crisis in the supply of these elements. This issue is also part of the territory's specific history in mineral resource exploitation, a history summed up in two names: Makatea and Mataiva. The phosphate resources of the Makatea atoll were mined from 1908 to 1966 (DECOUDRAS *et al.*, 2005). Those of the Mataiva deposit, which remain unexploited to date, have been the subject of various studies but the operational plan was summarily rejected by the atoll's inhabitants. The limited mining on Makatea atoll had an onerous local impact — particularly in environmental terms. It was based on a narrow mindset that cared little for the particularities of the territory or the sustainability of the implemented model.

Meanwhile, from 1966 to 1996, military nuclear tests were conducted in Mururoa and in Fangataufa, an atoll in the Tuamotu archipelago, by the Pacific testing centre based in Tahiti (MAWYER, forthcoming). The creation of this centre (located at the end of a strategic mineral chain) went hand in hand with transfers from the French government that drove modernisation and economic growth while encouraging the development of a system based on annual payments and clientelism; this system has resisted conversion to a more socially and environmentally sustainable economy since testing ceased in 1996.

The lessons learned from all of this concern the environmental consequences, the non-participatory and very opaque way that the policies are implemented and the resulting clientelistic forms of redistribution, among other things. The experience gained could be built on to contribute to a future strategy for development of French Polynesia's mineral resources (a strategy known under the acronym SDMPF in French). This expert group review provides Polynesian and French government officials with the information they need to guide strategic thinking and make policy decisions prior to any commercial development of deep-sea mineral resources which, given the current state of knowledge and technology, seems unlikely within the next 10 to 20 years.

The wider context: the scramble to the sea

The second contextual point is what is referred to as the "scramble to the sea" and its resources. This race has intensified over the past twenty years or so and especially affects the "sea of islands" (HAU'OFA, 1993) and "the people of the sea" (D'ARCY, 2006) that make up the South Pacific. The United Nations Convention on the Law of the Sea (also known as the Montego Bay Convention), signed on 10 December 1982, created "exclusive economic zones" (EEZ), which determined the conditions for extending the continental shelf; it constitutes the cornerstone of this movement at the international level. The International Seabed Authority (ISA/AIFM - *Autorité internationale des fonds marins*) was founded in 1994 under the aegis of the United Nations to organise and monitor activities relating to deep-sea mineral resources, including the associated activities of exploration and transport in the international seabed area (outside the EEZ). This reinforces the international regulatory system, the development of which is another result of this "scramble to the sea".

It is a race driven by a vision of vast stretches of unappropriated, untamed ocean, a sort of *mare nullius*, and was the justification for implementing a system of borders and colonising marine territories that were considered as being in an institutional void (CHAUVEAU *et al.*, 2004). It involves a diverse set of strategies and objectives.

The discourse underlying it often emphasises environmental protection, but there are also obvious economic (mineral resources, fishing zones and quotas, etc.) and political issues.

The same applies at the European Union level, where two development objectives are expressed, but it is unclear how they dovetail with one another or contribute to sustainable development:

- Blue growth: a long-term European Commission strategy⁴ aiming to support sustainable growth in the marine and maritime sectors as a whole. However, this programme does not mention the Pacific;
- Green growth: based on a low-carbon, resource-efficient approach together with the transition to a circular economy; this will be the subject of some key proposals⁵ (following a call for projects in late 2015).

When it comes to the potential exploitation of deep-sea mineral resources in the Pacific, various challenges overlap.

It is clearly an economic issue, one that raises the question of whether it is worthwhile for the public authorities first to identify and then, if the economic potential is confirmed, develop the deep-sea mineral resources and distribute the wealth generated among the stakeholders. The mineral commodities sector is capital- and technology-intensive. There is a current trend toward concentrating business in the hands of a small circle of multinationals and a flourishing, dynamic and fast-moving sector of junior companies; public-private partnerships, such as CODELCO in Chile or KGHM in Poland, also continue to exist. Moreover, the sector has seen the arrival of companies operating in a non-transparent manner, funded by private capital or directed by countries whose practices in the areas of governance, transparency, and social or environmental responsibility are not always of the highest standards. There is also a high degree of uncertainty in the mining context, generated by the volatility of commodity prices, rapidly developing technologies that use minerals and metals, and the many risks specific to the mineral industry, including the unbridled financialisation of the global economy and future energy prices.

In this wider context, what consequences might a mining boom bring for the economies of these small islands and their populations? There is no answer at this stage, given the many technical, economic, social and political unknowns, even though the very limited data available seem to point to a very high potential for the polymetallic crusts.

4. Available online:
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0494:FIN:FR:PDF>

5. View the calls for projects published as part of the H2020 programme in late 2015, e.g. <https://ec.europa.eu/eip/raw-materials/en/content/environmentally-responsible-deep-sea-mining>.

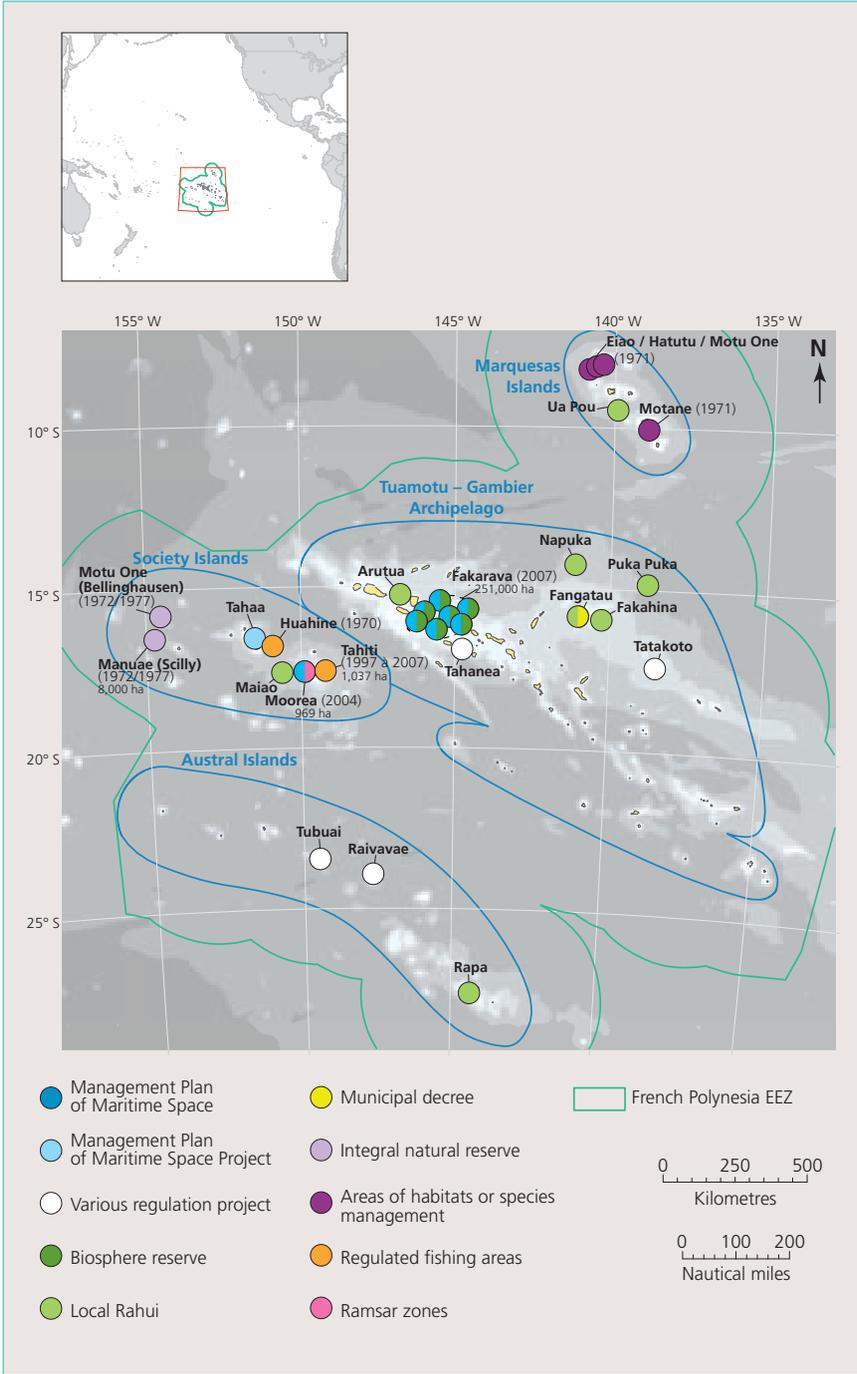


Figure 2.
 Marine Protected Areas in French Polynesia.
 © AMP.

The environmental issues are also important. Available data and information on deep-sea ecosystems are still quite fragmentary. The creation of very large protected marine areas, under pressure from major international NGOs among others, is a factor that will clearly impact deep-sea mining.

Ultimately, regardless of whether the scramble to the sea aims to protect the ocean or develop its resources, it is also subject to political and geostrategic objectives that may have more to do with short-term tactical aims (economic profit or meeting international targets for protected areas) than a longer-term strategy (spanning 10 to 20 years) that would require an unwavering vision and consistent political choices.

Several island nations in the Pacific have signed up for this race, notable examples being Papua New Guinea's involvement in the Solwara seafloor sulphide mining project (Nautilus Minerals), the 2015 call for tenders by the Cook Islands for exploration permits in its exclusive economic zone, and the participation of 16 Pacific nations in the Deep-Sea Minerals Project 2011-2015, initiated by the Secretariat of the Pacific Community and the European Union.

For these programmes and initiatives, the deep-sea mineral resources are both a strength, because of the potential they represent, and a weakness, because of the many unknowns involved in evaluating and exploiting them, and because of their potential impact on reaching the UN sustainable development goals adopted in September 2015⁶. This same applies in French Polynesia: the questions that the governments put to IRD pertain to overlapping territorial, national, regional and global issues on the one hand, and to strategic decisions about development models on the other. Ultimately, what is at issue is preparation for the future.

A joint request from French Polynesia and the French government

The request for this expert group review is the third contextual level that needs to be explained. It is in fact a dual request, coming from both French Polynesia and the French government.

It is based on a seeming paradox. On the one hand, the existence of deep-sea mineral resources needs to be confirmed, described and assessed with a view to exploiting these resources and boosting the territory's economy. On the other hand, it was necessary to do away with any mirage of a supposed treasure buried under the sea, the exploitation of which would cure all the socio-economic ills

6. With particular reference to goal number 14: "Conserve and sustainably use the oceans, seas and marine resources", and the goals on the energy transition (goal 7) and sustainable industrialisation (goal 9).

plaguing the territory. This paradox created a productive tension that shaped the work of the panel of experts, requiring it to consider the facts from both angles. In its work, the panel was careful to utilise and synthesise the available information in the areas of anthropology, economics, the environment, law, geoscience and technology in order to provide input for public policy-making.

The expert review group highlights the world class potential of the polymetallic crusts in the French Polynesian EEZ while emphasising the risks their exploitation would involve. It also underscores the need to deepen knowledge before making any development decisions.

Instead of merely stating the facts, the panel of experts was also asked to issue recommendations, in accordance with the model for expert group reviews developed by IRD. The dual French Polynesia/French government request comes with an explicit question on the jurisdiction of each of the two bodies. Looking beyond the technical response from the legal specialists on the panel of experts, it is public policy that is at stake.

The request includes 1) an exhaustive summary of the “*state of knowledge*” on deep-sea mineral resources, 2) a summary of recent advances in “*knowledge, protocols and methods, technology, and associated effects relating to the prospecting and exploitation of sub-ocean mineral resources*”, 3) an “*exploratory roadmap making it possible to fully understand the challenges implicit in exploiting these resources in the medium to long term (e.g. mapping, pilot sites, investments, processing industry, local benefits and risks) and, if necessary, to lay the groundwork for the drafting of guidelines for sustainable exploitation of sub-ocean mineral resources in French Polynesia*”⁷.

As the request involves a downstream element – towards policies laying the groundwork for guidelines – this resulted in the formulation of a set of ordered, explicit, prioritised and detailed recommendations. The number of recommendations was purposely limited so as not to become incomprehensible. Each recommendation is divided into the following points: rationale, timeframe (short, medium or long term: these terms being explained in the recommendations), specific actions, constraints and conditions, links with other recommendations, and references to chapters in the full report.

In terms of public policy, the expert group review provides analyses and recommendations covering two very distinct levels:

- “individual” exploration and exploitation projects;
- the policy for developing deep-sea mineral resources in French Polynesia, which would act as the framework for future projects.

7. Passage from the terms of the request for this expert group review addressed to IRD by French Polynesia and the French government.

The method for the expert group review

In response to the request analysed in the preceding section, the resulting expert group review follows the original format created by IRD and described above. It should be noted that the topic of deep-sea mineral resources was recently addressed as part of a joint scientific review undertaken by CNRS and IFREMER that focused on the environmental impact of the exploitation of these resources (DYMENT *et al.*, 2014). This provided us with a very useful database and some valuable discussions.

The differences between the two initiatives are clear and they help place in context the methods of the expert group review presented here. The work coordinated by CNRS and IFREMER, upon request from the Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy (MEDDE) and the Ministry of Public Education, Higher Education and Research (MENESR) had a global geographic scope but, in terms of disciplines, it was limited to earth and natural sciences and went no further than describing the current situation. The expert group review sponsored by French Polynesia and the French government is geographically limited (though that does not prevent comparisons from being drawn) but covers a wide range of disciplines (e.g. anthropology, biology, law, economics, geoscience, mining engineering, geography and sociology) and its remit includes formulating recommendations.

Traditionally, an expert group review is seen as the process of “producing specific information to be acted upon” (LASCOUMES, 2002: 369). However, this expert group review sits at the interface between science and policy, bringing the two together in a way that “has become extremely important with the technification of society and public administration” (*ibid.*: 371). This involves providing thorough recommendations and, ultimately, putting forward a framework to facilitate the drafting of guidelines for exploiting deep-sea mineral resources in French Polynesia. As such, and contrary to popular belief that expert group reviews simply mobilise knowledge, these reviews constitute a hybrid exercise that produces both knowledge and opinions (regulatory science). and sometimes contribute to the formulation of the request itself, which is often not fully developed at the outset (JASANOFF, 2012). This position is further reinforced by referring to the normative aspect of the law and the uncertainty and lack of knowledge about the baseline situation (of the resource, the locations and the stakeholders involved) and about the impact of future decisions (i.e. whether to explore/exploit deep-sea mineral resources).

It seemed appropriate to set up a multidisciplinary scientific panel in response to the request, to explore differences of opinion and encourage collaboration in order to produce a cross-cutting analysis. Mutual recognition of each other’s disciplinary

expertise, the diversity of professional experiences and positions held by the experts, the shared scientific ethics and a strong sense of mutual respect enabled the panel to produce its analyses and recommendations.

This expert group review resulted in two distinct documents:

- First this hardcopy summary report which is intended primarily for the policy-makers, leaders and stakeholders in the decision-making sphere, and anyone looking for access to the key information. This report highlights the main points of the analysis, describes the policy options and provides recommendations.
- Second, the experts' full contributions which form the basis for the summary report and are available in digital format on the USB drive included with this document. The whole is divided into 24 detailed chapters written according to the rules for scientific writing. They are grouped into five sections. After an introduction (I-0) accompanied by a glossary (I-00) presenting the context and phases of a mining project, the first section lays out the state of knowledge for the deep-sea mineral potential of French Polynesia and examines its commercial possibilities (I-1 to I-6); the second covers governance challenges from a legal, institutional and socio-anthropological point of view (II-1 to II-6); the third assesses the existing technology available for deep-sea mineral exploration and exploitation while describing current trends and needs in the area (III-1 to III-5); the fourth covers the environment surrounding the possible deep-sea mining activity, looking at the functioning of the relevant ecosystems and use of marine areas (IV-1 to IV-4); and the last section (V) takes a cross-cutting view, reporting on current projects exploiting deep-sea mineral resources in other parts of the world.

Structure of the summary report

The summary report is divided into six parts, plus an introduction:

- the first part lays out the main characteristics and phases of a mining project in order to explain the overall priorities and to standardise the terminology;
- the second part describes the state of knowledge of French Polynesia's mineral assets and potential, and the natural and social environment in which they exist;
- the third part discusses current economic thought on the identified mineral assets through the use of scenarios; these are preceded by an overview of markets for the relevant metals and followed by a discussion of the sustainability of developing deep-sea mining in French Polynesia;
- the fourth part reviews existing and desirable technological developments;

- the fifth highlights the challenges that exploiting a deep-sea mineral deposit would raise in terms of regulations and democratic, participatory governance;
- the conclusion uses all this as the basis for discussion on the public policy to be envisioned for potential development of deep-sea mineral resources in French Polynesia.

Key phases and priorities for mining projects

This chapter lists the benchmarks for a mining project and for the minerals industry that implements them, to help further understanding and contribute to the management of any future development of French Polynesia's deep-sea mineral potential. The reference framework therefore deals with mining projects and, more broadly, the minerals industry as a whole. It includes all extractive operations (the mining industry in the strict sense), ore processing (mineral dressing), extraction and metal refining (metallurgy).

Nature of mining projects and conditions for success

A mining project is a project of investment in exploration and, if a deposit is found, in its exploitation to produce one or more marketable products that may comprise one or more minerals, a concentrate, or one or more metals of variable purity.

The success of a mining project depends on a wide range of factors, making it difficult to assess, especially when trying to incorporate the viewpoints of various stakeholders. For the minerals industry, the key indicator is the profit to be derived from mining the deposit involved in the project; for local populations it involves striking the right balance between limiting environmental damage and direct economic benefits; and for the government it is the alignment with public policy goals, which may themselves vary. The important factors include:

- the existence of an ore deposit, i.e. a concentration of minerals that has been proven to be mineable;
- the availability of the expertise needed to implement a mining project. For large-scale industrial projects, this expertise is very diverse and includes numerous geoscience disciplines (e.g. geology, geochemistry, geophysics, mineralogy,

petrography, petrology, remote sensing, geostatistics, and 3D and 4D digital modelling) as well as expertise in the fields of drilling, metrology (chemical analyses and scientific imaging used to describe the nature of the ores so that they can be processed), ore processing, metallurgy, engineering and management. External specialists are often asked to join project teams (e.g. drilling and geophysics service providers, companies specialising in mining engineering and universities), but this necessitates an advanced ability to plan for and coordinate all participants and to critically and continuously assess the data produced and the knowledge generated by these external providers;

- the availability of the capital required for each stage of the mining project;
- acceptance by all actors/stakeholders affected by the mining project. There are a high number of stakeholders (figure 3) and their expectations are varied and often contradictory or in direct conflict with one another. Uniting stakeholders and bringing them to a consensus on a mining project is a complex undertaking that requires specific resources and talents. Consultations with groups of stakeholders, their participation in the process throughout the project, transparency when implementing the project (up through the post-operational stage) and clear communication during the project are all key to success, especially for the territory where the project is taking place.

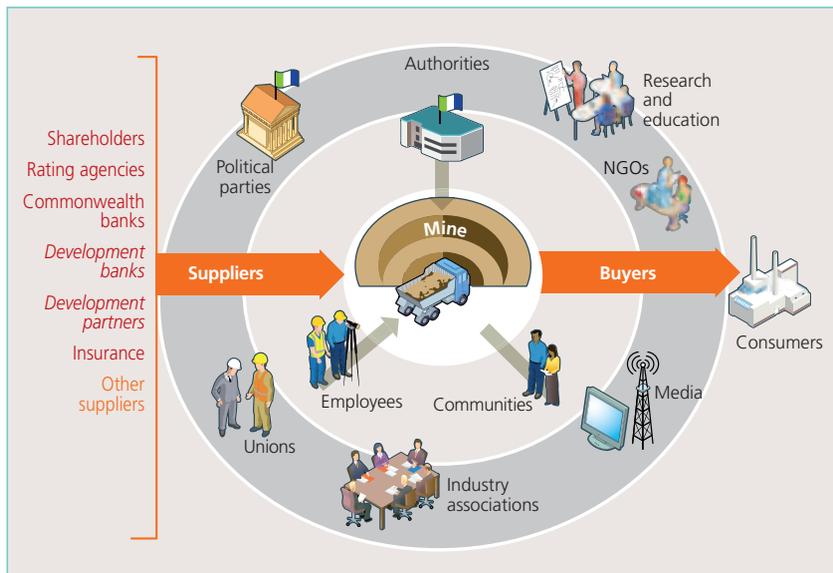


Figure 3. Mining project stakeholders (those listed in italics are mainly involved in projects in developing countries).

