



HAL
open science

Les “ terres rares ” et autres matériaux critiques et stratégiques, au coeur des conflits de demain ?

Jean-François Guilhaudis, Jacques Fontanel

► To cite this version:

Jean-François Guilhaudis, Jacques Fontanel. Les “ terres rares ” et autres matériaux critiques et stratégiques, au coeur des conflits de demain ?. Paix et sécurité européenne et internationale, 2021, 16, <10.61953/psei.1365>. <hal-03294026>

HAL Id: hal-03294026

<https://hal.science/hal-03294026v1>

Submitted on 27 Jul 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Les « terres rares » et autres matériaux critiques et stratégiques, au cœur des conflits de demain ?

Jean-François Guilhaudis et Jacques Fontanel

Professeurs honoraires à l'Université de Grenoble-Alpes

Résumé

Les matières premières critiques et les « terres rares », sont l'objet d'une demande grandissante en raison de la transition énergétique et de la révolution numérique. La situation de la production, et des réserves fait redouter une future pénurie, crainte aggravée par le caractère oligopolistique et même quasi-monopolistique dans le cas des terres rares, de la production. Pour autant cette situation n'est pas annonciatrice de la guerre. Pour résumer les choses prévisibles à la manière de Raymond Aron, on dira plutôt : « conflits inévitables, guerre improbable ». Dramatiser en évoquant la perspective d'une guerre et même d'une grande guerre, puisqu'elle impliquerait Pékin et Washington, détourne l'attention du vrai problème que pose cette situation : parvenir à ajuster les ressources disponibles et les besoins.

Abstract

Critical raw materials and "rare earths" are in increasing demand due to energy transition and the digital revolution. The production and reserve situation raises fears of a future shortage, a fear that is aggravated by the oligopolistic and even quasi-monopolistic nature of production in the case of rare earths. However, this situation is not a harbinger of war. To sum up the predictable things in the manner of Raymond Aron, we should say: "inevitable conflicts, improbable war". Dramatizing the prospect of war, and even a major war, since it would involve Beijing and Washington, distracts attention from the real problem posed by this situation: how to match available resources with needs.

Mots-clefs

Conflit, différend, énergie nucléaire, énergie renouvelable, gaz à effet de serre, guerre, matières premières critiques, mine propre, monopole, oligopole, pénurie, réserves, révolution numérique, terres rares, transition énergétique

Allemagne, Chine, États-Unis, France, Groenland, Japon, Union européenne

Keywords

Conflict, dispute, nuclear energy, clean mine, critical raw materials, digital revolution, energy transition, greenhouse gases, monopoly, nuclear energy, oligopoly, rare earths, renewable energy, reserves, shortage, war

China, European Union, France, Germany, Greenland, Japan, United States

I. Introduction

« La guerre des terres rares aura-t-elle lieu ? ». Posée en juillet 2020¹, à un moment où les relations entre la Chine et les États-Unis et même, plus généralement, les Occidentaux, sont devenues mauvaises, cette question évoque un affrontement possible, la perspective de la guerre, économique, et davantage. De plus l'analyse géopolitique de la question des terres rares, développée depuis le milieu des années 2000, désigne volontiers, Pékin, désormais en situation de quasi-monopole, comme responsable de cette situation inquiétante pour la sécurité internationale². Les possibilités de conflit comme la situation, très particulière, de la Chine doivent certainement être considérées, mais cette approche est très réductrice. Il n'y a pas actuellement, contrairement à ce que suggère leur appellation, un dossier tout à fait spécifique des « terres rares ». Elles participent d'un problème de sécurité, beaucoup plus vaste, dont la solution ne dépend pas, loin s'en faut, de la seule Chine et de la guerre.

Les « terres rares » font partie d'une catégorie plus vaste de matières premières, pour la plupart des métaux, dites « critiques », c'est-à-dire « les plus importantes sur le plan économique et qui présentent un risque élevé de pénurie d'approvisionnement »³, permettant de disposer des produits indispensables pour mener à bien la transition énergétique et accomplir la révolution numérique. Les « terres rares » ont simplement, au moins pour la plupart d'entre elles, un niveau particulièrement élevé de criticité. On dit aussi matières ou métaux « stratégiques », mais mieux vaut ne pas considérer les deux qualificatifs – « critique » et « stratégique » – comme synonymes, de façon à garder la possibilité de distinguer entre des situations différentes⁴. Si la criticité renvoie à la situation des industriels demandeurs, stratégique fait intervenir une évaluation de la part de l'État. Or tous les États n'ont pas de liste de matières stratégiques et ne font pas de stocks du même nom ; de plus les listes de matières critiques et stratégiques, ne se recouvrent qu'en partie. Toutefois l'approche que retiennent, de plus en plus, les grands acteurs internationaux à l'égard des matières premières critiques est bien une approche stratégique. La Commission européenne met en garde, par exemple, sur le risque de remplacer la dépendance actuelle des combustibles fossiles par une nouvelle dépendance à l'égard des matières premières. Elle fixe comme objectif une « autonomie stratégique ouverte » de l'UE. La perception de la dimension et de l'acuité du problème a, de plus, été nettement accrue par la pandémie de Covid 19, qui a montré la vulnérabilité extrême des chaînes d'approvisionnement mondiales.

