



**MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
COHÉSION DES TERRITOIRES
MER**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**ÉPREUVE 2
CONCOURS D'ÉLÈVES STAGIAIRES
ADMINISTRATEURS
DES AFFAIRES MARITIMES**
(article 6.1 du décret statutaire n°2012-1546 modifié)

**ÉPREUVE 3
CONCOURS D'ÉLÈVES ADMINISTRATEURS
DES AFFAIRES MARITIMES**
(articles 4.1 et 4.2 du décret statutaire n°2012-1546 modifié)

SESSION 2022

**REDACTION D'UNE NOTE A PARTIR D'UN DOSSIER
PERMETTANT DE VÉRIFIER L'APTITUDE DU CANDIDAT A
FAIRE L'ANALYSE ET LA SYNTHÈSE D'UN SUJET, SES
QUALITÉS DE REDACTION ET DE PRÉSENTATION**

(DURÉE : 5 HEURES – COEFFICIENT : 6)

**RAPPEL AUX CANDIDATS :
AUCUN SIGNE DISTINCTIF NE DOIT APPARAÎTRE SUR LES COPIES
ÉCRIRE A L'ENCRE BLEUE OU NOIRE EXCLUSIVEMENT**

Ce document comporte 68 pages y compris celle-ci

Note de synthèse

"Le troisième empereur de la vingt et unième dynastie, à qui on apporta des pierres précieuses trouvées dans une mine, la fit fermer, ne voulant pas fatiguer son peuple à travailler pour une chose qui ne pouvait ni le nourrir ni le vêtir. »

Montesquieu (1748). *De l'esprit des lois* (in Chapitre VI « Du luxe à la Chine »)

A partir des documents joints (67 pages), vous rédigerez une note à l'attention du Ministre de la Transition écologique et de la Mer pour présenter les enjeux liés aux terres rares et exprimer les recommandations qui vous paraîtront utiles sur le sujet.

Votre note ne devra pas dépasser 8 pages soit 2 copies doubles.

DOCUMENT 1	Communiqué de presse de la Commission européenne 19/11/2020	2 pages
DOCUMENT 2	Article Le Monde « Terres rares : la face cachée peu reluisante du défi climatique (...) » 08 avril 2021	2 pages
DOCUMENT 3	OPECST – Synthèse du rapport Bataille-Hetzel 2017	4 pages
DOCUMENT 4	Article les Echos « les terres rares ne sont pas rares » 13 décembre 2018	4 pages
DOCUMENT 5	Revue diplomatique « les terres rares en Arctique, réel enjeu stratégique » hors série 2021	12 pages
DOCUMENT 6	Décision de l'Assemblée de l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) concernant le Règlement relatif à la prospection et à l'exploration des encroûtements cobaltifères de ferromanganèse dans la Zone – extraits. 2012	13 pages
DOCUMENT 7	Avis technique de l'ADEME 2020	6 pages
DOCUMENT 8	Dossier « enjeux des terres rares - extraits » BRGM 2021	5 pages
DOCUMENT 9	Article Le Figaro « une solution élégante de recyclage » 2014	2 pages
DOCUMENT 10	Stratégie nationale d'exploration et d'exploitation des ressources minérales dans les grands fonds marins – Extraits - 2021	5 pages
DOCUMENT 11	Article La Gazette des communes « les pressions sur l'eau, face ignorée de la transition énergétique » 17/02/2021	4 pages
DOCUMENT 12	Extraits du rapport des académies des sciences et de technologies – mai 2018	8 pages



Développer les énergies renouvelables en mer pour une Europe climatiquement neutre

Bruxelles, le 19 novembre 2020

Pour contribuer à atteindre l'objectif de neutralité climatique de l'UE à l'horizon 2050, la Commission européenne présente aujourd'hui la stratégie de l'UE sur les énergies renouvelables en mer. Celle-ci propose de **porter la capacité de production éolienne en mer de l'Europe de 12 GW actuellement à au moins 60 GW d'ici à 2030 et à 300 GW d'ici à 2050**. Sur la même période, la Commission entend compléter cette augmentation de capacité par **40 GW provenant de l'énergie océanique** et d'autres technologies émergentes telles que l'énergie éolienne flottante et l'énergie solaire flottante.

Cette croissance ambitieuse s'appuiera sur le vaste potentiel que recèlent les bassins maritimes européens, ainsi que sur la position de premier plan qu'occupent certaines entreprises européennes dans ce secteur au niveau mondial. La mise en œuvre de la stratégie ouvrira de nouvelles possibilités à l'industrie, créera des emplois verts sur l'ensemble du continent et renforcera le rôle moteur que joue l'UE à l'échelle mondiale dans le domaine des technologies énergétiques offshore. Elle assurera également la protection de notre environnement, de notre biodiversité et de nos ressources halieutiques.

Frans Timmermans, vice-président exécutif chargé du pacte vert pour l'Europe, a déclaré: *«La stratégie adoptée aujourd'hui montre à quel point il est urgent et opportun d'accroître fortement nos investissements dans les énergies renouvelables en mer. Grâce à ses vastes bassins maritimes et à sa primauté industrielle, l'Union européenne a tous les atouts nécessaires pour relever le défi. Les énergies renouvelables en mer sont d'ores et déjà une véritable réussite européenne. Cette réussite est une chance qui doit nous inciter à faire encore davantage d'efforts en faveur des énergies propres, d'emplois de qualité, d'une croissance durable et de la compétitivité au niveau international.»*

Pour la commissaire à l'énergie, Kadri **Simson**, *«L'Europe fait partie des leaders mondiaux dans le domaine des énergies renouvelables et peut devenir un moteur de leur développement à l'échelle planétaire. Nous devons redoubler d'efforts en exploitant tout le potentiel de l'énergie éolienne en mer et en faisant progresser d'autres technologies telles que les énergies houlomotrice et marémotrice et l'énergie solaire flottante. La stratégie présentée aujourd'hui fixe une orientation claire et établit un cadre stable, qui sont essentiels pour les pouvoirs publics, les investisseurs et les promoteurs actifs dans ce secteur. Nous devons stimuler la production intérieure de l'UE pour atteindre nos objectifs en matière de climat, satisfaire la demande croissante d'électricité et soutenir la reprise économique après la COVID-19.»*

Enfin, selon Virginijus **Sinkevičius**, commissaire à l'environnement, aux océans et à la pêche: *«La stratégie présentée aujourd'hui expose la manière dont nous pouvons développer les énergies renouvelables en mer en combinaison avec d'autres activités humaines, telles que la pêche, l'aquaculture ou le transport maritime, et en harmonie avec la nature. Les propositions nous permettront également de protéger la biodiversité et de faire face aux éventuelles conséquences socio-économiques pour les secteurs tributaires de la bonne santé des écosystèmes marins, favorisant ainsi une coexistence harmonieuse au sein de l'espace maritime.»*

Pour promouvoir le développement des capacités énergétiques en mer, la Commission **encouragera la coopération transfrontière entre les États membres** en matière de planification et de déploiement à long terme. Il faudra à cet effet intégrer les objectifs de développement des énergies renouvelables en mer dans les plans nationaux issus de la planification de l'espace maritime que les États côtiers doivent présenter à la Commission d'ici à mars 2021. La Commission proposera aussi, dans le cadre du règlement RTE-E révisé, un cadre pour la planification à long terme du réseau électrique en mer, prévoyant la participation des régulateurs et des États membres de chaque bassin maritime.

La Commission estime que **des investissements de près de 800 milliards d'euros seront nécessaires** d'ici à 2050 pour atteindre les objectifs proposés. Pour contribuer à générer et libérer

ces investissements, la Commission:

- offrira **un cadre juridique clair et favorable**. À cette fin, la Commission a également clarifié aujourd'hui les règles relatives au marché de l'électricité, dans un document de travail des services de la Commission accompagnant la stratégie, et elle évaluera la nécessité éventuelle de règles plus spécifiques et plus ciblées. La Commission veillera à ce que **la révision des lignes directrices concernant les aides d'État à la protection de l'environnement et à l'énergie** et la révision de la **directive sur les énergies renouvelables**, facilitent le déploiement rentable des énergies renouvelables en mer;
- contribuera à **mobiliser tous les fonds pertinents** pour soutenir le développement du secteur. La Commission **encourage les États membres à utiliser la facilité pour la reprise et la résilience** et à coopérer avec la Banque européenne d'investissement et d'autres institutions financières pour soutenir les investissements dans les énergies en mer via InvestEU. Les fonds d'Horizon Europe seront mobilisés pour soutenir la recherche et le développement, en particulier sur les technologies moins matures;
- **renforcer la chaîne d'approvisionnement**. La stratégie souligne la nécessité d'améliorer les capacités de production et les infrastructures portuaires, ainsi que d'augmenter la disponibilité de main-d'œuvre suffisamment qualifiée pour assurer des taux d'installation plus élevés. La Commission prévoit de mettre en place, dans le cadre du forum industriel sur l'énergie propre, une plateforme spécifique consacrée aux énergies renouvelables en mer, en vue de réunir tous les acteurs et de s'attaquer au développement de la chaîne d'approvisionnement.

Les énergies renouvelables en mer constituent un marché mondial en pleine expansion, notamment en Asie et aux États-Unis, et offrent **des débouchés à l'industrie européenne partout dans le monde**. Par sa diplomatie fondée sur le pacte vert, sa politique commerciale et les dialogues sur l'énergie menés avec les pays partenaires de l'UE, la Commission soutiendra la pénétration de ces technologies sur les marchés du monde entier.

Afin d'analyser et de **surveiller les incidences environnementales, sociales et économiques** des énergies renouvelables en mer sur le milieu marin et les activités économiques qui en dépendent, la Commission consultera régulièrement des experts représentant les pouvoirs publics, les acteurs économiques et la communauté scientifique. La Commission a également adopté aujourd'hui un nouveau document d'orientation sur le développement de l'énergie éolienne et la législation de l'Union européenne relative à la conservation de la nature.

Contexte

Les éoliennes offshore produisent de l'énergie propre qui concurrence les technologies existantes fondées sur des combustibles fossiles et peut parfois être moins chère. Les industries européennes développent rapidement de nombreuses technologies visant à exploiter la puissance de nos mers afin de produire de l'électricité verte. De l'éolien en mer flottant aux technologies exploitant l'énergie marine, telles que les installations houlomotrices et marémotrices, les installations photovoltaïques flottantes et la production de biocarburants à partir d'algues, les entreprises et laboratoires européens sont actuellement en pointe.

La stratégie relative aux énergies renouvelables en mer fixe le niveau d'ambition le plus élevé, en termes de déploiement, pour les éoliennes en mer (tant fixes que flottantes), un domaine où l'activité commerciale est bien avancée. Dans ces secteurs, l'Europe a déjà acquis une expérience technologique, scientifique et industrielle inégalée et les capacités existantes sont déjà considérables sur toute la chaîne d'approvisionnement, de la fabrication à l'installation.

La stratégie souligne les possibilités offertes dans l'ensemble des bassins maritimes de l'UE — mer du Nord, mer Baltique, mer Noire, Méditerranée et Atlantique — et pour certaines communautés côtières et insulaires, mais les avantages de ces technologies ne se limitent pas aux régions côtières. La stratégie met en lumière l'activité qui règne dans un grand nombre de régions intérieures, où la fabrication et la recherche soutiennent déjà le développement des énergies offshore.

Pour en savoir plus

[Stratégie relative aux énergies renouvelables en mer](#)

[Document de travail des services de la Commission sur la stratégie relative aux énergies renouvelables en mer](#)

[Mémo \(Q&R\) sur la stratégie relative aux énergies renouvelables en mer](#)

[Fiche d'information sur la stratégie relative aux énergies renouvelables en mer](#)

[Fiche d'information sur les énergies renouvelables en mer et les technologies clés correspondantes](#)

Le Monde

Publié le 08 avril 2021 à 11h22 - Mis à jour le 08 avril 2021 à 16h52

Terres rares : « La face cachée peu reluisante du défi climatique n'a pas fini d'inquiéter les électeurs, du Groenland ou d'ailleurs »

CHRONIQUE

Philippe Escande

Le parti écologiste groenlandais Inuit Ataqatigiit a remporté les élections législatives du 6 avril, en s'opposant à l'exploitation d'un gisement situé dans le sud de l'île. En cause, les terres rares, dont les conditions d'extraction sont si polluantes que la Chine détient près de 80 % du marché mondial, observe Philippe Escande, éditorialiste économique au « Monde ».

La plus grande île du monde est aussi la moins peuplée. L'équivalent de la population d'Ivry-sur-Seine (Val-de-Marne), 56 000 habitants, se partage le Groenland, un territoire grand comme la moitié de l'Union européenne, recouvert de glace à 80 %. L'un des derniers espaces préservés de la planète. Et, pourtant, les préoccupations environnementales ont fait tomber le gouvernement. Le parti écologiste et de gauche Inuit Ataqatigiit (IA) a remporté les élections législatives du 6 avril, en s'opposant à l'exploitation d'un gisement de terres rares situé dans le sud de l'île. Un mouvement scruté autant à Washington qu'à Pékin ou à Bruxelles, tant l'accès aux ressources minières promet d'être le grand défi de la transition énergétique.

Les terres rares sont 17 métaux aux noms exotiques (lanthane, cérium, néodyme, prométhium...) dont les propriétés magnétiques les rendent indispensables à la construction des smartphones, des éoliennes et des voitures électriques, sans parler des sous-marins nucléaires et des avions de chasse. Ils ne sont pas si rares, puisque l'on en trouve en Amérique, en Australie, en Asie et même en

Europe. Seul problème : leur raffinage est extrêmement polluant. Il rejette des déchets toxiques, voire radioactifs. L'uranium est un voisin des terres rares et c'est lui qui inquiète le parti Inuit.

Un boulevard laissé à la Chine

En conséquence, les Occidentaux se sont désintéressés de cette production peu ragoûtante, laissant à la Chine et à ses milliers de mineurs moins regardants un boulevard pour s'imposer sur ce marché. Le pays détient près de 80 % de la production mondiale de ces métaux. L'enjeu géopolitique est tellement évident que l'information, en février, selon laquelle Pékin avait étudié l'effet d'un embargo sur la construction des chasseurs F35 américains a provoqué l'émoi à Washington. La prise de conscience de la nécessité de sortir de la nasse chinoise ne date pas d'hier. Le projet groenlandais en est la preuve, même si le premier actionnaire à hauteur de 10 % de la firme australienne exploitante n'est autre que Shenghe Resources, l'un des champions chinois du domaine. Le président américain, Joe Biden, et la Commission européenne tentent de pousser des solutions plus « locales », au moment où la bascule vers la voiture électrique va faire exploser la demande pour tous ces métaux.

Un défi qui n'est pas seulement géostratégique, mais aussi environnemental et économique. Les prix chinois sont si bas qu'une production « propre » ailleurs rendrait difficile sa rentabilité et ferait exploser les prix de la transition énergétique sur l'ensemble de la filière. Les investisseurs ou les Etats acceptent-ils de financer des projets bien plus coûteux ? Surtout si l'on se penche aussi sur le triste sort du cobalt, de l'argent, du nickel et des autres métaux indispensables aux batteries électriques et extraits, en Afrique ou en Asie, dans des conditions pires encore. La face cachée peu reluisante du défi climatique n'a pas fini d'inquiéter les électeurs, du Groenland ou d'ailleurs.



Les enjeux stratégiques des terres rares et des matières premières stratégiques et critiques

*Synthèse du rapport réalisé, au nom de l'OPECST, par
Mme Delphine Bataille, sénatrice, et M. Patrick Hetzel, député.*

Le 24 février 2014, l'OPECST a été saisi, par M. Daniel Raoul, président de la commission des affaires économiques du Sénat, d'une demande d'étude sur les enjeux stratégiques des terres rares, afin de « contribuer à conforter la compétitivité de l'économie française ». Le 16 avril 2014, l'Office a désigné deux parlementaires pour procéder à cette étude : Mme Delphine Bataille, sénatrice, et M. Patrick Hetzel, député. À l'issue d'une étude de faisabilité approuvée par l'OPECST le 8 juillet 2014, les rapporteurs ont organisé plusieurs auditions privées et deux auditions publiques, le 6 juillet 2015 et le 29 février 2016. Ils se sont également rendus en Suède, en Finlande et au Japon, de même qu'à la Rochelle. Le 19 mai 2016, l'OPECST a adopté à l'unanimité leur rapport et ses quatorze propositions, mentionnées ci-après.

Terres rares : une importance encore trop souvent méconnue

Les terres rares, dont l'importance a été révélée en 2010 lors d'une crise géopolitique entre la Chine et le Japon, restent peu connues malgré leur utilité indéniable et les précautions qu'il importe de prendre lors de leur exploitation.

Ces dix-sept éléments du tableau périodique de Mendeleïev, découverts tardivement, ont des propriétés particulières et des usages spécifiques. Leur production est faible et très concentrée. Leur exploitation et leur traitement reposent sur des techniques qui nécessitent de prendre des précautions particulières, en termes de santé publique et de protection de l'environnement. Contenues dans des minerais et des alliages, ces terres rares doivent être traitées, afin de les séparer et de les purifier, par hydrométallurgie, par pyrométallurgie, ou par chimie fine.

Elles répondent à des besoins souvent croissants de nombreux secteurs industriels. Elles sont ainsi utilisées pour produire des aimants permanents, des téléphones portables, des pots catalytiques, les batteries des véhicules hybrides, de grandes éoliennes, des luminophores pour les ampoules de basse consommation et des diodes électroluminescentes (LED). Leurs applications médicales sont également prometteuses.

Leur demande future est fortement dépendante des choix des industriels et de l'évolution des technologies. À titre d'exemple, en optant pour un moteur électrique sans terres rares, Renault a fait un choix différent de Nissan. Pour sa part, Siemens a annoncé qu'il peut désormais se passer de dysprosium pour la production de grandes éoliennes, ce qui permettra d'éviter de fortes tensions sur cette matière, également utilisée dans les téléphones portables. Par ailleurs, les LED vont remplacer de plus en plus les luminophores.

Une évolution préoccupante, nécessitant de raisonner en termes de besoins stratégiques

L'offre des terres rares est fortement concentrée en Chine, ce qui est apparu particulièrement lors de la crise sino-japonaise de 2010-2011, qui a créé un choc psychologique et a retenti comme un signal d'alarme. La Chine produit, en effet, 90 % des terres rares et possède 50 % des réserves mondiales.

La forte hausse des prix qui en a résulté n'a pas perduré. Les prix ont baissé de nouveau et la Chine, mise en cause par l'Organisation mondiale du commerce (OMC), a supprimé ses quotas et ses taxes à l'exportation. Elle a aussi mis de l'ordre dans sa production et développe des activités intégrant de plus en plus de valeur ajoutée, tout en cherchant à contrôler des gisements à l'étranger, comme à Kvanefjeld, au

Groenland, où l'Union européenne a fait preuve d'une très grande naïveté. Il en résulte que les projets d'exploitation et de transformation hors de Chine ont du mal à émerger, d'autant que les prix sont aujourd'hui insuffisants.

L'évolution des marchés des terres rares et des matières premières stratégiques et critiques est donc préoccupante. La demande croissante des pays et des continents en voie d'industrialisation est difficilement contrôlable. L'offre va être soumise à des contraintes de plus en plus fortes et risque de se concentrer encore davantage en Chine.

Raisonné en termes de besoins stratégiques et de criticité permet de mieux comprendre les enjeux en cause. Plusieurs matières premières, dont les terres rares, présentent un intérêt stratégique pour les États et peuvent être critiques pour l'industrie. Du reste, la Commission européenne considère comme critiques les produits nécessaires à l'approvisionnement des industries de pointe, qui font l'objet d'un oligopole constitué de deux ou trois producteurs, représentant collectivement au moins 80 % de la production mondiale. La combinaison de ces deux caractéristiques complexifie les problèmes à résoudre.

D'ores et déjà, on peut prévoir qu'il sera nécessaire de se préparer à des risques de pénurie pour les matières premières non agricoles et non énergétiques. Aussi, Mme Delphine Bataille et M. Patrick Hetzel considèrent-ils l'élaboration de listes de produits sensibles, visant les métaux stratégiques ou critiques, comme particulièrement pertinente. Plusieurs pays l'ont déjà engagée.

Des solutions déjà en cours de mise en œuvre

Les rapporteurs rappellent que face au risque de pénurie de terres rares et de matières premières stratégiques et critiques, deux grands types de solutions peuvent être mises en œuvre par l'État et les entreprises. Les premières, classiques, sont déjà largement engagées. Les secondes nécessitent un effort d'imagination et une volonté politique spécifique.

Les solutions habituellement envisagées ne nécessitent pas d'inflexion politique majeure. Elles concernent, d'une part, le recyclage et la substitution, d'autre part, la formation et la recherche.

Le recyclage est déjà une réalité économique. Son intérêt n'est plus contesté, même s'il n'est pas

une panacée, pour des raisons tant techniques qu'économiques. Son développement peut résulter du marché mais, aussi, quand il n'est pas rentable ou n'est pas encore entré dans les mœurs, de réglementations. En France, une telle réglementation existe déjà pour les piles et les accumulateurs. Le recyclage sera d'autant plus efficace qu'il s'inscrira dans une démarche relevant de l'économie circulaire, ce que montre l'expérience du Japon, où une politique pragmatique très volontariste, reposant sur un partenariat entre l'industrie et les pouvoirs publics, a permis la mise en œuvre d'une loi définissant les produits à recycler : téléviseurs, climatiseurs, réfrigérateurs et machines à laver.

La substitution reste encore balbutiante mais son résultat est parfois surprenant, comme le montre le cas du dysprosium, qui n'est plus nécessaire pour construire de grandes éoliennes. La substitution n'a, cependant, d'intérêt que si elle permet d'obtenir des produits de qualité suffisante et si elle est possible technologiquement. Au Japon, le NIMS (*National Institute for Materials Science*) estime que la substitution peut pallier l'insuffisance du recyclage et l'indisponibilité prochaine de certains produits critiques. Ainsi, le NEDO (*New Energy and Industrial Technology Development Organization*) et le METI (*Ministry of Economy, Trade and Industry*) ont développé un programme ambitieux de substitution pour l'électronique, l'automobile et les instruments industriels.

À cet égard, les rapporteurs soulignent que la formation doit être dynamisée. En effet, la situation est alarmante. L'avenir des formations de qualité existantes, en écoles d'ingénieur et dans l'université, n'est pas assuré, les débouchés étant aléatoires. Plusieurs formations ont disparu ou sont menacées, ce qui risque d'entraîner la perte de certains savoir-faire en métallurgie. L'enseignement de la toxicologie ou du génie minier est insuffisamment développé. Aussi, le soutien des pouvoirs publics est-il nécessaire pour traverser cette période difficile et donner une nouvelle impulsion.

L'effort de recherche et développement actuellement consenti est moins efficace que par le passé, même si l'implication des structures de recherche reste élevée. Mme Delphine Bataille et M. Patrick Hetzel jugent donc qu'il convient de soutenir et d'encourager la recherche, qui a permis des avancées significatives, notamment en

débouchant sur des techniques beaucoup moins intrusives, plus miniaturisées et efficaces qu'auparavant. Des recherches en toxicologie devront être suscitées. Une réflexion doit être menée sur l'effort qu'il faut accomplir et sur les moyens à mettre en œuvre, car les financements au niveau national n'utilisent pas l'ensemble des outils disponibles. L'Agence nationale de la recherche (ANR) n'a pas de programme spécifique ni le rôle dynamisant qu'elle a dans d'autres domaines. En revanche, l'apport de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) est réel. Si les financements de l'Union européenne sont davantage identifiés, notamment dans le cadre du programme Horizon 2020, ils ne permettent pas de financer des projets vraiment orientés sur la recherche. Enfin, les rapporteurs estiment que les réseaux et les partenariats doivent être soutenus dans leur développement. Ils posent la question de la création d'une « alliance » des matières premières. La mise en place d'une fédération des réseaux des acteurs français, actuellement en cours, constitue une autre piste.