© BRGM/CHRISTMANN *et al.*, 2012.

The factors that control the feasibility of mining are economic and technical. When funding a mining project, investors expect to make a profit that is proportional to the risks. In addition to technical and economic dimensions, industrial players are now required to take socio-environmental and governance aspects into account due to increasing concerns about the sustainability of the development and the related regulations.

The environmental impacts of deep-sea mining activities⁸ (e.g. habitat destruction, sediment plumes, waste and noise) are not well known because there is a lack of studies on the subject. The collective scientific review from IFREMER-CNRS on the environmental impact of deep-sea mining (DYMENT *et al.*, 2014: 11) notes that “[the] ecology of the ecosystems associated with these mineral resources remains poorly understood, as are the connections and interactions with more distant sites. The environmental consequences that exploiting these mineral resources could engender are still largely unknown to date. These sites directly or indirectly provide many ecological services, some of which are utilised directly by humans (such as fishing)”. Of course, the possible interferences between deep-sea mining, ecosystem function and other uses of the sea will need to be more precisely located in space and in the water column.

The social impacts of deep-sea mining are also difficult to predict due to the lack of benchmark examples. One could hypothesise that they will be less severe than on land, given that populations are far away and the areas in question used infrequently (see BATKER and SCHMIDT, 2015). An alternative hypothesis (often confirmed for onshore mining) is that the impact is greater in situations where local populations have no prior experience with mining. The situations that arise tend to combine uncertainty about norms (or the “rules of the game”), a sudden influx of new types of resource and (in the case of mining on land) population displacement (eviction and migration).

These problems mean that social and environmental aspects have to be included in the concept of the “feasibility” of the mining project. The idea of social and environmental acceptability completes the notion of feasibility. A mining project cannot, except under authoritarian regimes, attain its economic objectives without the assent of the populations affected by the project or without obtaining tacit social authorisation, based on mutual trust between stakeholders. The “social licence to operate” (see for instance OWEN and KEMP, 2013) forms part of the “tool box” of corporate social and environmental responsibility. The notion was gradually developed by major mining companies in the late 1990s to mitigate the costs of reputational risk, by internalising environmental and social risks that had

8. The term “deep-sea” is understood in opposition to marine mineral resources found at shallow depths, such as the phosphate deposits of French Polynesia (Mataiva and Makatea) in intra-lagoon formations.

previously been considered externalities. Alongside the social licence to operate, the idea of free, prior and informed consent is a promising way of recognising the interests and viewpoints of populations directly affected by a mining project, though it should be noted that it can be challenging to implement (SZABLOWSKI, 2010) and that international institutions are often reluctant to adopt it (including the World Bank, which sought to replace “consent” with the more malleable concept of “consensus”; KIRSCH, 2014).

All our experience and knowledge of mining come from mines on land (except for the diamond mines in the shallow waters off the coast of Namibia, see V). The lack of experience in seabed mining and fragmentary knowledge of ocean ecosystems, especially for the deep-sea, means that information on their resilience of these systems in the face of mining activities remains very incomplete and localised (FOUQUET and LACROIX, 2012; HEIN *et al.*, 2013; DYMENT *et al.*, 2014). There is, of course, a great deal of experience with offshore hydrocarbon extraction but comparisons with mining deep-sea mineral resources are limited, apart from some overlapping technological aspects (some businesses, such as Technip, operate in both markets). Nonetheless, it is possible to draw several lessons from the sociopolitical and economic dynamics spurred by oil and gas development (see MITCHELL, 2011), the management of marine disasters caused by oil (ADAM, 1998) and issues of social acceptability (MASON *et al.*, 2010: 1374).

There is currently no reference base of knowledge acquired through any type of deep-sea mineral mining operation. Only one project is currently under development: the Nautilus Minerals project for mining the Solwara-1 massive sulphide deposit in the Bismarck Sea (Papua New Guinea). While many technical reports have been made public, it should be noted that these reports are still very preliminary. There has not been any economic study for the project so far, though a few initial estimates of the resource have been produced (Golder Associates - Mineral Resource Estimate Solwara 1 Project) (see V).

When it comes to the sustainable development aspects - economic, environmental, social, technological, cultural and political - the conditions for mining deep-sea mineral resources and for mining mineral resources on land differ in almost every respect. Though there is a wealth of literature on these aspects, the available reference base for deep-sea mineral resources is very limited and much is left to learn.

Hazards associated with mining projects and their funding

Mining projects are subject to many hazards, incurring risks for all stakeholders (governments, the mining industry and the communities close to mining projects).

The deep-sea mineral resources in the French Polynesian EEZ relate solely to metal mining⁹ and the rest of this report refers specifically to this segment of the minerals industry.

The vast majority of worldwide metal production comes from large-scale industrial mines. While there is some production from SME and artisanal activities, this contributes little to the global mining output, with the exception of a few rare metals such as the heavy rare earth elements found in ionic clay in southern China, and cobalt or tantalum in the Great Lakes region of Central Africa.

Ore processing is usually performed relatively close to the mining operations, in order to limit the costs associated with transporting large tonnages over long distances. Conversely, metallurgy operations may take place farther away from mining sites if transport costs are offset by much lower production costs in countries with low energy prices and/or highly developed infrastructure and expertise (e.g. Japan or South Korea).

Funding for mining projects is progressive, involving three large, successive tranches:

- public investment (phase 1 of figure 4 below) to identify the mineral assets in the country or one of its regions;
- if particularly promising areas are identified, investment in mining exploration is needed (phases 2 to 5, figure 4). Each phase is separated from the next by the decision to continue or abandon the project, based on results and the economic context. This investment includes all expenditure made prior to the decision to bring the deposit into production. This stage culminates in a feasibility study;
- if the feasibility study yields positive results, the capital required to begin production is mobilised (phase 6, figure 4). This investment must include a provision to fund the work required at the end of operations, once the deposit is depleted (phase 8).

Additional investment may also be necessary during exploitation, for instance to buy new machinery, modernise a facility or increase production capacity.

Investments in exploration for deep-sea mineral resources are illustrated by the following operations:

- the exploration of the Solwara-1 massive sulphide deposit (Nautilus Minerals) and, to a lesser extent, the reconnaissance of 18 additional massive sulphide deposits (Solwara 2 and 19) (see contributions I-2 and I-5). Approximately USD 309 million were invested in exploration, research and development from 2005 to late 2014;

9. See 0-1 for an overview of the different segments of the minerals industry.

- the exploration of zones containing polymetallic nodules. India seems to have made the most progress in this respect, as part of the permit granted by the ISA in the central Indian Ocean. Oceanographic vessels from the Indian Ministries of Earth Sciences and Mines, the National Oceanographic Institute, and various other institutes have conducting research and development on operating methods and metallurgical processing of the nodules. A resource of 380 million tonnes of nodules (24.4% manganese (Mn), 1.2% nickel (Ni), 1.1% copper (Cu) and 0.14% cobalt (Co)) was announced by the Indian Ministry of Science and Technology¹⁰;
- the exploration of the international Clarion-Clipperton Zone (CCZ) carried out by public bodies and companies from nations with permits (Belgium, China, UK, France, Germany, India, Japan, Kiribati, Nauru, Russia, Singapore, South Korea, Tonga, the United States, etc.). According to HEIN *et al.* (2013), a resource of 21,100 million tonnes of nodules in the CCZ contains three times the total global resource of Co, twice that of Ni and a comparable amount of Mn. Nautilus Minerals also holds a permit in this zone and in 2013¹¹ published an estimate of inferred resources of 440 million tonnes containing 26.9% Mn, 1.2% Ni, 1.1% Cu and 0.24% Co;
- the exploration of mineralised volcanosedimentary mud in the Atlantis-II trench in the Red Sea, between Saudi Arabia and Sudan. Located 115 km to the west of the Saudi port city Jeddah, this deposit is currently owned by the Canadian company Diamond Fields International and contains an estimated 89.5 million tonnes with 2.06% zinc, 0.45% copper and 38.4 ppm of silver.

Investments made upstream of operations are especially vulnerable to the specific hazards encountered in mining projects, the most obvious being a drop in metal prices that affects profitability; another is unexpected changes to the legal and/or tax framework for the project, resulting for example from a transfer of power. Investments can only be recouped and generate profits if the deposit is exploited under economic conditions that are, at the very least, in line with those set out in the feasibility study.

Added to investments in exploration are the capital expenditures or CAPEX (see glossary); i.e. the costs of commissioning the deposit. The CAPEX is one of the primary indicators used to evaluate the economic aspects of a project or to compare one project with another.

The CAPEX may vary from several million dollars for small, simple mining operations in regions with existing infrastructure to more than ten billion dollars for large-scale mining operations, such as for iron ore, that produce millions of tonnes of ore a

10. <http://pib.nic.in/newsite/PrintRelease.aspx?relid=124402>, published in August 2015

11. <http://www.nautilusminerals.com/IRM/Company/ShowPage.aspx/PDFs/1313-56149080/ClarionClippertonZoneProjectPacificOcean>

year and require complex infrastructure, particularly to ship the product to the markets. On top of the initial CAPEX, there is the operating CAPEX used to finance equipment upgrades during long-term operations.

Based on data from nearly 3,300 mining projects¹², the average initial CAPEX is slightly less than USD 400 million.

The phases of a mining project

The scale of investment required to commission a new mine and the nature and significance of specific hazards mean that projects must be clearly sequenced in order to target and limit the risks as far as possible. These are greatest in the earliest stages of a mining project, the main risk being economic non-viability of the project, i.e. being unable to identify mineral reserves that can be profitably mined.

EGGERT (2010) estimates that out of 500 to 1,000 exploration projects in an unexplored area, only one will culminate in the creation of a mine.

Figure 4 illustrates the sequence of phases of a mining project and the respective roles of the state and industrial operators (who may also be public). Naturally, this is a highly simplified representation of the reality and the stakeholders involved in the various tasks have changed over time (JÉBRAK, 2015: 104). Moreover, this figure gives the impression that governments are only involved at the beginning and the end of the project, and that the company is the only active player during the operational phase, while public authorities are responsible for, among other things, monitoring and ensuring compliance with regulations, even though these tasks are subcontracted to private players. It depicts a highly dualistic government/company view of the mining sector, leaving out other players, notably “civil society” in the broader sense, which can/should play a role beyond consultation and participation in mining activities (see FLER and LE MEUR, in press). Neither should we forget public-private company shareholdings and projects, such as KNS in New Caledonia and CODELCO in Chile.

The parts of the diagram in turquoise depict the activities for which nations (or their local and regional governments for some federal governments) are responsible and those in grey depict the activities for which industrial operators are responsible. The line dividing the turquoise and grey sections in phase 2, “Exploring targets”, is intentionally blurred: some governments, for reasons related to regional development

12. Database compiled by snl.com, a service providing information about the global mining industry, available to paid subscribers only.

policies and/or industrial strategies, choose to get involved earlier in the exploration process to boost the appeal of the sites proposed to mining investors and, as a result, strengthen their negotiating position.

The elements making up the eight phases of a mining project (in reference to onshore mining activities) are detailed in 0-1; the following overview is highly schematic. The specific characteristics of deep-seal mining projects with regard to this framework will be discussed further on.

Phase 1 – **Regional exploration campaign(s)**. Aim: to assess whether there is geological potential and an associated mineral asset capable of attracting investors interested in developing it through to the operating stage.

Phase 2 – **Multi-method exploration of the mineral targets**. Initial calculations of the inferred resource. Governments often take on part of the work during this phase, for instance aerial and/or terrestrial geophysical surveys of areas of particular geological interest, or even trenching and drilling operations. During this phase, exploration permits are granted by the appropriate public authority (which varies according to the country’s institutional structure) to investors willing to take the risk of developing the country’s mineral assets.

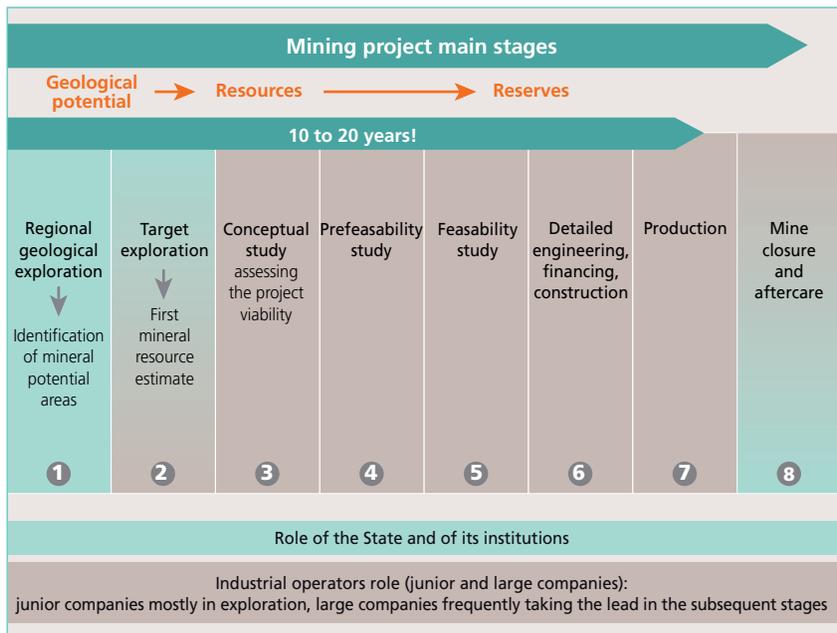


Figure 4.
The main phases of a mining project.
© BRGM/P. Christmann

Phase 3 – **Conceptual economic study.** This is the initial technical and economic study conducted while moving forward with a mining project. The aim is to determine the viability of the project while taking into account all the components (technical, environmental and social), to identify potential problems (and any additional studies needed) and to describe and cost possible options for the next stages of the project.

Phase 4 – **Preliminary feasibility study.** Though the content is similar to that of the conceptual economic study, the pre-feasibility study offers a higher level of detail. It is useful for informing shareholders about project progress and can serve as a basis for the decision to continue or abandon the project, depending on the results.

Phase 5 – **Feasibility study.** The aim is to demonstrate that the exploitation of a deposit is technically, economically and environmentally viable, as well as socially accepted. The study must prove that geotechnical and hydrogeological problems are being addressed and that the calculations for capital and operating expenditure are realistic. Using this as a basis, the company may decide to raise the funds needed to begin production (phase 6).

Phase 6 – **Raising funds, detailed engineering and construction.** The information for this phase is not subject to the publication requirements imposed by many Western market authorities (especially South Africa, Australia and Canada). Some information is made public, however, in press releases or companies' quarterly or annual reports. The first stage, sometimes undertaken simultaneously with the feasibility study, involves procuring all the permits needed to start production. This is followed by financial structuring, which involves raising all the capital, and, more or less simultaneously, the detailed engineering studies needed to start production. Only after this has been completed can materials be purchased and work begin.

Phase 7 – **Production.** This phase often begins 10 to 20 years after the deposit is discovered during phase 2 (exploration). It is not until the project's seventh phase that the investments made up to this point can be recouped and profits made, if the conditions identified in the feasibility study are fulfilled or surpassed. This usually begins with a start-up phase, which may last from one to three years, during which real production is only a gradually increasing percentage of the projected production capacity identified in the feasibility study.

Phase 8 – **Shut-down** and post-mining management. This phase is one of the most crucial for the mining project because onshore extraction generally leads to the generation of vast amounts of waste. Another significant problem for former metal mining sites is the stability of the old underground structures near the surface (a few dozen metres), as well as dumps and mine tailings. One of the advantages of exploiting deep-sea mineral resources is that the same problems do not apply in

the marine environment (BATKER and SCHMIDT, 2015), the impact being limited to marine biodiversity, for which specific restoration measures must be devised (and financed).

The elements to include in reports for phases 2, 3, 4 and 5, detailed in 0-1, are based on the recommendations of Canadian standard NI 43-101, appendix 43-101A (*Autorité des marchés financiers du Québec* - Quebec financial market authority, 2011), the international standard providing the highest level of transparency for mining projects. The description below takes into account recent experiences in the field of deep-sea mineral resources (the Nautilus Minerals Solwara-I project, the Wallis and Futuna project involving Eramet, IFREMER and Technip, with participation from BRGM, Areva, the Marine Areas Agency and the Ministry of Environment, Sustainable Development and Land-use Planning during the initial phase; see also AGARWAL *et al.* 2012; GOTO *et al.*, 2010).

Communication about the operating phase does not fall within the codes issued by financial market authorities; it is one of the practices partially left to the initiative of mining operators, although these may also be defined by the national legal framework. They apply to two areas:

- legal obligations to publish accounts, which vary based on the mining company's country of domiciliation, its legal status, its funding mechanisms (whether or not it is publicly traded) and where its business takes place;
- voluntary commitments on the part of the company with regard to social and environmental responsibility and reporting on performance.

Understanding the resource and the environment: a multifaced approach

Understanding French Polynesia's deep-sea mineral assets is naturally a prerequisite to any decision about exploitation. This understanding constitutes part of the first phase of the mining project, involving regional exploration campaigns that often form part of scientific studies with no direct link to mineral resources. In all, five more phases must be completed before the operating phase can begin, bearing in mind that the project may be abandoned at the end of any of these if future profitability indicators fail to satisfy the investor developing the project.

In this section we will present the state of knowledge on the topic, with the aim of informing decisions on knowledge creation and exploration efforts, the challenges of which are laid out in the fourth section of this report. The information about the state of the resource and existing knowledge will not be limited to geological and economic aspects. It will also cover the Polynesian cultural representations of the resource and the environment in which it is found, as well as information about the habitats and ecosystems associated with it.

The recognition of deep-sea mining in all its dimensions, including cultural aspects, makes it possible to design a relevant, well-dimensioned policy tailored to the country's needs. The choices of administrative set-ups (for example, creation of a dedicated mining authority) and institutional arrangements (e.g. creation of a marine agency that includes mining, as opposed to keeping separate sectoral policies such as mining, fisheries, and the environment) would benefit from the recognition of the interrelated nature of these dimensions. Therefore, an assessment of all existing knowledge is needed, knowledge that is very diversified both from a disciplinary perspective and in terms of knowledgeable stakeholders.

Comparing different knowledge and representations of the resource and habitats

The different actors' representations (norms, expertise, values, etc.) play a vital role in formulating a public policy for deep-sea mineral resources. Indeed, the value of the resource is subject to multiple, sometimes contradictory, readings: minerals form the basis for the Polynesian view of the world and also hold potential value in terms of the economy and the environment. Exploration makes it possible to describe the type of mineral formation and acquire the precise information needed to accurately estimate the content, composition and geometry (thickness, distribution of content, etc.) of the mineralisations, in order to calculate the resources in accordance with standard NI 43-101¹³. The economic aspect is already at play when describing the resources and plays an essential role in defining what are known as "reserves"¹⁴ within these resources.

The differences between the priorities perceived by the different stakeholders are especially important, given that information on the resources remains incomplete, that economic and environmental factors are uncertain, and that the rules governing the allocation of mining revenues among the various stakeholders have not been defined. The value attributed to a mineral resource by the various stakeholders involved in a mining project is the outcome of different levels of analysis.