¹ Camille Bortolini, *Le Monde diplomatique*, juillet 2020. Le thème est dans l'air, depuis notamment la publication de *la guerre des métaux* de Guillaume Pitron en 2019, *Les liens qui libèrent*. La question est à nouveau soulevée par J.M. Bezat dans *le Monde* du 2 mars 2021.

² Christophe-Alexandre Paillard. Géopolitique des terres rares. La Chine, l'OMC et les terres rares. Une nouvelle guerre économique en perspective ? Sur *Diploweb.com*, avril 2012.

³ Définition retenue par la Commission européenne, v. : Communication au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social et au Comité des régions. Résilience des matières premières critiques : la voie à suivre pour un renforcement de la sécurité et de la durabilité. Bruxelles, le 3.9.2020 COM (2020) 474 final, § 1. La communication, est complétée par une très substantielle *Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020) Final Report*.

⁴ Didier Julienne propose une distinction entre 4 catégories : métal abondant, sensible, critique et stratégique (v. *Le grand jeu des métaux : quelle géopolitique pour quels métaux ? La Tribune*, 15 juillet 2020). Une matière peut être jugée stratégique, parce que considérée comme indispensable du point de vue national, alors qu'elle n'est pas critique (par exemple l'uranium).

I.1. Les matières premières critiques

La première colonne du tableau ci-dessous, est établie à partir des listes de matières premières critiques retenues par l'*U.S. Geological Survey* (USGS)⁵ et par la Commission européenne⁶. La colonne utilisation donne les indications les plus courantes⁷.

Tableau I.

Matières	Utilisation
Antimoine	Batteries plomb acide et retardateurs de flamme
Arsenic	Conservation du bois, les pesticides et les semi-conducteurs
Baryte	Industries du ciment et pétrole
Bauxite**	Production d'aluminium, utile presque dans tous les secteurs
Béryllium	Télécoms, électronique, industrie aéronautique, nucléaire civil et militaire
Bismuth	Recherche médicale et atomique
Borate *	Verres et céramiques, engrais agricoles
Césium	Chimie organique, médecine, radiographie
Chrome	Acier inoxydable et super alliages
Cobalt	Batteries et superalliages
Caoutchouc naturel*	Pneus, gaines de câbles et joints, pharmacochimie, traitement des eaux usées
Charbon à coke*	Sidérurgie
Étain	Revêtement de protection et alliages
Fluorine	Acide fluorhydrique, métallurgie de l'acier et de l'aluminium, essence et combustible à base d'uranium
Gallium	Circuits intégrés, LED, panneaux photovoltaïques
Germanium	Fibre optique, optique infrarouge, catalyse du PET (plastique)
Graphite	Industrie lourde, lubrifiants, batteries et piles à combustible
Hafnium	Barres de contrôle nucléaire, alliages, céramiques haute température
Hélium	IRM, les agents de levage.
Indium	Écrans LCD
Lithium**	Verres et céramiques, piles
Magnésium	Alliages d'aluminium, moulages, revêtements de four (fabrication de l'acier et de la céramique)
Manganèse	Sidérurgie
Niobium	Aciers alliés et micro-alliés (construction, automobile, oléoducs gazoducs)
Platinoïdes*	Agents catalytiques Pots catalytiques, bijouterie
Phosphate naturel*	Engrais,
Phosphore*	Acide phosphorique, protection des aciers, engrais
Potasse	Engrais
Rhénium ⁸	Essence sans plomb et superalliages
Rubidium	R&D électronique
Scandium	Alliages d'aluminium et piles à combustible
Silicium*	Chimie, alliages d'aluminium, photovoltaïque

⁵ Dans *Interior Releases 2018' Final List of 35 Mineral Deemed Critical to National Security and the Economy*, USGS, June 2018.

⁶ Dans sa Liste 2020 des matières premières critiques, *Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil... du 3/9/2020* (COM (2020) 474 final).

⁷ Notamment à partir du rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques de 2016 sur *Les enjeux stratégiques des terres rares et des matières premières stratégiques et critiques*, Assemblée nationale XIV^e législature n° 3771/ Sénat n° 617. Ces indications peuvent être précisées en fonction des acteurs concernés, v., par ex, la liste UE de 2020, Communication précitée annexe 1. Un tableau en annexe 2 donne un panorama de l'utilité des matières premières critiques pour les écosystèmes industriels.