La nécessité d'engager des choix stratégiques

Mme Delphine Bataille et M. Patrick Hetzel rappellent que l'élaboration d'une stratégie plus ambitieuse nécessitera des décisions politiques fortes, notamment pour définir une stratégie minière et métallurgique volontariste, mettre en place des stocks stratégiques et développer une diplomatie économique des matières premières.

Une nouvelle stratégie minière ne relève pas de l'utopie car on connaît bien les conditions techniques, organisationnelles, économiques, financières et juridiques du succès des investissements qu'il faut entreprendre. Tout projet minier doit prendre en compte plusieurs étapes. Le sous-sol doit être mieux connu, ce qui suppose une relance ciblée de la prospection, en France et en Europe, et la réalisation d'un nouvel inventaire minier. Une analyse prospective des besoins et du contexte réglementaire, voire des médias, apparaît de plus en plus importante. Le marché doit être plus transparent. De nouvelles techniques de financement peuvent être utilisées. La compétitivité doit être améliorée. Par-dessus tout, il faut veiller à l'acceptabilité des projets miniers afin de garantir leur pérennité. Cette acceptabilité, qui n'est plus évidente aujourd'hui, comme le montre l'exemple de la réouverture d'une mine à Salau (Ariège), dépendra surtout

d'un dialogue rénové avec les populations concernées, qui doit prendre en compte toutes les générations.

Les expériences de plusieurs pays – le Japon, la Suède, la Finlande notamment – montrent l'utilité de la définition d'une véritable stratégie minière et l'intérêt de la mise en place de structures promouvant le financement de la recherche de ressources minérales. Elles mettent en évidence l'équilibre à trouver entre industrie et environnement, mais aussi entre activités économiques et valeurs culturelles.

Comme en Scandinavie, c'est le concept de « mine responsable », ou de « mine verte », qui peut permettre le développement d'un projet minier ambitieux en France. En Suède, ce concept repose sur l'intervention d'un tribunal de l'environnement. En Finlande, il résulte d'un débat public, lancé par le gouvernement. C'est une approche nouvelle, qui permet de répondre à de véritables préoccupations : comment prévenir et maîtriser les risques ? Comment gérer l'après-mine, notamment lorsque les responsables sont défaillants ? Comment assurer la traçabilité de tous les éléments constitutifs du projet, ce qui répond de plus en plus à la demande des acheteurs finaux, surtout dans le cas de minerais de conflit ? Quel équilibre trouver entre réglementation et mise en œuvre volontaire de bonnes pratiques ? Quel équilibre trouver entre réglementation et marché ? Mme Delphine Bataille et M. Patrick Hetzel estiment que la modernisation du code minier, qui doit être enfin réalisée, pourrait être l'occasion de faire progresser ce concept de mine responsable, et de commencer à le mettre en œuvre.

Par ailleurs, ils considèrent que l'étude de la constitution de stocks stratégiques doit être engagée, afin de répondre à trois questions cruciales, malgré la complexité et le coût de tels stocks : peut-on, ou non, se passer de certaines matières premières critiques, si elles sont stratégiques ? Est-on prêt à payer le prix fort en cas de pénurie ? Quels seraient l'utilité, le coût et les modalités d'un stockage préventif ? Les exemples de plusieurs pays étrangers montrent qu'un tel stockage préventif peut répondre à des préoccupations, soit de nature économique comme au Japon, soit de nature stratégique ou financière comme aux États-Unis, en Russie, en Chine, en Corée ou en Finlande.

Enfin, les rapporteurs estiment que la diplomatie économique française peut devenir l'instrument essentiel d'une politique minière volontariste. Les outils d'une telle politique sont en place, tant au ministère des affaires étrangères qu'à Business France et à la direction générale du Trésor. Les exemples de la coopération bilatérale avec l'Allemagne, le Vietnam et le Japon montrent les possibilités de son développement, qui pourrait être inspiré par le programme-cadre particulièrement ambitieux que l'Allemagne a mis en place pour sécuriser ses approvisionnements en matières premières. La diplomatie économique française pourrait compléter davantage la politique des matières premières de l'Union européenne, car celle-ci se heurte, malgré son dynamisme, à l'absence de compétence de l'Union dans ce domaine.

Quatorze propositions

À la suite de leur analyse des enjeux stratégiques des terres rares et des matières premières stratégiques et critiques, les rapporteurs formulent quatorze propositions :

1. Définir une politique minière pour la France reposant sur l'identification des besoins et des ressources, la relance de la prospection, la réalisation d'un nouvel inventaire minier et une réflexion sur la mine moderne et responsable.
2. Définir une stratégie des terres rares et des matières premières stratégiques et critiques, comme l'ont fait la Suède, la Finlande et le Japon.
3. Développer la filière minière française, qui est essentielle pour son impact industriel et économique, et sa contribution à l'emploi, à la croissance et à l'innovation.
4. Sécuriser l'approvisionnement des matières premières stratégiques et critiques par une coopération internationale active.
5. Envisager le stockage des matières premières stratégiques et critiques les plus sensibles.
6. Développer le recyclage et la recherche de produits de substitution aux matières premières stratégiques et critiques.
7. Aboutir, au niveau européen, à une harmonisation des législations sur les transports de déchets, afin de faciliter leur recyclage.
8. Financer davantage les travaux de recherche sur les terres rares et les matières premières stratégiques et critiques afin qu'ils aient des

retombées significatives. Déterminer clairement les financements envisagés dans la programmation de l'ANR et du PIA. Améliorer leur complémentarité avec les financements européens.

9. Relancer la formation aux activités minières, notamment au sein de l'enseignement supérieur français, à ses différents niveaux, afin de permettre le maintien et le développement d'un savoir-faire particulièrement précieux.

10. Développer la veille économique, réglementaire et médiatique sur les matières premières stratégiques et critiques.

11. Charger le BRGM de mieux identifier les besoins en matières premières stratégiques et critiques et de définir les modalités techniques et financières d'un stockage. Lui confier une mission d'observation des terres rares et des matières premières stratégiques et critiques, pour améliorer la connaissance de la réalité française, européenne et mondiale, et faire de la veille technologique.

12. Créer, au niveau européen, à l'image du JBIC japonais, une banque d'investissement public qui aiderait les entreprises européennes à investir à l'étranger pour obtenir des produits à des prix stables et à sécuriser leur approvisionnement à long terme en matières premières critiques telles qu'elles sont définies dans la liste européenne.

13. Développer la coopération internationale pour mesurer et maîtriser l'impact environnemental de la prospection et de l'exploitation des mines et des ressources marines profondes.

14. Renforcer les moyens de l'IFREMER afin qu'il puisse s'engager pleinement dans une coopération avec le Japon dans la recherche et l'exploitation des ressources marines profondes, notamment dans la zone Asie-Pacifique où la présence de la France est très importante.



Le rapport est consultable sur le site de l'OPECST :
<http://www.assemblee-nationale.fr/commissions/opecest-index.asp>
<http://www.senat.fr/opecest/index.html>

Septembre 2017

Opinion | Les terres rares ne sont pas rares

POINT DE VUE - Les terres rares ne sont pas rares, le reste apparaît être un canular anti-voiture électrique.

Par **Didier Julienne** (Stratège des ressources naturelles)
Publié le 13 déc. 2018 à 13:22

À la suite de cette émission de radio, une mise au point était demandée. Le premier canular à propos des terres rares est géologique. Les estimations indiquent qu'il y aurait plus de 10 000 fois plus de terres rares accumulées dans la croûte terrestre que d'or. Naturellement ce chiffre cache une hétérogénéité parmi les 17 terres rares. Si le sol compte plus de 62 000 fois plus de cérium que d'or, il n'y aurait qu'environ 500 fois plus de thulium que d'or. En un mot, les terres rares ne sont pas rares.

C'est aussi un bobard géostratégique parce en dehors de la Chine de très nombreux pays disposent de gisements de terres rares. Elles sont dispersées un peu partout dans la croûte terrestre, il y en a même en France. Le canular géologique, géostratégique et misanthropie anti-chinois n'est-il pas ridicule ?

Argotier des prix des terres rares est aussi un canular économique. Certes, les prix augmentèrent spéculativement entre 500 % et 7000 % de 2007 à 2011. Mais il est temps de s'en remettre. Dès 2012 ils s'étaient écroulés, en 2014 ils sombraient à des niveaux parfois inférieurs à ceux de 2007. Depuis ils sont stables à des niveaux peu élevés. Et, pourtant le canular court toujours. Certains regrettent-ils de ne pouvoir plus et mieux condamner la Chine ?

Imaginer un complot de l'industrie chinoise est un autre canular. Les premiers industriels à protester contre les

prix élevés de 2011 ne furent ni les industries japonaises ou européennes, mais les industriels chinois eux-mêmes, car cette matière première en amont de leurs usines était hors de prix. Leur intérêt était et est d'avoir des prix bas et stables et le nôtre est bien d'avoir des industries chinoises performantes pour leur acheter moins de moins en moins cher des produits de plus en plus performants.

C'est également un canular français, car la seule usine de traitement de minerai de terres rares en dehors de la Chine est en France, à La Rochelle. Nul doute que celle-ci ne demande qu'à croître. Cela serait d'ailleurs un bel objectif stratégique national. Mais son avenir n'était pas aidé à la suite d'une récente publication qui dupait ses lecteurs en présentant sa situation environnementale de 2018 avec un rétroviseur délirant braqué sur les années 1990. Le canular écologique malveillant avait-il cet objectif de cristalliser une opinion contre l'usine ?

C'est aussi un canular européen, car si l'exploration d'un gisement de terres rares situé au Groenland bénéficiait de fonds européens, il serait bon de s'interroger pourquoi son exploitation serait-elle exclusivement adossée à des usines de traitement chinoises. Pourquoi ne pas utiliser l'usine de La Rochelle ?

C'est enfin plus qu'un canular côté investissement. Une arnaque a-t-elle eu lieu ? Des communicants madrés proliférèrent-ils à l'aide de théories fumeuses liant pénurie de terres rares et Chine ? Éblouirent-ils à outrance des petits épargnants, leurs économies placées dans des investissements en terres rares furent-elles bien réduites à néant ? Ne faudrait-il pas observer pourquoi cette communication fut organisée et comprendre les motivations financières des bavards rabatteurs ?

Côté consommation, le canular terres rares est aussi anti-électrique lorsque l'on sait qu'une simple bobine d'excitation remplace déjà des terres rares dans les véhicules électriques.

Mais ce mystification est toujours en marche, car les mêmes imprudents re-triturent cette « fake-news terres rares » en l'adaptant aux batteries. En mélangeant catastrophique et sensationnalisme, un nouveau slogan, « voiture verte, batterie rouge », combat avec obvie la mobilité électrique. Celle-ci, selon ce traficotage, sera toujours coûteuse et polluante, non plus à cause des terres rares, mais cette fois à cause du cobalt contenu dans la batterie. Évidemment l'inégalité de mobilité qui en découlera produira une inégalité du niveau de vie, et le canular "métaux rares" alimente vertigineusement l'actualité des « Gilets Jaunes ».

Au final, à qui profiteront ces impostures en terres rares et métaux rares ? Y aurait-il des relations entre des maltôtiers du canular et des intérêts privés, des lobbys énergétiques, des lobbys du Charity Business ? Il est temps d'arrêter ces canulars des terres rares et des métaux rares.

Les terres rares en Arctique, un réel enjeu stratégique ?

Frédéric Lasserre

Alexiane Lerouge

Présentes en très faible concentration, sur toute la surface de la terre, les terres rares ne sont pas rares. Sous terre, elles sont généralement associées à des matériaux radioactifs, ce qui rend leur extraction et leur raffinage extrêmement sales et polluants. Pourtant, composants essentiels dans nos smartphones, les batteries d'éoliennes ou encore de voitures électriques, elles sont indispensables à nos nouvelles technologies et à la transition énergétique.

L'avènement d'une crise de sécurité

En 2010, dans le cadre d'un nouveau rebond de la dispute territoriale et maritime entre Chine et Japon au sujet des îles Senkaku/Diaoyu situées en mer de Chine de l'Est, la Chine a imposé un embargo sur l'exportation de terres rares dont l'industrie de pointe japonaise avait besoin, la Chine fournissant à l'époque 80% des importations de terres rares du Japon. De plus, la Chine a imposé des quotas d'exportation de ses terres rares et une taxe à l'exportation. L'ensemble de ces mesures a contribué à une explosion du prix des terres rares qui, dans un premier temps, a frappé les entreprises de haute technologie et remis en cause leur perception de la sécurité de leurs approvisionnements.

La rareté relative – on y reviendra - et le manque de substituts disponibles pour les terres rares, conjugués à la position dominante de la Chine sur le marché des terres rares et à sa volonté apparente de mobiliser cette position sur le marché pour atteindre des objectifs politiques, ont alimenté nombre d'analyses sur les enjeux stratégiques des terres rares et sur la course au contrôle des gisements à travers le monde (Kiggins, 2015). Si les restrictions réglementaires imposées par la Chine à l'exportation de terres rares ont été dénoncées par l'OMC en 2014 suite à une plainte déposée par Washington en 2012 (Oustr, 2014 ; OMC, 2015), il n'en demeure pas moins que le contrôle de près de 90% de la production de terres rares par la Chine à cette époque, et la croissance rapide de sa demande intérieure, soulignaient un certain risque en matière de sécurité de l'approvisionnement en terres rares pour les industries hors Chine. L'historique de l'évolution de l'industrie a également été rappelée par plusieurs analystes comme élément probant d'une politique délibérée de la part de Chine dès la fin des années 1980 visant à construire une industrie nationale de production de terres rares, de l'extraction au raffinage. Dès 1992, la production chinoise de minerais dépassait la production américaine. Les cours relativement bas des terres rares et les impacts environnementaux majeurs de leur

Lasserre, F. et Lerouge, A. (2021). Les terres rares en Arctique, un réel enjeu stratégique ? *Revue Diplomatique*, Hors-série n°1, *L'Arctique, enjeux et perspectives d'un nouveau pôle géopolitique*, 1-21.

extraction rendent ce secteur peu attractif aux yeux de l'opinion publique et des investisseurs et cessent progressivement leur production, tandis que les contraintes réglementaires chinoises de vente de produits dérivés des terres rares contraignent nombre d'entreprises productrices à se délocaliser pour s'établir en territoire chinois. La stratégie chinoise a ainsi, en l'espace de quelques décennies, abouti à l'émergence de plusieurs compagnies extractives chinoises dominantes, mais également à l'obtention d'un quasi-monopole sur le raffinage, cette activité jugée trop polluante étant peu à peu abandonnée par les Occidentaux. De plus, malgré la décision de l'OMC de 2014, pour faire face au risque de pénurie de terres rares ou pour éviter d'avoir à payer un surcoût, plusieurs entreprises américaines et japonaises du secteur de la transformation de ces métaux, dont les aimants de précision, ont installé leurs activités en Chine (Pitron, 2018; Bortolini, 2020). En l'espace de quelques années, la Chine a ainsi réussi à édifier un secteur industriel intégré passant de l'extraction des minerais à leur raffinage et à la valorisation de ces métaux dans des composants électroniques. L'extraction des minerais n'est donc qu'un des éléments du processus de production dans ce secteur.

L'attitude des gouvernements occidentaux peut dès lors être interprétée comme l'acceptation tacite du déclin des capacités de production et de raffinage au bénéfice des entreprises chinoises, jusqu'aux événements de 2010 qui ont ainsi agi comme révélateur des vulnérabilités de l'industrie de pointe occidentale (Jeanne, 2016 ; Seaman, 2019) et comme changement radical de la lecture du risque industriel : en quelques semaines, on est ainsi passé d'une situation d'apparent laisser-faire de la part des Occidentaux, à l'idée d'une grande vulnérabilité face à la menace chinoise en matière d'approvisionnement en terres rares.

Les terres rares, un enjeu industriel majeur

Face à ce changement de paradigme et à la perception d'une menace pesant sur des secteurs industriels stratégiques, les Occidentaux et les Japonais ont développé de nouvelles approches. Parmi celles-ci figure la recherche de substituts – d'autres composants aux propriétés semblables – et le recyclage, des avenues intéressantes mais dont la portée en termes de sécurité des approvisionnements se montrait insuffisante, le recyclage ne permettant pas de combler une proportion importante de la demande et la substitution se révélant difficile (Seaman, 2019).

La politique industrielle de la Chine conduit à un accroissement des besoins chinois et, de fait, à une augmentation de la tension sur les marchés des terres rares. Le basculement de l'économie chinoise vers les activités de haute technologie et de plus forte valeur ajoutée renforce les enjeux de sécurité d'approvisionnement similaires. Présentée lors du 18ème Congrès du parti communiste, et formalisée en 2016, la stratégie nationale d'innovation vise à faire de la Chine une grande puissance technologique et innovante d'ici à 2050 (MINT, 2017). En 2017, un plan encore plus ambitieux est publié par le ministère de l'industrie et des technologies de l'information, et vise à faire de la Chine le leader mondial

de l'intelligence artificielle (IA) en 2030. Elle ambitionne également de faire de l'IA le « principal moteur de la montée en valeur industrielle chinoise et de la transformation économique », ainsi qu'un garant de la « sécurité nationale » (Ding, 2018). Ce plan vient compléter le projet « Made in China 2025 », dont l'un des objectifs est de développer une industrie nationale des semi-conducteurs pour répondre à la demande domestique (Cadell, 2018). Toutes ces technologies reposent en large part sur l'utilisation de terres rares. Par exemple, entre 2016 et 2019, la Chine est le pays qui a connu la plus forte croissance de la demande en robots industriels, de plus en plus consommateurs de métaux rares. De même, alors que l'amélioration de la vitesse de communication est prioritaire dans le pays (Custer, 2016), l'erbium (Er) et le ytterbium (Yb) jouent un rôle d'amplificateur très important pour les fibres optiques (Goodenough et al, 2018).

Si la Chine produit l'essentiel de sa demande pour ces éléments, elle pourrait ne pas pouvoir satisfaire entièrement ses besoins par sa production intérieure (Zeller et Alidra, 2019). La croissance des besoins chinois, la lente progression de la production intérieure et une plus grande sensibilité aux impacts environnementaux de la production domestique font que la Chine deviendra durablement importatrice nette de terres rares. Elle l'est depuis 2018 malgré des efforts pour accroître sa production intérieure. Au-delà d'efforts pour conforter un certain monopole et asseoir des stratégies de développement des entreprises de ce secteur, c'est à cette aune qu'il faut voir les efforts des entreprises minières chinoises pour acquérir de nouveaux sites à travers le monde. Comme le fait remarquer Seaman (2019), depuis 2010 et dans le contexte de la perception du risque stratégique lié au contrôle du marché des terres rares, il peut paraître étonnant que les entreprises chinoises aient pu développer de nombreux accords industriels avec des minières occidentales pour développer de nouveaux gisements, dont les projets au Groenland et plusieurs projets en Australie.

Ainsi, dès 2013, l'entreprise chinoise Shenghe Mining signait un accord de principe (MoU) avec l'australienne Arafura pour la mise en valeur du gisement de Nolans. En 2015, un accord était signé avec Tantalus pour la mise en valeur d'un gisement à Madagascar, accord resté lettre morte à ce jour face aux résistances contre le projet. En 2016, Shenghe acquérait 12% du capital de l'entreprise australienne Greenland Minerals and Energy, propriétaire du gisement de Kvanefjeld au Groenland; en 2017, elle devenait actionnaire minoritaire dans le consortium qui a racheté la mine américaine de Mountain Pass (Seaman, 2019 ; Bortolini, 2020). Habilité de négociation, atouts financiers et expertise industrielle dont la maîtrise de la chaîne de raffinage – quoiqu'au prix de procédés très polluants -, les entreprises chinoises ont néanmoins suscité une vive réaction qui alimente aujourd'hui cette impression de menace potentielle et de course à l'acquisition de ressources rares.

Un débat s'est fait jour quant à l'efficacité du recours à l'arme économique par la Chine face au Japon en 2010. Du strict point de vue politique, l'embargo s'est révélée totalement contre-productif : non seulement Tokyo n'a que peu concédé – libérant le chalutier arraisonné par les garde-côtes japonais mais maintenant la nationalisation et

l'occupation des îlots ; mais le précédent a suffisamment inquiété les pays tiers pour que se dessine la prémisse de politiques visant à réduire cette dépendance industrielle envers la Chine. Ainsi, dès 2010, le Japon a rapidement réagi en diversifiant sa chaîne d'approvisionnement grâce à une combinaison de diplomatie avec des pays qui avaient des stocks nationaux de terres rares, en favorisant l'émergence de coentreprises à l'étranger ou d'accords de long terme, comme avec l'australienne Lynas, en encourageant le recyclage et la recherche de substituts, ainsi que des sociétés commerciales privées sécurisant des approvisionnements non chinois, réduisant ainsi sa dépendance de près de 30 % en quelques années (Vekasi, 2021), tout en consolidant la détermination japonaise à se défier de la dépendance envers la Chine, du moins dans ce secteur. L'éclatement du conflit commercial sino-américain en 2019, la possibilité d'un nouveau recours chinois aux restrictions aux exportations (Vekasi, 2021) et la recherche active par des sociétés chinoises du contrôle de gisements à l'étranger, ont souligné l'importance, aux yeux de Washington et de ses alliés, d'assurer la diversification de leurs sources d'approvisionnement et de relancer leur production nationale (Teufel Dreyer, 2020). Dans ce contexte, la menace d'un nouvel embargo par la Chine est-il vraiment crédible ? Imposer de nouvelles mesures de restriction à l'exportation pourrait certes, à court terme, favoriser les entreprises chinoises en leur fournissant un accès privilégié à des produits finis pour lesquels les solutions de substitution sont difficiles à identifier. Mais cela inciterait également les partenaires à diversifier leurs circuits commerciaux — ce qui pourrait compromettre la centralité de la Chine dans la chaîne de valeur (Bortolini, 2020; Bezat, 2021). Cependant, même si la Chine ne passe pas aux actes, la montée en puissance de la Chine, son affirmation politique ces dernières années (Ekman, 2020; Mottet, 2020) et les conflits commerciaux récents ont renforcé le souhait des Occidentaux et des Japonais de rompre cette dépendance.