The conditions for a successful mining project thus go beyond the criterion of profit, involving not only the existence of a deposit, the availability of expertise and technology, and access to funding, but also acceptance by all relevant stakeholders and thus the recognition of their knowledge, values, interests and representations.

13. A mineral resource is the concentration or occurrence of a solid substance with economic value on/in the Earth's crust with a form, content or quality that presents reasonable prospects for profitable extraction (see glossary for further details). This simple definition, employed by the mining sector and international bodies, has been challenged and modified in the field of social sciences by economists, geographers and anthropologists, who highlight the relational and socially constructed nature of the resource, through various abstract, practical, commercial and technological approaches to the idea of the resource, as opposed to the natural "material" (for example STRANG, 1997 ; BRIDGE, 2014).

14. Mineral reserves refer to the part of the measured or indicated mineral resources that can be profitably exploited (see glossary for further details).

State of geological knowledge on the deep-sea mineral asset

Our knowledge about French Polynesia's deep-sea mineral resource is very limited, both in terms of the overall coverage of the EEZ and of the quality of available information. The EEZ was explored to a very limited extent during the Zepoly programme in the 1990s, using the means available at the time (BONNEVILLE and SICHOUX, 1998). Information collected during the Nodules and Nodco campaigns in the 1970s and 1980s yielded encouraging signs pointing to the existence of a valuable mineral potential in French Polynesia. Of these discoveries, the most notable is that of the polymetallic crusts which are exceptionally rich in cobalt and observed on seamounts on the Tuamotu Plateau, mainly at depths of 800 to 2,500 m (BONNEVILLE, 2002; BOUGAULT and SAGET, 2011; FOUQUET and LACROIX, 2012). These crusts have some of the highest concentrations of cobalt ever found on the ocean floor. Other observations suggest the presence of polymetallic nodules on the abyssal plains north-west of the EEZ (HEIN *et al.*, 2015). However, at present, it is impossible to say with certainty whether valuable metals can be extracted in an economically and environmentally acceptable manner, and therefore whether these deposits constitute a potential resource. A great deal of marine research and exploration must take place before their status as resources can be established.

Four main types of resources are found on the ocean floor. These include:

- muds rich in rare earths or other metals;
- seafloor massive sulphides;
- polymetallic nodules;
- polymetallic crusts.

In the French Polynesian EEZ, polymetallic crusts and, to a lesser extent, polymetallic nodules are currently considered the most promising.

Other types of deposit – phosphates, diamonds and accumulations of heavy metals – are currently being mined in shallow coastal waters. These fall outside the scope of this expert review, except for the phosphates, which have been found in the form of phosphorite in the substratum of polymetallic crusts (PICHOCKI and HOFFERT, 1987).

Rare earth elements

The buzz generated by the article from KATO *et al.* (2011) is, in all likelihood, largely unfounded. The authors found concentrations of rare earth elements in mud samples from many regions of the Pacific Ocean and concluded that this material potentially represents a major source of these metals. However, a review

of the data published by KATO *et al.* reveals wide variations in the content of rare earth elements in 78 cores recovered in the drilling operations. In fact, the average amount of rare earth elements varies between less than 250 g/t and 2,228 g/t¹⁵. These contents are low compared to those found in many deposits on land.

Under these conditions and given the current state of knowledge, it is unlikely that an investor would develop a project for exploiting the rare earth elements in deep-sea muds.

However, the governments of China, Japan or Korea might be willing to mine the rare earth elements at a loss; for China, the goal would be to protect its monopoly, while for the other two the aim would be to circumvent that monopoly.

Seafloor massive sulphide deposits

Seafloor massive sulphide deposits are located in back-arc basins or oceanic crust, and are associated with mid-ocean ridges or subduction zones in island arcs (DYMENT *et al.*, 2014). The main metals in seafloor massive sulphide deposits are copper (Cu) and gold (Au), along with smaller quantities of zinc (Zn) and silver (Ag). Projects for exploiting these minerals are much more advanced than for other deep-sea resources. The Canadian company Nautilus Minerals has explored the Bismarck Sea west of Papua New Guinea for more than 10 years and, despite many difficulties, is now planning to begin exploitation of the Solwara 1 deposit in 2018. To produce a large quantity of sulphides requires a long-lived hydrothermal¹⁶ system (several million to several hundred million years), as found in mid-ocean ridges or convergent margins; on volcanic islands and seamounts such systems are short-lived and only trace amounts of sulphide precipitates are found there.

The entire French Polynesian EEZ is located in an intra-plate setting and thus lacks the conditions required for forming significant deposits of this type.

Polymetallic nodules

Polymetallic nodules are rock concretions composed primarily of concentric layers of iron and manganese oxides/hydroxides. They are found in high concentrations on sediment-covered abyssal plains at water depths between 3,500 and 6,500 m. Polymetallic nodules are enriched with the following metals, listed here in descending

15. Drill hole 597 A, located east of the Gambier Islands, outside the boundaries of the French Polynesian EEZ, drill hole coordinates: 18°48.43'S, 129°46.22'W.

16. A hydrothermal system forms when hot water circulates through rocks in the crust. In ocean basins, seawater penetrates the crust and then emerges through the ocean floor, forming hydrothermal vents known as black smokers. Sulphide precipitation may produce ore deposits (massive sulphide deposits).

order of abundance: manganese, nickel, copper, cobalt, molybdenum and rare earth elements. Manganese (Mn) adds a considerable amount to the total value of the mineralisation. To date, the most favourable region is bracketed by the Clarion and Clipperton fractures in the eastern central Pacific. The International Seabed Authority has granted 14 exploration permits in this region to 18 countries, including France. The existence of this type of resource in French Polynesia is indicated by the exploration conducted on the periphery of the EEZ (SPC-EU EDF10 Deep-Sea Minerals (DSM) Project, Brochure 6) and described by HEIN *et al.* (2015).

Abundant nodules have been reported in the Cook Islands EEZ, in the western part of the French Polynesian EEZ and, most commonly, outside both EEZ in international waters.

Polymetallic crusts

Polymetallic crusts are layers of iron and manganese oxides enriched with metals like cobalt (Co), titanium (Ti), nickel (Ni), platinum (Pt) and rare earth elements that form on a volcanic or sedimentary substrate on the ocean floor. With thicknesses ranging from a few centimetres to up to 25 cm (2 to 10 cm on average), these formations are associated with intra-plate volcanoes, isolated seamounts, volcanic chains, and volcanic or carbonate platforms. They are found at water depths of 400 to 4,000 m and may cover areas of the ocean floor ranging from several square kilometres to several hundred square kilometres. Their distribution is related to how they form; they are mainly found on ancient parts of the seabed in areas where the rate of sedimentation is low or almost zero, most often on seamounts that rise at least 1,000 m above the ocean floor.

Some parts of the French Polynesian EEZ have great potential for this type of resource, but not enough data is available to perform accurate estimates, as indicated by DYMENT *et al.* (2014).

Our assessment of the potential value of polymetallic crusts in French Polynesia is based on three criteria: age, depth, and slope. According to HEIN *et al.* (2013), crusts form at rate of 1 to 6 mm every million years at depths between 400 m and 4,000 m, in areas with little sedimentation. Thus, they are potentially thicker – and therefore more valuable – on older formations. *A priori*, such deposits would be easier to exploit at shallow depths and on gentle slopes. Above 800 m, biological productivity increases the rate of sedimentation. Below 2,500 m, crusts are less abundant and more difficult to exploit. When identifying promising areas, we have limited our range of depths to 800 to 2,500 m. At these depths, the most promising targets are the Tuamotu Plateau, the Australs and, to a lesser extent, the Tarava seamount chain to the south-west of the Society Islands, the latter having less extensive surfaces within the appropriate depth range. If we eliminate surfaces that are too steep (and therefore difficult to exploit), the Tuamotu and Austral



Photo 1.

Content of a dredge showing polymetallic crusts, during the oceanographic campaign TARASOC, 600-850m. deep, in the south-western area of Kaukura¹⁷.

© IRD-MNHNS. Samadi.

archipelagos appear to be the most promising. The age of the volcanic units and duration of erosion after the end of volcanic activity provide additional constraints. From our current state of knowledge, which is mainly limited to the Kaukura and Niau areas in the Tuamotu Archipelago (MARTEL-JEANTIN *et al.*, 2001; BONNEVILLE, 2002; BOUGAULT and SAGET, 2011) and the Tarava Seamounts, the oldest seamounts in the French Polynesian EEZ – those most likely to be covered by large areas of thick polymetallic crusts – are located on the south-western and north-eastern parts of the Tuamotu Plateau. The Marquesas seamounts are too young to have developed thick crusts and their morphologies are too steep to allow for easy exploitation.

A combination of criteria – age, depth, slope and potentially large areas between 800 and 2,500 m – leads us to propose that polymetallic crusts have the greatest potential as deep-sea mineral resources and that the most promising sites are located in the north-eastern and south-western parts of the Tuamotu Plateau. These criteria should be supplemented with other parameters relating to ecosystems (vulnerability, resilience and scarcity) and the current and future uses of these areas (see below).

17. See accurate position:

<http://expeditions.mnhn.fr/campaign/tarasoc/event/DW3352?area=1>

Issues relating to expanding the EEZ

The Extraplac programme (French programme for extending the continental shelf) is legally responsible for investigating applications to extend the continental shelf; it also affords an opportunity to generate new data and thereby contribute to the formulation of a strategy for surveying the potential resources of the EEZ and its extension (see I-4). This strategy will necessarily be developed within the context of future research programmes, since the mineral resource aspect is an integral part of the scientific and multidisciplinary exploration of the deep seafloor, as has been stated on multiple occasions (DYMENT *et al.*, 2014).

The Polynesian request is the last to be prepared. After theoretical study of French Polynesia, it was deemed necessary to acquire additional, more recent bathymetric data on key locations. An initial geophysical survey known as Polyplac was conducted in 2012 in an area to the south-east of the Marquesas Islands. A second survey, Polyplac 2, was conducted in April/May 2015 in the area to the east of the Tuamotus. In addition to these two areas, one located east of the Australs was added because it was also deemed relevant to an application for demarcation of the continental shelf. After the second geophysical survey and leveraging existing data, it is possible that the application for demarcation of the continental shelf for French Polynesia in the three areas considered the most relevant, all located in the eastern part of the EEZ, may be submitted by 2016. However, it is unlikely that the application will be reviewed before several years, due to the current backlog of applications received by the Commission on the Limits of the Continental Shelf (CLCS). The goal will be to provide the elements required for assessment of resources and to protect the environment.

This project could be positioned as a post-Extraplac public service initiative.

Ecosystems and habitats surrounding the resource

Geological knowledge on the resource has to be contextualised in two ways: firstly by putting it in the context of the marine habitats and ecosystems that have formed in its vicinity (see IV-1 and IV-2); and secondly by approaching it from the standpoint of cultural representations of the marine environment (I-1).

There is a vast maritime area that would be affected by the exploration of deep-sea mineral resources in French Polynesia. The potential resources identified are the polymetallic crusts (and polymetallic nodules to a lesser extent) that form on seamounts such as plateaus or the tops of guyots (seamounts of volcanic origin with flat

tops)¹⁸. The thickness of the crusts remains unknown but exploitation may involve considerable surface areas. An important feature of marine environments is the interdependence between compartments that are far removed from one another, either vertically (along the water column) or horizontally (between distant sites). On the one hand, these links result from the life cycles of organisms, which can include phases in different compartments of the water column and, on the other hand, trophic connections between these different compartments (SHANK, 2010; see IV-1).

Almost nothing is known about the organisms and habitats that would be directly impacted by exploiting these resources in French Polynesia and little more is known at global level. The limited data available come from the French naturalist explorations that have been ongoing for the past forty years in the south-western Pacific (BOUCHET *et al.*, 2008). These data shed some light on the diversity of organisms, but provide little information about ecology and how the ecosystem functions. The limited amount of available results suggests that the deep-sea benthic fauna, like the flora and fauna of the reefs of French Polynesia, is relatively less diverse than in the golden triangle of marine diversity encompassing Indonesia and Papua New Guinea. However, the fauna of French Polynesia has a larger proportion of endemic species.

The seamounts are, however, well-known to fishermen as they have higher concentrations of pelagic organisms¹⁹ and predators. The ecology of large marine vertebrates – birds, mammals and fish – is better documented than that of benthic invertebrates²⁰. Based on the seasons or the stages of their life cycles, many of these pelagic organisms travel across vast maritime areas that for some extend from the cold waters south of New Zealand all the way to the Marquesas archipelago.

Though the ecological data for benthic fauna are not as extensive, the biology of these organisms usually involves a mobile pelagic phase enabling them to disperse between far-flung favourable habitats (SHANK, 2010). In its adult stage, a portion of the benthic fauna associated with the seamounts on which crusts are likely to form is stationary or largely immobile (sponges, corals, sea fans, etc.). Most of these organisms have long lives and act as ecosystem architects (SAMADI *et al.*, 2007). This long lifespan is made possible by structural stability, which is also one of the factors that allows crusts to form. The little data available (SCHLACHER *et al.*, 2014) do not allow us to rule out the possibility that the fauna associated with crusts are different from those associated with non-encrusted seamounts. The answer to this question is crucial when it comes to formulating a plan for managing and protecting deep-sea fauna impacted by potential exploitation.

18. See the full definition in the “Glossary” contribution.

19. Pelagic organisms live in the open sea in the upper part of the water column.

20. Benthic invertebrates live on the bottom of the water column on the seafloor.

Polynesian representations of the resource and the habitat

The cultural approach to the resource enhances the reference base and therefore the “public policy narrative” within which a deep-sea mining project could take place (see I-1).

The value is twofold. First, since it is conducted prior to any mining operations, it is possible to develop an original deep-sea mining strategy tailored to the realities of the country. Second, taking into account cultural practices and representations of the environment where the resource is found will forge better understanding and help anticipate the reactions of the affected populations. The aim is to ensure mineral exploitation serves territorial development.

The nature-culture relationship in Polynesia is seen as a genealogical relationship, following a principle of continuity where the gods and humans are genealogically related to nature, which includes the mineral world (see I-1). Plants and minerals can be considered an extension of kin or as a manifestation of the divine in the visible world. In this respect, mining for mineral resources is not only an industrial process but also an act of cultural decontextualisation.

Recognising the culturally sensitive nature of marine habitats is an essential prerequisite to the development of any activity likely to affect that environment.

It is also vital in this context to consider the very active policies on identity and cultural recognition in French Polynesia, in place for the last couple of decades (SAURA, 2009), if we are to better understand and perhaps predict how the possible development of new activity affecting the environment may be received and possibly adopted in local political arenas. This level, i.e. the active mobilisation of identity and culture, differs from the everyday individual and collective cultural representations and practices concerning the environment and reproducing the Polynesian continuum of nature/culture.

With regard to the deep-sea mining issue, understanding how the marine environment and its different components (human and non-human) are part of a culturally constructed continuum will help further understanding and even anticipate the reactions of stakeholders when faced with potential deep-sea mineral development. It is not solely a question of potential conflicts of use in the affected areas but also one of possible conflicts of representations. In this regard, we need to take into account the wide variety of positions held by individuals and groups: knowledge and cultural representations are not evenly distributed and they can be politically exploited.

Resource economics and development sustainability: scenarios

Today, the available knowledge on mineral resources in French Polynesia, including polymetallic crusts, is too fragmentary to allow for the production of a proper economic feasibility study of their potential. Major research efforts will be necessary (see the following section). However, it is possible to construct scenarios that should help make and further refine political decisions on the exploration and exploitation of the deep-sea mineral resources in French Polynesia. These scenarios involve geological criteria (the depth, topography, content and thickness of the polymetallic crusts) and, from an economic point of view, two main categories of variable: resource valuation (price) and production costs (depending on the selected operating technology, cost of labour and inputs, and taxation). These scenarios also concern the technological and strategic options for extraction and/or whether processing will take place on site or outside the EEZ.

To develop these scenarios we used the state of knowledge presented in the previous section and the potential economic opportunities on global markets for the main minerals in the polymetallic crusts. In the last section of this part, we will utilise these scenarios to address the issue of mining revenue distribution.

Economic opportunities: metal markets

Using the data published by MARTEL-JEANTIN *et al.* (2001), BONNEVILLE (2002) and HEIN *et al.* (2013) on the Kaukura region (Tuamotu) in French Polynesia, it is estimated that 89% of the value of its deep-sea mineral resources lies in only five metals, listed here in descending order by abundance: manganese (Mn), cobalt (Co), titanium (Ti), nickel (Ni) and platinum (Pt). The total *in situ* value of this type of ore is USD 1,026/tonne, an extremely high value roughly equivalent to copper ore containing 20% Cu; in other words, an extraordinary resource that is far more valuable than the ca. 1% copper ore currently being mined (see I-4).

Cobalt

Cobalt is expected to account for 24% of the average economic value of the crusts, based on current information. The cobalt market is very dynamic, underpinned by the many uses for the metal (e.g. Li-ion batteries and superalloys). The demand for cobalt is expected to remain high in the years to come. And yet, there is little reason for alarm with regard to resource availability and little economic pressure to seek new cobalt resources in the ocean. One benefit - and drawback - of onshore mining is that cobalt is a by-product of copper and nickel mining, which reduces production costs. The grade of the largest copper-cobalt deposits (in Congo and Zambia) is also quite high. Nonetheless, operators may be tempted to develop deep-sea polymetallic crusts given the major geopolitical risks, from a Western perspective, currently associated with the resource (evident in price volatility). In fact, in 2013, 54% of production and 43% of refining took place in the Democratic Republic of the Congo and China respectively. Moreover, cobalt production in the Democratic Republic of the Congo could be impacted by Glencore's decision in September 2015 to suspend operations in its copper mines until 2018. However, this decision has yet to slow down the drop in cobalt prices (a drop of approximately 10% in the fourth quarter of 2015).

The market remains small, though it is growing rapidly. To avoid disrupting the market, a deep-sea cobalt mining project should aim to produce no more than 10,000 tonnes of cobalt metal per year (it is also necessary to demonstrate the competitiveness of mining the Polynesian crusts).

Manganese

Manganese is expected to account for 50% of the average economic value of the Polynesian crusts. The manganese market is closely linked to global steel production, 91% of the manganese consumed being used to produce steel and superalloys. Global steel production is experiencing a profound crisis, with the development of excessive production capacity at a time when urbanisation in China has entered a structural slowdown, with little indication that demand will grow in other countries or regions of the world (particularly India and Africa). It is likely that within a few decades the manganese economy will be affected by a gradual decrease in the grade of terrestrial deposits, the geological probability of finding new rich deposits being low (though a high recycling rate - above 50% - should be noted). Moreover, half the world's reserves are in two countries that pose major geopolitical risks: South Africa and Ukraine. This could stimulate investment in mining polymetallic nodules. Their manganese content (21.7%) is comparable to that of low-grade deposits on land, i.e. approximately half the content currently being mined on land. It is thus unlikely that exploration investments will be made to seek out manganese in the ocean any time soon. That said, if the value of cobalt

and other metals justify mining operations, recovering manganese as a by-product could be profitable.

Nickel

Nickel is expected to account for approximately 6% of the average economic value of Polynesian crusts. Nickel is used for alloys, particularly with iron (66% of the nickel consumed is used for stainless steel, over 90% of which is recycled). Nickeliferous laterites and magmatic sulphides are the primary sources of nickel production, in Indonesia, the Philippines, New Caledonia, Brazil, Cuba, Canada, Russia, Australia, etc. The global nickel industry currently suffers from excess capacity and very low metal prices. If these economic conditions continue, profound restructuring of the nickel industry will be needed and the possible development of polymetallic crusts in French Polynesia would need considerable economic arguments in its favour to generate interest.