⁸ Le rhénium fait partie du groupe des platinoïdes, qui comprend aussi le ruthénium, le rhodium, le palladium, l'osmium, l'iridium et le platine.

Strontium**	Pyrotechnie et aimants céramiques
Tantale	Condensateurs miniaturisés, superalliages
Tellure	Aciers, catalyse, photorécepteurs
Terres rares lourdes	Aimants, verres, phosphores, métallurgie, céramiques
Terres rares légères ⁹	Aimants, batteries, polissage, métallurgie, catalyse
Titane**	Pigment blanc et alliages métalliques
Tungstène	Métal « Widia » (outils pour usiner l'acier), aciers alliés
Uranium	Combustible nucléaire
Vanadium	Alliages
Zirconium	Céramiques à haute température, industrie nucléaire et des déchets radioactifs

Le fond gris signale que la matière figure sur les 2 listes, l'américaine et l'européenne. * signifie que la matière est sur la seule liste européenne ; ** qu'elle a été rajoutée sur la liste européenne de 2020. Les autres matières, ne sont que sur la liste américaine.

Ces matières « critiques » portent le progrès technologique en cours – le smartphone devenu indispensable comporte plusieurs dizaines de métaux contribuant à son poids léger, à sa taille très réduite et à ses fonctionnalités étendues. Elles sont aussi au cœur de la transition énergétique et des efforts en faveur de l'environnement, indispensables pour les panneaux solaires, les éoliennes, les véhicules électriques et l'éclairage écoénergétique¹⁰.

Comme le montre très bien la succession des listes de la Commission européenne – qui passent de 14 matières critiques en 2011, à 20 en 2014, 27 en 2017 et 30 en 2020¹¹, la liste des matières premières critiques varie, selon les périodes et elle s'allonge. Elle varie aussi selon son auteur, la liste américaine ne coïncide pas exactement avec celle de l'UE. L'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, dans son rapport de 2016, fait aussi figurer la magnésite (matériaux réfractaires) et le molybdène (aciers alliés, catalyseurs). Toutefois il y a, clairement, un nombre élevé de matières que l'on retrouve sur toutes les listes, spécialement les « terres rares »¹².

1.2. Les « terres rares »

Les « terres rares » ont été découvertes à la fin du XVIII^e et au début du XIX^e siècle dans des minerais (les terres), peu courants à l'époque et à l'exploitation commerciale très compliquée parce que ces minerais étaient éparpillés et la séparation des terres difficile, d'où leur rareté. Les techniques de séparation se sont développées lentement, notamment en France, qui a joué un rôle important. C'est seulement dans les années 1940 qu'elles seront purifiées à un niveau industriel et, à partir des années 1970 que l'yttrium trouvera une application de masse avec les luminophores des tubes cathodiques utilisés pour les télévisions en couleur.

L'expression « terres rares » désigne 17 métaux aux propriétés voisines : le scandium, l'yttrium et les 15 lanthanides. On les répartit entre terres rares lourdes – l'europium, le gadolinium, le terbium, le dysprosium, l'erbium, l'yttrium, l'holmium, le thulium, l'ytterbium et lutétium – et légères, le lanthane, le cérium, le praséodyme, le néodyme et le samarium. Cette

⁹ La liste américaine ne distingue pas entre les 2 groupes.

¹⁰ Une matière peut être critique non seulement dans un pays et pas un autre, mais aussi dans une industrie et pas une autre. Par ailleurs la criticité peut se situer au stade de l'extraction ou plus tard, à une étape ou une autre de la transformation.

¹¹ La liste de 2020 comporte en plus la bauxite, le lithium, le strontium et le titane et, en moins, l'hélium. Le nombre des matières prises en compte par l'examen de la Commission grandit au fil des années. Il y en avait 83, pour la liste de 2020. Cela montre que le plus grand nombre des matières considérées ne sont pas critiques, voir à cet égard la *Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020) Final Report*, p. 3.

¹² Mais, même en ce cas, des différences importantes peuvent exister d'un acteur à un autre. La criticité peut se situer au niveau de l'extraction ou de la transformation.

distinction s'appuie sur des différences en matière d'applications, de toxicité et surtout de criticité. Toutefois, non seulement les terres rares ne sont pas toutes effectivement rares mais certaines sont substituables. Il y a donc, même là, une part non négligeable d'incertitude.