Des cours un peu plus élevés que dans le passé (Kaiser Research Online, 2021) et des encouragements gouvernementaux, surtout aux États-Unis, ont permis la reprise de l'extraction et un début de reprise du raffinage des terres rares. Ainsi, en 2019, dans le cadre du Dialogue de Sécurité Quadrilatéral (QSD), les États-Unis, l'Australie, le Japon et l'Inde ont-ils tenu des consultations afin de coordonner leurs politiques visant à promouvoir le secteur des terres rares. L'Australie a lancé sa politique Critical Minerals Strategy (Department of Industry, Innovation and Science, 2019) afin de soutenir ses entreprises, cette stratégie comprenant le soutien envers la compagnie Lynas qui prévoit à terme la fermeture de la seule usine de raffinage hors Chine, située en Malaisie, et son rapatriement en Australie (Jamasmie, 2019; Kurmelovs, 2021). En 2020, les gouvernements canadien et américain ont réaffirmé leur volonté de soutenir une chaîne intégrée nord-américaine de valorisation des terres rares (Mining.com, 2021). En février 2021, le Département de la Défense américain a subventionné à hauteur de 30 millions \$ une nouvelle installation de traitement et de séparation au Texas en partenariat avec la société australienne de terres rares Lynas (Hui, 2021 ; Vekasi, 2021). On observe une volonté claire de la part des États-Unis et de ses alliés de rompre la dépendance envers la Chine dans le secteur des terres rares, volonté esquissée sous la présidence de Barak Obama, affirmée avec force sous celle de Donald Trump et poursuivie sous celle de Joe Biden. C'est dans ce contexte que plusieurs analystes ont lié l'intérêt américain pour un

Lasserre, F. et Lerouge, A. (2021). Les terres rares en Arctique, un réel enjeu stratégique ? *Revue Diplomatique*, Hors-série n°1, *L'Arctique, enjeux et perspectives d'un nouveau pôle géopolitique*, 1-21.

rachat du Groenland avec cette stratégie de relance du secteur des terres rares (NPR, 2019 ; Lu, 2021 ; The Economist, 2021), la dépeignant volontiers comme une course, une « lutte d'influence entre superpuissances » (Thibodeau, 2021).

Une rareté cependant très relative

Il existe de nombreux gisements connus ou soupçonnés de terres rares (voir Fig. 1). Les métaux qualifiés de terres rares ne sont pas si rares que cela : leur rareté relative tient à leur faible concentration dans les gisements et au caractère à la fois complexe et polluant des méthodes d'extraction et de raffinage. Le tableau et la carte des gisements connus soulignent leur répartition à travers le monde : l'Arctique n'est pas particulièrement riche en gisements de terres rares par rapport à d'autres contrées, et l'avènement de l'exploration en mer pourrait voir la diversification dans le domaine maritime des gisements connus, en témoigne la découverte récemment rendue publique au Japon (Arnaud, 2018; Odilon, 2021).

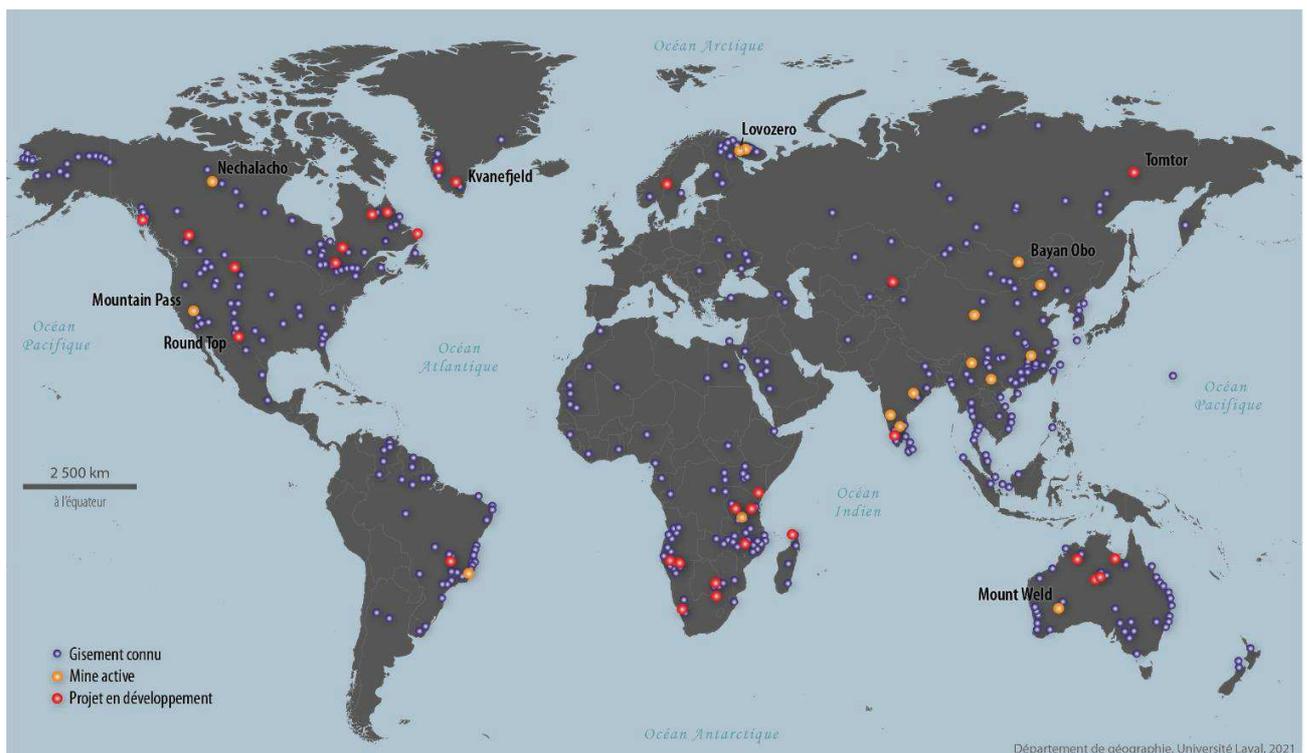


Fig. 1. Gisements de terres rares, sites miniers actifs ou en développement, 2020.

Sources : USGS (2020), Bloomberg, Barakos et al (2016), Kaiser Research Online (2021).

Lasserre, F. et Lerouge, A. (2021). Les terres rares en Arctique, un réel enjeu stratégique ? *Revue Diplomatique*, Hors-série n°1, *L'Arctique, enjeux et perspectives d'un nouveau pôle géopolitique*, 1-21.

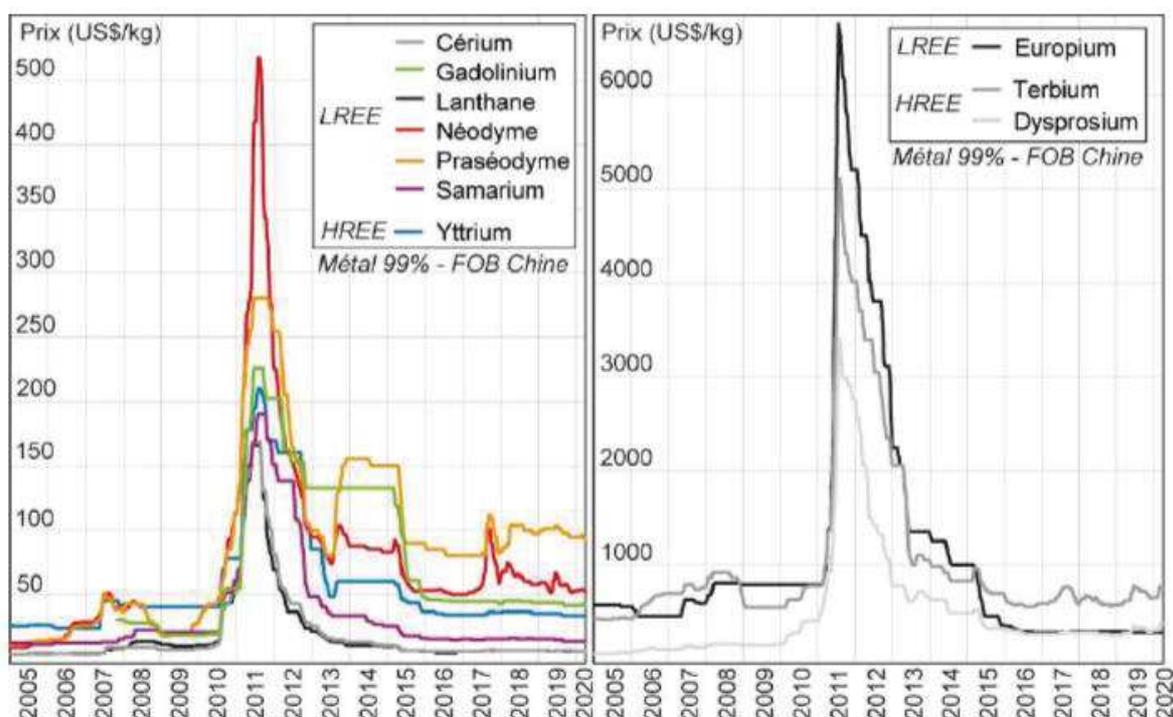
Chine	44
Vietnam	22
Brésil	21
Canada	15
Russie	12
Inde	6,9
Australie	4,1
États-Unis	2,7
Groenland	1,5
Tanzanie	0,89

Tableau 1. Réserves mondiales estimées de minerais de terres rares, 2020. Dix premiers pays.

En millions de tonnes de minerai concentré (rare earths oxides).

Source : Rare Earths Statistics and Information, USGS, 2021

Depuis quelques années, de nouveaux projets miniers ont été lancés ou d'anciennes mines réactivées, contribuant à diversifier le marché de l'extraction. Les cours mondiaux se sont stabilisés après l'explosion de 2010-2011, à des niveaux modérés mais en général plus élevés qu'avant l'épisode (Kaiser Research Online, 2021; Charles et al, 2021).



Lasserre, F. et Lerouge, A. (2021). Les terres rares en Arctique, un réel enjeu stratégique ? *Revue Diplomatique*, Hors-série n°1, *L'Arctique, enjeux et perspectives d'un nouveau pôle géopolitique*, 1-21.

Fig. 2. Évolution du cours mondial de quelques éléments de la famille des terres rares.

Source : Charles et al, 2021.

La part de la production de minerais de la Chine est ainsi passée de 97% en 2010 à 58% en 2020 (USGS, 2021). La production de minerais concentrés s'est redressée aux États-Unis, en Australie, au Brésil, en Inde, en Russie, anciens producteurs qui avaient vu leur production chuter dans le contexte de cours mondiaux déprimés et du rejet de méthodes d'extraction trop polluantes. De nouveaux gisements sont ainsi identifiés et mis en exploitation, dont parfois de manière illicite, ainsi au Myanmar, surtout depuis le coup d'État, production vraisemblablement écoulee vers la Chine (Bangkok Post, 2021). Le Japon a récemment annoncé la découverte d'un important gisement en mer, au large de l'îlot de Minamitori, ce qui relance la question de l'exploitation des nodules polymétalliques et de l'extraction de ressources des fonds marins (Arnaud, 2018; Odilon, 2021).

Dans la foulée de la politique des États consommateurs de diversifier leurs sources d'approvisionnement, et notant la tendance lourde du marché vers une appréciation des prix compte tenu de la raréfaction annoncée des exportations chinoises, de nombreux industriels envisagent également de développer des capacités de raffinage : l'australienne Lynas, on l'a vu, en Australie et au Texas avec l'américaine Blue Line (Mayfield, 2020 ; Matsumoto, 2020; Biediger, 2021) mais aussi l'allemande Thyssenkrupp (Magnetics Business & Technology, 2019), l'organisme public de recherche canadien Saskatchewan Research Council (Martinez-Mendez, 2020),

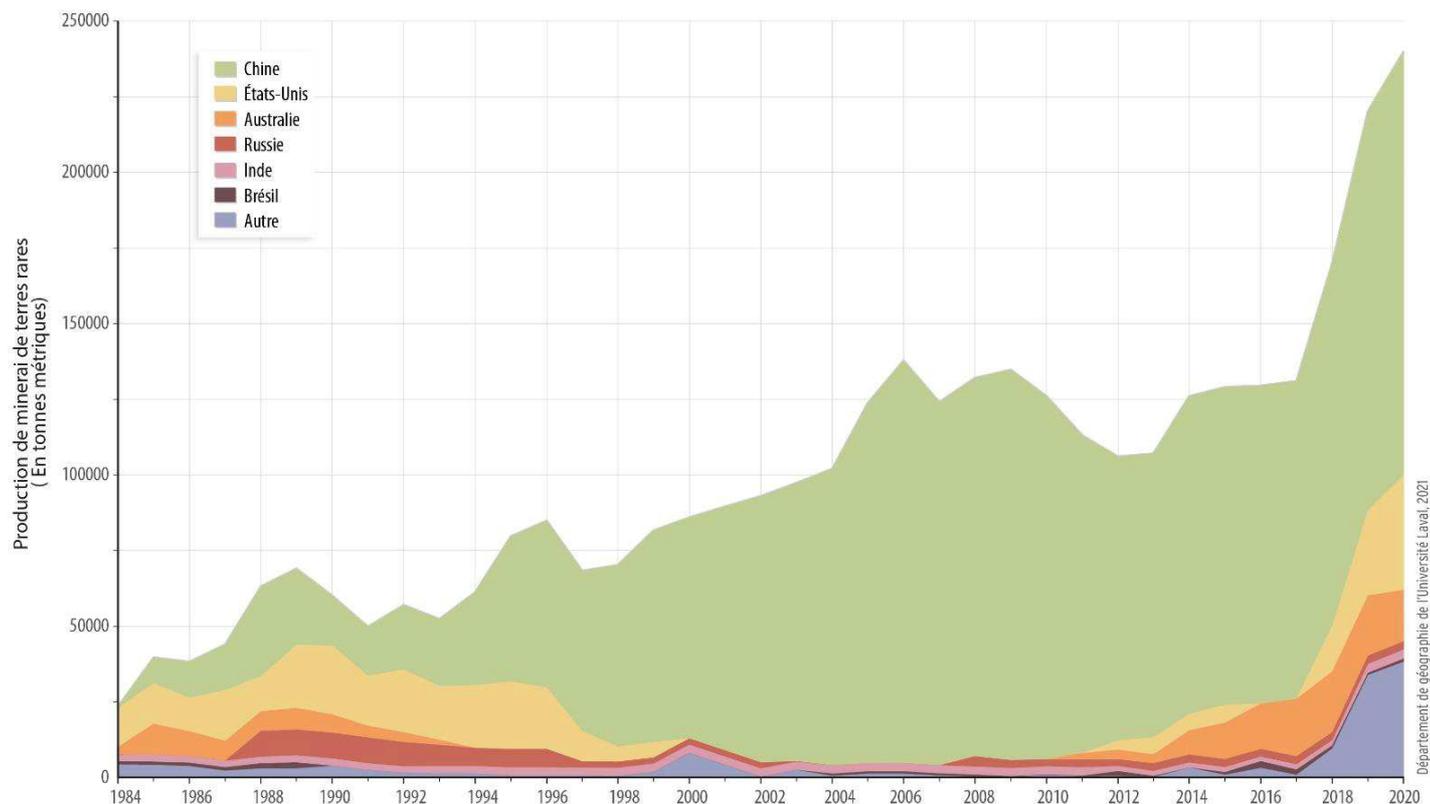


Fig. 3. Évolution de la production mondiale de minerais de terres rares

Sources : Elliott et al, 2018 ; Énergie et Ressources naturelles Québec, 2020; USGS, 2021

Le développement de sites miniers arctiques : objets d'une vive rivalité internationale?

Dans le cadre du développement de nouveaux sites miniers et de la reprise de production de sites plus anciens, on note l'avènement de plusieurs projets d'extraction dans l'Arctique, au Groenland certes, mais aussi en Russie et au Canada.

Groenland : l'enjeu politique de l'exploitation des terres rares

Momentanément, en 2019, les lumières ont été braquées sur le Groenland à la suite de la déclaration par Donald Trump d'un souhait d'acheter l'île, territoire autonome constitutif du royaume du Danemark. Cette sortie avait ravivé un intérêt médiatique pour les ressources minérales de ce pays, supposées riches et soudainement accessibles grâce au réchauffement climatique. Parmi des dizaines de mines potentielles, l'une défraie la chronique depuis 2013. Le gisement d'uranium et de terres rares du Kuannersuit (ou Kvanefjeld), au sud du Groenland, fait partie du complexe d'intrusion d'Illimaussaq et a été découvert dans les années 1950. Une politique de tolérance zéro sur l'extraction de minéraux radioactif instaurée en 1988 par le gouvernement danois avait enterré les vellétés

Lasserre, F. et Lerouge, A. (2021). Les terres rares en Arctique, un réel enjeu stratégique ? *Revue Diplomatique*, Hors-série n°1, *L'Arctique, enjeux et perspectives d'un nouveau pôle géopolitique*, 1-21.

d'exploitation. En 2007 une société australienne, la Greenland Minerals and Energy (GME) a acquis le site. Six ans plus tard et après que le Groenland a obtenu une autonomie renforcée lui permettant le contrôle de ses ressources, le gouvernement, dirigé par le parti Siumut, a levé la tolérance zéro sur l'uranium, ouvrant la voie à GME et démarrant une série de manifestations dans tout le pays, les plus importantes jamais connues au Groenland, sous la bannière « uranii namiik » (non à l'uranium). L'une des principales inquiétudes que le projet de Kuannersuit a trait à la proximité du site avec Narsaq, l'une des plus grandes communautés du pays, avec 1 400 habitants. Les défenseurs du projet arguent que la mine apporterait des emplois à ce village en proie à un important chômage et à la désertification. Ses détracteurs s'inquiètent de l'afflux à prévoir d'une main d'œuvre étrangère et de la pollution des terrains de chasse, d'élevage et de pêche, menaçant l'économie locale. Malgré une communication de GME qui met l'accent sur la valorisation des terres rares, l'uranium étant annoncé comme un simple sous-produit de la mine, et au mépris du fait que les terres rares sont toujours associées à des minerais radioactifs — et engendrent donc quasi systématiquement une pollution sur les sites d'extraction et de traitement —, les contestations locales comme nationales se sont focalisées sur une opposition l'uranium.

Les élections de 2014 forcent le Siumut à travailler dans une coalition avec le Parti de gauche écologique Inuit Ataqatigiit (IA), qui est, lui, opposé à la mine de Kuannersuit. Les années qui suivent laissent GME dans l'expectative, cette situation gelant le processus de délivrance de licence. En 2015, la société australienne a soumis une demande de permis d'exploitation pour une mine à ciel ouvert. Fin 2016, la Shenghe Resources Holding Co est entrée au capital de GME. Un investissement que l'on peut analyser comme une tentative, de la part de la Chine, de garder le contrôle sur de potentiels projets concurrents à ses propres mines (Pitron, 2018).

Le statut quo entre IA et Siumut sur le dossier de Kuannersuit se prolonge après l'élection de 2018, qui remet au pouvoir cette coalition, ce qui ralentit considérablement le développement espéré du projet.

Kuannersuit : un projet menacé

Début février 2021, c'est la controverse autour du projet de Kuannersuit qui est à l'origine de la démission de la coalition gouvernementale. A la suite d'un vote de défiance contre le premier ministre à été annoncée la tenue d'élections anticipées. En avril 2021, après une campagne focalisée sur la question de la mine de Kuannersuit, c'est le parti IA, mené par Múte Bourup Egede, qui remporte les élections et forme un gouvernement avec le parti Naleraq. L'accord de coalition statue : « La coalition convient que l'uranium ne doit pas être extrait au Groenland. Le projet minier de Kuannersuit doit être arrêté ». Dans la foulée, le nouveau gouvernement annonce donc un arrêt du projet, précisant que cette décision est uniquement motivée par la présence d'uranium (Lindstrøm, 2021).

Le blocage du projet semble une posture difficile à tenir pour des responsables politiques qui se déclarent par ailleurs ouverts au développement minier du pays, pour d'autres minéraux. C'est en effet sur l'exploitation minière que le Groenland peut espérer

s'appuyer pour remplacer les subsides du Danemark et financer son indépendance. Or, certains observateurs s'inquiètent que l'annonce du blocage affecte d'autres projets miniers, voire toute l'industrie minière dans le pays, avec une perte d'intérêt d'investisseurs (Sermitsiaq, 2021; McGwin, 2021)

Canada : un essor contrôlé par les intérêts nationaux

Au Canada, plusieurs projets sont en cours de développement, à des degrés d'avancement divers entre l'identification de sites prometteurs et la mise en exploitation. Plusieurs projets sont ainsi en cours de développement dans les régions arctiques ou subarctiques du pays.

Dans les Territoires du Nord-Ouest, le projet de Nechalacho, au lac Thor, a débuté l'extraction en mars 2021 (International Mining, 2021). Porté par les entreprises canadiennes Avalon Rare Metals jusqu'en 2019 puis Cheetah Resources, filiale de l'australienne Vital Metals, le projet, approuvé dès 2013, prévoit la concentration sur place, le transport par barge à travers le Grand Lac des Esclaves jusqu'à Hay River pour rejoindre le réseau ferroviaire, puis le raffinage sur un site en développement à Saskatoon, en Saskatchewan (Mining Technology, 2020; Whitehouse, 2020; Basov, 2021). Une technologie novatrice permet de réduire considérablement les impacts environnementaux (Morritt-Jacobs, 2021; Carroll, 2021) ce qui a permis d'obtenir le feu vert de l'évaluation environnementale et l'appui du gouvernement territorial et des organisations autochtones : la question de l'acceptabilité sociale des projets demeure cruciale pour leur faisabilité.

Dans le nord du Québec, le projet du lac Strange, porté par l'entreprise canadienne Tornгат Metals, prévoit l'exploitation d'un site à 200 km au nord-est de Schefferville à partir de 2023. La logistique y est complexe – aucune infrastructure de transport n'existe comme souvent dans les projets arctiques – et l'entreprise envisage notamment la construction d'une route de 156 km vers la côte du Labrador à travers les montagnes côtières (Nunatsiaq News, 2015) ou le transport du minerai concentré par dirigeable (Habel-Thurton, 2020).

Toujours au Nunavik (territoire autonome inuit dans le nord du Québec), le projet Ashram porté par l'entreprise canadienne Commerce Resources a bénéficié d'un appui financier gouvernemental et institutionnel pour faciliter son développement (Mining.com, 2020). Le projet prévoit notamment la construction d'une route de 185 km vers le nord jusqu'au fjord de Kuujuaq, où un havre serait aménagé (George, 2019).

Contrairement à toute l'attention médiatique portée au cas groenlandais de la mine de Kuannersuit/Kvanefjeld, largement renforcée par la proposition américaine de rachat de l'île par les États-Unis en 2019, la mise en valeur des sites canadiens fait peu l'objet d'émotion dans les médias. L'enjeu est pourtant le même, pourtant personne ne parle de course à l'appropriation de ces ressources stratégiques dans le nord ou le sud canadien – car les gisements ne se trouvent pas qu'en zone arctique.

En Russie, le désir de capter une part d'un marché porteur

Disposant de réserves considérables (12 Mt), la Russie entend bien valoriser ses ressources, à la fois pour capter une partie du marché mondial, mais aussi pour ses propres industries de haute technologie et réduire sa dépendance envers la Chine. La Russie dispose d'une usine de raffinage à Veliky Novgorod et de deux sites de production. La mine de Lovozero, dans l'oblast de Mourmansk en péninsule de Kola, est active depuis de nombreuses années et continue ses activités.

La présence d'autres gisements potentiellement exploitables en Yakoutie a suscité l'intérêt des entreprises japonaises Mitsui et Sumitomo (Bloomberg, 2011). Ces projets n'ont pas abouti et illustrent les difficultés de la Russie pour valoriser ses ressources, entre protectionnisme et technologies désuètes (Financial Post, 2011; Mining World, 2020). Le gouvernement russe a décidé de soutenir les projets à travers des prêts à taux d'intérêt bonifiés et d'encourager des investissements de près d'1,5 milliard \$ à court terme, contribuant à un regain d'intérêt des entreprises russes pour ce secteur extractif (Mining Technology, 2020b). Les autorités russes ont annoncé un accroissement très proche de la production, de 2 700 t en 2019 (USGS) à 17 000 à 20 000 t (E&MJ, 2020).