Copper

Copper is expected to account for a small portion of the average economic value of the Polynesian crusts, around 1%. However, it was included in the economic literature on the subject (see the section on scenarios below) and maximum recovery of metal content is clearly desirable, if it is technologically and economically feasible. Copper is one of the base metals whose consumption is strongly driven by emerging countries (especially India and China; the latter used 8 million of the 18 million tonnes produced worldwide in 2014; JÉBRAK, 2015: 11) because of its many industrial uses, generally in the form of alloys (telecommunications, construction, transport, energy and renewable energies). It should be noted that the recycling rate is very high (over 70% of the copper extracted from the Earth is still in use; *ibid.*: 12). Moreover, Chile's central role in production (about 40%, with the United States in second place) means that the current geopolitical risk in terms of supply is quite low.

Titanium

Based on the price adopted, titanium is expected to account for 8 to 20% of the theoretical value of Polynesian crusts. There are no pressures on titanium resources. They are very abundant worldwide and the presence of a certain percentage of titanium in French Polynesian crusts should not be considered a particular asset. With the current state of knowledge of economic conditions, the profitability of metallurgical recovery of this metal cannot be determined. It is impossible to know whether this will be technically feasible, under competitive economic conditions, while at the same time recovering cobalt, manganese and nickel. The above examples show that value is primarily generated through the metallurgical processes to produce cobalt.

Platinum

Over 90% of platinum resources are located in high-risk countries (e.g. South Africa, Zimbabwe and Russia) but, as with rare earth elements, the values reported for the crusts are very low. The concentrations are less than 20% of the values for terrestrial ores, and in current conditions, a deep-sea mining operation is unlikely to be cost-effective.

Economic scenarios

Given the development challenges linked to mining revenue, we need to put its potential into context in order to take the appropriate policy decisions. Economic rent is defined as the net present value excluding taxes (NPV²¹), as defined by the IMF (IMF, 2012). This definition has the advantage of being directly linked to profitability analysis for the projects. The rent depends on the prices of saleable metals and production costs. In a cost-benefit analysis, the issue of amortizing exploration costs and any spending on research and development (to develop a new process or a new type of equipment, for example) is a particularly thorny issue because investors will want to recoup that investment, which is not included when calculating the capital cost for the project.

The fragmentary knowledge on the state of the resource (content, thickness, surface area and microtopography) and the lack of answers to important questions on the mineability and metallurgy of the polymetallic crusts rule out any economic feasibility studies (the studies reviewed in the literature cannot be considered as such either).

To illustrate what is at stake economically with a polymetallic crusts project, we have put forward a simulation of its profitability and macroeconomic impact (see I-5). To conduct this simulation we discuss the hypotheses in two alternate scenarios: a baseline scenario and a favourable scenario. It should be noted that a scenario is not a prediction or forecast. It makes it possible to identify key variables, those that play a decisive role in project profitability. This type of exercise has the advantage of clarifying the orders of magnitude with regard to the French Polynesian economy.

The baseline scenario is a direct adaptation of the assumptions used by Yamazaki, applying the average content of polymetallic crust samples taken from three areas of the French Polynesian EEZ (Kaukura, Tarava and north-west of Tuamotu) and correcting the production costs for the processed volumes.

21. For further details, see the Glossary.

The second or favourable scenario considers a larger production volume, corresponding to 10% of the global cobalt market in 2014 or 10,000 tonnes (compared with 4,500 tonnes in the first scenario).

These scenarios make it possible to specify the key hypotheses and identify the economic variables for the rent placing the project within the macro-economy of French Polynesia. The set of hypotheses is as follows.

Metals. The metals of interest considered in the scenarios are cobalt, nickel and copper²². When reasoning in terms of *in situ* value, which also takes into account the value linked to manganese, titanium and platinum, the literature simulating the profitability of mining projects assumes that these metals will not be recovered (with the notable exception of GOTO *et al.*, 2010).

Duration. The duration traditionally used for the production phase in the literature is 20 years. In addition to this operational period, there are the construction and ramp-up periods. In accordance with the parameters used by Yamazaki, a period of 5 years with no production is expected with production at 50% in the sixth year.

Production. We have chosen a production goal of 4,500 tonnes of cobalt per year for the baseline scenario and 10,000 tonnes of cobalt per year (corresponding to 10% of global output) for the favourable scenario.

Location. Samples were taken in two EEZ areas with polymetallic crusts with high cobalt content: Kaukura (Tuamotus), Tarava (Society Islands). While no samples have been taken north-east of the Tuamotus, the geological and geographic context also appears promising.

Content. Cobalt: 1.06%; nickel: 0.61%; copper: 0.11%.

Industrial processes and recovery rate. There are two major possibilities: local metallurgical processing (on land or offshore on a floating platform) or a process that takes place outside the EEZ entirely. For the profitability simulation, here we have chosen a process outside the EEZ entirely (similar to the one used by Yamazaki). Given the constraints in terms of infrastructure and costs (energy and labour), developing an onshore process through the construction of an ore or metallurgical processing plant in French Polynesia seems highly unlikely at this time. The idea does merit more study, however.

Financing. In the scenarios, the required investment is funded *via* 30% equity and 70% loans.

Price. To perform a simulation of gross revenues, we used the average price for the three main metals of interest (cobalt, nickel and copper) over the past thirty

22. The recovery of other metals, representing less than 5% of the value of the ore, will of course be reviewed in future studies of the metallurgical processing of the crusts.

years, in line with the super-cycle hypothesis, given that demand from India and Africa seems to be taking over for that of China.

Baseline scenario

In the baseline scenario, the profitability simulation is in line with Yamazaki's work and adapted to the geological conditions of the three areas of interest in the Polynesian EEZ. This initial simulation yields an internal rate of return (IRR²³) of 4%, which is too low²⁴ to consider starting a mining project. In order for a polymetallic crust project to achieve a minimum internal rate of return of 10%, the operators' minimum threshold, price levels need to be 60% higher than the average for the 1984-2013 period. In the baseline scenario, the prospect of mining polymetallic crusts in the French Polynesian EEZ appears very unlikely in the short and medium term.

If we calculate net present value (NPV)²⁵ in the baseline scenario based on an assumption that the cobalt price will be 60% higher than the average level over 1984-2013 and a discount rate²⁶ of 10%, corresponding to a low point, we obtain the equivalent of 1% of French Polynesia's GDP in 2011 (note that NPV is measured as a stock concept, whereas GDP is measured as a flow concept). This simulation assumes a 30% tax on profits.

Excluding taxes, the weight of NPV represents 6% of the 2011 GDP, a more significant amount, still relatively low but comparable to the value of the fishing or pearl industry.

When the average effective tax rate (AETR) is taken as an indicator of rent sharing (IMF, 2012) with a 30% corporate tax rate, the yields underperform the minimum 10% threshold (initial assumption of a 10% discount rate).

In the end, the baseline +60 scenario we used to conduct simulations of the economic profitability of a polymetallic crusts project and its economic possibilities bears out the idea that the conditions required to undertake such a project are not currently met. This echoes a finding that is well-represented in the literature (ECORYS, 2014; all Yamazaki studies).

23. Consult the glossary for further details.

24. An IRR of 10% is considered the minimum needed to encourage private agents to invest in a project (IMF, World Bank). For mining projects, the average IRR is often much higher (around 30%), because of the specific risks posed by these projects.

25. To calculate NPV, a discount rate for future income from operations must be chosen. In the context of the simulations conducted here, we have chosen a rate of 10%, equivalent to a minimum level of profitability.

26. Consult the glossary for further details.

Favourable scenario

An increase in the volume of cobalt produced, taking the total up to 10,000 tonnes (10% of the global market), profoundly changes the profitability of a polymetallic crust mining project. This level of output would position French Polynesia as a major player on the global cobalt market while avoiding a depressive effect on prices. However, as in the baseline scenario, this assumes a buoyant global cobalt market²⁷. For a project to reach 20% profitability, price levels must be 60% higher than the average for the 1984-2013 period.

NPV excluding taxes is then equal to 50% of 2011 GDP, a very significant amount. In this scenario, the macroeconomic impact of the project becomes considerable.

The average effective tax rate (AETR) as an indicator of rent sharing (IMF, 2012) is 18.6% in this scenario. On average, AETRs calculated by the IMF fall in the 40-60% range (IMF, 2012). In other words, in this scenario, there would be real room for manoeuvre when it comes to implementing a tax on mining in addition to the corporate income tax, allowing the state to lay claim to a significant share of the economic rent. Regardless of the scenario however, this share would be reduced once exploration and risk compensation costs were taken into account.

Ultimately, both profitability scenarios presented here lead to the conclusion that, while the development prospects of a project involving the crusts are limited in the short and medium term, it is possible that the economic contribution of such a project could be considerable in the longer term.

Some works (LOUDAT *et al.*, 1995) studied methods for mining polymetallic crusts (cobalt, manganese and nickel; no copper) in the laboratory and produced more attractive economic scenarios. As the facts currently stand, the only conclusion that can be drawn from the literature review and economic scenarios based on it is that the prospects for mining polymetallic crusts depend heavily on technological developments for extracting and recovering the metal they contain. Technological and geopolitical priorities pertaining to cobalt, a metal that is more resilient than many others in the face of the current depression in commodity markets, make the case for continuing and intensifying efforts in data acquisition and innovation.

As a final precaution for the figures produced by the profitability and feasibility calculations, the values employed are monetary and rely primarily on direct use values. If we include the costs associated with restoration and compensation, especially for local populations, some of the other values (option, quasi-option and heritage) can be partially integrated. These values are more uncertain; having no

27. Note that the current price for cobalt (USD 27,740 per tonne on the LME as of 5 October 2015), is below the average level for the 1984-2013 period (USD 40,514 calculated in 2006 dollars).

At this price, the mining project would not be profitable.

markets to determine prices, their monetary valuation fluctuates wildly, ultimately depending on the balance of power between different stakeholders. Here, the importance of representations comes into play; likewise the importance of creating arenas for discussion and building shared knowledge and representations of the different dimensions of the value of a natural resource.

Infrastructure and industry options: two scenarios

The possibility of a deep-sea mining industry must be reviewed with regard to three aspects: (1) exploration (public or public-private partnership), (2) operations (industry) and (3) ore processing and operating system maintenance (industrial activity on land).

The discussion must take into account the fact that in the operating projections in the various scenarios, we assumed that around one million tonnes of polymetallic crusts would be extracted per year²⁸, equivalent in volume to four bulk carriers a year, which is a relatively small volume of material to transport. The question then is what would happen to the material extracted. This has strong implications for port infrastructure development. This question may seem premature, as exploration is necessary first of all, but this review is primarily a long-term discussion of a project that may one day involve large investments in infrastructure. Several solutions are possible for processing, which here includes the production of a concentrate, but could also go as far as metal extraction through hydrometallurgy:

Scenario 1: processing takes place entirely in Polynesia (on land or offshore)

Option 1. The ore is transported from the offshore site to the onshore port facilities, which would require modifications to the existing port infrastructure. Transporting ore requires the availability of either a factory ship that can be disconnected from the riser (a tubing system connecting the seabed to the boat, used to bring up the ore), the solution chosen by Nautilus in Papua, or a sea platform for storing the mining products and serving as a port for bulk carriers.

28. According to the baseline scenario approximately 1 million tonnes of polymetallic crusts need to be extracted to recover 4,500 tonnes of cobalt.

In the favourable scenario, it would be necessary to extract about 2 million tonnes (for 10,000 tonnes of cobalt).

Here again, these estimates are highly dependent on geological and technical parameters (density, recovery rates, etc.) that remain uncertain.

Option 2. A platform would make it possible to carry out the initial mineral processing at sea. This structure should be designed to limit any environmental impact. It could even be a “floating island” capable of supporting any type of infrastructure (a hotel or even a marina or ferry terminal), including a power plant to power the collection system and surface operations performed on the collected material. This solution would result in a mobile plant that could be reused and moved as required by the mining sites on the seafloor.

Scenario 2: processing takes place outside French Polynesia

If processing is performed outside the EEZ, bulk carriers will be used for transport, which may also necessitate the construction of offshore port infrastructure in the form of a platform for storing the ore prior to transport *via* bulk carrier.

In both scenarios, it will be necessary to supply energy to the entire mining system, especially if metallurgical processing takes place. In the absence of specific references concerning the processing of polymetallic crusts, we used the known requirements for processing nickel ore (which can sometimes involve cobalt as a co-product) for informational purposes. We thus estimate that the entire mining system would require several dozen megawatts of power. In the event of major offshore infrastructure, renewable marine energy sources seem particularly well-suited to the task (solar, wind or ocean thermal energy).

Whatever the chosen scenario, local residents will be given priority when recruiting. Training should be planned in various fields:

- scientific (geology/volcanology/tectonics, geophysics and mapping, geochemistry and metallogeny, biology and microbiology, and mining economics);
- administrative and legal (mining law, mining services, and environmental management);
- technical (engineering, materials handling, and ore processing).

The issues of rent and sustainability

Under what conditions could the mining of deep-sea mineral resources be regarded as sustainable for the economy of French Polynesia? Based on the definition proposed in the Brundtland Report – “Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs” –, we find the usual dichotomy between “weak sustainability” and “strong sustainability” (DALY, 1990) (see contribution I-6).

According to one interpretation of weak sustainability, the destruction of part of the natural capital could thus be offset by investment in economic capital or intangible capital. In French Polynesia, the criterion of weak sustainability would be satisfied today through public transfers (high gross savings, limited degradation of natural capital and major investments in human capital). In contrast, advocates of strong sustainability consider that mining a non-renewable resource is a form a destruction of natural capital that cannot be offset by investment in other forms of capital. The notion that is central to the debate is whether it is possible to substitute one form of capital for another (critical natural capital), which itself depends on technical progress.

In anticipation of the possible development of deep-sea mineral resources, the difficulty lies in assessing the damage to natural capital and possible harm to the functioning of the marine ecosystem. Current available knowledge on mineral resources and on the potential impact of mining them is still too limited to estimate the extent of that impact. However, it is known that polymetallic crusts form on deep-sea mounts over very long periods of time. The long lifespans of the organisms that are the architects of these habitats make these communities potentially less resilient to disturbances.

Even taking a weak sustainability approach, the rent from mining is not necessarily sufficient to ensure transmission of the same level of overall wealth, if we do not take into account other sources of wealth, including public transfers²⁹. This factor is also linked to the specific arrangements for macroeconomic funding in small island economies (SIE), which are highly dependent on access to various sources of revenue whose fluctuations raise questions of sustainability. For a small island economy, subject to strong economic constraints (transport costs and limited markets), the conditions for successful substitution between economic capital and natural capital – i.e. converting mining income into diversified, lasting economic growth – are all the more difficult to attain. It is necessary to target opportunities for efficient specialisation, which are severely limited in many small island economies.

The conditions for achieving sustainability through investments in human capital, in a configuration marked by migration within several SIEs, depend on social capital, ensuring that migrants send a portion of their compensation back to their homeland.

29. In reality, mining a mineral resource means degrading this resource; this must be offset if one wishes to maintain the same level of total wealth (economic, natural and human) in an economy.

In New Caledonia, for example, investing in human capital and economic capital is expected to offset the destruction of natural capital (mining nickel ore), but this investment relies in part on public transfers.

Without public transfers, sustainability (maintaining the same level of total wealth) would not be given.

As POIRINE (1994) shows, this type of income may not last, in which case migration would eventually cease to produce financial returns. In the case of French Polynesia, outbound migration flows are limited and do not constitute a significant source of revenue. A strategy for building human capital would then have mainly positive effects on revenue by increasing labour productivity in activities carried out in the territory. However, the range of economic activities is limited by the particular characteristics of island economies (remoteness and small size).

Strategies for accumulating economic and human capital rely heavily on developments in social and cultural capital, i.e. perceptions of economic activity, and striking a balance between accumulation and redistribution, or between the needs of individuals and groups (GERONIMI, 2015). Here again, we are faced with the issue of cultural representations and conditions for successfully developing mineral resources. Thus, we could consider that the World Bank weak sustainability approach³⁰ leaves out a key aspect of small island economies: the heritage character of a fundamental part of their wealth. While we can indeed accept that not all heritage values can be expressed monetarily (particularly for the values of legacy and existence), a weak sustainability evaluation (genuine savings) rules out all cultural and heritage aspects, only some of which can be measured in monetary terms (THROSBY, 2002). These cultural and heritage aspects are nevertheless sources of comparative benefits, and revenue, for a significant portion of the SIEs. Indeed, the evaluation of total wealth (natural capital plus physical capital) leaves over 70% of island economy revenue sources unaccounted for, labelled as “intangible capital” (COUHARDE *et al.*, 2011). This covers all non-monetarily assessed values, including those relating to geostrategic position and historical relations, which form the basis for the majority of the revenue collected by French Polynesia today³¹.

Finally, a weak sustainability interpretation means threshold effects are ignored (COUHARDE *et al.* 2010); their inclusion is essential when assessing the sustainability of economic trajectories. Advocates of strong sustainability (DALY, 1990) also put forth the concept of critical natural capital, representing a threshold below which substitution with human or economic capital is no longer possible. In this regard, the “elastics model” presented by GIRAUD and LOYER (2006) has the advantage of highlighting the possibility that relations involving substitution between forms of capital (e.g. between natural capital and human capital) can leave room for complementary relations. In their example, environmental degradation led to

30. This approach is based on the assumption that one can freely substitute investments in human or economic capital, or even the genuine savings indicator, for natural capital destroyed by extraction.

31. Note that public transfers to French Polynesia, which provide macroeconomic funding for the foreign trade deficit, are akin to compensation for geostrategic and historic capital.

large-scale migration (diminished natural capital resulting in a loss of human capital, with no possibility of substituting these two dimensions) and hence the collapse of sustainability. If we accept that cultural capital is the “glue” that holds the members of a community together, reflecting a common history and a collective accumulation of knowledge, creativity and values, then accounting for heritage and cultural aspects will lead favour strong sustainability, focusing on thresholds and complementarities between the different aspects of total wealth, especially for SIEs. It is important to assess the complementarities and thresholds that may emerge in French Polynesia in the context of exploiting deep-sea mineral resources.

In French Polynesia, sustainability issues relating to the potential development of deep-sea mineral resources indicate the need for strategic choices in terms of development and growth trajectories.

Technological research and development campaigns

More than anywhere else, deep-sea scientific expertise relies on the development of advanced technologies and access to heavy equipment that is fundamental to the ability to work on the seafloor. This is an area where technological advances have a direct impact on knowledge acquisition. Deep-sea research could also generate a new industry with the market for deep-sea technologies, and not just the conventional and operational offshore oil sector, as the backdrop.

Underwater mineral resources are found in the ocean depths, except aggregates, phosphates and placers (particularly diamonds in Namibia), which can be found on the continental shelf (at depths of < 200 m). The techniques for investigating the shelf and the deep-sea often apply the same principles, based on a geophysical approach, but differ significantly in scale (acoustic frequency, power and penetration). They require heavy equipment capable of working in the deep-sea (to 6,000 m). It is on the seafloor that deep-sea mineral resources are found: mud with rare earth elements and polymetallic nodules (5,000-6,000 m), massive sulphide deposits (1,000-5,000 m) and polymetallic crusts (800-4,000 m) such as those reported in the French Polynesian EEZ.

Strategies of the countries and stakeholders involved

Some countries, such as France, have developed the expertise and tools necessary for ocean exploration. After a few attempts focused on nodules in the 1970s, we are now witnessing the first signs of renewed interest for deep-sea mineral resources (excluding oil) from the industry (see III-2). However, the means used for investigation still mainly come through public oceanographic research. Indeed, exploration conducted in these extreme environments relies on scientific and technological expertise developed over nearly half a century in research programmes

carried out by national institutions. As a result, the various stakeholders involved in exploring deep-sea mineral resources are oceanographers, geologists, biologists, technology developers and so on. They work in the public domain (research organisations) or, more rarely, in private companies. When it comes to developing marine mining, this research community is called on to verify whether the mineral occurrences discovered by geological exploration can be used to identify deposits with economic potential. Their activities often take place in the context of exploration and research permits issued by the International Seabed Authority (ISA) for international waters and by sovereign nations for their EEZ.