L'incertitude est l'un des aspects majeurs du dossier. Nul ne sait, surtout après l'épisode du Covid, ce que seront au cours des années et des décennies à venir, la demande et l'offre des matières premières critiques et des « terres rares » et le progrès technique, élément majeur aussi bien pour la consommation, que pour la substitution ou le recyclage. On ignore aussi ce que seront les relations entre les principales puissances. Cette dimension d'incertitude ne doit jamais être perdue de vue. Elle impose de s'efforcer d'avoir une vue aussi précise et réaliste que possible de la situation actuelle. Cette situation se caractérise par la croissance forte de la demande de matières premières critiques et de « terres rares », par le risque grandissant de pénurie et le caractère oligopolistique et même quasi-monopolistique dans le cas des terres rares, de la production. Pour autant, elle n'est pas annonciatrice de la guerre. Pour résumer les choses prévisibles à la manière de Raymond Aron, on dira plutôt : « conflits inévitables, guerre improbable ». Dramatiser en évoquant la perspective d'une guerre et même d'une grande guerre, puisqu'elle impliquerait Pékin et Washington, détourne l'attention du vrai problème que pose cette situation : parvenir à ajuster les ressources disponibles et les besoins.

II. Demande croissante, risque de pénurie, production quasi monopolistique

Une évaluation plus précise de la criticité, implique de disposer d'informations non seulement sur les matières et leurs usages mais surtout sur le niveau de la demande, celui de la production et des réserves. La combinaison des deux donne une idée du risque de pénurie, qui dépend aussi de la configuration du marché. Du fait du niveau, incertain, mais en tout cas grandissant de la demande des matières premières critiques, il existe un risque de pénurie élevé, si on rapporte cette demande à la production et aux réserves. Les choses se compliquent encore quand on prend en compte la nature oligopolistique et même quasi monopolistique, pour les « terres rares », du marché des matières premières critiques.

II.1. Une demande en forte croissance.

Il existe une part d'incertitude s'agissant de la demande. Elle dépend dans une mesure non négligeable des choix des industriels et de l'évolution des technologies. Cela compte s'agissant du marché des « terres rares » qui est un petit marché. Renault a opté, dès 2008, pour un moteur électrique, à rotor bobiné, sans terres rares. L'effet de ce choix va peser sur la demande de dysprosium. Nissan, qui n'a pas fait le même choix, est tout de même parvenu à baisser sa consommation de dysprosium de 40 %. Au Japon, la société Yaskawa a aussi développé un moteur électrique sans terre rare, en remplaçant les aimants permanents par des aimants en ferrite. Siemens, qui a choisi de réduire ses besoins en « terres rares » pour renforcer l'acceptabilité économique, environnementale et sociétale de ses produits est, également, en voie de se passer de dysprosium pour ses éoliennes. Ces choix vont entraîner une diminution importante de la demande de dysprosium qui était devenue « explosive » étant donné les besoins des batteries de véhicules, des aimants des éoliennes et des téléphones portables.

Le remplacement des lampes à basse consommation, qui représentaient 20 % de la valeur totale du marché des « terres rares » (europium, yttrium et terbium), par les LED, qui elles ne contiennent pas de « terres rares », va entraîner une baisse forte, de l'ordre 8 à 15 % par an de la demande de ces terres, au point que le marché de l'europlum, jugé critique il y a peu, va pratiquement disparaître et celui de l'yttrium être beaucoup moins tendu. Hors « terres rares »,

les besoins en germanium, très utilisé pour l'optique militaire ont aussi nettement baissé, quand ont été inventés des capteurs capables de voir l'infrarouge de manière plus efficace¹³. La baisse fait donc partie, aussi, des perspectives d'évolution de la demande, au moins pour des matières particulières.

Cependant, toutes les prévisions concordent, en faveur d'une hausse importante. La Banque mondiale a publié en 2017, un rapport sur *Le rôle croissant des minéraux et des métaux pour un avenir à faible émission de carbone*. Ce rapport soulignait notamment que pour les batteries, la demande des métaux concernés (aluminium, cobalt, fer, plomb, lithium, manganèse et nickel) allait augmenter de plus de 1000 % d'ici 2050 dans un scénario de réchauffement climatique de 2 % – le plus favorable pour le climat, donc le plus exigeant notamment par le nombre de véhicules électrique en service dès 2030 – par rapport à un scénario sans changement¹⁴. De son côté, l'Union européenne prévoit que, pour les batteries des véhicules électriques et le stockage de l'énergie, elle aura besoin de 18 fois plus de lithium et de 5 fois plus de cobalt en 2030 et de 60 fois plus de lithium et 15 fois plus de cobalt en 2050, par rapport à son approvisionnement de 2020. La demande de terres rares employées dans les aimants permanents (véhicules électriques, éoliennes, technologies numériques) devrait être multipliée par 10 d'ici 2050¹⁵. L'OCDE fait état d'un doublement de l'utilisation des matières premières de 2017 (89 milliards de tonnes) à 2060, avec 167 milliards. L'augmentation paraît faible, mais cette évaluation englobe des ressources abondantes et réparties géographiquement. Pour les métaux, elle est sensiblement plus élevée, de 8 à 20 milliards de tonnes en 2060¹⁶.