En Sibérie orientale, le gisement de Tomtor est développé par la compagnie minière russe TriArk Mining, filiale du groupe d'État Rostec spécialisé dans les produits industriels de haute technologie, et de l'entreprise minière russe Polymetal. La mine devrait voir sa production débuter en 2022. Déclarant un gisement très richement doté (Russia Briefing, 2021; Mining Weekly, 2021) et de bonne teneur (Saveleva, 2011), l'entreprise espère pouvoir produire environ 10% de la production mondiale après quelques années (Mining World, 2020). Dans la région d'Irkoutsk (sud de la Sibérie donc), l'entreprise russe ZAO Technoinvest Alliance souhaite extraire du tantale et du niobium ainsi que des oxydes de métaux des terres rares du gisement de Zashikhinskoye (Mining World, 2020). Dans la péninsule de Kola, la mine d'Afrikanda, exploitée seulement pour le cuivre et le nickel du fait de difficultés techniques et fermée depuis les années 1990, devrait rouvrir en 2024 pour l'exploitation des terres rares, portée par la minière russe Arkmineral (Staalesen, 2020). Le site de la mine d'apatite de Khibiny semble prometteur et devrait entamer la production de terres rares prochainement (Kogarko, 2018; Nikolaev et al, 2019; Nikolaev et Krivovichev, 2019).

Si trois de ces quatre gisements, actifs ou à développer, se trouvent dans la région arctique, il importe de souligner que la Russie demeure un marché fermé : ce sont des entreprises russes qui sont invitées, pour le moment, à développer les ressources nationales.

Conclusion

Ces sites arctiques ou subarctiques s'inscrivent tout à la fois dans le cadre de la réponse du marché aux perspectives de cours mondiaux raffermiss, mais aussi du soutien affiché par les gouvernements en faveur de la chaîne de production localisée hors de Chine. On le constate, ils figurent parmi les nombreux projets émergents à l'heure actuelle : il n'y

a pas de spécificité arctique dans les nombreux projets d'extraction à l'heure actuelle, ceux-ci se multipliant parmi des États anciennement producteurs importants, Brésil, Inde, Russie, Australie, États-Unis tout comme d'autres se précisent au sein d'États émergents, comme le Myanmar, la Malaisie, l'Afrique du Sud, la Tanzanie, Madagascar, le Kazakhstan et le Kirghizstan notamment (Chapman, 2017; Balaram, 2019). L'Arctique a fait l'objet d'un effet de mode, mais on pourrait tout autant braquer les projecteurs sur d'autres régions comme l'Afrique (Kansoun, 2019), l'Asie centrale ou les zones maritimes, comme au large du Japon (Courrier International, 2018).

Références

- Arnaud, R. (2018). Au Japon, un gisement de terres rares géant et... inatteignable. *Challenges*, 7 sept., https://www.challenges.fr/monde/terres-rares-un-gisement-enorme-mais-inatteignable-a-ete-decouvert-au-japon_611208
- Balaram, V. (2019). Rare earth elements: A review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling, and environmental impact. *Geoscience Frontiers*, 10(4), 1285-1303.
- Bangkok Post (2021). Illegal rare-earth mining surges in Myanmar. *Bangkok Post*, 8 mai, <https://www.bangkokpost.com/world/2112407/illegal-rare-earth-mining-surges-in-myanmar>.
- Barakos, G. ; Gutzmer, J. ; Mischo, H. (2016). An outlook on the rare earth elements mining industry, *AusIMM Bulletin*, 4/2016, 62-66.
- Basov, V. (2021). Vital says rare earth sample from Nechalacho accepted by offtake partner REEtec. *Kitco*, 31 mai, <https://www.kitco.com/news/2021-05-31/Vital-says-rare-earth-sample-from-Nechalacho-accepted-by-offtake-partner-REEtec.html>
- Bezat, J.-M. (2021). Au fond, Pékin souhaite-t-il vraiment déclarer la guerre des terres rares? *Le Monde*, 1^{er} mars, https://www.lemonde.fr/idees/article/2021/03/01/au-fond-pekin-souhaite-t-il-vraiment-declarer-la-guerre-des-terres-rares_6071507_3232.html.
- Biediger, S. (2021). Rare earth in 'God's country': \$30M contract could bring processing plant to Hondo. *San Antonio Report*, 10 fév., <https://sanantonioreport.org/hondo-texas-lynas-rare-earths/>
- Bortolini, C. (2020). La guerre des terres rares aura-t-elle lieu ? *Le Monde Diplomatique*, juillet, <https://www.monde-diplomatique.fr/2020/07/BORTOLINI/61981>.
- Cadell, C. (2018). Chips down: China aims to boost semiconductors as trade war looms. *Reuters*, 20 avril, <https://www.reuters.com/article/us-usa-trade-china-chips/chips-down-china-aims-to-boost-semiconductors-as-trade-war-looms-idUSKBN1HR1D>.
- Carroll, L. (2021). Nechalacho mine tous new tech will lead to no tailings, easier reclamation. *CKLB The Voice of Denendeh*, 19 avril,
- Lasserre, F. et Lerouge, A. (2021). Les terres rares en Arctique, un réel enjeu stratégique ? *Revue Diplomatique*, Hors-série n°1, *L'Arctique, enjeux et perspectives d'un nouveau pôle géopolitique*, 1-21.



Assemblée

Distr. générale
22 octobre 2012
Français
Original : anglais

Dix-huitième session
Kingston (Jamaïque)
16-27 juillet 2012

Décision de l'Assemblée de l'Autorité internationale des fonds marins concernant le Règlement relatif à la prospection et à l'exploration des encroûtements cobaltifères de ferromanganèse dans la Zone

L'Assemblée de l'Autorité internationale des fonds marins,

Ayant examiné le Règlement relatif à la prospection et à l'exploration des encroûtements cobaltifères de ferromanganèse dans la Zone, tel qu'adopté à titre provisoire par le Conseil à sa 181^e séance, tenue le 26 juillet 2012,

Approuve le Règlement relatif à la prospection et à l'exploration des encroûtements cobaltifères de ferromanganèse dans la Zone, tel qu'il figure dans l'annexe de la présente décision.

138^e séance
27 juillet 2012

12-57346 (F) 211112 211112



Merçi de recycler 



Annexe

Règlement relatif à la prospection et à l'exploration des encroûtements cobaltifères de ferromanganèse dans la Zone

Préambule

Aux termes de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer du 10 décembre 1982 (« la Convention »), les fonds marins et leur sous-sol au-delà des limites de la juridiction nationale ainsi que les ressources qu'ils recèlent sont le patrimoine commun de l'humanité, dont l'exploration et l'exploitation se feront dans l'intérêt de l'humanité tout entière, au nom de laquelle agit l'Autorité internationale des fonds marins. Le présent Règlement a pour objet d'organiser la prospection et l'exploration des encroûtements cobaltifères de ferromanganèse.

Partie I Introduction

Article 1

Emploi des termes et champ d'application

1. Les termes utilisés dans le présent Règlement s'entendent dans le sens qui leur est donné dans la Convention.
2. Conformément à l'Accord relatif à l'application de la partie XI de la Convention (« l'Accord »), les dispositions de l'Accord et la partie XI de la Convention doivent être interprétées et appliquées ensemble comme un seul et même instrument; le présent Règlement et les renvois à la Convention qui y figurent doivent être interprétés et appliqués en conséquence.
3. Aux fins du présent Règlement, on entend par :
 - a) « Encroûtements cobaltifères » les gisements d'encroûtements d'oxydes/hydroxydes de ferromanganèse enrichi en cobalt, formés par précipitation directe des minéraux de l'eau de mer sur des substrats solides contenant des concentrations mineures mais non négligeables de cobalt, de titane, de nickel, de platine, de molybdène, de tellurium, de cérium, d'autres métaux et de terres rares;
 - b) « Exploitation » la collecte à des fins commerciales d'encroûtements cobaltifères dans la Zone et l'extraction des minéraux qu'ils contiennent, notamment la construction et l'exploitation de systèmes d'extraction minière, de traitement et de transport pour la production et la vente de minéraux;
 - c) « Exploration » la recherche, faisant l'objet de droits exclusifs de gisements d'encroûtements cobaltifères dans la Zone, l'analyse de ces gisements, l'utilisation et l'essai des procédés et du matériel d'extraction, des installations de traitement et des systèmes de transport, et l'établissement d'études des facteurs environnementaux, techniques, économiques, commerciaux et autres à prendre en considération dans l'exploitation;
 - d) « Milieu marin » les éléments et facteurs physiques, chimiques, géologiques et biologiques, entre autres, qui agissent les uns sur les autres et

déterminent la productivité, l'état, la condition et la qualité de l'écosystème marin, les eaux des mers et des océans et l'espace aérien surjacent ainsi que les fonds marins et leur sous-sol;

e) « Prospection » la recherche, sans droits exclusifs, de gisements d'encroûtements cobaltifères dans la Zone, notamment l'évaluation de la composition, de la taille et de la répartition des gisements d'encroûtements cobaltifères et de leur valeur économique;

f) « Dommage grave au milieu marin » tout effet d'activités menées dans la Zone sur le milieu marin se traduisant par une modification défavorable considérable du milieu marin déterminée conformément aux règles, règlements, procédures et directives adoptés par l'Autorité, sur la base des normes et des pratiques internationalement reconnues.

4. Le présent Règlement n'affecte d'aucune façon ni la liberté de la recherche scientifique, conformément à l'article 87 de la Convention, ni le droit de faire de la recherche scientifique marine dans la Zone conformément aux articles 143 et 256 de la Convention. Aucune disposition du présent Règlement ne peut être interprétée comme restreignant l'exercice par les États de la liberté de la haute mer au sens de l'article 87 de la Convention.

5. Le présent Règlement pourra être complété par d'autres règles, règlements et procédures, notamment en ce qui concerne la protection et la préservation du milieu marin. Il est assujéti à la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, à l'Accord relatif à l'application de la partie XI de ladite Convention et à toute autre norme de droit international qui n'est pas incompatible avec la Convention.

Partie II

Prospection

Article 2

Prospection

1. La prospection est réalisée conformément à la Convention et au présent Règlement et ne peut démarrer qu'après que le prospecteur a été informé par le Secrétaire général de l'enregistrement de sa notification conformément à l'article 4 2).

2. Les prospecteurs et l'Autorité appliquent le principe de précaution posé par le Principe 15 de la Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement¹.

3. Il ne doit pas être entrepris de prospection s'il y a de bonnes raisons de craindre un dommage grave au milieu marin.

4. Il ne doit pas être entrepris de prospection dans une zone visée par un plan de travail relatif à l'exploration d'encroûtements cobaltifères approuvé ni dans un secteur réservé et il ne peut non plus en être entrepris dans une zone dont le Conseil de l'Autorité internationale des fonds marins a exclu la mise en exploitation en raison d'un risque de dommage grave au milieu marin.

¹ *Rapport de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, Rio de Janeiro, 3-14 juin 1992*, (publication des Nations Unies, numéro de vente : F.93.I.8 et rectificatifs), vol. I, *résolutions adoptées par la Conférence*, résolution 1, annexe I.

5. La prospection ne confère au prospecteur aucun droit sur les ressources. Le prospecteur peut toutefois extraire une quantité raisonnable de minéraux, à savoir la quantité nécessaire aux fins d'expérimentation et non à des fins commerciales.

6. La prospection n'est pas limitée dans le temps; toutefois, il y est mis un terme lorsque le Secrétaire général notifie par écrit au prospecteur qu'un plan de travail relatif à l'exploration portant sur la zone prospectée a été approuvé.

7. La prospection peut être réalisée simultanément par plusieurs prospecteurs dans la même zone ou les mêmes zones.

Article 3

Notification de prospection

1. Le futur prospecteur doit notifier à l'Autorité son intention d'entreprendre des activités de prospection.

2. Chaque notification de prospection est présentée dans les formes prescrites à l'annexe I du présent Règlement, est adressée au Secrétaire général et doit satisfaire aux conditions énoncées dans le présent Règlement.

3. Chaque notification est présentée :

- a) Dans le cas d'un État, par l'autorité désignée à cet effet par ledit État;
- b) Dans le cas d'une entité, par les représentants désignés de celle-ci;
- c) Dans le cas de l'Entreprise, par l'autorité compétente de celle-ci.

4. Chaque notification est présentée dans l'une des langues de l'Autorité et doit comporter :

a) Le nom, la nationalité et l'adresse du futur prospecteur et de son représentant désigné;

b) Les coordonnées de la ou des grandes zones devant être prospectées, conformément aux normes internationales généralement acceptées les plus récentes utilisées par l'Autorité;

c) Une description générale du programme de prospection, notamment la date de démarrage prévue et la durée approximative du programme;

d) Un engagement écrit satisfaisant du futur prospecteur indiquant :

i) Qu'il respectera la Convention et les règles, règlements et procédures de l'Autorité concernant :

a. La coopération aux programmes de formation en matière de recherche scientifique marine et de transfert des techniques visés aux articles 143 et 144 de la Convention; et

b. La protection et la préservation du milieu marin;

ii) Qu'il acceptera la vérification par l'Autorité du respect dudit engagement; et

iii) Qu'il mettra à la disposition de l'Autorité, dans la mesure du possible, les données pouvant être utiles à la protection et à la préservation du milieu marin.

Article 4

Examen des notifications

1. Le Secrétaire général accuse par écrit réception de chaque notification donnée en vertu de l'article 3, en spécifiant la date de réception.
2. Le Secrétaire général examine la notification dans un délai de 45 jours à compter de sa réception. Si la notification satisfait aux conditions de la Convention et du présent Règlement, il inscrit les renseignements qu'elle contient dans le registre tenu à cet effet et informe par écrit le prospecteur que la notification a été dûment enregistrée.
3. Le Secrétaire général fait savoir par écrit au futur prospecteur, dans un délai de 45 jours à compter de la réception de la notification, si celle-ci porte sur une partie d'une zone visée par un plan de travail approuvé relatif à l'exploration ou à l'exploitation de l'une quelconque des catégories de ressources, ou sur une partie quelconque d'un secteur réservé, ou sur toute partie d'une zone dont le Conseil a exclu la mise en exploitation en raison d'un risque de dommage grave au milieu marin, ou si l'engagement écrit n'est pas satisfaisant, et en fait connaître les raisons par écrit au futur prospecteur. Ce dernier peut alors modifier sa notification dans un délai de 90 jours. Le Secrétaire général examine à nouveau la notification et statue sur elle dans un délai de 45 jours.
4. Le prospecteur informe le Secrétaire général par écrit de toute modification des informations figurant dans la notification.
5. Le Secrétaire général s'abstient de divulguer les informations contenues dans la notification, si ce n'est avec le consentement écrit du prospecteur. Toutefois, il informe de temps à autre tous les membres de l'Autorité de l'identité des prospecteurs et des zones prospectées.

Article 5

Protection et préservation du milieu marin pendant la prospection

1. Chaque prospecteur prend les mesures nécessaires pour prévenir, réduire et maîtriser autant que raisonnablement possible la pollution du milieu marin et les autres risques découlant de la prospection, en appliquant le principe de précaution ainsi que les meilleures pratiques écologiques. En particulier, chaque prospecteur réduit au minimum ou élimine :
 - a) Les effets néfastes de la prospection sur l'environnement; et
 - b) Les conflits effectifs ou potentiels avec des activités de recherche scientifique marine déjà engagées ou prévues, ou la perturbation de ces activités, conformément aux futures directives pertinentes.
2. Les prospecteurs coopèrent avec l'Autorité à la mise en place et à l'exécution de programmes de surveillance et d'évaluation des effets potentiels sur le milieu marin de l'exploration et de l'exploitation d'encroûtements cobaltifères.
3. Le prospecteur notifie immédiatement par écrit au Secrétaire général, en utilisant les recours aux moyens les plus efficaces, tout incident résultant de la prospection qui a causé, qui cause ou qui menace de causer un dommage grave au milieu marin. Dès réception d'une telle notification, le Secrétaire général agit conformément à l'article 35.

Article 6

Rapport annuel

1. Le prospecteur doit présenter à l'Autorité, dans les 90 jours qui suivent la fin de l'année civile, un rapport sur l'état d'avancement de la prospection. Ces rapports sont soumis à la Commission juridique et technique par le Secrétaire général. Chaque rapport doit comporter :

a) Une description générale de l'état d'avancement de la prospection et des résultats obtenus;

b) Des informations sur la façon dont le prospecteur remplit l'engagement visé à l'article 3 4) d); et

c) Des informations sur la façon dont le prospecteur se conforme aux directives pertinentes à cet égard.

2. S'il entend inclure les dépenses de prospection dans les dépenses de mise en valeur encourues avant le démarrage de la production commerciale, le prospecteur soumet un état annuel, établi conformément aux principes comptables internationalement reconnus et certifié par un cabinet d'experts comptables dûment agréé, des dépenses directes et effectives qu'il a encourues dans le cadre de la prospection.

Article 7

Confidentialité des données et informations contenues dans le rapport annuel

1. Le Secrétaire général garantit la confidentialité de toutes les données et informations figurant dans les rapports soumis en vertu de l'article 6, en appliquant mutatis mutandis les dispositions des articles 38 et 39, étant entendu que les données et informations relatives à la protection et la préservation du milieu marin, en particulier celles qui émanent de programmes de surveillance de l'environnement, ne sont pas considérées comme confidentielles. Le prospecteur peut demander que ces données ne soient pas divulguées pendant un délai pouvant aller jusqu'à trois ans à compter de la date où le rapport les contenant a été soumis.

2. Le Secrétaire général peut, à tout moment, avec le consentement du prospecteur concerné, divulguer les données et informations concernant la prospection dans la zone pour laquelle il a reçu une notification. Si après avoir fait pendant au moins deux ans tous les efforts raisonnablement possibles pour communiquer avec le prospecteur, le Secrétaire général constate que celui-ci n'existe plus ou ne peut être localisé, il peut divulguer ces données et informations.

Article 8

Objets ayant un caractère archéologique ou historique

Le prospecteur notifie immédiatement par écrit au Secrétaire général toute découverte dans la Zone d'objets ayant ou susceptibles d'avoir un caractère archéologique ou historique et leur emplacement. Le Secrétaire général en avise le Directeur général de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture.

Article 24**Examen et approbation par le Conseil des plans de travail relatifs à l'exploration**

Le Conseil examine les rapports et recommandations de la Commission juridique et technique concernant l'approbation des plans de travail relatifs à l'exploration, conformément aux paragraphes 11 et 12 de la section 3 de l'annexe de l'Accord.

Partie IV**Contrats relatifs à l'exploration****Article 25****Le contrat**

1. Une fois approuvé par le Conseil, le plan de travail relatif à l'exploration est consigné dans un contrat conclu entre l'Autorité et le demandeur conformément à l'annexe III du présent Règlement. Chaque contrat doit contenir les clauses types énoncées à l'annexe IV, en vigueur à la date de prise d'effet du contrat.
2. Le contrat est signé par le Secrétaire général agissant au nom de l'Autorité et par le demandeur. Le Secrétaire général avise par écrit tous les membres de l'Autorité de la conclusion de chaque contrat.

Article 26**Droits du contractant**

1. Le contractant a le droit exclusif d'explorer le secteur visé par le plan de travail relatif à l'exploration d'encroûtements cobaltifères. L'Autorité garantit qu'aucune autre entité n'exerce dans le même secteur des activités portant sur d'autres ressources d'une façon qui puisse gêner les activités du contractant.
2. Un contractant qui a fait approuver un plan de travail portant uniquement sur l'exploration a préférence et priorité sur les demandeurs qui soumettent un plan de travail portant sur l'exploitation du même secteur et des mêmes ressources. Cette préférence et ce rang de priorité peuvent toutefois lui être retirés par le Conseil s'il ne s'est pas conformé aux stipulations du plan de travail relatif à l'exploration approuvé dans le délai fixé dans la ou les notifications que le Conseil lui a adressées par écrit pour lui signaler les stipulations non respectées. Le délai prescrit dans une telle notification ne doit pas être déraisonnable. La possibilité raisonnable de faire valoir ses arguments est donnée au contractant avant que la décision de retirer à celui-ci la préférence ou le rang de priorité ne devienne définitive. Le Conseil motive sa décision de retrait et examine toute réponse du contractant. La décision du Conseil tient compte de cette réponse et est fondée sur des preuves suffisantes.
3. Le retrait d'une préférence ou d'un rang de priorité ne peut devenir effectif tant que le contractant n'a pas eu raisonnablement la possibilité d'épuiser les recours judiciaires dont il dispose conformément à la section 5 de la partie XI de la Convention.

Article 27**Superficie du secteur et restitution**

1. Le contractant restitue le secteur qui lui a été attribué conformément au paragraphe 1 du présent article. Les portions de secteur à restituer n'ont pas besoin d'être contiguës et sont définies par le contractant sous la forme de sous-blocs comprenant une ou plusieurs cellules d'un maillage ainsi que défini par l'Autorité. Huit ans au plus à compter de la date de conclusion du contrat, le contractant doit avoir restitué au moins un tiers du secteur qui lui a initialement été attribué; 10 ans au plus à compter de la date de la conclusion du contrat, le contractant doit avoir restitué au moins deux tiers du secteur qui lui a été initialement attribué; 15 ans à compter de la date de conclusion du contrat ou lorsque le contractant sollicite des droits d'exploitation si cela intervient avant, le contractant désigne, dans le secteur qui lui reste attribué, une zone qu'il entend conserver aux fins de l'exploitation.
2. Nonobstant les dispositions du paragraphe 1, il ne sera demandé au contractant de restituer aucune portion supplémentaire du secteur qui lui a été attribué si la superficie du secteur qui lui reste attribué après restitution ne dépasse pas 1 000 kilomètres carrés.
3. Le contractant peut à tout moment restituer, par anticipation du calendrier exposé au paragraphe 1, des portions du secteur qui lui a été attribué.
4. Les portions restituées redeviennent partie intégrante de la Zone.
5. À la demande du contractant et sur recommandation de la Commission, le Conseil peut, à titre exceptionnel, différer l'exécution du calendrier de restitution. Les circonstances exceptionnelles sont déterminées par le Conseil et comprennent, notamment, la situation économique du contractant ou d'autres situations imprévisibles survenant à l'occasion de ses activités opérationnelles.

Article 28**Durée des contrats**

1. Les plans de travail relatifs à l'exploration sont approuvés pour 15 ans. Lorsqu'un plan de travail relatif à l'exploration arrive à expiration, le contractant doit, à moins qu'il ne l'ait déjà fait, que le plan n'ait été prorogé ou qu'il ne décide de renoncer à ses droits dans la zone visée par le plan, présenter une demande d'approbation d'un plan de travail relatif à l'exploitation.
2. Au plus tard six mois avant l'expiration d'un plan de travail relatif à l'exploration, le contractant peut en demander la prorogation pour des périodes ne dépassant pas cinq ans chacune. Ces prorogations sont approuvées par le Conseil, sur recommandation de la Commission, si le contractant s'est efforcé de bonne foi de se conformer aux stipulations du plan de travail mais n'a pas pu, pour des raisons indépendantes de sa volonté, achever les travaux préparatoires nécessaires pour passer à la phase d'exploitation ou si les circonstances économiques du moment ne justifient pas le passage à cette phase.