Until recently, national stakeholders in the onshore mining industry paid little attention to the marine environment and have learned little about its particular characteristics. France was a pioneer in exploring the seafloor, especially deep basins (nodules) and ocean ridges (hydrothermal), through multi-agency research programs (CNRS, IFREMER, IRD, BRGM, etc.) (FOUQUET and LACROIX, 2012), and in upholding licenses in international waters through IFREMER (permit signed for nodules in 2001 and for massive sulphide deposits in 2012). Today, some countries have a strong strategic vision for marine resource exploitation (Australia, Brazil, China, Germany, India, Japan, Russia, South Korea, the United States, etc.) and are very active in this field, judging by the quantity and quality of their publications and their participation in ISA activities.

In France, the government signalled its ambitions with its Grenelle of the Sea recommendations (2009), which were followed by the launch of the Wallis and Futuna project. In June 2011, the Interdepartmental Committee of the Sea (CIMER) decided to launch “a national strategy for deep-sea mineral resources that will set the guidelines for sustainable exploitation of these resources in waters under national jurisdiction and in international waters”. Meanwhile, IFREMER, with the participation of representatives of many French institutions, conducted a prospective study on marine mineral resources (FOUQUET and LACROIX, 2012), while the MEDDE commissioned the joint scientific appraisal of the environmental impact of exploiting deep-sea mineral resources (carried out by CNRS and IFREMER; DYMENT *et al.*, 2014.).

The French Maritime Cluster, backed by several manufacturers including Eramet and Technip and recently joined by other companies such as Fayat Travaux Sous-marins, DCNS, Louis-Dreyfus Armateurs and Creocean, is endeavouring to develop a national deep-sea mining industry. At the current time, the activities that are subject to public policy decisions and require considerable budgets for campaigns at sea are primarily the maintaining of nodule permits issued by the International Seabed Authority in the Clarion-Clipperton zone.

In Europe, the European Innovation Partnership for Raw Materials (EIP) brings together representatives of various stakeholders: industries, public services, academia and NGOs. Eighty Raw Material Commitments (RMCs) were launched under the EIP, of

which four involved projects for marine mineral resources. In the end, only one project was chosen for the H2020 programme (a Belgian project on nodules). It should be noted, however, that the Secretariat of the Pacific Community (SPC), comprising 15 member countries from the Pacific Islands, has launched the Deep-Sea Mineral Project in collaboration with the European Union.

In the international context, many organisations, government agencies or groups of countries (listed above) are active in the field of marine mineral resources. The exploration of deep-sea mineral resources mainly takes place in the International "zone", under the auspices of the ISA, which has approved 26 exploration contracts. Of these, fourteen were issued to Asian Pacific countries, seven to Western European nations, four to Eastern European nations and one to a Latin American-Caribbean group (the US has not ratified the 1982 Convention of the United Nations on the Law of the Sea and so attends meetings of the ISA as an observer).

From the viewpoint of French national strategy, the request for this expert group review from French Polynesia and the French government could lead to a revival of a programme for research on and access to marine mineral resources. The panel of expert recommends an innovative programme on polymetallic crusts, fitting with a local (country), regional (SPC), or national context, to be specified.

Knowledge of polymetallic crusts

The analysis of the state of geological knowledge shows that, as deep-sea mineral resources, polymetallic crusts may hold considerable potential in French Polynesia. They are located in favourable areas in terms of geomorphology – at depths from 800 to 2,500 m – particularly in the Tuamotu sector where they are deposited on carbonate substrates, which could be important for their mineability.

For this type of resources, major exploration efforts will first have to be conducted in Polynesia, as was the case for other regions that were initially promising: to date, only three permits for exploring polymetallic crusts have been awarded by the ISA (to Russia, Japan and China, all for sites in the Pacific Ocean). A request from Brazil for the South Atlantic is under consideration.

Currently, the majority of publications on the physical environment and the characteristics of polymetallic crusts are found in academic research and journals. At this early stage in exploration, it is clear that there are few, if any, activities specifically involving mining crusts and even less technical and economic data to serve as the basis for economic calculations. There is a large gap between the current state of knowledge, which is intermittent and fragmentary, and the creation of the databases needed to describe reserves and perform economic calculations. Many questions remain as to the nature of the resource and its mineability. There is a need for

additional accurate field data and calculations if we are to access this potential resource: geological surveys of mineral-rich areas, the exploitable volume (crust thicknesses), the morphology and roughness of the seafloor, the lateral extent and continuity of zones with crusts, the geotechnical properties of the crust and the substrate, continuous monitoring of crust thickness, the influence of the substrate on dilution during collection, and the impact of mining on ecosystems.

Overview of exploration technology

Ocean exploration to discover mineable deposits involves a nested approach using special technologies. The objective is to establish a geological model for crust formation, to qualitatively and quantitatively evaluate the mineralisation, and to describe the environment and biodiversity. Besides ships, the technology that currently exists (or under development) for locating and studying potential resources can be analysed at three levels with a multi-scale and multidisciplinary strategy. These three levels are: regional exploration technology, technology for surveying sites and assessing resources and biodiversity, and technology for monitoring and protecting the environment (see III-1 and III-3).

Regional exploration technology

This is primarily for mapping, utilising geophysical surveys and samples to perform initial physico-chemical and metallogenic analyses. This is an essential step for identifying sites before resources can be assessed. To identify areas of potential interest, it is necessary to conduct large-scale surface surveys using indirect methods such as acoustic (bathymetry or sonar reflectivity), potential (gravimetry, magnetism or gammametry) or seismic approaches. Current mapping tools make it possible to create regional bathymetric maps at resolutions of about one hundred metres, for example. No site survey can be started without this general knowledge that furthers understanding of the geological and morphological context. Aside from low-resolution satellite data (at kilometeric level, compared to bathymetric data acquired by multibeam sounders at decametric level) and not including Extraplac data, regional bathymetric maps created using modern means are virtually non-existent for the Polynesian EEZ. At this stage, rock samples (by rock dredging) are also required to determine the nature of the seafloor and identify areas that could potentially present relative enrichments of cobalt and platinum. Biological sampling must also be performed from the outset, to understand the regional aspects of the spatial distribution of biodiversity in deep-sea environments. This dimension is vital if the connections and interactions among ecosystems at different scales are to be incorporated. Polymetallic crusts are structures which form over long periods of

time in highly specific ocean conditions. The seamounts where they develop are open environments, due to the connections between the different compartments of the water column and beyond – to neighbouring and distant marine areas *via* trophic (food chains) and ontogenetic (life cycles) links.

Technology for surveying sites and assessing resources and biodiversity

Once sites have been identified (continuous areas measuring 100 sq. km are sought), acquiring scientific understanding of geological, geochemical and biological processes involves work near the seafloor using submersibles (ROV³², AUV³³ or manned vehicles). This equipment can provide more detail to local explorations (bathymetry and imagery at resolutions of a few dozen centimetres) and enable precise sampling at sites near the seafloor to study the composition and geometry of potential deposits. When studying crusts, core drilling as well as conventional rock dredging will be vital for measuring their metal content and thickness. A key point for technological innovation will be sampling by micro-drilling, something that remains to be developed or adapted from existing systems for use by a ROV. The question of taking *in situ* measurements while drilling (logging), and development for micro-drilling may be raised. This robotic equipment could, for example, combine core drilling (sampling) and destructive drilling (with the attendant *in situ* measurements) into a single tool to collect samples and take measurements in the same place. This is a very interesting perspective that emphasises the importance of developing a ground-breaking tool.

On the other hand, it could be very worthwhile to develop mobile *in situ* analysis capabilities near the seafloor, including Raman techniques for *in situ* non-destructive analysis of solids. This equipment must be suitable for ROV and AUV vectors. Raman spectroscopy is an analysis technique widely used in the field of solids that requires no sample preparation or reagent. The objective is to develop a method of operational spectroscopic detection capable of identifying solids on the seafloor. Spectral data are provided in real time, allowing for immediate chemical identification. The targeted compounds are solid compounds, regardless of whether they are inorganic, organic or even biological. This tool (under development as part of a European project) will constitute a significant technological breakthrough for both geological and biological research (FOUQUET, 2013).

Further exploration techniques might use ICP-AES (Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectroscopy) or micro x-ray fluorescence coupled with a micro-drilling system.

32. ROV: Remotely Operated Vehicle.

33. AUV: Autonomous Underwater Vehicle.

Regarding biodiversity, the habitats associated with polymetallic crusts are poorly understood but it is known that the conditions of their formation (long-term oceanic conditions) determine the type of organisms that develop there. These conditions favour stationary (or less mobile) organisms with long lifespans that form, as with trees in forests or coral in reefs, biogenic habitats for a diverse group of species. The functioning of the benthic ecosystem usually involves significant interactions with the rest of the water column (vertical interactions) over great geographic distances (horizontal interactions). An understanding of the habitats in the areas chosen for mining operations must be incorporated into a research plan that takes these various scales into account. The knowledge currently available and the specific bio-geographic situation of French Polynesia raise the possibility of, if not a high percentage of endemic benthic fauna, at least the presence of specialised benthic fauna.

Technology for monitoring and protecting the environment

Preparations must also be made for monitoring the spatio-temporal evolution of these sites for environmental surveillance and protection. To minimise the impact of deep-sea resource exploitation, specific tools are needed to establish baseline conditions, especially in biological terms. This means developing tools to monitor temporal variability, bearing in mind that the environments in question were formed over long periods of time and that their resilience to disturbances (turbidity and changes in physico-chemical factors for the entire water column, depending on surface and deep ocean currents) is almost certainly quite low and slow to recover. Vertical and horizontal connections with other habitats must be taken into account in these approaches.

Seafloor observatories will monitor changes to the site environment at different stages: baseline state prior to exploitation, assessing the impact of mining activities on ecosystems and post-operational monitoring. Remote observatories will be set up to evaluate the impact on interconnected marine compartments.

Current situation of mining technology

The development of equipment and techniques for deep-sea mining is one of the major scientific and technological undertakings of the past 50 years. Developments for deep-sea offshore oilfields have seen the greatest progress. Moreover, protecting the environment is now a major challenge for an industry that does not have the best track record in this area. We need to find a way for mineral resource access and environmental aspects to coexist (see III-1 and III-4).

Advances in drilling capacity, trenching and production for deep-sea oil have significantly expanded the range of technology available, but this will require significant modifications - or innovation - to suit the more selective extraction processes required for deposits of harder and more superficial minerals, as will be the case for the crusts that interest us in the French Polynesian EEZ.

The recovery of nodules is relatively easy because they lie on a soft sediment substrate; this same cannot be said of crusts that may be more or less firmly attached to the substrate (they are easier to “detach” in the case of a carbonate substrate). For successful exploitation, it is crucial that the crusts are recovered without removing the substrate, which can significantly dilute the ore content, except where the substrate contains phosphorite (PICHOCKI and HOFFERT, 1987) that would be worth exploiting as well. In their simulations, DYMENT *et al.* (2014) thus describe a series of operations: fragmentation, grinding, removal, separation and recovery by airlift (air injection pump system). Self-propelled vehicles would travel at a speed of about 20 cm/s on the seafloor (which seems high) and would be attached to a ship or a mining platform at the surface by means of a hydraulic removal system and an electric cable. Rough estimates put production volume at around one million tonnes per year. Other methods are available for separating the crust from the substrate, such as water jet stripping, *in situ* leaching techniques and detachment using an acoustic method. Another possibility would take inspiration from the collection system (crawlers, cutters and riser) used to mine diamonds trapped in consolidated particles (by De Beers Marine for the Nautilus Solwara programme, see V).

According to findings from the deep-sea Synergie working group of the French Maritime Cluster, the area of collection systems and support vehicles are the least mature in terms of technology.

Accessible resources and technological needs

Exploration (access to ships and machinery)

Research infrastructure and sea vessels suitable for exploring marine mineral resources have been developed and are managed by large public, and occasionally private (United States), research organisations; they are normally accessed through research-oriented calls for tender. To use this highly specialised equipment and process the resulting data, it is necessary to have solid scientific expertise in creating and leading exploration projects.



Photo 2.

The vessel *Alis*, from the French oceanographic fleet, docked at Papeete.

© IRD/S. Petek.

The offshore division of the French oceanographic fleet (TGIR FOF³⁴), used to explore the deep ocean, mainly consists of seven ships operated by IFREMER (the *Suroit*, the *Thalassa*, the *Atalante* and the *Pourquoi Pas?*), IRD (the *Alis* and the *Antea*) and the Paul Émile Victor French Polar Institute (IPEV; the *Marion Dufresne*). The fleet is used primarily for scientific research. It can also be used for public service operations (such as Extraplac) or research-industry contracts, such as those conducted with Total, ExxonMobil, Technip and Eramet.

The schedule of oceanographic campaigns results from a multi-year process for scientific research campaigns, including the response to the call for tenders from evaluation boards and the evaluation of tender files by those boards. They are scheduled jointly at the “Fleet” Joint Service Unit by fleet operators, who bear the cost in their institutional budgets. In some cases, scheduling may proceed more quickly, logistics permitting, for co-funded campaigns such as public service campaigns, public-private partnerships (research-industry contracts) or charters.

Private companies – service companies, particularly those that conduct oil explorations – have yet to fully develop real skills for exploring mineral resources, but they will certainly do so once the market further matures.

There is therefore a significant variety of vessels and machinery available for underwater exploration; however, we have identified gaps or new technology needs still to be covered, especially when it comes to exploring polymetallic crusts.

34. TGIR: Very large research infrastructure.
FOF: French oceanographic fleet.

Acquiring new data is essential for establishing a geological model of crust formation (structural geology, age of the substrate, geomorphology, ocean currents, sea water/bedrock exchanges, microbiology, etc.). This will serve as a guide for exploration when it comes to profiling promising areas and their spatial dimensions in view of future exploitation.

The physical and mineral characteristics of the crusts should be further clarified with regard to:

- measurements of crust thickness, which can vary from a few centimetres to 25 cm, leading to very large differences in the assessment of resources;
- crucial metal content measurements (analysis of core samples);
- precise knowledge of microtopography to determine the extent of the deposits and the roughness of their surface.

Finally, there are large gaps in information about the ecosystems likely to be disturbed by exploitation (environment baseline situation, understanding of the spatial distribution of biodiversity, changes to the physico-chemical characteristics of the water, currentology, pollution plume, resilience of habitats in the event of destruction, etc.).

Mining

As we have seen, there is little existing or available information on industry strategy. The first technological developments concerning the possible exploitation of deep-water mineral resources (massive sulphide deposits or nodules) were carried out independently and with the utmost secrecy by each of the consortia involved. The developments that have been put forward recently generally combine the experience of offshore deep-sea oil and gas service companies with the expertise of manufacturers of mining industry machines and tools. Figure 5 is a schematic drawing showing a futuristic vision of deep-sea mining. Ongoing research and development for exploiting nodules and massive sulphide deposits could be partially adapted to crusts (seafloor/surface connections, removal of ore after grinding, and robotics), but the system for grinding and sampling the ore will be specific to the crusts.

On the other hand, proposing an exemplary extraction model in terms of environmental impact means drawing on very thorough knowledge of the habitat and of innovative technologies. From a strictly technological point of view, a prototype of a collection system specifically adapted to the crusts will need to be developed. It seems that detaching the “crusts” is easier on a carbonate substrate, as has been observed during the NODCO and ZEPOLYF campaigns. This is a major point, requiring confirmation. Recovery of a phosphate substrate may add value to the mined product. To determine dimensions, it is necessary to define the geotechnical properties of

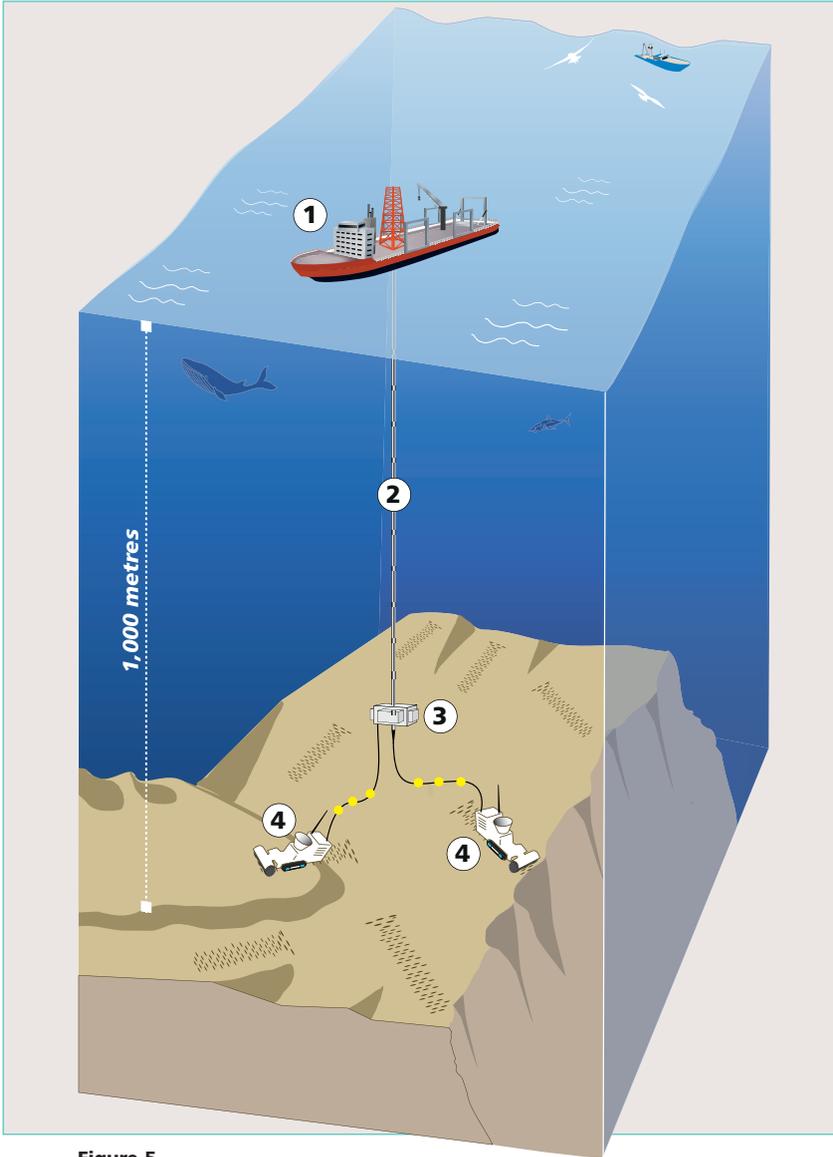


Figure 5.

Futuristic vision of how could be “deep-sea mining” in French Polynesia.

On this schematic drawing:

1/ surface structure such as a mining vessel, receiving ore, providing energy to the seabed gears, and transporting ore to a port or a nearby platform;

2/ riser: flexible pipe used to transfer ore from the seabed to the surface facilities and cables for energy;

3/ pump: propulsion of the divided materials in the riser (air lift);

4/ self-propelled mining gear: extraction, fragmentation and collection of materials (polymetallic crusts).

© IRD/L. Corsini.

the crust to ensure suitability of the grinding systems and provide tools to measure crust thickness and proceed with the development of the collection system. Then there is the question of whether surface processing will take place on barges or after transporting the ore onshore. Ultimately, given the innovative nature of this type of production, it should be tested through a pilot operation, bearing in mind that initial efforts should be focused on exploration.