L'augmentation de la demande (avec ses variations) est liée au développement des technologies utilisatrices, à la poursuite de la transition énergétique, du développement vert et de la révolution numérique là où ils sont engagés, ainsi qu'à la montée en puissance des pays émergents. L'opinion suivante donne une idée de la manière, très inquiète, dont on peut voir l'avenir : « la Chine n'a fait que la moitié du chemin, l'Inde qui arrive est une autre Chine, puis arrive également toute l'Asie du Sud-Est et, enfin, l'Afrique. Sans compter qu'il existe au moins une autre Chine cachée, voire deux, avec la transition énergétique mondiale décarbonée, basée notamment sur l'éolien et le solaire. Dans ces pays, la principale ressource électrique de transformation est le charbon... Ainsi, remplacer le charbon par des énergies dites climatiques, dans le cadre de la transition énergétique mondialisée est préoccupant. D'ici 2050, cette transition cumulera la demande des ressources classiques et stratégiques, c'est-à-dire qu'il faudra utiliser beaucoup plus de béton, fois 10, de l'acier, fois 100 à 600... En ce qui concerne les métaux stratégiques et les terres rares, l'effet multiplicateur de la consommation est aujourd'hui impossible tant la courbe est asymptotique »¹⁷.

Du fait du niveau de la demande, incertain, mais en tout cas nettement grandissant pour les matières premières critiques¹⁸, il existe évidemment un risque de pénurie élevé, si on rapporte cette demande à la production et aux réserves. Les choses se compliquent encore quand on prend en compte la nature quasi monopolistique du marché des matières premières critiques. À la limite on voit la transition énergétique et le développement vert comme des otages des métaux rares¹⁹.

¹³ V. Rapport de l'OPECST (2016), pp. 35-37.

¹⁴ World Bank, *The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future*, 2017, p. 17.

¹⁵ Communication de 2020, COM (2020) 474 final, p. 6.

¹⁶ OCDE *Global Material Resources Outlook to 2060. Economic Drivers and Environmental Consequences*, 2019, p. 121. Voir le détail des projections par matière p. 123 et par groupe de pays, p. 128.

¹⁷ Didier Julienne, cité par le rapport de l'OPECST, 2016, p. 45.

¹⁸ Cela est exact en général. Un métal peut avoir été critique et l'être moins, Au cas déjà cité du dysprosium, on peut ajouter, hors terres rares celui du Lithium.

¹⁹ Sur le développement vert, voir Jeremy Rifkin, *Le New Deal vert mondial. Pourquoi la civilisation fossile va s'effondrer d'ici 2028. Le plan économique pour sauver la vie sur terre* Editions les liens qui libèrent, 2019 et J. Fontanel. *Le New Deal vert, la troisième révolution industrielle*, Pax Economica, Grenoble, 2020.

II.2. Production, réserves et risques de pénurie

En la matière, il convient de souligner qu'il existe une part très importante d'incertitude sur la validité des chiffres, en particulier pour les réserves et plus encore les ressources. Les chiffres de production sont eux-mêmes en partie incertains en raison d'une part de production non officielle, de la volonté dans certains cas de conserver le secret et du fait que, pour des marchés étroits, souvent de gré à gré, il est difficile de connaître les chiffres.

S'agissant des réserves, la part d'incertitude est beaucoup plus grande encore. Les chiffres donnés à ce titre correspondent aux réserves identifiées et exploitables aux prix et aux niveaux de techniques actuels, c'est-à-dire à une notion économique et non géologique. À terme, quand le recyclage, aura pris son essor, devraient venir augmenter les réserves, les volumes de matières recyclables. La rareté, donc le coût plus élevé de la matière primaire abaisse les coûts de collecte et de traitement de la matière secondaire, à moins que n'interviennent des réglementations d'accès ou d'exploitation. La rareté des réserves se mesure au rapport R/P (réserves sur production annuelle) en années. La dynamique de ce rapport est un facteur très important, pour avoir une idée du futur et faire, le cas échéant, des choix adaptés. Toutefois, il ne faut pas oublier que, lorsqu'elles ont un portefeuille de réserves de 30 ans, les firmes minières n'ont pas intérêt à poursuivre l'exploration, faute de savoir si cet investissement sera rentable. Au-delà, l'incertitude grandit encore. Même les terres dites « rares » ne sont pas rares, surtout si on ajoute aux ressources terrestres, *Onshore*, celles qui se trouvent dans les fonds marins ou dans l'espace. Cela est d'autant plus vrai que ces ressources sont loin d'être entièrement repérées. Même dans les pays qui disposent d'inventaires, il faut les compléter en utilisant les dernières technologies disponibles pour le repérage et le travail sera encore à revoir, quand elles auront évolué. D'une certaine manière, il n'est mais faux de dire qu'il suffit de chercher pour trouver. Encore faut-il, que les matières trouvées soient exploitables, ce qui fait intervenir des éléments de capacité technique et de prix, et même, le cas échéant, le niveau de toxicité de la ressource.