Article 29**Formation**

En application de l'article 15 de l'annexe III de la Convention, chaque contrat comporte en annexe un programme de formation pratique du personnel de l'Autorité et d'États en développement, établi par le contractant en coopération avec l'Autorité

et le ou les États patronnant la demande. Les programmes sont axés sur la formation à l'exploration et doivent permettre la pleine participation de ce personnel à toutes les activités sur lesquelles porte le contrat. Les programmes de formation peuvent être modifiés et développés de temps à autre, selon que de besoin, par consentement mutuel.

Article 30

Examen périodique de l'exécution du plan de travail relatif à l'exploration

1. Le contractant et le Secrétaire général procèdent en commun tous les cinq ans à un examen de l'exécution du plan de travail relatif à l'exploration. Le Secrétaire général peut demander au contractant de lui communiquer toutes données et informations supplémentaires qui peuvent être nécessaires aux fins de cet examen.
2. À la lumière de l'examen, le contractant indique son programme d'activités pour les cinq années suivantes en ajustant son programme d'activités antérieur comme nécessaire.
3. Le Secrétaire général rend compte de cet examen à la Commission et au Conseil. Il indique dans son rapport s'il a été tenu compte, aux fins de l'examen, des observations qui auront pu lui être communiquées par des États Parties à la Convention sur la manière dont le contractant s'est acquitté des obligations qui lui incombent en vertu du présent Règlement concernant la protection et la préservation du milieu marin.

Article 31

Cessation du patronage

1. Tout contractant doit être dûment patronné pendant toute la durée du contrat.
2. Si un État met fin à son patronage, il adresse sans retard au Secrétaire général une notification écrite et motivée. La cessation du patronage prend effet six mois après la date de réception de la notification par le Secrétaire général, à moins que la notification ne spécifie une date plus tardive.
3. S'il est mis fin à un patronage, le contractant doit, dans le délai prévu au paragraphe 2, trouver un nouvel État pour le patronner. Celui-ci doit présenter un certificat de patronage conformément à l'article 11. Si le contractant n'obtient pas de patronage dans le délai prescrit, il est mis fin à son contrat.
4. Un État ayant patronné une demande n'est libéré en raison de la cessation de son patronage d'aucune des obligations mises à sa charge pendant qu'il avait la qualité d'État patronnant, et la cessation du patronage est sans effet sur les droits et obligations créés en cours de patronage.
5. Le Secrétaire général notifie aux membres de l'Autorité toute cessation ou tout changement de patronage.

Article 32

Responsabilité

La responsabilité du contractant et celle de l'Autorité sont régies par la Convention. Le contractant demeure responsable de tout dommage résultant d'actes

illicites commis dans la conduite de ses opérations, en particulier de tout dommage au milieu marin, après l'achèvement de la phase d'exploration.

Partie V

Protection et préservation du milieu marin

Article 33

Protection et préservation du milieu marin

1. L'Autorité, conformément à la Convention et à l'Accord, établit et revoit périodiquement des règles, règlements et procédures en matière d'environnement afin de protéger efficacement le milieu marin des effets nocifs pouvant résulter d'activités menées dans la Zone.
2. Afin de protéger efficacement le milieu marin contre les effets nocifs pouvant résulter d'activités menées dans la Zone, l'Autorité et les États qui patronnent ces activités leur appliquent le principe de précaution posé dans le Principe 15 de la Déclaration de Rio et les meilleures pratiques écologiques.
3. La Commission juridique et technique fait des recommandations au Conseil concernant l'application des paragraphes 1 et 2 ci-dessus.
4. La Commission formule et applique les procédures voulues pour déterminer, à partir des informations scientifiques et techniques disponibles les plus sûres, notamment les informations communiquées en application de l'article 20 du présent Règlement, si des activités d'exploration qu'il est proposé de mener dans la Zone risquent d'entraîner des effets nocifs importants sur des écosystèmes marins vulnérables, en particulier ceux associés aux monts sous-marins et aux coraux d'eau froide, et pour garantir que les activités d'exploration proposées dont il aura été ainsi déterminé qu'elles risquent d'entraîner des effets nocifs importants sur des écosystèmes marins vulnérables ou bien soient menées de façon à éviter ces effets nocifs ou bien ne reçoivent pas l'autorisation nécessaire.
5. Conformément à l'article 145 de la Convention et au paragraphe 2 du présent article, chaque contractant prend les mesures nécessaires pour prévenir, réduire et maîtriser autant qu'il est raisonnablement possible la pollution du milieu marin et faire face aux autres risques qui menacent celui-ci du fait des activités qu'il mène dans la Zone, en appliquant le principe de précaution ainsi que les meilleures pratiques écologiques.
6. Les contractants, les États qui les patronnent et les autres États ou entités intéressés coopèrent avec l'Autorité à l'élaboration et à l'exécution de programmes de surveillance et d'évaluation de l'impact sur le milieu marin de l'extraction minière dans les grands fonds marins. Lorsqu'ils sont demandés par le Conseil, ces programmes comprennent des propositions concernant des zones à mettre en réserve et à utiliser exclusivement comme zones témoins d'impact et de préservation. Le terme « zone témoin d'impact » s'entend d'une zone qui doit être utilisée pour évaluer les effets sur le milieu marin des activités menées dans la Zone et qui est représentative des caractéristiques environnementales de la Zone. Le terme « zone témoin de préservation » s'entend d'une zone dans laquelle toute activité d'extraction minière est exclue afin de préserver des biotes stables et représentatifs des fonds marins et d'évaluer tous changements de la diversité biologique du milieu marin.

Article 34**Profils écologiques témoins et surveillance du milieu marin**

1. Tout contrat requiert du contractant qu'il collecte des données écologiques de base et établisse, en tenant compte de toute recommandation que pourrait formuler la Commission juridique et technique en application de l'article 41, des profils écologiques témoins par rapport auxquels seront évalués les effets que les activités menées au titre de son plan de travail relatif à l'exploration sont susceptibles d'avoir sur le milieu marin, ainsi qu'un programme destiné à surveiller ces effets et à en rendre compte. Dans ses recommandations, la Commission peut notamment énumérer les activités d'exploration qui ne sont pas susceptibles d'avoir des effets nocifs sur le milieu marin. Le contractant coopère avec l'Autorité et l'État ou les États qui le patronnent pour élaborer et appliquer ce programme de surveillance.

2. Le contractant rend compte chaque année par écrit au Secrétaire général de l'application et des résultats du programme de surveillance visé au paragraphe 1 et soumet des données et informations, compte tenu de toutes recommandations formulées par la Commission en application de l'article 41. Le Secrétaire général transmet ces rapports des contractants à la Commission pour examen en application de l'article 165 de la Convention.

Article 35**Ordres en cas d'urgence**

1. Le contractant notifie promptement par écrit au Secrétaire général, en utilisant les moyens les plus efficaces, tout incident résultant de ses activités qui a causé, qui cause ou qui menace de causer un dommage grave au milieu marin.

2. Lorsqu'un incident résultant des activités d'un contractant dans la Zone ou occasionné par celles-ci, qui a causé, cause ou menace de causer un dommage grave au milieu marin, lui est notifié par un contractant ou vient autrement à sa connaissance, le Secrétaire général fait donner notification générale de l'incident, en avise par écrit le contractant et l'État ou les États qui le patronnent, et fait immédiatement rapport à la Commission juridique et technique, au Conseil et à tous les autres membres de l'Autorité. Copie du rapport est communiquée à tous les membres de l'Autorité, aux organisations internationales compétentes et aux organisations et organes sous-régionaux, régionaux et mondiaux concernés. Dans tous les cas d'incident de ce type, le Secrétaire général suit l'évolution de la situation et, s'il le juge nécessaire, fait rapport à la Commission, au Conseil et à tous les autres membres de l'Autorité.

3. En attendant que le Conseil statue, le Secrétaire général prend immédiatement toutes les mesures conservatoires d'ordre pratique qui peuvent raisonnablement être prises en l'espèce pour prévenir, maîtriser et réduire au minimum tout dommage ou menace de dommage grave au milieu marin. Ces mesures restent en vigueur pendant au maximum 90 jours ou jusqu'à ce que le Conseil décide, à sa prochaine session ordinaire ou à une session extraordinaire, des éventuelles dispositions à prendre en application du paragraphe 6 du présent article.

4. Après avoir reçu le rapport du Secrétaire général, la Commission détermine, sur la base des éléments qui lui sont communiqués et compte tenu des mesures déjà prises par le contractant, les dispositions nécessaires pour faire face efficacement

audit incident et prévenir, maîtriser et réduire au minimum tout dommage ou menace de dommage grave au milieu marin, et fait ses recommandations au Conseil.

5. Le Conseil examine les recommandations de la Commission.

6. Le Conseil, compte tenu des recommandations de la Commission, du rapport du Secrétaire général, de toute information fournie par le contractant et de toute autre information pertinente, peut émettre les ordres en cas d'urgence – y compris, le cas échéant, l'ordre de suspendre ou de modifier les opérations – raisonnablement nécessaires pour prévenir, maîtriser et réduire au minimum tout dommage ou menace de dommage grave au milieu marin résultant d'activités menées dans la Zone.

7. Si un contractant ne se conforme pas rapidement à un ordre donné en cas d'urgence pour prévenir, maîtriser et réduire au minimum un dommage ou une menace de dommage grave au milieu marin résultant de ses activités dans la Zone, le Conseil prend, lui-même ou par l'intermédiaire de tiers agissant en son nom, les mesures concrètes nécessaires pour prévenir, maîtriser ou réduire au minimum ce dommage ou cette menace de dommage grave au milieu marin.

8. Afin de permettre au Conseil, si nécessaire, de prendre immédiatement les mesures concrètes visées au paragraphe 7 pour prévenir, maîtriser et réduire au minimum un dommage ou une menace de dommage grave au milieu marin, le contractant, avant de commencer l'expérimentation des procédés de collecte et de traitement, fournit au Conseil une garantie de son aptitude financière et technique à se conformer rapidement aux ordres donnés en cas d'urgence ou à faire en sorte que le Conseil puisse prendre des mesures d'urgence. Si le contractant ne donne pas au Conseil une telle garantie, l'État ou les États qui le patronnent, en réponse à une demande du Secrétaire général et en application des articles 139 et 235 de la Convention, prennent les dispositions requises pour que le contractant fournisse ladite garantie ou pour qu'une aide soit apportée à l'Autorité dans l'exercice des responsabilités qui lui incombent en vertu du paragraphe 7.

Article 36

Droits des États côtiers

1. Aucune disposition du présent Règlement ne porte atteinte aux droits des États côtiers tels que définis à l'article 142 et dans les autres dispositions pertinentes de la Convention.

2. Tout État côtier qui a des raisons de penser qu'une activité menée dans la Zone par un contractant est susceptible de causer ou de menacer de causer un dommage grave au milieu marin dans des zones maritimes sur lesquelles il exerce sa juridiction ou sa souveraineté peut en aviser par écrit le Secrétaire général pour lui exposer ces raisons. Le Secrétaire général donne au contractant et à l'État ou aux États qui le patronnent la possibilité raisonnable d'examiner les preuves fournies, le cas échéant, par l'État côtier à l'appui de ses dires. Le contractant et l'État ou les États qui le patronnent peuvent présenter leurs observations sur la question au Secrétaire général dans un délai raisonnable.

3. S'il existe des raisons sérieuses de croire que le milieu marin risque de subir un dommage grave, le Secrétaire général prend les dispositions décrites à l'article 35 et, si nécessaire, prend immédiatement des mesures conservatoires comme prévu au paragraphe 3 dudit article.

4. Les contractants prennent toutes les mesures nécessaires pour que leurs activités soient menées de manière à ne pas causer de dommage grave – y compris, mais sans s’y limiter, de pollution – au milieu marin se trouvant sous la juridiction ou la souveraineté d’États côtiers et pour que les dommages graves ou les pollutions résultant d’incidents survenus ou d’activités menées dans leur zone d’exploration ne s’étendent pas au-delà de cette zone.

Article 37

Restes humains, objets et sites présentant un caractère archéologique ou historique

Le contractant notifie immédiatement par écrit au Secrétaire général toute découverte, dans son secteur d’exploration, de tous restes humains, objets ou sites présentant un caractère archéologique ou historique, et leur emplacement, ainsi que toute mesure de conservation ou de protection qu’il a prise. Le Secrétaire général transmet immédiatement ces informations au Directeur général de l’Organisation des Nations Unies pour l’éducation, la science et la culture et à toute autre organisation internationale compétente. Lorsque de tels restes humains, objets ou sites sont découverts dans un secteur d’exploration, et pour éviter d’en altérer l’état, il ne sera mené aucune nouvelle activité de prospection ou d’exploration dans un rayon de dimension raisonnable tant que le Conseil n’en aura pas décidé autrement en tenant compte des avis du Directeur général de l’Organisation des Nations Unies pour l’éducation, la science et la culture ou de toute autre organisation internationale compétente.

Partie VI

Confidentialité

Article 38

Confidentialité des données et informations

1. Sont réputées confidentielles les données et informations présentées ou communiquées à l’Autorité, ou à toute personne participant à un programme ou une activité de l’Autorité en application du présent Règlement ou d’un contrat émis en vertu du présent Règlement, que le contractant, en consultation avec le Secrétaire général, a désignées comme telles, à moins qu’il ne s’agisse de données et informations :

- a) Qui sont de notoriété publique ou facilement accessibles auprès d’autres sources;
- b) Que leur propriétaire a antérieurement rendues accessibles sans obligation de confidentialité; ou
- c) Dont l’Autorité est déjà en possession sans obligation de confidentialité.

2. Les données et informations qui sont nécessaires à l’élaboration par l’Autorité des règles, règlements et procédures relatifs à la protection et à la préservation du milieu marin et à la sécurité, autres que les données relatives à la conception de l’équipement réputées être propriété industrielle, ne sont pas considérées comme confidentielles.



AVIS TECHNIQUE

Oct
2020

Terres rares, énergies renouvelables et stockage d'énergie

Ce qu'il faut retenir

Les terres rares constituent un ensemble d'éléments métalliques du tableau périodique des éléments, aux propriétés chimiques très voisines. Contrairement à ce que leur nom peut laisser supposer, ces éléments ne sont pas rares et leur criticité est principalement liée au quasi-monopole actuel de la Chine pour leur extraction et leur transformation. La Chine réalisait environ 86 % de la production mondiale de terres rares en 2017.

L'extraction des terres rares présente, comme toute extraction minière et procédé de transformation métallurgique, des impacts environnementaux. La spécificité environnementale de l'extraction des terres rares par rapport à d'autres métaux vient de la présence de thorium et d'uranium dans les gisements dits « de roches » qui induisent une pollution radioactive des différents rejets.

En raison de leurs propriétés, les applications des terres rares sont multiples ; on les retrouve notamment dans les aimants permanents utilisés pour réduire le volume et le poids de certains moteurs et générateurs électriques. La consommation de terres rares dans le secteur de la production d'énergies renouvelables réside essentiellement dans l'utilisation d'aimants permanents pour l'éolien en mer. Seule une faible part d'éoliennes terrestre en utilise, environ 6 % en France. A un horizon de 10 ans, selon une capacité éolienne en mer projeté à 120 GW dans le monde, et au regard de la production annuelle mondiale de terres rares, le besoin représente moins de 6 % de la production annuelle en néodyme et plus de 30 % de la production de dysprosium. Dans ce contexte, un manufacturier propose déjà des éoliennes n'utilisant pas d'aimants permanents pour une implantation en mer, sachant que des solutions de substitutions existent déjà : générateurs asynchrones ou synchrones sans aimant permanent, par exemple.

Les technologies solaires photovoltaïques actuellement commercialisées n'utilisent pas de terres rares. Parmi les batteries couramment utilisées, seules les batteries nickel-hydrure métallique (NiMH) comprennent un alliage de terres rares à la cathode, mais leur utilisation restera très marginale dans la transition énergétique.

A notre connaissance, aucune autre technologie de conversion des énergies renouvelables n'utilise les terres rares de manière significative.

de cette liste sont, entre autres, l'intérêt stratégique pour l'économie, la concentration de la production ou encore la substituabilité des matières. Pour certains matériaux, comme le silicium métal, l'appréciation de la criticité par la Commission européenne diffère de celle d'experts français⁶.

1.6. Terres rares et impacts environnementaux

L'extraction des terres rares présente comme toute extraction minière et procédé de transformation métallurgique des impacts environnementaux. L'extraction, actuellement toujours à ciel ouvert pour les terres rares, modifie le paysage, les sols et le régime hydrographique local. Les impacts diffèrent suivant les types de gisement. Pour les gisements dits « de roches dures » (exploitant des minerais de monazite, de bastnäsite ou de xénotime), plutôt concentrés en terres rares légères, les poussières issues de la mine et du broyage des minerais sont susceptibles de disperser des polluants à plus ou moins longue distance. L'extraction et la séparation des métaux s'appuyant sur des traitements pyro/hydro métallurgiques conduisent à rejeter des résidus de traitement polluants, soit dans l'air (du fluor notamment), soit dans des lagunes affectant les eaux souterraines (avec des effluents chimiques). Ces gisements ont la particularité de contenir du thorium et de l'uranium induisant une pollution radioactive des différents rejets. Pour les gisements dits « d'argiles ioniques », exclusivement présents en Chine, les mines sont de tailles plus faibles. Cependant, s'agissant de concentrations de surface, elles dégradent des surfaces importantes mais ne rejettent pas de poussières ni de thorium ou d'uranium. L'extraction du minerai et la séparation des terres rares génèrent elles aussi des effluents chimiques. Par ailleurs les effets des terres rares et de leurs composants sur la santé humaine sont assez peu étudiés, même si des effets neurotoxiques de certains composants chimiques ont été signalés.

2. Les terres rares et les énergies renouvelables

2.1. L'utilisation des terres rares dans les filières de production d'énergie renouvelable

Les énergies renouvelables n'utilisent, pour la plupart, pas de terres rares. La consommation de terres rares dans ce secteur réside essentiellement dans l'utilisation **d'aimants permanents pour certains segments de marchés de l'éolien (essentiellement pour l'éolien en mer), de faible taille actuellement, mais en forte croissance.** A notre connaissance, aucune autre technologie de conversion des énergies renouvelables n'utilise les terres rares de manière significative.

Les technologies solaires photovoltaïques actuellement commercialisées n'utilisent pas de terres rares. Certaines utilisent des métaux qui peuvent être critiques - comme le tellure, l'indium et l'argent pour les couches minces et l'antimoine et l'argent pour la filière silicium - mais il ne s'agit pas de terres rares. Le silicium est considéré comme critique par l'Union européenne, mais pas par la France qui en est le 5^e producteur mondial ; les réserves mondiales de silicium sont importantes, s'agissant du deuxième élément le plus abondant de la croûte terrestre. L'ADEME estime l'utilisation d'argent et d'antimoine moins critique, ces éléments étant substituables.

Les éoliennes produisent du courant via un alternateur, qui peut être un générateur synchrone ou asynchrone. Les générateurs synchrones à aimants permanents (*permanent magnet generator*, PMG) sont apparus dans les années 2000 pour, entre autres, améliorer les rendements de conversion, réduire le poids et les besoins de maintenance, et allonger la durée de vie des systèmes. Seules les éoliennes à aimants permanents utilisent des terres rares. Cependant, tous les générateurs synchrones ne contiennent pas des aimants permanents (c'est le cas des générateurs bobinés d'Enercon). Les

⁶ BRGM : http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/documents/Fiches_criticite/fichecriticitesiliciummetal-publique20190729.pdf

quantités d'aimants permanents intégrées dans les générateurs synchrones varient en fonction du mode de transmission de la chaîne cinématique :

- Entraînement direct sans multiplicateur (*direct-drive* PMG-DD)
- Semi-rapide avec un étage de multiplication (*medium speed* PMG-MS) ;
- Rapide avec un multiplicateur comprenant plusieurs étages de multiplication (*high-speed* PMG-HS).

Une étude de la Commission Européenne⁷ aboutit aux chiffres suivants :

Tableau 2 : Masse d'aimants permanents selon le type de générateur (Pavel et al. 2017)

Typologie de générateurs à aimants permanents	Masse d'aimants permanents
	[kg/MW]
Entraînement direct (PMG-DD)	650
Semi-rapide (PMG-MS)	160
Rapide (PMG-HS)	80

Ces aimants contiennent principalement du néodyme, mais aussi du dysprosium, qui sont des terres rares. Le dysprosium étant beaucoup plus rare dans les gisements que le néodyme⁸. Or, le dysprosium est également l'élément fondamental car c'est lui qui garantit aux aimants permanents de bonnes performances électromagnétiques lorsque les températures sont élevées.

Cette même étude propose la composition typique des aimants permanents en terres rares :

Tableau 3 Composition typique des aimants permanents en terres rares (Pavel et al. 2017)

Élément	Pour 1 kg d'aimants permanents
Néodyme – Praséodyme (< 1 %)	29 – 32 %
Dysprosium	3 – 6 %

Les éoliennes à aimants permanents sont toutefois très peu répandues dans l'éolien terrestre en France. D'après les données des éoliennes raccordées au réseau électrique français au 31 décembre 2019, 387 aérogénérateurs totalisant une capacité installée de 1 020 MW contiennent des aimants permanents, ce qui représente 6,2% de la capacité installée totale du parc éolien français. Parmi celles-ci, les éoliennes embarquant des générateurs à aimants permanents à entraînement direct (soit celles qui contiennent le plus de terres rares) représentent 510 MW soit 3,1% du parc éolien français fin 2019.

La masse d'aimants permanents nécessaires à tout le parc éolien français installé fin 2019 (16,5 GW, terrestre), selon la composition indiquée ci-avant, est estimée à 372 tonnes, ce qui représente environ 112 tonnes de néodyme et 17 tonnes de dysprosium, soit au total moins de 2 % du marché annuel mondial de chacun de ces éléments⁹ (2 % pour le dysprosium et moins de 0,5 % pour le néodyme).

⁷ Claudiu C. Pavel, et al, 2017, Substitution strategies for reducing the use of rare earths in wind turbines, Resources Policy, DOI 10.1016.

⁸ La part d'oxydes de dysprosium consommée dans le monde est de 1,0 % du total des oxydes de terres rares tandis que la part de l'oxyde de néodyme est de 16,5 % (Tableau 1).

⁹ Demande mondiale annuelle Nd : 25 700 tonnes (2015). Demande mondiale annuelle Dy : environ 854 tonnes en 2014 (fiche criticité BRGM 2016 citant Roskill 2015).

L'analyse du marché des turbines à venir pour l'éolien terrestre, qui va présenter des rotors de diamètres supérieurs à 130 m et des capacités unitaires supérieures à 4 MW, ne montre pas un besoin nettement plus important en aimants permanents. En effet, les constructeurs ont anticipé la problématique suite à la flambée des prix du dysprosium en 2011 en proposant des technologies plutôt classiques même sur les machines les plus puissantes (Nordex). Les constructeurs qui développent des technologies à aimants permanents des éoliennes de nouvelles générations proposent aussi des technologies asynchrones (Siemens Gamesa) ou sans dysprosium (Enercon) ou associées à un multiplicateur de vitesse pour limiter les quantités d'aimants (Vestas). **La problématique de l'utilisation des aimants permanents a donc été bien prise en compte par les constructeurs. Ce n'est donc pas un sujet critique pour les éoliennes terrestres.**

Le marché de l'éolien en mer est en forte croissance mais devrait rester minoritaire dans les années et décennies à venir (moins de 20 % du marché global de l'éolien à l'horizon 2030¹⁰) ; toutefois, les derniers modèles d'éoliennes en mer (pour des puissances par machine de 6 à 12 MW) utilisent pour beaucoup des aimants permanents : ceci leur permet de réduire les coûts des opérations de maintenance, mais également de réduire la masse et l'encombrement des nacelles, permettant ainsi de diminuer le dimensionnement global du mât et des fondations. Cependant, d'autres technologies utilisant moins d'aimants permanents sont déjà développées pour l'éolien en mer (par exemple par MHI Vestas).