Finally, any future impact studies into crust mining projects will need to take into account the presence of ecotoxic elements in polymetallic crusts, among other considerations. A solution must be developed to manage very fine mud (tailings), especially, but not exclusively, if processing takes place at sea. Indeed, high levels of arsenic, lead and thallium were detected in samples from the Polydrag campaign (MARTEL-JEANTIN *et al.*, 2001). These three ecotoxic metals could pose waste management problems when processing the ore.

Specific issues and roadmap

Many uncertainties subsist with regard to the issue of technological developments in the deep-sea environment. This situation forces us to make many assumptions about the morphological, geometric, metallogenic and environmental characteristics of potential deposits. In addition, the technology for deep-sea machinery will be different from that considered or designed for other resources. With regard to the possible *in situ* pyrometallurgical or (bio) hydrometallurgical processing that could be theoretically suitable, the limited amount of reference material on the processing of an ore comparable to these crusts raises issues (see, however, GOTO *et al.*, 2010; and the work of AGARWAL *et al.*, 2012, on nodules). Nonetheless, the crusts in French Polynesia could be presented as a representative case study.

For French Polynesia, everything began 30 years ago with a small amount of data acquired during the ZEPOLYF and NODCO campaigns. Given the above remarks, the urgency lies in confirming these previous data, especially the metal content of the polymetallic crusts, and in obtaining better morpho-bathymetric information on the sites of potential interest. Existing methods (hull-mounted multibeam sounders and rock dredging) must be used to perform a bathymetric survey and to take samples of large quantities of crust, as well as samples of the associated fauna. Following a solid sample analysis programme, it could be possible to verify, and maybe even confirm, the geological potential of the sector. Moreover, the existence and extent of certain targets of potential interest could be confirmed with a view to subsequent explorations using tools specially adapted to acquiring high-resolution data of the seafloor. A study of the spatial distribution of the biodiversity will also

begin with these initial samples. It will have a profound effect on the direction of future geological and biological exploration and the evaluation of the resources. This campaign is the top priority.

It could then be followed by research on the geological and biological exploration of other regions in the EEZ. Exploration techniques could be improved, especially using micro-drilling and *in situ* measurements of thicknesses and metal content and, in the longer term, suitable collection systems need to be developed for a pilot operation that could be the first step toward exploiting crusts on a global scale. Industrial exploitation would be conceived through extrapolation, involving choices between different industrial technology options, both in terms of reliability and efficiency and in terms of environmental impact.

Environmental (e.g. impact on ecosystems and waste management) and societal (e.g. social acceptability and concurrent uses) aspects must be integral parts of this research from the start. As a whole, this would be a vast programme that could be incorporated into a European framework or in a “national strategy on deep-sea resources” in accordance with the measures announced during the Interdepartmental Committee of the Sea (CIMER) on 22 October 2015 with regard to “medium- to long-term planning for the exploitation of the ocean floor”, or a more regional framework, with other islands that are highly active in this area, or even with a partner such as Japan that may have an interest in the subject.

Governance issues and tools

The possibility of exploiting the Polynesian seafloor raises the urgent question of the sociopolitical and legal framework in which it would take place. From the outset, two aspects loom large: the legal framework for this type of activity in light of its social and environmental impact and stakeholder participation in preparing and implementing projects. An approach incorporating these two aspects would help identify the means French Polynesia would have to implement to promote mining operations that comply with social and environmental best practices for the field.

This would ultimately require the formulation of a suitable public policy well in advance and overseeing (monitoring and assessing) the ensuing governance of deep-sea mineral resources. In this respect, the matter of the stakeholders involved in the deep-sea mining arena is closely tied to that of governance. Indeed, if we understand governance in its descriptive sense as a method of regulation that emerges from interactions between stakeholders and institutions, whether governmental or non-governmental (LE MEUR, 2011), a definition of the arena of stakeholders directly or indirectly involved in the issue at stake will impact the method of governance.

Allocation of responsibilities for deep-sea mining in French Polynesia

It appears vital to begin by addressing the issue of how responsibilities for deep-sea mineral exploration and exploitation are shared between the French government and French Polynesia (see contribution II-1).

As an overseas political entity (*collectivité*) endowed with autonomy, French Polynesia has primary jurisdiction by virtue of Article 13 of the organic statutory law of 2004, the government and communes being endowed with statutory jurisdiction. With

regard to jurisdiction in the area of mining, it seems that while French Polynesia possesses statutory competence by virtue of Article 47 of the organic statutory law, the French government retains residual jurisdiction for metals considered “strategic”.

Thus, the determination of a clear division between the jurisdictions of France and French Polynesia requires a clear definition of “strategic metals”. However, there is no legal definition or scientific classification for the term “strategic metals”, unless we consider the finding of 14 April 1959, which is of uncertain legal soundness (not being a decree).

The European concept of “critical metals” does not appear to be a convincing option, since while the application of the concept is more or less clear, it is largely irrelevant in terms of legal stability and certainty. This would constitute a change of register, shifting away from a political concept of sovereignty to an economic concept relating to the functioning of the sector based on issues of supply, substitutability and the rate of recycling for the metals. There is of course a European list of critical metals that was published in 2010 and revised in 2014. This document, which is to be revised again in 2017, is intended solely for informational purposes and possesses no legal status.

In all events, the allocation of jurisdiction must be addressed with regard to exploring and exploiting the Polynesian seafloor. As the legislation currently refers to a residual jurisdiction for the French government for “strategic metals” and these having been categorised as “substances needed for atomic energy (helium, uranium, thorium, beryllium, lithium and their composites)” and liquid and gaseous hydrocarbons, it is possible to conclude that in the case of the ores identified in the Polynesian seafloor, the residual jurisdiction of the French government does not apply.

The legal framework for deep-sea mining operations

The review of the legal framework was conducted at several levels: an analysis of positive law (all the applicable rules in a given legal context), an identification of the existing reference bases (including non-legally binding international standards or soft law) and a forward-looking approach. At the outset, a survey of the existing legal constraints concerning the environment and mining was conducted (II-1). Starting with the gaps identified in Polynesian law and the aim of recommending desirable improvements to the positive law (II-3), an inventory of the main relevant foreign and international reference bases and regulatory measures was drawn up (II-2).

Positive law

The study of positive law applicable to French Polynesia with regard to the environment and mining yields two types of standard: those imposed on Polynesian authorities and those adopted by French Polynesia itself.

Among the environmental standards imposed on Polynesian authorities through the hierarchy of standards, the most important is the Environmental Charter of 2004, which has constitutional value.

Some principles laid down by the Constituant have a direct effect on French Polynesia. Such is the case for the right to live in a clean, balanced environment and the duty to participate in protecting the environment, which form the basis for an obligation of environmental vigilance according to the Constitutional Council. This is also the case for the precautionary principle, omnipresent in the context of activities such as exploring and exploiting deep-sea mineral resources since such activities are subject to a number of uncertainties as to their environmental impact, from both the technological (impact of exploration/exploitation techniques) and biological (identifying the existing biodiversity and the impact of sampling on biodiversity) points of view.

Other principles set out in the Charter do not have a direct effect and require that the legislator intervene in order to implement them. To that end, in February 2015 the Council of State stated that as the “country laws” for Polynesia apply to the substantive scope of national law, the Assembly of French Polynesia could be considered as the authority with jurisdiction to implement constitutional provisions through “country laws”. The relevant principles are:

- the duty of prevention, according to which all individuals must prevent any damage that they are likely to cause to the environment or, failing this, must limit the consequences;
- the contribution to repairing the damage that each individual causes to the environment;
- the principles of public information and participation in the decision-making process, the scope of which the Constitutional Council has defined in several decisions.

In addition to the constitutional provisions, international law has defined a number of standards, though there are few international conventions applying to deep-sea mining. The 1982 Convention on the Law of the Sea applies primarily to the spatial and substantive demarcation of national jurisdiction in maritime areas; only the Nouméa convention of 1986 requires that nations take all appropriate measures to prevent, reduce and control any pollution that could result, directly or indirectly, from exploration and exploitation activities on and below the seafloor, with no further clarification. Despite its binding character, however, this convention does

not provide for instruments that would make it possible to penalise nations and territories for violations.

Moreover, it follows that although they do not specifically address the issue of deep-sea mining, all of the international conventions applicable in French Polynesia, particularly the conventions relating to the environment, are designed to have an effect, the first being the 1992 convention on biological diversity.

Existing Polynesian standards that apply to deep-sea mining activities should also be considered. These are primarily found in the Polynesian Mining Code and Environmental Code.

Due to the limited development of mining activities, the Mining Code of French Polynesia is extremely brief. Written in an often imprecise and archaic manner, local regulations seem ill-suited to the specific characteristics of deep-sea mining and contain very few provisions on the environment. Indeed, most of these provisions are focused on determining the legal system that would cover mining claims.

On the other hand, the Environmental Code contains provisions that are likely to affect the legal framework for deep-sea mining. In addition to the legal status of classified installations for the protection of the environment (ICPE), the regulations on natural areas and species stipulate constraints that must be followed by operators. In this regard, it must be emphasised that the somewhat illegible nature of certain regulations, especially those relating to natural species, hinders proper reception - and therefore the optimal effectiveness - of these rules. In addition, the current form of certain provisions on waste seems unsuitable if they are to be applied to deep-sea mining activities. Such is the case for the possibility of submerging platforms and other structures at sea.

Foreign and international reference bases and regulatory instruments

In addition to binding reference standards, thinking on the enactment of regulations tailored to the particular characteristics of deep-sea mining activities may draw on references to existing regulatory instruments in this area:

- international standards laid down by the International Seabed Authority (ISA) as part of its power to regulate the activity in international zones, comprising seabeds located outside of national jurisdictions;
- instruments that are part of soft law and take the form of recommendations or guides to best practices;
- laws passed by other nations for comparative purposes.

One particularly useful tool is the code for mining operations written by the ISA; it includes a detailed set of rules, recommendations and procedures enacted to regulate the prospecting, exploration and exploitation of marine minerals in international

seabed areas. These could serve as a reference base when writing regulations. This is also the case for the framework project for regulations on deep-sea mining exploration enacted by the ISA in March 2015 (ISA, 2015). Other instruments could prove relevant, such as the regional legislative and regulatory framework enacted in 2012 by SOPAC (the GeoScience Division of the Secretariat of the Pacific Community) or the code for managing deep-sea mining issued by the International Marine Minerals Society (IMMS) in 2010.

Lastly, a small number of existing national laws could provide useful information, such as the Seabed Minerals Act of the Cook Islands from 2009 or that of the Kingdom of the Tongas from 2014. The Cook Islands took a forward-looking approach and established discussions and an original political framework, both in terms of instruments (most notably with the creation of an authority for managing and regulating deep-sea mining) and of defining an approach to promote the development of its assets (launching a call for tenders to obtain exploration permits).

Possible changes to the legal framework

While the allocation of jurisdiction between France and French Polynesia attracts attention due to its political aspect, it is not in this field that the most decisive legal changes will take place with regard to exploiting marine mineral resources, but rather in the area of higher-order standards imposed on French Polynesia in the exercise of its mining jurisdiction. Just as they required modifications to the French national mining code, the requirements set out by the Environmental Charter require modifications to the Polynesian mining code, including specific developments relating to underwater activities. With so little known about the environmental impact of these deep-sea mining activities, it seems that it would be reasonable to apply the constitutional principles of prevention and precaution set out in the Environmental Charter much more strictly than for onshore mining activities, so long as a balance can be struck that would avoid blocking development of the activity altogether.

Besides this imperative, the creation of a framework that appeals to economic operators is undoubtedly one of the main reasons for updating the Polynesian mining code. Firstly, an attractive framework requires the implementation of taxation specially adapted to the nature, extent, duration and hazardous character of mining projects and, secondly, predictable and stable regulations. Lastly, given the experimental nature of deep-sea mining activities, a reform of Polynesian mining law should be guided by the principles laid down at international level by the ISA, by feedback from several pilot projects currently in place and by the instruments put in place in neighbouring countries (e.g. Cook Islands and Tonga), while incorporating the best practices developed in the offshore industry and following the (still somewhat weak) regulations they must abide by.

Participation

A relatively new subject - the issue of exploiting deep-sea mineral resources - is just beginning to emerge as part of the public debate. As a result, the reactions of stakeholders affected by the issue can only be analysed prospectively. It should be noted, however, that since 2004 the Environmental Charter includes the right for the public to be informed and involved in the body of constitutional rules applicable in French Polynesia.

Although deep-sea mining takes place far from the coasts, making it more difficult to determine the “scope of the public” affected, this does not make the issue of social acceptability any less challenging, the dual continuum of land/sea and culture/nature being so important in French Polynesia. In this context, stakeholder involvement, understood as the participation of players in a public initiative or a development project, is crucial (see contributions II-4, II-5 and IV-3).

Consideration of this issue is intended to help outline the participatory governance for deep-sea mining in which prior, free and informed consent (PFIC) plays a central role, as it leads to a system based not on consultation but on consent, which must be expressed before a decision can be made. Moreover, it is clear that this instrument must be adaptive and devised for the long term. For this to come about, it must be subject to regular monitoring and re-evaluation measures as part of an ongoing, interactive process.

Identifying stakeholders

First, a stakeholder map must be created (MASON *et al.*, 2010) to identify the groups affected in a broad sense; then the concerns of different groups will be targeted and information requirements anticipated. One important way of minimising the number of debates is to identify and evaluate pre-existing arenas for debate, in order to mobilise them as part of the project.

Given that the areas of potential interest for deep-sea mining are located in the open oceans, the number of stakeholders affected will necessarily be smaller than for onshore mining. Nonetheless, in the context of a democratic society, of increasing institutionalisation of heritage (of nature in particular) extending beyond a circle of directly affected stakeholders, of the increasing dissemination of information through communication networks, and of the specific nature-culture relationships in Polynesia, it is likely that these stakeholders, or their representatives, will express specific concerns and expectations. They must therefore be identified. Setting aside civil society and various public authorities, fishing remains a key issue, because the waters that contain a potential wealth of mineral resources are also said to possess a significant amount of biodiversity. Longline fishing is therefore the most affected, though other forms are also concerned. Coastal, and even lagoon,

fishing could be affected and it is therefore worthwhile considering the concerns of all stakeholders in the fishing sector.

Other activities can also be identified, such as tourism. Mining activities might lead to degradation in water quality (suspended particles) and in aesthetics (structures built for exploitation) at a time when nautical tourism (unlike onshore tourism) is booming in French Polynesia. Lastly, the shipping and cruise sectors (another form of tourism) might also be affected by deep-sea mining projects. It should also be noted that the scientific value of these areas is demonstrated by the large number of research organisations present there.

Environmental issues, and the associated stakeholders and tools, will be subject to specific focus in the debate likely to arise over mining. French Polynesia contains 32 protected and/or managed natural areas, on 15 of the islands in the Society, Tuamotu and Marquesas archipelagos. These include various marine or marine/terrestrial reserves and a diverse array of projects at various stages, which could all have an impact on the exploration and exploitation of deep-sea mineral resources and *vice versa*. This general issue also applies differently to different locations, depending on the particular cultural or ecological conditions of the Polynesian archipelagos and their vulnerability, as well as on existing environmental initiatives: the creation of an extensive marine protected area in the Austral Islands, classifying the Marquesas as a UNESCO World Heritage site, establishing the biosphere reserve in Tuamotu (Fakarava), among others.

Methodology

In order to truly understand how deep-sea mining activities are perceived, it is necessary to implement fora at various levels: for the country, affected archipelago or the more localised area surrounding the planned sites.

The information provided must furthermore be seen as independent and transparent and render residents more capable of forming an opinion on the project. For this, it is necessary to present a non-technical summary of current scientific knowledge, as well as any gaps in the science. This summary, which should go beyond the usual environmental and social impact studies (EIS/SIS), must be accompanied by technical information on the procedures for exploration and exploitation. This information should be contextualised in order to provide the best possible basis for an interactive, back-and-forth discussion.

French Polynesia contains a number of maritime areas that are currently protected or that are in the process of becoming so. Thus, it seems that the existing and planned protected areas should certainly be taken into consideration when determining which areas are likely to be the site of deep-sea mining activities. Such is the case for the marine protected area of the Tuamotus (UNESCO Commune of Fakarava

Biosphere Reserve), for which an extension is currently under discussion; any activity that threatens biodiversity and its associated landscapes there is strictly prohibited. Thus, while exploration activities could be conducted there, an exploitation project could not. Another case worth mentioning is the project for a protected marine area in the Marquesas Islands, whose current objectives are incompatible with mineral exploitation. This would also be the case for the planned marine protected area in the Australs.

The time factor

The time factor plays a vital role when organising participation in a mining development project and, more broadly, in implementing public policy in this area (see ADAM, 1998; KIRSCH, 2014). It can be broken down into several forms:

- anticipation: it has been shown that the earlier participation takes place, the more influence it has on the decision. This is why it is extremely important to provide mechanisms for participation, bearing in mind that the debate may not necessarily take place in the areas envisioned by public authorities. A major advantage for French Polynesia is the fact that it is considering the impact of developing deep-sea mining projects well in advance, before any permit for exploration or prospecting has been issued or even applied for;
- adaptability: a mining project takes place over a long period of time, so the issues, risks and benefits will vary over time. The key moments where it is necessary to involve stakeholders must be identified, while taking into account technological developments that might require the project to be re-evaluated;
- the assimilation period: this involves reformulating in the various arenas, making it possible for the stakeholders to take ownership of the project;
- relaying information: this must be performed by legitimate third parties so that the information is disseminated as widely as possible;
- closing the debate: this is necessary to prevent reopening cases for “tactical” reasons; the interactive process must be continued, however, particularly to ensure that people can still express themselves as time goes on.

Governance issues and mechanisms

The aim is to create a tailored mining policy and to support forms of regulation gradually implemented through the array of actors and institutions (see II-6 and IV-4).

Issues: imbalances and asymmetries, transparency and conflicts of interest

The situation created by major mining development in a small country is characterised by risks of imbalance and dependence:

- the flows of financial and material resources enabled by a mining project are considerable and are capable of generating various active capture strategies;
- the technology brought in for a mining project is often imported and not well understood by local bodies, and this understanding (or lack thereof) is another factor that results in an imbalance;
- the influx of resources generated by a mining project is often accompanied by a certain absence of norms and therefore a high level of uncertainty concerning the “rules of the game”.

Re-establishing a balance in relations in terms of bargaining power requires an anticipatory strategy: the necessary skills must be developed prior to any project so that the authorities involved are able to respond effectively when a permit application is submitted.

The ability to anticipate must be accompanied by a policy of transparency. The dissemination of (clear and accessible) information and consultation with/participation of local populations must be organised early on, we have observed, in order to avoid presenting the affected individuals with an actual or perceived *fait accompli*. This political necessity – transparency – must work against any tendency towards concealment, which generates suspicion (LARMOUR, 2012) and mistrust that are quite difficult to combat once they have taken root. In French Polynesia, however, this tendency is firmly entrenched, as a result of the secretive policy that surrounded the nuclear undertakings of the French military. This legacy weighs heavily and the slate has not yet been wiped clean.

Transparency is also needed to identify and settle conflicts of interest. This issue requires careful attention, as the biases that could arise are strong and hard to rectify, including various forms of corruption, which can be rooted in culturally accepted practices or in a specific culture of corruption. Conflicts of interest can take many forms. The major categories can be identified based on contradictions between functions, such as evaluators and operators or regulators and shareholders. Resolving functional conflicts involves designing, implementing and monitoring a whole set of administrative procedures, sectoral distinctions, judicial measures – *in fine* policy decisions combined with mechanisms of accountability.

Necessary capabilities

Different initiatives could be developed to meet the needs in terms of mine-related capabilities (see III-5).