Sous toutes ces réserves, l'état actuel de la production, des réserves et des ressources est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2. Matières premières critiques : production, réserves et ressources

Matières	Production annuelle	Réserves	Ressources
Antimoine	140704 t	15 mt	nd
Argent+	27698 t	560000 t	nd
Arsenic	53737 t	Estimées à plus de 20 fois la production	nd
Baryte	9,207 mt	300 mt	nd
Bauxite**	334,962 mt	30000 mt	Estimées à 55 – 75 Mt
Béryllium	6118 t	nd	Estimées à plus de 100000 t
Bismuth	10901 t	nd	nd
Borate	nd	nd	Estimées adéquates pour le futur
Césium	nd	220000 t	nd
Chrome	15,290 mt	570 mt	Estimées > à 12 Mt
Cobalt	156483 t	7 mt	25 mt
Caoutchouc naturel	13140 mt	Matière renouvelable	
Cuivre+	20,474 mt	870 mt	2,1 Mt
Charbon à Coke	1032 mt	nd	nd
Étain	317862 t	4,7 mt	Assez importantes peuvent être développées
Fer+	2,466 Mt	156 Mt	230 Mt
Fluorine	6,857 mt	310 mt	5 M t
Gallium	323 t	nd	Nd

Germanium	101 t	nd	nd
Graphite	1,047 mt	300 mt	800 mt
Hafnium	nd	nd	nd
Hélium	180 millions de m3	4,2 M de m3	Plus de 50 M m3
Indium	835 t	50000t	nd
Lithium**	189 714 t	17 mt	80 mt
Magnésium	1100 t	nd	Estimées suffisantes
Manganèse	20,188 mt	810 m t	nd
Nickel	2,256 mt	89 mt	130 mt
Niobium	92480 t	13 mt	Estimées suffisantes
Or+	3367 t	50000 t	nd
Phosphate naturel	72,111 mt	69000 mt	30 Mt
Phosphore	191 mt °	71 Mt	nd
Platine	189 t	69000 t groupe des Platinoïdes	100000 t pour le groupe des platinoïdes
Potasse	44,373 mt	2600 mt	250 Mt
Rhénium	47 t	2400 t	6000 t
Rhodium	22, 9 t	nd	nd
Scandium	nd	nd	Abondantes
Silicium	nd	nd	Abondantes
Strontium**	220000 t	6,8 mt	1 Mt
Tantale	1799 t	90000 t	Suffisantes
Tellure	460 t	310000 t	nd
Titane**	7, 351 t	820000 t	2 Mt
Tungstène	81386 t	3,2 mt	nd
Terres rares	163869 t	120 mt	nd
Uranium	65308 t	2,5 mt	nd
Vanadium	87701	22 mt	nd
Zinc+	12, 643 mt	250 mt	1,9 Mt
Zirconium	1,480 mt	62 mt	nd

Les données sur la production sont tirées de *World Mining Data 2020*, p. 51-53, sauf exception. On a rajouté à la liste des matières premières critiques quelques métaux, signalés par +, de grande consommation (fer, cuivre, zinc) ou rares (or, argent) pour mieux fixer les proportions. Les colonnes, réserves et ressources, ont été renseignées à partir de USGS, *Mineral Commodity 2020*²⁰.

Un certain nombre de listes d'éléments dont la pénurie est annoncée aux cours des prochaines décennies, ont inévitablement été dressées, avec l'indication d'un nombre d'années.

Tableau 3. Pénuries annoncées

Élément	Pénurie dans ... ans
Cadmium	70
Cuivre	35
Cobalt	100
Germanium	10
Hafnium	20
Indium	13
Lithium	?
Plomb	25
Nickel	90
Zinc	45

²⁰ On peut trouver des indications par pays dans la base de données de l'OCDE sur les matières premières (<https://www.oecd.org/fr/echanges/sujets/commerce-des-matieres-premieres>).

Ce tableau, proposé par Maurice Leroy, a ainsi été repris dans le rapport de l'OPECST²¹.

Toutefois, cette idée de la fin des ressources à une certaine échéance, ne fait pas consensus. Le document élaboré sur les métaux rares par les 2 académies souligne que pour un programme de fabrication de 2 millions de véhicules électriques par an en 2040, les besoins français annuels en lithium et cobalt excéderaient la production mondiale²². Il envisage des goulots d'étranglement. Pourtant, considérant par ailleurs que le ratio R/P est économique (et politique) et non géologique et qu'il est très sensible au progrès technique, qui abaisse les coûts d'extraction, à la hausse des prix et à l'exploration et que l'évolution du taux de recyclage potentiel abaisse aussi les coûts de métaux secondaires, il conclut que « les ressources minérales dites épuisables, peuvent donc être considérées comme inépuisables à l'horizon d'un siècle »²³.