La capacité des premiers parcs d'éoliennes en mer à installer en France avant 2026 est de 3 623 MW. Ceci comprend les 4 parcs attribués lors du 1^{er} appel d'offres (Courseulles, Fécamp, Saint Nazaire, Saint Brieuc), les 2 parcs attribués lors du 2^{ème} appel d'offres (Dieppe Le Tréport, Yeu et Noirmoutier), les quatre fermes pilotes éoliennes flottantes et le parc de Dunkerque attribué en 2019.

La masse totale d'aimants permanents nécessaire, selon la composition proposée dans le tableau 2, et sous l'hypothèse que tout le parc français utilise une technologie à aimants permanents à attaque directe (pour le parc français, le ratio est d'environ 638 kg/MW d'aimants permanents), est d'environ **2 312 tonnes** dont **705 tonnes de néodyme** et **104 tonnes de dysprosium**.

Si on se réfère aux prospectives de la PPE, on peut estimer que la capacité totale installée en mer à l'horizon 2028 s'établira autour de 5,7 GW, ce qui correspond à un besoin annuel d'aimants permanents de 463 t/an (sous l'hypothèse que tout le parc français utilise une technologie à aimants permanents à attaque directe). Ce besoin annuel se décline en 141 t/an en néodyme et 21 t/an en dysprosium.

Cette demande totale pour le marché français couvrant 8 années doit être mise en parallèle de la demande mondiale annuelle qui s'établit actuellement à 25 700 tonnes en 2015¹¹ pour le néodyme (l'élément et non sous forme d'oxyde) et à 854 tonnes en 2014¹² pour le dysprosium (l'élément et non sous forme d'oxyde). Elle représente moins de 1 % de la demande annuelle en néodyme et un peu moins de 4 % de la demande annuelle en dysprosium.

Concernant le besoin mondial en terres rares pour le développement de l'éolien en mer, nous prenons comme hypothèse :

- 80 % de part de marché à 650 t/GW d'aimants permanents (PMG-DD)
- 20 % de part de marché à environ 150 t/GW d'aimants permanents (PMG-MS)
- 120 GW d'éolien en mer à installer dans le monde en 12 ans (à l'horizon 2030) or 23 GW ont déjà été installés en date de 2018.

Ceci aboutit à un besoin annuel en aimants permanents de 4 462 t/an se déclinant en 1 428 t/an en néodyme et 268 t/an en dysprosium. Au regard de la production annuelle mondiale de terres rares, ce besoin représente moins de 6 % de la production annuelle en néodyme et plus de 30 % de la production annuelle en dysprosium.

¹⁰ IRENA (2014), REmap 2030: A Renewable Energy Roadmap, Summary of Findings, June 2014. IRENA, Abu Dhabi. www.irena.org/remap

¹¹ BRGM Panorama du marché des terres rares 2016, citant Kingsnorth 2016.

¹² BRGM, Fiche de synthèse sur la criticité des métaux - Le dysprosium, 2016 citant Roskill 2015.

2.2. L'utilisation des terres rares dans les dispositifs de stockage de l'énergie renouvelable

L'usage du stockage stationnaire d'énergie en France réside essentiellement dans les lacs d'éclusés, barrages avec réservoirs et stations de transfert d'énergie par pompage (STEP) pour le stockage massif et les batteries au plomb pour les usages de secours. Pour autant, dans une perspective à long terme de forte pénétration des énergies renouvelables sur le réseau et de l'élimination du recours aux moyens thermiques, le déploiement de capacités de stockage d'énergie de masse ne semble nécessaire avant 2030 que pour les zones non interconnectées¹³ et plutôt après 2040-2045 pour la France métropolitaine.¹⁴ Cette nécessité s'appuie essentiellement sur un besoin de stockage journalier, mais aussi pour contribuer aux services systèmes dans l'objectif de stabilité du réseau.

Le stockage électrochimique (ou batteries) constitue le deuxième moyen de stockage d'électricité le plus répandu dans le monde. Sur le territoire français seuls sont déployés à titre expérimental quelques batteries de l'ordre du MW/MWh. Malgré un déploiement tardif par rapport à d'autres pays, le stockage d'énergie en réseau commence à se développer en France, notamment dans les zones non-interconnectées où sa généralisation devrait débuter au début des années 2020 dans le contexte des objectifs d'autonomie énergétique fixés par ces territoires à l'horizon 2030. A l'étranger, des projets de grande ampleur sont déjà déployés, et le plus important en développement porte sur 4 GWh en Australie (technologie Lithium-ion).

Les technologies les plus déployées dans l'usage du stockage d'énergie renouvelable sont aujourd'hui les batteries Lithium-ion (Li-ion), sodium-soufre (NaS) et plomb-acide (PbA). Les terres rares n'entrent pas, ou qu'en très faibles quantités (éventuellement comme additif), dans la composition de ces batteries. Parmi les batteries couramment utilisées, seules les batteries nickel-hydrure métallique (NiMH) comprennent un alliage de terres rares à la cathode. Ces batteries ont surtout été utilisées dans les véhicules hybrides et dans les équipements électroportatifs, mais leur utilisation à des fins de stockage d'énergie renouvelable restera très marginale, en raison notamment de leur coût élevé par rapport aux batteries Li-ion, dont les caractéristiques et performances sont plus adaptées à cet usage.

Ainsi, l'utilisation de métaux critiques ou stratégiques (tels le Cobalt dans les batteries Lithium-ion) apparaît nettement plus problématique que celle des terres rares dans le stockage d'énergie renouvelable où elles sont très marginales. Les industriels poursuivent les recherches pour réduire la consommation ou substituer ces éléments dans les batteries.

3. Quelles conséquences pour le développement des énergies renouvelables ?

Les aimants permanents sont l'application principale des terres rares au niveau mondial. Ils représentent 89 % des applications pour le néodyme et 98,5 % pour le dysprosium¹⁵.

Comme la production annuelle d'aimants pour les éoliennes est actuellement faible¹⁶ (voir section 2.1) au regard de l'ensemble de la production pour les autres usages industriels, le risque d'approvisionnement peut être important pour

¹³ Vers l'autonomie énergétique des ZNI : <https://www.ademe.fr/vers-lautonomie-energetique-zni-zones-non-interconnectees>, ADEME, 2019.

¹⁴ Trajectoires d'évolution du mix électrique à horizon 2020-2060 : <https://www.ademe.fr/trajec-toires-devolution-mix-electrique-a-horizon-2020-2060>, ADEME, 2018.

¹⁵ BRGM, Fiche de synthèse sur la criticité des métaux – Le néodyme, 2015.
BRGM, Fiche de synthèse sur la criticité des métaux – Le dysprosium, 2016.

¹⁶ Permanent magnet materials and current challenges : 9,6 % du marché mondial des aimants aux terres rares lesquels sont fabriqués à 80 % en Chine, 17 % au Japon et 3 % en Europe – Allemagne. Steve Constantinides et John De Leon de Arnold, Magnetic Technologies (2014).

l'industrie éolienne qui ne possèdent pas la capacité pour négocier des accords commerciaux favorables avec les pays producteurs.

Dans le secteur des aimants permanents, les technologies sans terres rares restent moins performantes à coût comparable. Des recherches et projets sont toutefois menés, notamment suite à la hausse des prix des années 2010-2011, pour **diminuer les quantités de dysprosium nécessaires voire le supprimer¹⁷, ou pour réduire fortement ou supprimer le recours aux aimants permanents** sans réduction des performances¹⁸.

Les facteurs influençant l'utilisation des terres rares pour l'éolien sont multiples : évolution des technologies d'aimants permanents, niveau d'utilisation de ces aimants, remplacement par de nouvelles technologies, concurrence d'usage au niveau mondial, évolution de l'approvisionnement à horizon 20 à 30 ans...

Dans ce contexte, une éventuelle tension forte sur les terres rares ne semble pas devoir compromettre le développement de l'éolien, en raison notamment de technologies alternatives pour les générateurs électriques (générateurs asynchrones ou générateurs synchrones sans aimant permanent) :

- En terrestre, aucune modification majeure de la structure du parc éolien n'est prévue pour les années à venir, et les aimants permanents devraient rester très largement minoritaires.
- En mer, étant donné la faible masse des aimants permanents par rapport à l'ensemble des matériaux utilisés dans les machines¹⁹, le coût des machines dépend peu de celui des terres rares. Les solutions de substitution actuelles auraient surtout un effet sur la masse de la turbine qui conduirait à un renchérissement des coûts de structure (mât, fondation ou flotteur). Pour les très fortes puissances, d'autres innovations technologiques (bobinages supraconducteurs) sont attendues en relais des technologies actuelles.

Les industriels consommateurs de terres rares peuvent craindre davantage la **dépendance à la Chine en situation de quasi-monopole** car elle réalisait en 2017 plus de 86 % de la production mondiale annuelle de terres rares²⁰ et d'aimants permanents, qu'une pénurie physique des ressources.

En ce qui concerne le **recyclage des terres rares**, au-delà des contraintes d'équilibre économique, il connaît des contraintes technologiques, et surtout un manque de gisement concentré de taille industrielle disponible à l'heure actuelle et sur au moins les deux décennies à venir qui permettrait d'envisager un déploiement économique des infrastructures de recyclage.

4. Pour en savoir plus

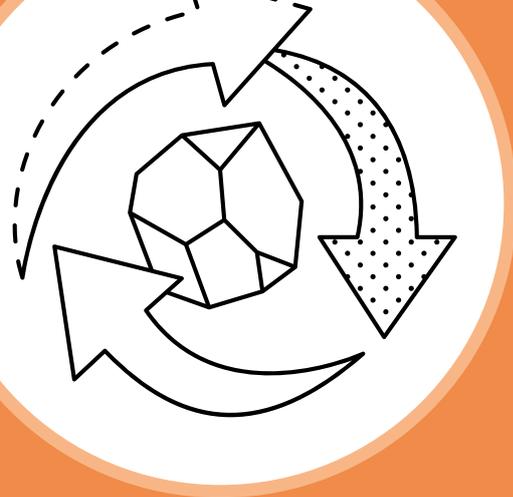
1. Bru K., Christmann P., Labbé J.F., Lefebvre G. (2015) - Panorama mondial 2014 du marché des Terres Rares. Rapport public. BRGM/RP-65330-FR.
2. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. *Les enjeux des métaux stratégiques : Le cas des terres rares*. Compte rendu de l'audition publique du 8 mars 2011 et de la présentation des conclusions, le 21 juin 2011 par MM. Claude Birraux et Christian Kert, députés.

¹⁷ K.P. Skokov and O. Gutfleish, Heavy rare earth free, free rare earth and rare earth free magnet – vision and reality, *Scr Mater*, 154 (2018) ; J. Mohapatra and J.P. Liu, Rare-earth-free permanent magnet : the past and future, *Handbook of Magnetic Materials*, Editions E. Bruck, Elsevier, 2018.

¹⁸ Projet JEOLIS (financé par l'ADEME dans le cadre des Investissements d'Avenir coordonné par Jeumont Electric).

¹⁹ Le coût des aimants permanents est estimé à moins de 5 % du coût total d'une éolienne de 6 MW à attaque directe : *Improved Cost of Energy Comparison of Permanent Magnet Generators For Large Wind Turbines*, Université de Strathclyde, 2014.

²⁰ Roskill, *Rare Earths: Global Industry, Markets & Outlook 2018*.



DOSSIER ENJEUX DES GÉOSCIENCES

DOCUMENT 8

RESSOURCES MINÉRALES

LES TERRES RARES



Géosciences pour une Terre durable

brgm



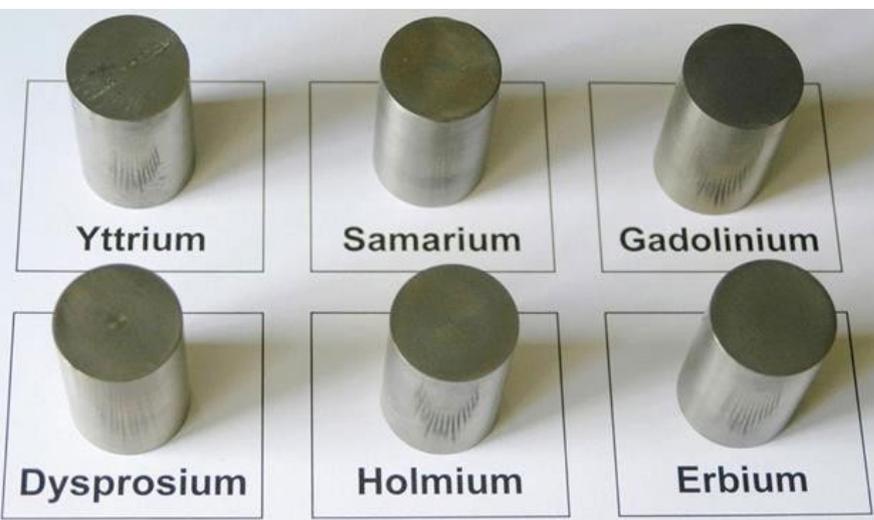
2 / Un marché en forte expansion

Les terres rares sont aujourd'hui présentes dans beaucoup d'objets manufacturés et elles sont devenues indispensables à plusieurs secteurs de l'industrie de pointe. Ces métaux sont devenus une denrée économique et même géopolitique.

Si le cérium a été utilisé dans les manchons de gaz de la ville de Vienne dès les années 1880, l'usage des terres rares est resté très limité jusqu'aux années 70, quand le développement des écrans couleur ou de la technologie laser ont nécessité leur emploi à grande échelle. En plus de capacités optiques exceptionnelles, ces métaux possèdent également un pouvoir d'aimantation et une résistance dans le temps qui en font des éléments très demandés pour la fabrication de nombreux matériels électroniques : haut-parleurs, appareils d'imagerie médicale, générateurs électriques des éoliennes ou encore disques durs d'ordinateurs.

forte miniaturisation. Ce secteur tire aujourd'hui l'essentiel de la demande en terres rares, orientée vers 4 éléments en particulier : le néodyme, le praséodyme, et dans une moindre mesure le dysprosium et le terbium (pour les applications de haute performance). C'est une donnée particulièrement importante pour les véhicules électriques ou les nouvelles techniques de production d'énergie comme les éoliennes, dont les moteurs et générateurs doivent être les moins grands et les moins lourds possibles. Les capacités d'un aimant de 100 grammes contenant du néodyme équivalent ainsi à celles d'un aimant classique de 1 kg sans cet élément. Dans le secteur militaire, les terres rares, ajoutées à d'autres métaux, améliorent les systèmes de guidage de missile, les performances de certains blindages ou encore les capacités de détection des sonars.

En 2020, la production minière de terres rares était estimée à environ 200 000 tonnes. Cette ressource primaire doit ensuite être affinée. La consommation de terres rares par l'industrie était estimée à 190 000 tonnes pour un marché global de 2,2 milliards de dollars. Le passé l'a montré : les prix peuvent vite dérapier. En septembre 2010, un incident diplomatique autour d'une petite île en mer de Chine orientale décidait Pékin à décréter un embargo sur les terres rares destinées au Japon, puis en 2011, la Chine abaissait ses quotas d'exportation. Ces événements provoquaient une flambée soudaine des cours : le néodyme utilisé pour la fabrication d'aimants permanents voyait par exemple son prix grimper de 1000% en quelques mois, avant de redescendre.



La plupart des terres rares sont des métaux d'aspect blanc-gris, de densité variée. © BRGM

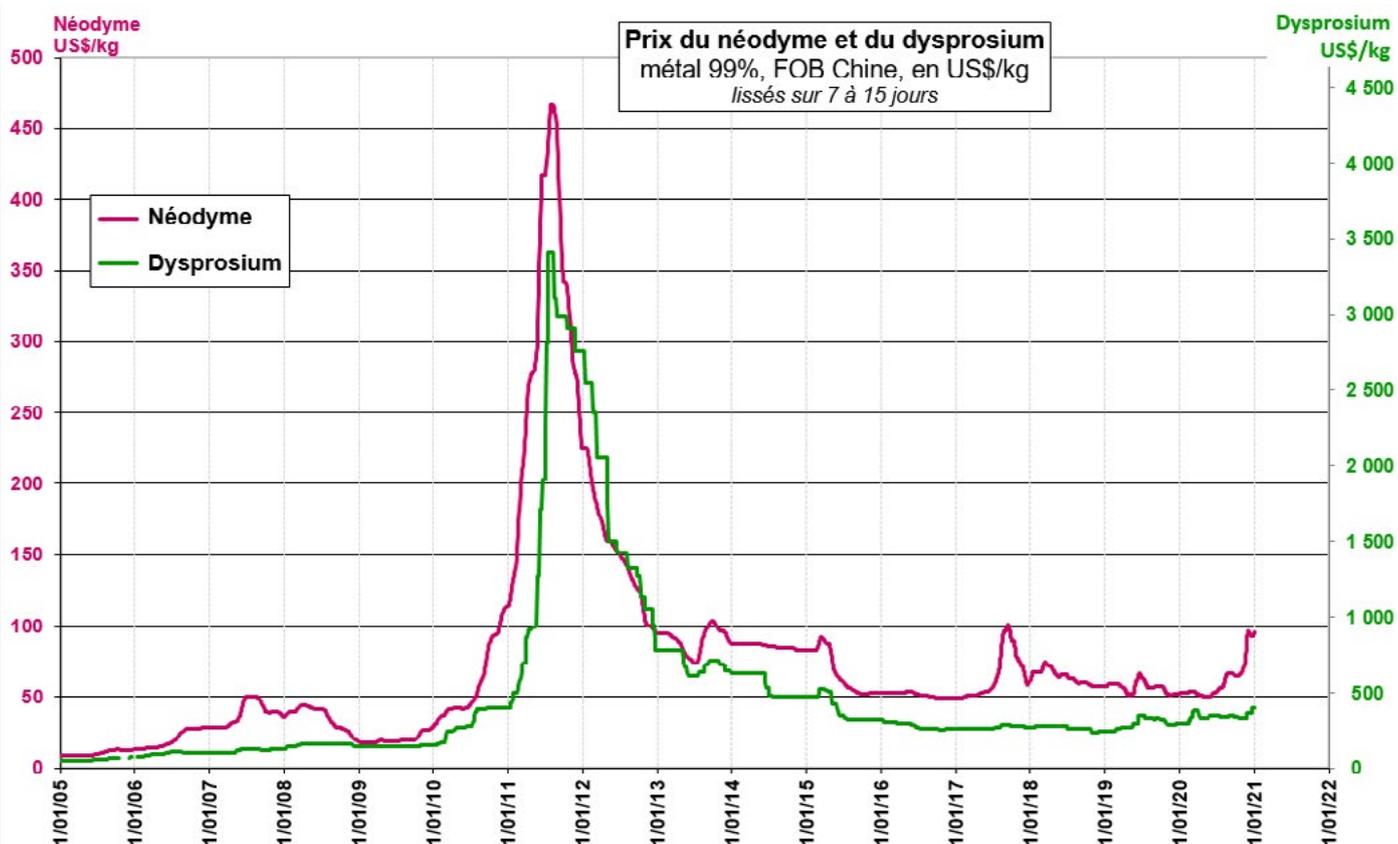
C'est en particulier grâce à une technologie d'aimants permanents appelée NdFeB (néodyme-fer-bore) utilisée dans des moteurs électriques à très haut rendement que les terres rares ont permis d'augmenter la performance de ces produits technologiques tout en assurant une

L'EXTRACTION MINIÈRE SE DÉVELOPPE EN DEHORS DE LA CHINE

Ces dix dernières années, pour faire face à leur dépendance ou profiter du marché, plusieurs pays ont décidé de consacrer une partie de leur activité minière à l'extraction de terres rares sur leur territoire. C'est le cas des Etats-Unis avec la réouverture de l'important gisement de Mountain Pass, qui a produit en 2020 près de 38 000 tonnes d'oxydes de terres rares, ou encore de la Birmanie avec une production estimée à 30 000 tonnes. Le monopole de la Chine dans la production primaire se réduit : elle est estimée à 57% du total en 2020 contre 82% en 2017. Néanmoins, l'Empire du Milieu garde la première place en matière d'extraction et demeure incontournable sur le plan de la transformation grâce

à un tissu industriel étoffé sur toute la chaîne de production et une rentabilité très élevée. C'est donc sur ces étapes en aval de la production minière que les autres pays concentrent progressivement leurs efforts, visant à mettre en place des capacités de raffinage compétitives. L'Australie, les Etats-Unis et l'Europe pourraient disposer de telles capacités sur leurs sols à l'horizon 2030.

En vingt ans, la consommation mondiale de terres rares a plus que doublé. Elle pourrait augmenter de 8% par an dans les prochaines années en raison de l'augmentation des ventes de voitures électriques, des plans énergétiques favorisant l'éolien, et de l'extension de l'électronique et de la robotique.



Évolution des prix du néodyme et du dysprosium sur 15 ans. © BRGM



3 g de terres rares dans chaque smartphone

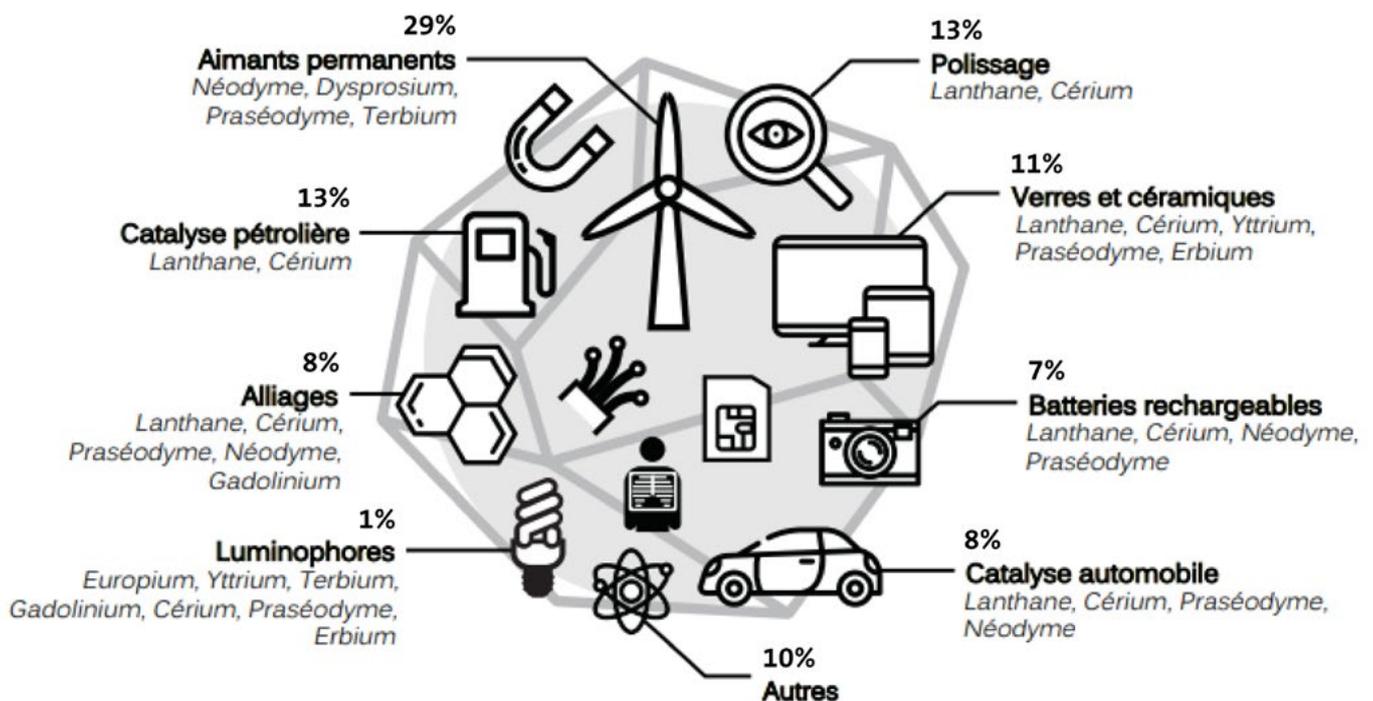
Un smartphone ne contient en moyenne que 3 g de terres rares. Mais en 2020, le marché représente près de 2 milliard d'unités vendues dans le monde, mobilisant près de 6 000 tonnes de terres rares.