- **Develop a mining department** within the Polynesian government, most notably to implement a strategy for awarding and monitoring mining permits.
- **Create a resource agency.** Given the cross-functionality of the issues to be addressed (awarding permits, managing environmental issues, combating ocean pollution, informing residents and holding discussions with stakeholders), a resources agency with authority over all these fields overlap should be created.
- **Work more closely with the Cook Islands:** in the interest of pooling resources (including equipment for ocean exploration) and mining-related capabilities, it would be wise to work more closely with the Cook Islands, which have signalled their intentions for marine mineral resources, or with the Secretariat of the Pacific Community (SPC).
- **Create a joint research unit:** a structure that is more focused on research, especially with regard to exploring and evaluating the resource, the impact on ecosystems and the sociocultural aspects. This could be a joint research unit (JRU) making it possible for several different organisations to work together.
- **Create a public interest group:** a semi-public structure focusing on preparations for exploiting the resource while calling for and encouraging greater involvement from the mining industry. It would also be responsible for preparing and funding the projects for data collection and processing, infrastructure, ore processing and social acceptability. Ideally, this structure would be a public interest group (PIG), that leads to the implementation of a genuine public-private partnership and that could eventually become an economic interest group (EIG).

Governance mechanisms: addressing the idea of a mining authority

Given the governance issues (participation, transparency, conflicts of interest and accountability) listed above, a study of the topic should explore the possibility for a mining authority. This authority could be made responsible for regulating the deep-sea and onshore mining sectors (permits, impact studies, etc.) and/or consider preparing a mining strategy for French Polynesia. In this context, it would be helpful to imagine possible overlaps between sectoral policy and cross-cutting or territorial issues (the ocean and the environment). Work on setting up this type of institution must take place as part of a forward-looking policy for the actual launch of deep-sea mining activities, whether from the perspective of strategic directions for the country, developing skills and expertise or the regulatory framework.

The work could cover several aspects: roles, legal forms, relationships with other administrative entities, human, material or budgetary resources, duties, powers, or evaluation indicators.

For comparison, the Cook Islands and the Kingdom of Tonga have implemented this kind of authority as part of their regulatory framework for deep-sea mining. Upon closer inspection, however, it seems that these are in fact agencies reporting to the government, whose real autonomy vis-à-vis public authorities is unclear. To achieve real autonomy, the most appropriate legal form seems to be an independent administrative authority (possible through a country law), insofar as the goal of this type of authority is to separate the decision process from the executive branch in sensitive sectors, particularly economically sensitive ones.

At the same time, it is necessary to find a way for this independent authority to work effectively with the participatory procedures.

Formulating a deep-sea mining policy and monitoring and evaluation issues

Setting aside the issue of the institutional form of the political, administrative and legal mechanisms needed to ensure that a potential deep-sea mining activity is received appropriately, the problem must be posed in terms of public policy. The issue of monitoring and evaluation is crucial in this area and its effectiveness depends on the existence of a clearly defined political strategy.

One of the main problems for evaluating and monitoring the environmental impact of marine exploitation is identifying at which scales – vertical and/or horizontal – ecological processes may be impacted. Only a strategy for knowledge acquisition with spatial priorities and covering all the biological compartments of the water column would make it possible to identify the relevant scale to be employed in environmental impact studies and monitoring.

The environmental issues and impact of deep-sea mining activities are not solely ecological; they are also social and cultural, due to the Polynesian understanding of a nature/culture continuum. As such, they are not localised at the areas being mined, but instead extend spatially across distances that are sometimes quite vast. They are closely linked to the question of use and representations of the marine area. Monitoring and evaluating the changes brought about by deep-sea mining activities must therefore be socio-environmental in nature, and the impact studies should be designed with sustainable development (contribution IV-4) and sustainability in mind.

The issue of monitoring and evaluation also leads back to issues of participation and consent. It would be a mistake to perceive prior, free and informed consent (PFIC) as a transaction that happens once at the beginning of the project, settling the issue of consent from potentially affected populations for good. Implementing the concept of PFIC can be problematic and it must be thought of as a political and moral instrument that incorporates the stakeholders into a set of rights and

obligations. These must be clarified, but they can also be re-evaluated based on events that change the landscape to an extent recognised by all the parties (in accordance with defined procedures). The ability and opportunity to express opinions (including dissenting voices) must be assured for the long term. At a minimum, obligations of transparency, extensive reporting on social, economic, environmental and governance outcomes, and a mechanism for settling conflicts must be provided for. In other words, prior, free and informed consent (PFIC) is not merely a necessary preliminary step but instead a process to be actively maintained throughout the project. As such, it is a part of the monitoring and evaluation mechanisms.

Issues involved in a policy for developing deep-sea mineral resources in French Polynesia

Our conclusion is organised according to four clearly articulated proposals:

- highlight the world-class potential of polymetallic crusts in the French Polynesian EEZ;
- mention the specific risks their exploitation would involve;
- emphasise the need to deepen knowledge, which currently is insufficient;
- recommend the formulation and implementation of a policy for developing this potential.

The implications for the recommendations are discussed in their own section. In this conclusion we focus specifically on the public policy issues raised by the possible development of an industry to exploit deep-sea mineral resources in French Polynesia.

Optimal timing: prior to any action

The situation is ideal in French Polynesia, in that no deep-sea mining is currently taking place and no exploration permits have been granted. This means there is time to work on an original policy, tailored to the realities in the country and including participation from residents. Taking into account cultural practices and social representations of the environment where the resource is found will help further understanding and anticipate reactions of the affected populations.

In terms of the regulatory framework, the bulk of the work remains to be completed, including devising the types of legal and administrative instruments used to regulate an emerging deep-sea mining activity. A mineral development strategy must be set out in such a way as to unite all stakeholders. The strategy document must make multi-year commitments on the part of public authorities. The ability to anticipate is essential, because this has the potential to be a very extensive sector of activity involving international companies. There is a significant risk that the Polynesian

government could be overwhelmed by the expert capabilities (technical, economic or even legal) of its partners or by the scope of the issues (particularly in politics and economics). Hence the importance of instituting safeguards and, before the first exploration permit is even applied for, showing the ability to anticipate by defining a public policy line, implementing suitable administrative and legal instruments and strengthening (or developing) the necessary skills and expertise.

At the same time, it is necessary to anticipate the establishment of participatory and democratic governance that brings together neighbouring populations, municipalities, civil society organisations, research institutions, experts, etc. This sort of dynamic would boost responsiveness on the part of the populations affected by mining projects when faced with investors who have a very different timeframe for their operations, and public officials who have other priorities, such as elections.

The challenging issues of timeframes and diverse risks

The possible launch of deep-sea mining in French Polynesia would set in motion a complex set of timeframes and generate specific risks and uncertainties.

Mining projects take place over long periods of time, including the highly uncertain exploration period (only a small fraction of mining projects ever get past this phase) and result in massive flows of resources and players over several decades of operations and post-operational work. This time period is taken into account economically and, to that end, the issue of investment costs for exploration is particularly relevant.

This aspect brings us back to the exploration period and the time for acquiring, processing and making use of the necessary data, i.e. the period for conducting the scientific campaigns.

These business and scientific timeframes are confronted with ecosystems where events occur at an entirely different pace. Polymetallic crusts are found in habitats that are still not well understood; these are open, connected to their surroundings and also highly specialised. These habitats take a long time to establish themselves, so their resilience is likely quite low and the speed at which they regenerate after being disturbed or partially destroyed is certainly quite slow.

Institutional and policy changes take place in a variety of time periods: the relatively short term of electoral mandates, the sometimes rapid pace of transfers of power, the longer term of political networks, and the inertia of regulatory frameworks.

Finally, the Polynesian people have inherited a long cultural past and a collective historical memory; at the same time, they are preoccupied with daily necessities

and concerns for future generations. This means that each social actor operates in several different timeframes at once.

These societal, ecological, political and industrial timeframes are not only diverse, and sometimes even contradictory; they are also subject to a number of uncertainties, ranging from risks that are more or less quantified to absolute unknowns (ADAM, 1998; DUPUY, 2002). The lack of knowledge cuts across all stakeholder groups involved in the potential mining arena. However the consequences and impacts of the decisions and actions to be taken are not the same for all.

This situation requires caution: this does not mean inaction, but rather the implementation of the principles of precaution, deliberation and accountability.

The need for an explicit, tailored public policy

This expert review contains a survey of existing knowledge in the field of deep-sea mineral resources in the Polynesian context. This survey, which includes an identification of uncertainties, is broad as it encompasses geological, technological, economic, social, legal, ecological and geographic knowledge. A comparison of all this information made it possible to identify prospects, gaps and uncertainties. This ultimately involves proposing a series of conclusions and recommendations that could provide the basis for a set of guidelines and, more broadly, a public policy for the topic.

The mining sector, with its very long time periods (it takes several decades to implement a mining operation) presents a challenge for politics, with its different agendas and timeframes. It requires a long-term vision and consistent actions, involving a large number of stakeholders whose interests, expectations and understanding can vary considerably. Moreover, the linear view of public policies, progressing from design to implementation to evaluation, rarely corresponds to reality. Public policies often serve as an *a posteriori* legitimisation of an action rather than a guide, and the issue of evaluation is often overlooked, particularly in France, and by extension in its overseas territories. Here we have an opportunity to formulate a policy using an explicit strategy and involving the implementation of sectoral policy measures prior to undertaking any action.

The process of implementing this policy must take place in several stages, with an emphasis on deepening knowledge, particularly during data acquisition campaigns (see the proposal for an exploration campaign in III-2). These are necessary for confirming whether there is socio-economic value and, if there is, for developing balanced partnerships with the private sector. This balance does not come about automatically and public power plays a decisive role.

The first stage would focus on increasing knowledge: efforts to identify the potential of polymetallic crusts (and perhaps the areas with polymetallic nodules) must be intensified to find one or more areas of significant interest (crusts of 10 cm or more, average cobalt of at least 1%, carbonate substrate and low slope). Then, it will be necessary to perform laboratory tests to recover the maximum amount of metal or even carry out a pilot test to obtain initial indications of the possible costs of processing the ore. At the same time, the surrounding habitats must be explored and their functioning understood in order to determine the best strategies for limiting the effects of any future exploitation (or for deciding not to mine an area if the expected effects seem too destructive). Lastly, the cultural representations and social uses of the ocean must be further studied.

This information will be used to create more precisely documented scenarios than the ones set out here. These scenarios will need to take into account the markets for the different metals (cobalt, copper, nickel, manganese, titanium, platinum, etc.) and consolidate the economic hypotheses. Scenarios relating to industry options, stakeholder participation and socio-environmental issues will round out the list of economic scenarios.

Finally, based on the information acquired and the scenarios developed, policy decisions can be made, first with regard to whether or not to formulate a deep-sea mining policy, and at the same time addressing how this choice will be made: the institutional and legal framework, methods for involving residents, political and administrative instruments, administrative, legal and technical skills, etc.

The monitoring and evaluation will make it possible to adjust these as needed. Mobilising scientific, technical and civil expertise, will enhance this public policy instrument based on the principle of political and ethical accountability (JONAS, 1995).

Selective bibliography

ADAM B., 1998 – *Timescapes of Modernity: The Environment and Invisible Hazards*. New York, Routledge.

AGARWAL B., HU P., PLACIDI M., SANTO H., ZHOU J. J., 2012 – Feasibility Study on Manganese Nodules Recovery in the Clarion-Clipperton Zone. *The LRET Collegium 2012 Series*, vol. 2, University of Southampton.

AIFM, 2015 – *Draft Framework for the Regulations of Exploitation Activities*. International Seabed Authority 14-20 Port Royal Street Kingston Jamaica. <https://www.isa.org.jm/fr/node/16821>.

AL WARDI S., REGNAULT J.-F., 2011 – *Tahiti en crise durable. Un lourd héritage*. Papeete, Les éditions de Tahiti.

AUTORITÉ DES MARCHÉS FINANCIERS DU QUÉBEC, 2011 – Règlement 43-101 sur l'information concernant les projets miniers - Loi sur les valeurs mobilières (L.R.Q., c. V-1.1, a. 331.1) - www.lautorite.qc.ca/files/pdf/reglementation/valeurs-mobilieres/43-101/2011-06-30/2011juin30-43-101-vofficielle-fr.pdf.

BAMBRIDGE T., 2009 – *La terre dans l'archipel des îles Australes. Étude du pluralisme juridique et culturel en matière foncière*. IRD Éditions et Aux Vents des îles.

BATKER D., SCHMIDT R., 2015 – *Environmental and Social Benchmarking Analysis of the Nautilus Minerals Inc. Solwara-1 Project*.

BONNEVILLE A., 2002 – Dépôts à partir de l'eau de mer : croûtes cobaltifères et platinifères. *Les techniques de l'industrie minière*, 17, septembre.

BONNEVILLE A., SICHOUX L., 1998 – Topographie des fonds océaniques de la Polynésie française : synthèse et analyse. *Géologie de la France*, 3.

BOUCHET P., HEROS V., LOZOUET P., MAESTRATI P., 2008 – A quarter-century of deep-sea malacological exploration in the South and West Pacific: Where do we stand? How far to go? *Mémoires du Muséum national d'histoire naturelle*, 196 : 9-40.

BOUGAULT H., SAGET P. 2011 – Les encroûtements cobaltifères de Polynésie française. *Mines et Carrières*, 6, Industrie minière, 185 (hors série) : 70-85.

BRIDGE G., 2014 – Resource Geographies II: The Resource-State Nexus. *Progress in Human Geography*, 38 (1) : 118-130.

CHAUVEAU J.-P., JACOB J.-P., LE MEUR P.-Y. (éd.), 2004 – *Gouverner les hommes et les ressources. Dynamiques de la frontière interne*. Cahier thématique *Autrepart*, 30.

CHRISTMANN P., AUDION A. S., BARTHÉLÉMY F., VARET J., 2012 – Vers une gouvernance des ressources minérales, *Géosciences*, 15.

COUHARDE C., GERONIMI V., MAÎTRE D'HÔTEL E., TARANCO A., 2010 – Les enjeux liés à la mesure du capital naturel : l'exemple de la Nouvelle-Calédonie. *European Journal of Development Research*, 23 : 151-173.

COUHARDE C., GERONIMI V., MAÎTRE D'HÔTEL E., TARANCO A., 2011 – Vulnérabilité et développement soutenable en Nouvelle-Calédonie. *Mondes en développement*, 39 (2) : 154.

D'ARCY P., 2006 – *The People of the Sea. Environment, Identity, and History in Oceania*. Honolulu, University of Hawai'i Press.

DALY H. E., 1990 – Towards Some Operational Principles of Sustainable Development. *Ecological Economics*, 2 (1) : 1-6.

DECOUDRAS J.-M., LAPLACE D., TESSON F., 2005 – Makatea, atoll oublié des Tuamotu (Polynésie française) : de la friche industrielle au développement local par le tourisme. *Cahier d'Outre-Mer*, 230 : 189-214.

DUPUY J.-P., 2002 – *Pour un catastrophisme éclairé. Quand l'impossible est certain*. Paris, Seuil.

DYMENT J., LALLIER F., LE BRIS N., ROUXEL O., SARRADIN P.-M., LAMARE S., COUMERT C., MORINEAUX M., TOUROLLE J. (coord.), 2014 – *Les impacts environnementaux de l'exploitation des ressources minérales marines profondes*. Expertise scientifique collective, CNRS-Ifrémer.

ECORYS, 2014 – *Study to investigate the state of knowledge of deep-sea mining*. Final Report for the European Commission, Rotterdam/Brussels.

EGGERT R. G., 2010 – *Mineral exploration and development: risk and reward*. International Conference on Mining, "Staking a Claim for Cambodia," Phnom Penh, Cambodia, 26-27 May 2010.

FILER C., LE MEUR P.-Y. (eds), *in press* – *Local-level politics and large-scale mining in Papua New Guinea and New Caledonia*. Canberra, ANU Press.

FMI, 2012 – *Régimes fiscaux des industries extractives : conception et application*. Préparé par le Département des finances publiques, approuvé par Carlo Cottarelli, 15 août.

FOUQUET Y., 2013 – Les ressources minérales marines. État des connaissances sur l'importance des dépôts. *Annales des Mines, Responsabilité et environnement*, 70.

FOUQUET Y., LACROIX D., 2012 – *Les ressources minérales marines profondes : étude prospective à l'horizon 2030*. Versailles, éditions Quae.

GERONIMI V., 2015 – « Développement soutenable et vulnérabilités. Les contraintes spécifiques au développement durable dans les petites îles ». In Blaise S. et al. (dir.) : *Le développement durable en Océanie, vers une éthique nouvelle ?* Presses universitaires de Provence, coll. Espace et développement durable.

GIRAUD P.-N., LOYER D., 2006 – *Capital naturel et développement durable en Afrique*. Paris, AFD, Document de travail, 33.

GOTO K., YAMAZAKI T., NAKATANI N., ARAI R., 2010 – Preliminary Economic Feasibility Analysis Of Cobalt-Rich Manganese Crust Mining For Rare Metal Recovery. *Proceedings of the ASME 2010, 29th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering* June 6-11, 2010, Shanghai, China.

HAU'OFA E., 1993 – « Our Sea of Islands ». In Hau'ofa E. et al. (eds) : *A New Oceania: Rediscovering our Sea of Islands*, Suva, University of the South Pacific, in association with Beake House.

HEIN J. R., MIZELL K., KOSCHINSKY A., CONRAD T. A., 2013 – Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high- and green-technology applications: comparison with land-based resources. *Ore Geol. Rev.*, 51 : 1-14.

HEIN J., SPINARDI F., OKAMOTO N., MIZELL K., THORBURN D., TAWAKE A., 2015 – Critical metals in manganese nodules from the Cook Islands EEZ, abundances and distributions. *Ore Geology Reviews*, 68 : 97-116.

JASANOFF S., 2012 – *Science and Public Reason (collected essays with new Introduction and Afterword)*. Abingdon, Oxon, Routledge-Earthscan.

JÉBRAK M., 2015 – *Quels métaux pour demain ? Les enjeux des ressources minérales*. Paris, Dunod.

JONAS H., 1995 – *Le principe responsabilité*. Paris, Flammarion [édition allemande 1979].

KATO Y., FUJINAGA K., NAKAMURA K., TAKAYA Y., KITAMURA K., OHTA J., TODA R., NAKASHIMA, IWAMORI T. et H., 2011 – Deep-sea mud in the Pacific Ocean as a potential resource for rare-earth elements. *Nature Geoscience*, 4 : 535-539.

KIRSCH S., 2014 – *Mining capitalism. The relationships between corporations and their critic*. Oakland, University of California Press.

LANIER L., ALLOUCHE G., 1996 – *Rapport d'information fait à la suite d'une mission effectuée en Polynésie française du 14 au 28 janvier 1996*. Sénat de la République française. http://www.senat.fr/rap/r95-215/r95-215_mono.html.

LARMOUR P., 2012 – *Interpreting Corruption: Culture and Politics in the Pacific Islands*. Honolulu, University of Hawaii Press.

LASCOUMES P., 2002 – L'expertise, de la recherche d'une action rationnelle à la démocratisation des connaissances et des choix. *Revue française d'administration publique*, 103 (3) : 369-377.

LE MEUR P.-Y., 2011 – *Anthropologie politique de la gouvernance. Acteurs, ressources, dispositifs*. Sarrebruck, Éditions universitaires européennes.

LOUDAT T. A., ZAIGER K. K., WILTSHIRE J. C., 1995 – Solution mining of Johnston Island manganese crusts: an economic evaluation, *Oceans'95. MTS/IEEE. Challenges of Our Changing Global Environment*. Conference Proceedings, 2 : 713-722.

MARTEL-JEANTIN B., LAMOUILLE B., BOUGAULT H., LE SUAVÉ R., FOUQUET Y., BONNEVILLE A., TROLY G., 2001 – *Évaluation stratégique et prospective préliminaire des encroûtements polymétalliques sous-marins de la ZEE de la Polynésie française*. Rapport confidentiel BRGM/RP-50842-FR.