Quoi qu'il en soit, les grands acteurs internationaux – l'idée même des matières « critiques » l'atteste – ont validé la perspective des tensions d'approvisionnement voire des pénuries à prévoir. On note que les listes des matières jugées critiques ne cessent d'augmenter au fil des années. De plus, les situations des diverses matières figurant sur ces listes sont très variées. Comme on l'a déjà dit, les terres rares sont en général plus critiques ; c'est aussi le cas d'autres métaux, particulièrement ceux qui sont à la fois indispensables pour le *high tech* et des sous-produits de l'industrie métallurgique²⁴, obtenus grâce à des techniques de pointe.

Le choix d'intégrer la criticité et la possibilité d'interruption d'approvisionnement, dans les perspectives que l'on dessine pour l'avenir, est donc général et rationnel. Même si les ressources que l'on considère comme probables et celles que l'on suppose exister, sont de nature à rassurer sur la couverture des besoins dans la longue durée, il est très possible que la pénurie survienne momentanément, à cause du retard pris dans l'extraction ou la transformation, ou dans le développement d'une technologie annoncée ou, à cause d'une difficulté survenue dans une chaîne de valeur, devenue de plus en plus complexe. L'exemple du Silicium permet de le saisir. « Le silicium des panneaux solaires fait par exemple l'objet de nombreuses transformations. Des galets de quartz sont transformés en silicium métal dans des hauts fourneaux, le silicium est ensuite transformé en trichlorosilane, lequel est déposé par voie chimique en phase vapeur sur un barreau de silicium très pur (procédé Siemens). Ce barreau est ensuite refondu dans des creusets réalisés en quartz de haute pureté, et « tiré » en un lingot lui-même découpé en « tranches » à l'aide de cristaux de carbure de silicium ou de diamant. Ces tranches sont ensuite dopées, découpées et encapsulées dans un réceptacle de verre plat à haute transmissivité »²⁵. La France maîtrise la première phase (silicium métal) et à un degré moindre le procédé Siemens, le reste des opérations est réalisé, dans une large proportion en Chine²⁶.

L'hypothèse est d'autant plus réaliste, qu'elle peut survenir non seulement pour des raisons techniques mais aussi, pour des raisons politiques, voire pour les deux à la fois. La nature quasi

²¹ Rapport OPECST, 2016, Tome I, p. 51. Voir aussi la liste des *Cahiers du développement durable* (les.cahiers-developpement-durable.be/vivre/les-matières-premières-reserves/).

²² Document cité, p. 57.

²³ *Op. cit.*, p. 74. Cette position est particulièrement soutenue par Didier Julienne, Le Grand jeu des métaux : l'infox du « métal introuvable », *La Tribune*, 21 juillet 2020, qu'il nomme « l'inobténium ».

²⁴ Un certain nombre de métaux sont des sous-produits de métaux dits « métaux majeurs » : le rhodium du platine et du nickel, l'indium du zinc, le rhénium du molybdène et le cobalt du cuivre. Les terres rares et même les métaux rares, du fait de leur faible concentration géologique et de leur niveau de valorisation, ne sont pas mis en exploitation de façon isolée. Leur production est couplée à celle d'un autre métal. Le métal rare peut faire partie du modèle économique du gisement minier, il assure en commun avec le métal principal la rentabilité du gisement, il est extrait en commun, coproduit. C'est le cas des terres rares, du cobalt associé au cuivre ou au nickel et du lithium, associé au chlorure de potassium. Il peut aussi être extrait en parallèle avec un autre métal dont la production est rentable de façon indépendante. En ce cas, le métal rare est un sous-produit. C'est le cas de l'indium (avec le zinc), du tellure (avec le cuivre) et du gallium (avec l'aluminium). En ce cas, c'est la demande en métal principal qui gouverne la production. Elle peut évoluer de manière différente de celle du métal rare, dont la quantité disponible pourra être très décalée.

²⁵ Académie des sciences et Académie des technologies. *Rapport commun sur les métaux rares*, 2018, pp. 63-64.

²⁶ *Ibid.*, p. 64.

monopolistique ou oligopolistique des marchés de matières premières critiques, est à cet égard un point qui doit retenir l'attention.

II.3. Oligopoles et quasi-monopole.

Évoquer la situation de quasi-monopole renvoie immédiatement à la Chine et fait penser, surtout dans le contexte actuel, à des difficultés d'approvisionnement, à une rupture voire à une pénurie organisée. Il est important d'apporter, sur ces deux points, des précisions et des nuances.

Plus que de monopole ou quasi-monopole, il faut – sauf le cas des « terres rares » – parler d'oligopoles.

Les deux tableaux suivants, établis pour l'Union européenne, montrent bien la différence de situation entre les terres rares et les autres métaux critiques.