Entre 0,3 et 3,5 kg de terres rares pour fabriquer une voiture

Si des constructeurs automobiles essayent de se passer des terres rares pour parer à d'éventuels problèmes d'approvisionnement, celles-ci jouent encore un rôle central dans le secteur car elles interviennent dans un grand nombre de fonctions où elles améliorent la fiabilité et les performances (direction et freinage par exemple). On retrouve donc certaines terres rares dans les véhicules thermiques classiques, mais celles-ci sont surtout utilisées dans les batteries et moteurs des véhicules hybrides et électriques, dans une fourchette allant de 1,2 kg à 3,5 kg en fonction des technologies. Enfin, on retrouve des terres rares légères dans les pots d'échappement comme catalyseurs, aux côtés du palladium et du platine.

Jusqu'à 1 tonne de terres rares dans une éolienne

De la même manière, ces aimants permettent de considérablement optimiser la puissance des éoliennes offshore : jusqu'à 7 MW, contre 2 MW pour les éoliennes terrestres classiques sans aimants. Pour obtenir une puissance d'1 MW fournie par le générateur, il faut jusqu'à 600 kg d'aimants contenant un tiers de néodyme-praséodyme. Un développement massif de parcs éoliens en mer pourrait ainsi avoir une influence importante sur la demande.



Les aimants permanents représentent une part croissante de la consommation de terres rares. © BRGM



4 / Développer le recyclage pour réduire les tensions

A l'heure actuelle, le groupe de métaux appelés terres rares n'est quasiment pas recyclé, contrairement à des éléments plus communs comme le fer ou le cuivre. En cause : les quantités récupérées sont souvent très faibles et présentent des impuretés, et la rentabilité des procédés n'est pas encore au rendez-vous par rapport à des extractions très bon marché, notamment dans des pays aux normes environnementales peu sévères. Améliorer les procédés de recyclage des terres rares fait donc partie des solutions étudiées par le service géologique français.

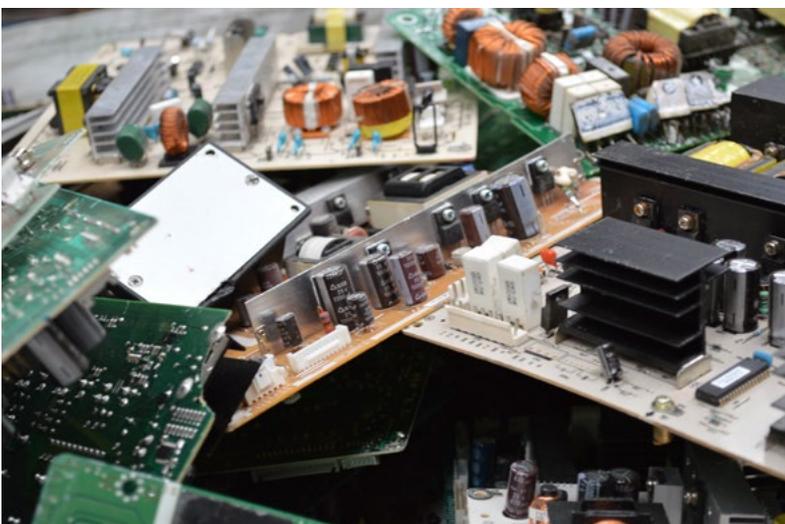
Lancé en janvier 2020, le projet **VALOMAG** a pour objectif de trouver des techniques efficaces pour extraire et valoriser les aimants permanents présents dans les éoliennes ou les disques durs. Le BRGM intervient à double titre. Dans la suite du projet **EXTRADE**, financé par l'Agence nationale de la recherche, le BRGM réalise des pilotes de démantèlement à grande échelle des disques durs d'ordinateurs. Par ailleurs, il cherche à récupérer les éléments de terres rares présents dans les aimants des éoliennes par une méthode de broyage et de dissolution du matériau.

VALOMAG étudie toute la chaîne de traitement : collecte et caractérisation des déchets, démontage et extraction des aimants permanents, essais de différents procédés hydrométallurgiques, production de nouveaux aimants pour des utilisations spécifiques, analyse globale du cycle de

vie des éléments récupérés. Financé par des fonds européens, le projet regroupe le BRGM, le CEA, Suez, deux universités néerlandaises – l'Université de technologie de Delft et l'Université de Leiden, et l'entreprise spécialisée allemande **Kollector Magnet Technology**.

Deux autres projets européens auxquels participe le BRGM visent à récupérer les métaux en vue de leur recyclage via des procédés biologiques. Les partenaires du projet H2020 **NEMO** étudient ainsi l'opportunité de récupérer plusieurs éléments présents en faible quantité dans les déchets d'extraction de la mine finlandaise de Sotkamo, afin de pouvoir réutiliser le résidu pour l'utiliser comme matériau de construction. Les procédés de biolixiviation sont développés pour mettre en solution, entre autres, le nickel, le cobalt et le cuivre résiduels, puis de nouvelles méthodes sont expérimentées afin de récupérer les éléments mis en solution, ainsi que d'éventuelles traces de terres rares, dans les lixiviats obtenus.

Par ailleurs, dans le cadre du projet H2020 **CROCODILE**, le BRGM développe un procédé de biolixiviation réductrice afin de valoriser le Cobalt contenu dans des limonites, matériau pour lequel il existe à ce jour peu de procédés de traitement économiquement viables. Cette recherche sera l'objet d'une thèse à partir de la rentrée 2021, la gamme des métaux ciblés étant élargie au Nickel et au Scandium, cette dernière étant assimilée aux terres rares.



Les déchets électroniques : un gisement de métaux et de terres rares ©BRGM

Une méthode élégante pour recycler les terres rares

Par [Marc Cherki](#) et [Service Infographie](#)

Publié le 07/08/2014 à 17:37



INFOGRAPHIE - La technique permet d'extraire les métaux de produits usagés en piégeant de manière spécifique les atomes les plus précieux.

Le recyclage des «terres rares» est en progrès. Du fait de leurs propriétés chimiques ou physiques, ces métaux sont nécessaires pour de nombreuses industries. Ils jouent un rôle essentiel pour des produits électroniques et des équipements verts.

Mais depuis une dizaine d'années, la Chine a fait main basse sur ces 17 éléments chimiques stratégiques. Pékin contrôle plus de 95 % de la production mondiale de ces fameuses terres rares, mais moins de la moitié des réserves.

Face à cette pénurie organisée, des méthodes de recyclage sont déployées, à grande échelle, par des industriels. En France, Rhodia (groupe Solvay) récupère ces précieux métaux dans son usine de La Rochelle, en dissolvant des poudres de produits à recycler, contenant des terres rares, dans des bains d'acide nitrique. Bien rodée, la méthode fonctionne, mais elle crée de gros volumes de polluants à retraiter, du fait de nombreuses opérations d'extraction et de purification.

«Molécule-piège»

Une technique innovante a été imaginée par la chercheuse d'origine russe Ekaterina Shilova. Elle est en passe de fonder sa start-up, Verseau, dans les prochains jours. Cette entreprise française va piloter le projet Cyter, élaboré avec Vincent Huc de l'université Paris-Sud-XI et Pascal Viel du CEA. Ce projet a remporté un prix de 200.000 euros remis par François Hollande, sélectionné avec 109 autres lors du Concours mondial de l'innovation.

«Dans un premier temps, nous proposons aux industriels de tester notre méthode», indique Ekaterina Shilova. La technique est élégante. Elle utilise une sorte de clé spécifique à chacune des 17 terres rares, en fonction du rayon atomique de l'élément à piéger et de sa structure électronique. L'opération débute par une extraction dans un

[Suivez l'actu en temps réel](#)
avec l'application Le Figaro

×

fibres de carbone sur lesquelles ont été accrochés des «ligands», une sorte de réceptacle spécifique à chaque atome de terre rare ayant la forme d'un vase ou d'un cône tronqué à sa base.

Pascal Viel, chercheur du CEA-Saclay, précise: «Ce piège est une molécule organique. L'objectif est de produire beaucoup moins d'effluents qu'avec la méthode industrielle. Ensuite, une fois que les atomes de terre rare sont piégés, nous les récupérons en faisant passer un courant électrique dans les fibres de carbone qui, en se chargeant, expulsent les ions.» Avec cette dernière opération, les pièges peuvent de nouveau servir.

Ce type de «molécule-piège» est connu depuis une vingtaine d'années. Mais pour d'autres usages. Les trois scientifiques l'avaient testée auparavant pour purifier des solutions contenant des métaux lourds industriels ou des radio-éléments, après la fuite dans l'environnement de césium 137 lors de l'accident de Fukushima. Par rapport aux méthodes industrielles, la technique «russo-française » pourrait être plus propre et plus rentable pour piéger le lanthane et l'euporium, utilisés pour leurs propriétés optiques dans les filaments d'ampoules à basse consommation, ou le néodyme qui entre dans la composition d'aimants pour éoliennes.

[Suivez l'actu en temps réel](#)
[avec l'application Le Figaro](#)

DOCUMENT 10

Le Premier Ministre

Paris, le 5 mai 2021

n° 6266/SG

Le Premier ministre

à

Monsieur le ministre de l'Europe et des affaires étrangères

Madame la ministre de la transition écologique

Monsieur le ministre de l'économie, des finances et de la relance

Monsieur le ministre des outre-mer

Madame la ministre de la mer

Madame la ministre de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation

Madame la ministre déléguée auprès du ministre de l'économie, des finances et de la relance, chargée de l'industrie

- Objet : stratégie nationale d'exploration et d'exploitation des ressources minérales dans les grands fonds marins.
- Pièce jointe : un plan d'action pour les trois prochaines années.

Lors du Comité interministériel de la mer (CIMer) du 22 janvier dernier, j'ai validé la stratégie nationale d'exploration et d'exploitation des ressources minérales dans les grands fonds marins qui va encadrer l'action publique et orienter l'action des opérateurs privés sur les dix prochaines années. Cette stratégie est le fruit du travail engagé par le Secrétariat général de la mer et du groupe de travail animé par Monsieur Jean-Louis LEVET, et auquel vos services ont activement participé.

Il convient à présent de mettre en place les outils et les premières actions qui traduiront dans les faits notre ambition.

La première mesure consiste à mettre en place auprès du Secrétaire général de la mer une mission interministérielle pour porter la stratégie : cette mission sera dirigée par Monsieur Jean-Louis LEVET. Certains d'entre vous doivent mettre à disposition de la mission un collaborateur ou désigner un référent, dont le profil vous a été précisé, qui devra être disponible au moins à mi-temps au sein de l'équipe. Je vous demande de prendre toutes les mesures utiles pour que la mission soit installée et commence à fonctionner avant la fin du mois d'avril.

La deuxième mesure est de lancer dès à présent les cinq priorités que nous avons arrêtées en CIMer. Des actions concrètes doivent être engagées et la note ci-joint en fait un recensement, en identifiant pour chacune le ministère pilote, le calendrier et une évaluation des crédits correspondants, sur les prochaines années. À titre prévisionnel, je vous demande de programmer ces dépenses dans vos prévisions budgétaires des exercices correspondants. La mission interdisciplinaire qui doit se mettre en place ajustera régulièrement ces montants en fonction de l'avancée du programme.

La ministre de la Mer et le Secrétaire général de la mer me rendront régulièrement compte de l'avancement de la mise en œuvre de cette stratégie, dont nous ferons un point d'étape lors du prochain CIMer.



Jean CASTEX

Copie à :
Monsieur le Secrétaire général de la mer

Annexe :

Tableau récapitulatif des projets proposés par grande priorité et calendrier de mise en œuvre pour les 18 premiers mois

Priorités	Projets	Calendrier de mise en œuvre	Perspectives à terme
		18 premiers mois	
Poursuivre et amplifier une action résolue et raisonnée et dans la durée d'acquisition des connaissances sur les écosystèmes des grands fonds et les ressources minérales sous-marines, tant sur le plateau continental que dans la Zone..	1. Un ambitieux programme de recherches autour de 5 axes, avec des impacts sur les autres priorités, mobilisant l'ensemble de la communauté scientifique nationale, puis européenne.	Mise en place du réseau, du copil, élaboration collective de l'état des lieux et programme de recherche réalisable sur 10 ans	Mise en œuvre du programme de recherche
	2. Des chantiers d'actions à la mer : continuité/renouvellement des 2 permis AIFM et deux nouveaux chantiers en ZEE : en Polynésie française et Nouvelle-Calédonie.	Amplification des travaux d'exploration relatifs aux 2 permis AIFM / Sélection des priorités avec acteurs territoriaux et premières acquisitions de données en PF et NC.	Evaluation argumentée des ressources de la ZEE et évaluation prouvée des réserves sur les contrats AIFM détenus par la France.
Amplifier et partager les efforts de protection des fonds marins dans le cadre d'une stratégie de sauvegarde de ces écosystèmes et de poursuite d'une stratégie d'exploration et d'exploitation durable de leurs ressources.	3. Réaliser une cartographie des espaces à protéger et des espaces ouverts à une éventuelle exploitation durable.	Réalisation	
II. Dans le cadre de notre environnement maîtrisé, valoriser les ressources des grands fonds marins en lien avec le potentiel industriel français	4. Pilote destiné à tester l'impact, le cadre et la faisabilité d'une exploitation minière durable des GFM.	Choix du lieu. Puis première phase, exploration et reconnaissance du site. En lien avec les parties prenantes.	Meilleure connaissance d'un site cible. Coordination avec les travaux d'autres opérateurs en cours. Jalon à la fin de la première phase : décision ou non du passage vers l'avant-projet du Pilote.

Priorités	Projets	Calendrier de mise en œuvre	Perspectives à terme
		18 premiers mois	
IV. Renforcer le partenariat avec les collectivités d'outre-mer en particulier dans le Pacifique et engager une stratégie multipartenaires au niveau européen et mondial.	5. Réaliser une étude pluridisciplinaire destinée à fournir aux autorités publiques une compréhension globale des enjeux et de leurs liens étroits .	<p>Organisation d'une concertation avec les territoires concernés Outre-mer et construction d'un projet d'expertise commun Etat/territoires.</p> <p>Atelier initial Signature de la convention Réunions collégiales 1, 2 et 3. Remise du pré-rapport aux commanditaires Livraison du rapport final Edition de l'ouvrage Restitution publique</p>	<p>Expertises spécifiques par territoire Identifications de thématiques pour le grand programme de recherche et le pilote.</p> <p>Scénario à envisager à la suite: la consolidation d'un opérateur minier européen (en lien avec le projet 3 en fonction de ses résultats).</p> <p>Poursuite des travaux de veille, rapports annuels, actions à mener conjointement BRGM/Ifremer.</p>
	6. Avancer sur une stratégie multipartenaires au niveau européen en particulier avec l'Allemagne et la Norvège ou avec d'autres partenaires européens, et dans la zone indopacifique avec des Etats partageant des objectifs communs (Inde, Australie, Corée du Sud, Japon).	<p>Etude du lancement d'un partenariat France-Allemagne-Norvège sur la base du partenariat Ifremer/Equinor. Ou avec d'autres partenaires européens. Puis portage de cette collaboration au niveau européen. Zone indo-pacifique: GFM et observatoire Ifremer/Jamstec en NC ; coopération franco-indienne, et dialogue avec l'Indonésie.</p>	
	7. Réaliser dans la durée une veille sur l'évolution des besoins et des ressources et une capitalisation des informations courantes sur les GFM	<p>Analyse politiques étrangères d'exploration/ analyse économiques des résultats miniers obtenus lors des campagnes Ifremer/simulations de l'impact éco de nouvelles sources d'appro./aide à la déf. D'une stratégie (cibles, partenaires, etc).</p>	

Priorités	Projets	Calendrier de mise en œuvre	Perspectives à terme
		18 premiers mois	
Travailler à la future et indispensable information des populations et des décideurs ainsi qu'à l'implication de toutes les parties prenantes dans les choix éventuels en matière d'exploration ou/et d'exploitation responsable des grands fonds marins.	8. Etudier les expériences en matière de gouvernance et de participation réalisées dans d'autres pays.	Cette opération préalable doit alimenter l'expertise collective (projet 4) puis le programme de recherche (projet 1) en apportant des éléments comparatifs de réflexions sur les dispositifs de gouvernance participative de l'enjeu minier sous-marin et en impliquant les représentants des territoires concernés dans cette dynamique.	

ENVIRONNEMENT

Les pressions sur l'eau, face ignorée de la transition énergétique

Auteur associé | Actu ingénierie publique | Publié le 17/02/2021

La question des matériaux utilisés pour produire les technologies bas-carbone (batteries, éoliennes, panneaux solaires, véhicules électrifiés, etc.) est fondamentale, et largement commentée. Celle de la consommation en eau nécessaire à l'extraction des minerais et la fabrication de ces technologies est beaucoup moins abordée, alors qu'elle est pourtant essentielle.



On parle des pressions

sur l'eau dans le cadre des usages agricoles, de l'élevage et plus particulièrement de la production de viande ^[1], mais peu quand il s'agit du déploiement des technologies bas carbone. Dans un monde de plus en plus contraint par la ressource hydrique, cet enjeu va pourtant devenir incontournable, et l'est d'ailleurs déjà dans certaines régions.

Aux effets connus du réchauffement climatique sur le cycle de l'eau ^[2] s'ajoutent les pressions anthropiques croissantes ^[3] exercées sur les ressources en eau : entre 1900 et 2010, les prélèvements au niveau mondial ont été multipliés par plus de 7 alors que la population n'a été multipliée sur la même période « que » par 4,4. Certaines zones se retrouvent ainsi en état de fort stress hydrique, augurant des conflits d'usages croissants entre l'agriculture, l'industrie et la population, voire des tensions au niveau international.

L'eau et les métaux de la transition

Les technologies de la transition énergétique sont complexes et consomment certains matériaux en grande quantité. Le lithium ^[4], le cobalt ^[5] ou encore le nickel sont ainsi devenus les métaux vedettes des batteries lithium-ion utilisées dans les véhicules électriques. Le cuivre ^[6], déjà omniprésent dans notre quotidien, pourrait voir sa demande exploser en relation avec les nouvelles mobilités mais également avec le solaire photovoltaïque (PV).

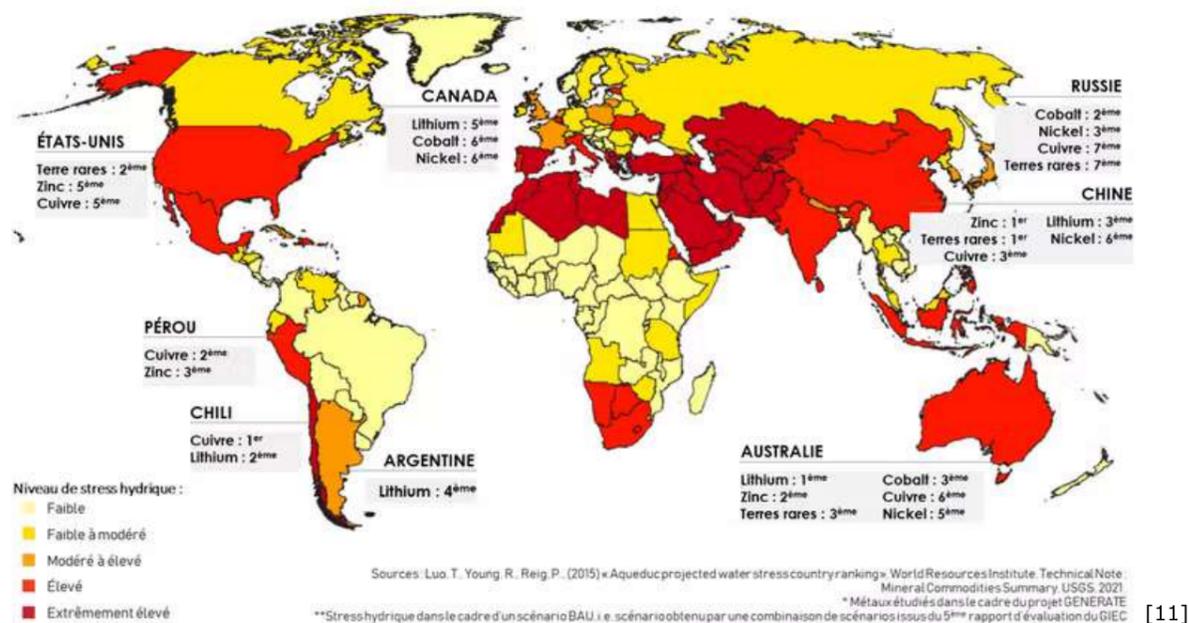
De manière globale, la dynamique de transition énergétique mondiale ne pourra se réaliser qu'à travers l'intensification des extractions minières à travers le monde ^[7] et donc engendrer une augmentation de la consommation d'eau.

À l'échelle d'un pays, le secteur minier se trouve souvent bien loin derrière l'agriculture ^[8] ou même d'autres secteurs industriels (au Pérou ^[9], par exemple, il pèse pour environ 1 % de la consommation en eau du pays contre presque 89 % pour l'agriculture). Il n'en demeure pas moins un important consommateur, notamment lors des phases d'extraction et de traitement des minerais et génère de nombreuses externalités sur l'eau (déversements de substances, drainages acides, etc.).

En outre, pour bon nombre de métaux étudiés, la production minière ou les activités de transformation sont effectuées dans des pays où la pression sur la ressource en eau est déjà forte et pour lesquels la situation hydrique n'est pas, dans l'état actuel des choses, amenée à s'améliorer dans les décennies à venir.

Très gourmande en eau, l'industrie des terres rares illustre bien cette problématique. Nos résultats ^[10] révèlent en effet une pression accrue sur les ressources en eau dans au moins deux pays déjà soumis à des épisodes de fort stress hydrique : la Chine et l'Australie. Dans un scénario climatique contraint, la consommation en eau de l'industrie australienne des terres rares en 2050 représenterait plus de deux tiers (69,2 %) du prélèvement en

eau de l'ensemble des secteurs industriels en 2015 ou encore 11,2 % de l'eau prélevée au total en 2015 dans le pays.



Classement des pays dans la production minière mondiale de certains métaux pour l'année 2020 et niveau de stress hydrique attendu en 2040.