MASON C., PAXTON G., PARR J., BOUGHEN N., 2010 – Charting the territory: exploring stakeholder reactions to the prospect of seafloor exploration and mining in Australia. *Marine Policy*, 34 (6) : 1374-1380.

MAWYER A., *forthcoming* – *The Maladie du Secret: Witnessing the Nuclear State in French Polynesia*.

MITCHELL T., 2011 – *Carbon Democracy. Political Power in the Age of Oil*. London-New York, Verso.

OVERTON J., PRINSEN G., MURRAY W. E., WRIGHTON N., 2012 – Reversing the Tide of Aid: Investigating Development Policy Sovereignty in the Pacific. *Journal de la société des océanistes*, 135 (2) : 229-242.

OWEN J. R., KEMP D., 2013 – Social licence and mining: a critical perspective. *Resources Policy*, 38 : 29-35.

PICHOCKI C., HOFFERT M., 1987 – Characteristics of Co-rich ferromanganese nodules and crusts sampled in French Polynesia. *Marine geology*, 77 (1) : 109-119.

POIRINE B., 1994 – Rent, Emigration and unemployment in Small Island: The Mirab Model and the French Overseas Departments and Territories. *World Development*, 22 (12).

SAMADI S., SCHLACHER T., DE FORGES B. R., 2007 – « Seamount Benthos ». In Pitcher T. J. et al. (eds) : *Seamounts: Ecology, Conservation and Management*, Fish and Aquatic Resources Series, Blackwell, Oxford (UK) : 119-140.

SAURA B., 2009 – *Tahiti Ma'ohi. Culture, religion et nationalisme en Polynésie française*. Papeete, Au vent des îles.

SCHLACHER T. A., BACO A. R., ROWDEN A. A., O'HARA T. D., CLARK M. R., KELLEY C., DOWER J. F., 2014 – Seamount benthos in a cobalt-rich crust region of the central Pacific: conservation challenges for future seabed mining. *Diversity and distributions*, 20 (5) : 491-502.

SHANK T. M., 2010 – Seamounts: deep-ocean laboratories of faunal connectivity, evolution, and endemism. *Oceanography*, 23 (1) : 108-122.

STRANG V., 1997 – *Uncommon Ground: Cultural Landscapes and Environmental Values*. Oxford, Berg.

SZABLOWSKI D., 2010 – Operationalizing free, prior, and informed consent in the extractive industry sector? Examining the challenges of a negotiated model of justice. *Canadian Journal of Development Studies*, 30 (1-2) : 111-130.

TAYLOR C., 1994 – « La politique de reconnaissance ». In Gutmann A. (éd.) : *Multiculturalisme, différence et démocratie*, Paris, Flammarion : 41-99. [édition américaine 1992].

THROSBY D., 2002 – « Cultural capital and Sustainability concepts in the economics of cultural heritage ». In de la Torre M. (ed.) : *Assessing the Values of Cultural Heritage*, Los Angeles, Getty Conservation Institute.

YAMAZAKI T., PARK S.-H., SHIMADA S., YAMAMOTO T., 2002 – Development of Technical and Economical Examination Method for Cobalt-Rich Manganese Crusts. *Proceedings of The Twelfth (2002) International Offshore and Polar Engineering Conference*, Kitakyushu, May 26-31, Japan.

Appendices

Members of the College of experts

Name	Discipline	Institution	Country
Nicholas ARNDT	Geochemistry, economic exploitation of the resource	Grenoble Alpes University	France Canada South Africa
Tamatoa BAMBRIDGE	Legal anthropology, pluralism, marine/land tenure	CNRS, USR Criobe, Moorea	French Polynesia
Patrice CHRISTMANN	Geologie, strategy of mineral resources	BRGM, strategy Department, Orléans	Metropolitan France
Pierre COCHONAT	Marine geosciences, deep-sea explorations, mineral and énergy resources	formerly of Ifremer, Paris	Metropolitan France
Carine DAVID	Public law, environmental law, legal pluralism	New Caledonia University, Nouméa	New Caledonia
Christian JOST	Geographie of the environment, risks, impacts	French Polynesia University, Papeete	French Polynesia
Vincent GERONIMI	Development economics raw materials	Université de Versailles St-Quentin	Metropolitan France
Pierre-Yves LE MEUR	Political anthropology, governance of resources and environment	IRD, UMR Gred, Nouméa	New Caledonia
Sarah SAMADI	Biology, evolution, fauna of sea-monts	Muséum national d'histoire naturelle, Paris	Metropolitan France
Antonino TROIANIELLO	Public law, economic law, raw material reglementation	French Polynesia University, Papeete	French Polynesia

Description of the Monitoring Committee

The goal of the Monitoring Committee of the expert group review is to regularly monitor the progress of the work by the college of experts, to inform it on any potential comments based on the report from the president of the college and the session documents prepared by the IRD Service of innovation, expertise and valorization, and, lastly, to prepare the proper appropriation of the conclusions and recommendations submitted by the college of experts.

Set up by the sponsors, the Monitoring Committee met four times:

- on 22 January 2015 after the first meeting of the college of experts held at the Representation of IRD, at Arue, Tahiti;
- on 7 July 2015, in videoconference after the second meeting of the college held in Paris;
- on 18 September 2015 after the third meeting held at the representation of IRD at Arue, Tahiti;
- lastly, on 23 November 2015, in videoconference, after IRD provided the preliminary report to the sponsors.

Order of the Expert group review



LA POLYNÉSIE FRANÇAISE



Liberté • Égalité • Fraternité

REPUBLIQUE FRANÇAISE

HAUT-COMMISSARIAT
DE LA RÉPUBLIQUE
EN POLYNÉSIE FRANÇAISE

CONTRAT DE PROJETS 2008-2014

CONVENTION D'APPLICATION N° **016 15** du 27 JAN. 2015

Entre l'Etat, la Polynésie française et l'Institut de recherche pour le développement
finançant le projet « Expertise collégiale internationale sur les ressources minérales
sub-océaniques en Polynésie française »

au titre de l'action 2.2 « Encourager des thématiques de recherches pour un meilleur
développement économique de la Polynésie française »

dans le cadre de la convention d'exécution relative au volet
« enseignement supérieur et recherche ».

Programmation 2014

- Vu la loi organique n° 2001-692 du 1^{er} août 2001 relative aux lois de finances ;
- Vu la loi organique n° 2004-192 du 27 février 2004 modifiée, portant statut d'autonomie de la Polynésie française, ensemble la loi n° 2004-193 du 27 février 2004 complétant le statut d'autonomie de la Polynésie française ;
- Vu la loi n° 2013-1278 du 29 décembre 2013 de finances pour 2014 ;
- Vu le décret n° 82-1068 du 15 décembre 1982 modifié relatif à la déconcentration du contrôle financier sur les dépenses d'investissements civils de l'Etat dans les territoires d'outre-mer ;
- Vu le décret n° 99-1060 du 16 décembre 1999 relatif aux subventions de l'Etat pour des projets d'investissement, auquel il est fait référence à l'article 9.6 du contrat de projets, modifié ;
- Vu le contrat de projets 2008-2014 signé entre l'Etat et la Polynésie française le 27 mai 2008 modifié ;

VISÉ : CDE Page 1 sur 7

This list of initial questions below, validated by the sponsors, is the result of a preparatory work conducted during the Initial Workshop that was held on 3 and 4 July 2014, at Papeete.

Wording of the question	
Axis I La ressource et ses dimensions économiques	
I.1	What do we know about potential geological resources of French Polynesia? For what proportion of the French Polynesia EEZ do we have sufficient knowledge on resources (inferred, indicated, measured)? On the basis of current knowledge, where are located the mineral resources that could be mined over a 15 20-year timeframe? How accurately?
I.2	What additional potential would bring an extension of the EEZ?
I.3	What is the <i>in situ</i> economic potential of deep-sea mineral resources in FP? (possibilities hierarchy)
I.4	What are the plausible economic opportunities in the ore mining sector in FP, comparing to the global market?
I.5	What information or lessons can be learnt from existing advanced exploration projects (Solwara 1 in PNG, Atlantis 2 in mer Rouge)?
Axis II Governance capacity: rules, responsibilities, state and non-state stakeholders	
II.1	Owing to the relative and swiftly evolving nature of the “strategic” interest of mineral resources, how to organize a clear and shared distribution of the competences between FP and France about exploration and mining mineral resources in PF?
II.2	What is the hierarchy of norms in case of mining deep-sea resources?

Wording of the question	
II.3	What are the legal constraints regarding the environmental law (local, national and international)?
II.4	What are the dynamics for sustainable resources mining (redrafting of the French mining Code, possible revision of the Polynesian mining Code)?
II.5	What are the changes of the applicable law (national, local, international) about authorisations of mineral resources exploration and mining? (with a particular attention to the deep sea)?
II.6	What evolutions need to be considered for a reference tax framework (predictable, incentive, flexible)?
II.7	What is the arena of stakeholders implicated or to implicate, when defining challenges?
II.8	Issues of marine systems and mining conflicts (arbitrage of potentials)
Axis III Technological challenges for exploration and mining	
III.1	What technologies are available today for exploration and extraction of deep-sea mineral resources in FP?
III.2	What are the current and coming trends of technological evolutions in deep-sea exploration/mining (current R&D programs, industrial investments, orders of magnitude per country...)?
III.3	What information or lessons can be learnt from the most advanced exploration-mining projects (ex. Solwara 1)?
III.4	What are the best new technological and innovative opportunities, appropriate for FP?
Axis IV Environnemental challenges for exploration and mining, and impact mitigation	
IV.1	What are the ecological vulnerability factors identified for resource mining?
IV.2	What are the environmental impacts associated with exploration and mining deep-sea resources? What kind of impact studies are to recommend?
IV.3	What measures should be taken in terms of preservation and mitigation of ecological functional mechanisms for fauna and flora of the deep sea?

List of the integral contributions (in the USB drive)

The college of experts reworked the initial questions during the successive plenary meetings. They made moderate changes, improved the coherence of the list, sharpened the wording to work out a consolidated and comprehensive outline. These modifications have been presented to the Monitoring Committee and validated. Each question led to the drafting of a contribution, by one or more experts, referenced as a scientific article. The totality of these contributions is presented in digital version on the USB drive attached to this book.

Title of the contribution		Experts
I-00	Glossaire	The expert group
I-0	Introduction : characteristics and phases of a mining project	P. CHRISTMANN, N. ARNDT, P. COCHONAT, V. GERONIMI, P.-Y. LE MEUR
Axis I Knowledge, social representations and resource economics Coordination: V. GERONIMI		
I-1	Polynesian social representations, cultural practices, social use of the resource and of its environment	T. BAMBRIDGE P.-Y. LE MEUR, C. JOST
I-2	What do we know about potential deep-sea geological resources of French Polynesia?	N. ARNDT, P. COCHONAT, P. CHRISTMANN, V. GERONIMI
I-3	Economic opportunities	P. CHRISTMANN, N. ARNDT, P. COCHONAT, V. GERONIMI
I-4	What additional potential would derive from an extension of the legal continental shelf?	P. COCHONAT Experts consultés : B. LOUBRIEU, W. ROEST
I-5	Economic scenarios dealing with polymetallic crusts	V. GERONIMI, P. CHRISTMANN, P.-Y. LE MEUR
I-6	Rent distribution and spread: sustainability challenges	V. GERONIMI P.-Y. LE MEUR

Title of the contribution	Experts
Axis II Governance capacities: rules, responsibilities, stakeholders (state and non-state)	Coordination: C. DAVID
II-1 Division of legal competence between French government and French Polynesia, with regard to deep-sea mineral resources.	A. TROIANIELLO, C. DAVID
II-2 Legal constraints and reference frameworks	C. DAVID, A. TROIANIELLO
II-3 Possible developments of French and Polynesian law regarding deep-sea authorisation and mining	A. TROIANIELLO, C. DAVID
II-4 Organisation of stakeholder participation	P.-Y. LE MEUR, T. BAMBRIDGE, C. DAVID
II-5 Actors and governance: challenges, positions, interests, expectations	T. BAMBRIDGE, P.-Y. LE MEUR
II-6 Existing or required administrative and governance systems	T. BAMBRIDGE, C. DAVID, P.-Y. LE MEUR
Axis III Technological challenges for exploration and mining	Coordination: P. COCHONAT
III-1 What technologies are available today for exploration and extraction; are they appropriate for the deep-sea resources of French Polynesia?	P. COCHONAT, S. SAMADI, N. ARNDT Consulted experts: J. DENEGRE, H. BOUGAULT
III-2 Who are the stakeholders, their respective roles; what are the means available for deep-sea resource exploration?	P. COCHONAT, P. CHRISTMANN, S. SAMADI
III-3. What are the projected exploration trends for deep-sea resources?	P. COCHONAT, P. CHRISTMANN, S. SAMADI, N. ARNDT Consulted experts: J. DENEGRE, H. BOUGAULT
III-4. What are the current trends of technological developments? Can they be adapted for French Polynesia?	P. COCHONAT, P. CHRISTMANN, S. SAMADI, N. ARNDT, V. GERONIMI Consulted experts: J. DENEGRE, H. BOUGAULT
III-5. Infrastructures and human skills to support a deep-sea mining industry	T. BAMBRIDGE, P. COCHONAT Consulted expert: J. DENEGRE

Title of the contribution		Experts
Axis IV Environmental challenges for exploration and mining		Coordination: S. SAMADI
IV-1	Ecosystems and relevant environments: state of knowledge	S. SAMADI, C. JOST
IV-2	Vulnerabilities and ecological resilience (ecological impacts)	S. SAMADI, C. JOST
IV-3	Interaction between deep-sea exploration/mining and other activities (fishing, tourism, environment, transport)	T. BAMBRIDGE, C. JOST
IV-4	Socio-environmental recommendations	T. BAMBRIDGE, S. SAMADI, P.-Y. LE MEUR, C. JOST
Axis V Cross-cutting issues		Coordination: N. ARNDT
V-1	What information or lessons can be learnt from existing exploration projects, worldwide?	N. ARNDT S. SAMADI, P. CHRISTMANN

- François BOZZI, head of the strategy and evaluation, Secretariat General,
High Commission of the French Republic in French Polynesia
- Éric CLUA, in charge of Research and Technology, High Commission
of the French Republic in French Polynesia
- Ian CORBETT, geologist – mineral resources, Knoco South Africa
- Benjamin DE CASTRO, student in earth sciences, Grenoble Alpes University
- Étienne de la FOUCHARDIÈRE, Deputy Head of the agricultural,
rural and maritime policies Office, and Marie-Pierre CAMPO, public policies at sea,
French Ministry of Overseas territories, Directorate General for Overseas territories,
Public policy Branch
- Yves FOUQUET, geochemist – mineral resources, Ifremer
- Priscille Tea FROGIER, ex-Delegate for Research, French Polynesia
- Rémi GALIN, mining geology, Head of the management and legislation
of non-energy mineral resources Office, French Ministry of environment,
sustainable development and energy
- Elisabeth HABERT, Head of the cartography Service, IRD
- James R. HEIN, geologist – mineral resources, U.S. Geological Survey
- Elie JARMACHE, jurist – law of the sea, Secretariat General for the Sea / International
Seabed Authority
- Monique LEGUEN, Geology Department Manager, Resources and Reserves,
Eramet Nickel Division
- Jean-Yves MEYER, in charge of Research, French Polynesia
- Walter ROEST, geophysicist, Commission on the Limits of the Continental Shelf /
United Nations / Ifremer
- Voltina ROOMATAAROA-DAUPHIN, Head of the Translation and Interpretation Service,
French Polynesia
- Marc TAQUET, Representative, and the whole team at the Representation of IRD
in French Polynesia
- Francis VALLAT and his team, President of the Deep-sea Synergy Group, French Maritime
Cluster and President of the European Network of Maritime Clusters
- Danie VAN ASWEGEN and Jan NEL, geology – mineral resources, De Beers Marine
- Elisabeth VERGÈS, scientific director and Bernard COMMÈRE, French Ministry
of National Education, Higher Education and Research,
Directorate General for Research and Innovation
- Éric ZABOURAEFF, Deputy Secretary General of the High Commission
of the French Republic in French Polynesia

AETR: Average effective tax rate
BRGM: The French geological survey (*Bureau de recherches géologiques et minières*)
CIMER: Interministerial Committee for the Sea (*Comité interministériel de la mer*)
CLCS: Commission on the Limits of the Continental Shelf
CNRS: French Center for Scientific Research
EEZ: Exclusive Economic Zone
EIG: Economic Interest Grouping
EIP: European Innovation Partnership for Raw Materials
FCPE: Facilities classified for environmental protection
IMF: International Monetary Fund
IRR: Internal Rate of Return
ISA: International Seabed Authority
FOF: French Oceanographic Fleet
GIS: Geographic information System
IFREMER: French Research Institute for Exploitation of the sea
IMMS: International Marine Minerals Society
INSPIRE: Infrastructure for Spatial Information in the European Community
IRD: French Research Organisation (*Institut de recherche pour le développement*)
MEDDE: French Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy
MENESR: French Ministry of National Education, Higher Education and Research
NGO: Non-Governmental Organisation
NPV: Net Present Value
PFIC: Prior, free and informed consent
PIG: Public Interest Grouping
SER: Social and Environmental Responsibilities
SIE: Small islands economies
SLO: Social licence to operate
SOPAC: SPC Geosciences Division
SPC: Secretariat of the Pacific community
TGIR: Very large research infrastructure (*Très grandes infrastructures de recherche*)
UN: United Nations

Expertise réalisée par l'IRD à la demande de l'État et la Polynésie française

La Polynésie française se caractérise par une immense zone économique exclusive, constituant la moitié de la zone maritime française, elle-même deuxième mondiale. Les enjeux de conservation et d'exploitation durable des océans et des ressources marines (objectif 14 de l'agenda onusien du développement durable) y sont considérables. Dans un contexte international marqué par une hausse de la demande en matières premières minérales et une « course à la mer », nouvelle frontière d'expansion territoriale, la question des ressources minérales profondes en Polynésie française suscite aujourd'hui un intérêt accru.

L'État et la Polynésie française ont commandé à l'Institut de recherche pour le développement (IRD) cette expertise collégiale sur les ressources minérales marines profondes en Polynésie française. Cette expertise, réalisée par un collège d'experts pluridisciplinaire (anthropologie, biologie, droit, économie, géographie, géologie, technologie), recense les connaissances actuelles et construit un diagnostic nuancé. Elle aboutit à une série de recommandations utiles aux décideurs politiques en matière de production de connaissances, de développement de technologies et de gouvernance, contribuant ainsi à la définition d'une stratégie de développement d'une filière minière sous-marine respectueuse des enjeux sociaux et environnementaux spécifiques à la Polynésie française.

Contributions intégrales
des auteurs sur clé USB



Expert group review under IRD supervision at the request of the French government and French Polynesia

French Polynesia has an enormous exclusive economic zone, half of the vast French maritime area which is the second largest in the world. Substantial issues surround the conservation of the oceans and sustainable exploitation of marine resources (Goal 14 of the UN agenda for sustainable development). In an international context marked by increased demand for mineral commodities and the 'scramble to the sea' that defines the new frontiers of territorial expansion, French Polynesia's deep-sea mineral resources are attracting growing interest.

The French government and French Polynesia commissioned the *Institut de recherche pour le développement* (IRD) to conduct an expert group review on deep-sea mineral resources in French Polynesia. The review, which was carried out by a multidisciplinary panel of experts in anthropology, biology, law, economics, geography, geology and technology, summarises the current state of knowledge and reaches some qualified conclusions. It makes a series of recommendations that will assist policy makers in future efforts to develop knowledge, technologies and governance. The expert group review will help define a development strategy for the deep-sea mining industry that respects environmental and social issues specific to French Polynesia.



25 €

ISSN 1633-9924
ISBN 978-2-7099-2191-6