World Resource Institute, 2015 ; USGS, 2021

Or les terres rares ne sont pas les seuls éléments concernés par la politique minière volontariste de l'Australie : celle-ci figure dans le top 5 des producteurs mondiaux pour le lithium, le nickel, le cuivre le cobalt ou encore l'aluminium. On ne peut alors qu'imaginer l'empreinte eau du secteur minier ^[12] dans un pays où les épisodes de sécheresse s'intensifient.

Bien que moins alarmant, le constat est similaire pour la Chine : la plus grande réserve de terre rares au monde – Bayan Obo en Mongolie intérieure – est située dans une zone de stress hydrique qualifié de « extrêmement élevé ».

Des conflits sur l'eau de plus en plus fréquents

Dans de nombreux autres pays miniers, les conflits autour de la ressource en eau représentent déjà une menace.

Au Chili par exemple, les activités d'extraction (cuivre et lithium) se concentrent dans le nord du pays, zone parmi les plus arides au monde. Ces dernières années, on constate un renforcement de la mobilisation des populations indigènes et des groupes environnementaux, appuyés récemment par le régulateur environnemental chilien, qui dénoncent l'épuisement de l'aquifère situé dans la zone du désert d'Atacama et les dommages causés aux écosystèmes. Les batailles juridiques se multiplient et ralentissent des projets miniers, comme celui de « Rajo Inca », un projet à 1,2 milliard de dollars mené par Codelco.

Malgré ses ressources en eau, le Pérou est soumis à un fort stress hydrique ^[13] en raison de leur inégale répartition, des pollutions diverses et de la fonte des glaciers de la région andine. La rareté de l'eau et les investissements miniers ^[9] élevés seraient les deux facteurs qui augmentent la prédisposition aux conflits dans la région. L'empreinte environnementale du secteur minier apparaît ainsi « la goutte de trop » : la pollution de 16 des 21 fleuves les plus contaminés ^[14] serait due aux activités minières ou industrielles présentes ou passées selon l'Autorité nationale de l'eau (ANA).

La désalinisation, fausse bonne idée ?

La multiplication des conflits et la raréfaction de cette ressource mettent en péril les activités minières et demandent aux entreprises du secteur d'anticiper, de s'adapter et d'innover.

En réponse au défi de l'eau, ces dernières cherchent notamment à réduire leur consommation en améliorant l'efficacité de leurs procédés d'exploitation ou de transformation. Le développement d'un procédé innovant d'extraction directe du lithium adapté aux eaux des salars d'Argentine par IFP Energies Nouvelles et Eramet ^[15] illustre par exemple ce type de défis. L'entreprise chilienne SQM, spécialisée dans le lithium souhaite ainsi grâce à ses innovations réduire sa consommation en eau de 30 % d'ici 2030.

Dans l'industrie du cuivre ^[16], l'amélioration des processus de recyclage de l'eau a permis de faire passer la part d'eau recyclée dans la consommation totale du secteur de 72,7 à 76,4 % entre 2018 et 2019.

Une autre option connaît un franc succès dans la région ces dernières années : le recours à la désalinisation. Cochilco (la Commission chilienne du cuivre) estime ainsi que l'utilisation d'eau de mer ^[17] devrait plus que tripler ^[16] à l'horizon 2029.

La viabilité d'une telle stratégie ^[18] interroge toutefois dans la mesure où les installations de pompage, de traitement de l'eau de mer et d'acheminement de l'eau sur des milliers de kilomètres à travers les Andes supposent des investissements ainsi qu'une consommation en matériaux et en énergie conséquente. En bref, un procédé énergivore et à forte intensité matière.

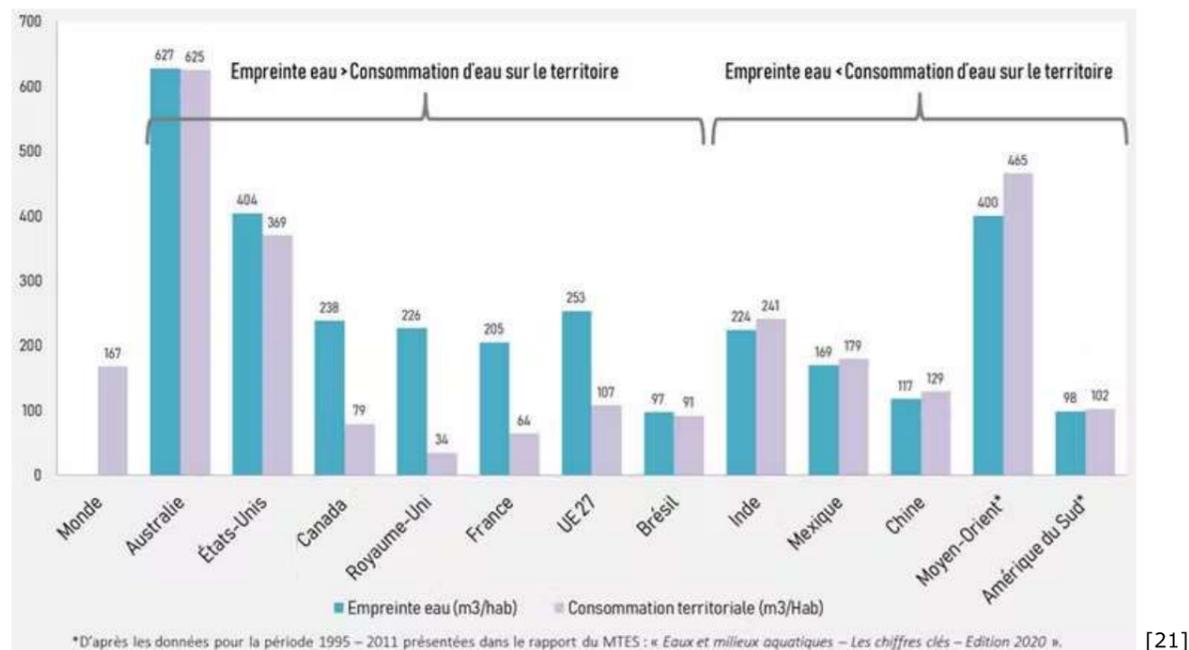
L'exploitation des aquifères ^[19] grâce aux procédés de forage est une autre des possibilités exploitées pour faire face au manque d'eau. Début 2020, au plus fort de la sécheresse australienne, Glencore optait ainsi pour cette dernière solution afin d'alimenter en eau ^[20] sa mine CSA de cuivre située en Nouvelle-Galles du Sud ^[20]. Là aussi, ces forages effectués pour exploiter des eaux souterraines déjà menacées interrogent.

L'empreinte eau, un indicateur mal connu

Dans ce contexte, l'enjeu de la consommation en eau devrait faire l'objet d'une sensibilisation plus importante auprès des citoyens pour aller dans le sens d'une plus grande sobriété. Il est notamment incarné par la notion d'empreinte eau, qui pour une population donnée correspond à la quantité d'eau utilisée sur le territoire pour répondre à l'ensemble de ses besoins. Elle incorpore ainsi, en plus de l'eau du robinet consommée, celle nécessaire à la production des biens et des services produits sur le territoire national mais également importés.

L'empreinte eau des citoyens des pays de l'OCDE est, en moyenne, plus élevée que celle des pays hors-OCDE. Celle d'un Français est par exemple supérieure à 200m³/habitant/an alors qu'elle est de 167m³/habitant/an au niveau mondial.

Plus encore, il s'avère que l'empreinte eau française est environ trois fois supérieure au volume d'eau consommé à l'échelle domestique. À l'instar de l'empreinte carbone, une large portion du bilan en eau d'un français vient du fait que la consommation d'eau pour produire les biens et services importés en France est supérieure à celle des biens et services exportés de France.



Comparaison internationale des volumes d'eau consommée par personne et de l'empreinte eau, moyenne 1995–2016.

D'après les données de base de données EXIOBASE3.7 ; MTES, 2020

Cette non-prise en compte de l'empreinte eau accentue le décalage entre la perception de l'utilisateur sur sa consommation et la réalité des impacts de son mode de vie sur la ressource en eau. Cette perception est d'autant plus aggravée qu'il existe une forte tolérance vis-à-vis des fuites d'eau potable des canalisations ^[22] (environ 20 % de l'eau serait perdue) par les citoyens et les opérateurs, évitant à ces derniers d'investir massivement dans la maintenance des infrastructures.

Comme pour la sobriété énergétique ou en matériaux, une modification des comportements d'achats est nécessaire et elle passera par une meilleure information du consommateur avec, par exemple, un étiquetage obligatoire du contenu en eau des produits.

Recycler les minerais

L'empreinte environnementale relative à l'eau des minerais recyclés est bien inférieure à celle des minerais directement extraits du sous-sol. La consommation en eau peut être divisée par 5 dans le cas des terres rares, par 10 dans le cas du cuivre ou même par 20 dans le cas du cobalt. Lorsque l'on sait que seulement 42,5 % du total des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) ^[23] ont été recyclés au sein de l'Union européenne à 28 en 2019, la promotion de la collecte et du recyclage apparaît être un levier intéressant à mobiliser.

	Eau (M ³ /tonne)	
	Déchet	Minerai
Aluminium	12-16	50-600
Cuivre	15	40-200
Zinc	20	75-100
Nickel	20	60-320
Cobalt	30-100	40-2000
Terres rares	250-1250	1275-1800

[24]

Quantité d'eau utilisée pour l'extraction de minerai ou la réutilisation de déchets de l'industrie minière.

Sverdrup and Koca, 2016

La mise en place par les pouvoirs publics de politiques publiques allant dans le sens d'une économie circulaire pourrait par ailleurs être porteuse de bénéfices allant au-delà de la réduction de la pression sur les ressources.

Selon l'Institut de l'économie circulaire, elle permettrait la création ou le renforcement de filières créatrices d'emplois [25], argument d'autant plus pertinent dans le contexte de la crise économique générée par la pandémie de la Covid-19. Elle permettrait également de renforcer la souveraineté de l'État français et plus largement des pays de l'Union européenne dans leur approvisionnement en métaux critiques.

Enfin, appuyer la recherche et l'innovation autour des procédés industriels de pointe est également un levier pour améliorer la gestion de l'eau dans le secteur tout en consolidant le rayonnement des entreprises françaises à l'international.

L'or bleu : bien commun ou bien privé ?

L'industrie minière, mais également les populations vont aussi devoir faire face à l'augmentation de l'incertitude autour des conditions d'accès à l'or bleu. On voit en effet deux phénomènes antagonistes se développer.

D'une part, on observe un mouvement de marchandisation de la ressource en eau dont la dernière manifestation hautement symbolique est l'introduction d'un contrat à terme sur l'eau [26] sur le Chicago Mercantile Exchange fin 2020.

D'autre part, certaines populations ou collectivités revendiquent l'eau en tant que droit humain fondamental [27] et entendent s'opposer à l'accaparement de celle-ci par le secteur privé.

Parmi les pays évoqués ici, le Chili est un exemple évocateur. Plébiscité par le peuple chilien, le projet de nouvelle constitution [28] pourrait redonner à l'eau, privatisée depuis 1981, le statut de bien commun, ce qui engendrera des incertitudes pour le secteur minier.

Ce mouvement de réappropriation de l'eau en tant que bien public est également observable dans certains pays occidentaux. C'est par exemple ce qu'il s'est passé à Paris avec la remunicipalisation du service public de l'eau en 2009 et, depuis 2010, la régie Eau de Paris en assure toute la distribution.

Bien qu'elle soit un modeste usager d'eau à côté du secteur agricole, l'industrie minière devra, comme tous les autres secteurs, composer dans un monde où le spectre [29] de la crise de l'eau redoutée par les Nations-Unies [30] risque de devenir bien réel et où chaque goutte d'eau consommée comptera.

Emmanuel Hache [31], Économiste et prospectiviste, IFP Énergies nouvelles, *Auteurs fondateurs The Conversation France* [32]; **Charlène Barnet** [33], Économiste, IFP Énergies nouvelles [34] et Gondia Sokhna Seck [35], Spécialiste en modélisation et analyse des systèmes énergétiques, IFP Énergies nouvelles [34]

Cet article est republié à partir de The Conversation [36] sous licence Creative Commons. Lire l'article original [37].

POUR ALLER PLUS LOIN

- Pourquoi ne pas récupérer les eaux de pluie pour préserver la ressource en eau ?
- Rapport sur la ressource en eau : Nicolas Hulot soutient quelques propositions

DOCUMENT 12



INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences



ACADÉMIE
DES TECHNOLOGIES

POUR UN PROGRÈS RAISONNÉ, CHOISI ET PARTAGÉ

Stratégie d'utilisation des ressources du sous-sol pour la transition énergétique française

Les métaux rares

Rapport commun des deux académies
coordonné par
Ghislain de Marsily
&
Bernard Tardieu

mai 2018

Les ressources minérales marines, une ressource stratégique pour la France

(Voir aussi l'Annexe VII)

Depuis les années 1970, la France a été un des leaders de la recherche océanographique grâce aux synergies entre l'Ifremer, le CNRS et les universités. Les découvertes ont été majeures dans tous les domaines, tant en océanographie, géologie, géophysique, biologie qu'en environnement des systèmes vivants. Il est acquis que l'océan et ses marges ont été les lieux de genèse des principales ressources minérales actuellement exploitées sur les continents. Ces phénomènes persistent encore actuellement et renouvellent en permanence la ressource minérale, accumulant au fond des océans des réserves considérables (de quelques dizaines de milliers de tonnes jusqu'à des dizaines de millions voire plusieurs centaines de millions de tonnes de minerais avec des concentrations souvent supérieures à celles des gisements terrestres).

C'est ainsi qu'ont été identifiés les nodules polymétalliques (fer, manganèse, nickel, cuivre...), les encroûtements de manganèse (plus cobalt, platine...), les sulfures hydrothermaux (cuivre, zinc, or, argent...). Ces minéralisations contiennent aussi des métaux nécessaires aux nouvelles technologies et aux énergies renouvelables telles que terres rares, indium, germanium, gallium, sélénium, tellure, etc., sont souvent associées à des sources d'hydrogène natif et de méthane inorganique.

Ces découvertes ouvrent de nouvelles frontières pour la recherche et l'identification de ressources minérales et énergétiques dans les océans. Les ressources minérales marines profondes offrent l'opportunité de combiner recherche scientifique, progrès technologique, valorisation économique, sécurité pour certains métaux et participation à la mise en place collective d'une gestion durable de ce nouvel espace. Les grandes puissances économiques ne s'y sont pas trompées qui sont activement

engagées dans l'exploration et l'exploitation de ces ressources. La Chine, l'Inde, la Russie, les États-Unis, l'Allemagne, le Canada et la Corée du Sud ont récemment débuté d'ambitieux programmes d'exploration centrés sur l'accès aux ressources des grands fonds dans les Océans indien, pacifique et atlantique.

L'accès aux ressources minérales marines peut se faire dans deux contextes juridiques : les eaux territoriales (zone économique exclusive : ZEE) et les eaux internationales. Dans sa ZEE⁹, la France dispose d'espaces profonds dans les trois océans tandis que dans les eaux internationales, elle peut intervenir à travers l'organisation internationale ISA (*International Seabed Authority*), dépendante de l'ONU, qui délivre des permis d'exploration et d'exploitation.

La France dispose du potentiel tant public (Ifremer, CNRS, Université) que privé (Technip, Eramet et Areva-Orano) pour mener à bien les recherches scientifiques et développer les technologies, potentiellement révolutionnaires, pour l'accès à ces ressources minières. Avec les autres grandes nations, la France s'est déjà engagée dans les recherches de ressources minérales sous-marines. Elle a ainsi mené en 2010 une première exploration de la ZEE française autour des îles Wallis et Futuna, associant les organismes publics et les sociétés privées. Elle a aussi obtenu un permis d'exploration (qu'elle doit honorer pour les quinze prochaines années) dans les eaux internationales sur la dorsale médio-atlantique pour rechercher des minéralisations hydrothermales sur 250 000 km². La société française d'ingénierie pétrolière Technip est au premier rang auprès des sociétés Nautilus¹⁰ et Neptune pour réaliser les équipements nécessaires à l'exploitation des minerais sulfurés par grande profondeur.

////////////////////////////////////

9 La ZEE française, la deuxième au monde, couvre 11 millions de km² dont 9,6 millions en Outre-mer et avec 96 % de sa surface ayant des fonds supérieurs à 500 m.

10 Les sociétés canadienne (*Nautilus Minerals*) et américaine (*Neptune Minerals*) se préparent à exploiter des dépôts hydrothermaux en Papouasie.

Si la connaissance sur les ressources minérales marines est suffisante actuellement pour les identifier, il reste encore beaucoup à faire pour les explorer et encore plus pour les exploiter, à supposer que cette exploitation se révèle économiquement et techniquement possible à relativement court terme. L'inventaire reste très incomplet. Par exemple, pour les minéralisations sur les dorsales *médio-océaniques*, *les technologies d'exploration permettent uniquement de localiser les sites actifs en cours de formation, à la différence des sites inactifs qui ne peuvent, dans l'état actuel des technologies, être localisés que par des opérations près du fond.* Pour les encroûtements et les nodules qui peuvent se rencontrer sur des surfaces de plusieurs millions de km² à des profondeurs considérables (4 000-5 000 m), la connaissance partielle du mode de concentration et de la localisation des zones les plus riches en éléments rares justifie de progresser dans la connaissance des paramètres géologiques et chimiques qui conditionnent la formation des accumulations les plus riches et les plus facilement exploitables.

Les technologies d'exploitation et leurs coûts sont soit très incertains, soit uniquement connus par segment. Certains des procédés d'extraction sont encore en cours de développement/validation tandis que le stockage, la logistique et les traitements du minerai sont en cours d'étude. Mais c'est certainement sur les impacts environnementaux, leurs conséquences sur le vivant et sur les services rendus à l'humanité que la connaissance est la plus partielle et la plus critique. La France est le seul pays qui ait mené une évaluation scientifique des impacts environnementaux¹¹ potentiels et de leurs conséquences. Ceux-ci peuvent être, à l'échelle de la ressource, considérables.

////////////////////////////////////

11 J. Dymont, F. Lallier, N. Le Bris, O. Rouxel, P.-M. Sarradin, S. Lamare, C. Coumert, M. Morineaux, J. Tourolle (coord.), 2014. *Les impacts environnementaux de l'exploitation des ressources minérales marines profondes*. Expertise scientifique collective, Synthèse du rapport, CNRS – Ifremer, 110 p.

Alors que la perspective d'une exploitation prochaine des ressources minérales profondes se précise à l'échelle internationale, on ne connaît que de façon très partielle ces géo-écosystèmes particuliers. Il est donc nécessaire, dans le cadre d'une exploitation potentielle de ces ressources, respectueuse de l'environnement marin, de poursuivre un effort de recherche conséquent afin de mieux appréhender les processus liés au fonctionnement et aux dynamiques des géo-écosystèmes marins profonds. Il est de la responsabilité de la France, pionnière dans la connaissance du milieu marin, de maintenir des capacités physiques, humaines et juridiques de recherche et d'exploration suffisantes pour conserver cette place et ainsi assurer que l'exploitation de ces ressources, qui vont vraisemblablement être indispensables pour construire une société décarbonée, se fasse dans des conditions les plus durables possible tout en assurant à notre pays les ressources technologiques et économiques nécessaires.

Les concentrations en éléments majeurs dans les minéralisations des grands fonds océaniques se répartissent de la façon suivante (% en poids) :

- dans les nodules : manganèse 18,5 %, fer 12,5 %, silice 8,8 % ;
- dans les encroûtements : manganèse 22 %, fer 16 %, silice 4,14 % ;
- dans les sulfures hydrothermaux : soufre 28,8 %, fer 21,44 %, silice 11,5 %, zinc 11,1 % ; baryum 5,8 %.

Les systèmes hydrothermaux océaniques actifs sont distribués le long des failles océaniques.

Que faire de l'argent public ?

Venons-en à la question de politique économique : que peut faire l'État pour pallier les crises d'approvisionnement ?

Mais d'abord , qu'est-ce qu'une crise d'approvisionnement ? Elle est provoquée par un acte hostile , économique ou politique , ou par un évènement politique ou une catastrophe naturelle , difficiles à prévoir et anticiper . Elle provoque , dans le meilleur des cas , une flambée des prix — tous les consommateurs s'arrachant les rares stocks disponibles — , dans le pire une rupture des approvisionnements en physique , mettant dans les deux cas à mal le reste de la filière en aval sur le territoire national .

Il conviendrait donc d'abord, métal critique par métal critique, d'élaborer des scénarios de crise et de leur durée probable. Quelques mois ou plusieurs années, ce n'est pas la même chose en termes de moyens pour y faire face.

Le processus de mise sur le marché d'un métal comporte , rappelons-le , quatre étapes . La première relève de la recherche scientifique : géologie , minéralurgie , etc . Elle va jusqu'à repérer certains prospects ou désigner des zones particulièrement favorables à l'exploration . Ces fonctions sont assurées par des services publics . Les trois autres étapes sont prises en main par des firmes privées ou des firmes publiques se comportant comme telles . L'exploration-évaluation qui produit des portefeuilles de gisement , dont on a dit (point 2 ci-dessus) que leur durée de vie n'a aucune raison microéconomique de dépasser quelques dizaines d'années . Puis la mise en place de capacités de production à partir du portefeuille de gisements , en tenant compte de leurs coûts de développement . Enfin le taux d'utilisation

des capacités afin d'agir éventuellement sur les prix à court terme. Dans les deux dernières étapes : investissements en capacités et opération des capacités, des comportements stratégiques peuvent s'exercer.

Quant aux moyens pour l'État de favoriser son industrie minière, en dehors des taxes environnementales évoquées ci-dessus au point 4, on peut en envisager trois :

- ▷ 1- L'État fait prendre en charge toutes les étapes par une firme publique éventuellement subventionnée. Cela n'a de sens économique que si l'on est ainsi persuadé de « protéger une industrie naissante » qui en très peu d'années, compte tenu des réserves nationales, va pouvoir devenir compétitive sur le marché mondial, sous éventuelles protections environnementales.
- ▷ 2- L'État peut alléger les coûts du secteur privé en allant lui-même jusqu'à l'étape 2 et en offrant aux firmes des réserves toutes évaluées. Encore faut-il qu'elles soient rentables à exploiter. Or, que sont les coûts d'exploration et d'évaluation ainsi épargnés aux firmes par rapport aux coûts d'exploitation et environnementaux ?
- ▷ 3- Quand bien même l'État constituerait un portefeuille de gisements rapidement exploitables en cas de crise, les développer prendrait au moins trois ans, et il faudrait que la crise dure longtemps pour les rentabiliser, ou alors choisir des techniques qui permettraient les fermetures-ouvertures rapides : un stock souterrain.

Mais il y faudrait aussi un stock au sol, pour les premiers mois. C'est une pratique qu'on connaît : les stocks « stratégiques ». Dans les deux cas, il s'agit en fait, pour un économiste, d'un stockage de précaution : dans le sol et plus ou moins avancé vers l'exploitation dans un cas ; sur le sol et sous forme de métal raffiné près à l'emploi dans l'autre cas.

Dans ces conditions, pourquoi ne pas stocker uniquement au sol, mais pour des temps bien plus longs, surtout pour de petits métaux dont les coûts de stockage sont faibles ? D'autant qu'un stockage stratégique

bien géré gagne de l'argent pour le public, puisqu'il achète bon marché et vend en période de crise. C'est donc une option peu coûteuse, à regarder de près dans tous les cas et à comparer aux options de meilleure connaissance du sous-sol.