II.3.1. Cas des métaux critiques (hors « terres rares »)

Tableau 4.

Matières	Étape Extraction E Transformation T	Principal fournisseur mondial	Principal fournisseur de l'UE	Dépendance de l'UE des importations
Antimoine	E	Chine 74 %	Turquie 62 % Bolivie 20 % Guatemala 7 %	100 %
Baryte	E	Chine 38 %	Chine 38 % Maroc 28 % Allemagne 10 % Autres pays UE 15 % Norvège 1 %	70 %
Bauxite**	E	Australie 28 %	Guinée 64 % Grèce 12 % Brésil 10 % France 1 %	87 %
Béryllium	E	États-Unis 88 %	Sans objet ²⁷	Sans objet
Bismuth	T	Chine 80 %	Chine 93 %	100 %
Cobalt	E	Congo Rd 59 %	Congo Rd 68 % Finlande 14 % Guyane française 5 %	86 %
Fluorine	E	Chine 65 %	Mexique 25 % Espagne 14 % Afrique du sud 12 % Bulgarie 10 % Allemagne 6 %	66 %
Gallium	T	Chine 80 %	Allemagne 35 % Royaume Uni 28 % Chine 27 % Hongrie 2 %	31 %
Germanium	T	Chine 80 %	Finlande 51 % Chine 17 % Royaume Uni 11 %	31 %

²⁷ Ce point ne peut être renseigné, car il n'existe pas de production ni d'échanges de minerais ou concentrés dans l'UE (béryllium, Vanadium) ou faute de données disponibles.

Graphite	E	Chine 69 %	Chine 47 % Brésil 12 % Norvège 8 % Roumanie 2 %	98 %
Hafnium	T	France 49 %	France 84 % États-Unis 5 % Royaume Uni 4 %	0 %
Indium	T	Chine 48 %	France 28 % Belgique 23 % Royaume Uni 12 % Allemagne 10 % Italie 5 %	0 %
Lithium**	T	Chili 44 %	Chili 78 % États Uni 8 % Russie 4 %	100 %
Magnésium	T	Chine 89 %	Chine 93 %	100 %
Niobium	T	Brésil 92 %	Brésil 85 % Canada 13 %	100 %
Strontium**	E	Espagne 31 %	Espagne 100 %	0 %
Tantale	E	Congo Rd 33 %	Congo Rd 36 % Rwanda 30 % Brésil 13 %	99 %
Titane**	T	Chine 45 %	Sans objet	Sans objet
Tungstène	T	Chine 69 %	Sans objet	Sans objet
Vanadium	T	Chine 39 %	Sans objet	Sans objet

Établi à partir de la Communication de la Commission européenne de septembre 2020 « Résilience des matières premières critique... » (Op. cit.)

On voit bien, en prenant les 16 cas où toutes les colonnes sont remplies, que tandis que la Chine est premier producteur mondial dans 9 cas, les Européens ne sont dépendants d'elle comme premier fournisseur, à plus de 75 %, que dans 2 cas (Bismuth et Magnésium). Ils dépendent aussi d'autres pays – Brésil, Congo Rd, Rwanda, Norvège, mais pas de la Russie – à plus de 75 % dans 5 cas (antimoine, bauxite, cobalt, graphite, tantale). Les Européens ne sont pas dépendants pour l'Indium, le hafnium et le strontium (dépendance 0) et peu dépendants pour le gallium et le germanium. Pour le hafnium et l'indium, ils sont même, exportateurs nets. La situation est oligopolistique, d'une manière qui n'est pas défavorable aux Occidentaux. On voit également que les Européens, et même la France, ne sont pas seulement dans le camp des consommateurs.

II.3.2. Le cas des « terres rares »

La situation est ici nettement différente.

Tableau 5.

Matières	Étape Extraction E Transformation T	Principal fournisseur mondial	Principal fournisseur de l'UE	Dépendance de l'UE des importations
Terres rares lourdes dysprosium, erbium europium, gadolinium, holmium, lutetium, terbium, thulium, ytterbium yttrium,	T	Chine 86 % Australie 6 % États-Unis 2 %	Chine 98 % Pays de l'UE 1 % Royaume Uni 1 %	100 %
Terres rares légères lanthane, cérium, praséodyme, néodyme, samarium	T	Chine 86 % Australie 6 % États-Unis 2 %	Chine 99 % Royaume Uni 1 %	100 %
Autres Scandium	T	Chine 66 % Russie 26 % Ukraine 7 %	Royaume Uni 98 % Russie 1 %	100 %
Prometium	nd	nd	nd	nd

Établi à partir de la Communication de la Commission européenne de septembre 2020 « Résilience des matières premières critique... » (Op. Cit.).

Ici, le monopole chinois est effectif, vis-à-vis des Européens et, à un degré un peu moindre, des États-Unis. Ce monopole, presque total, est valorisé par le fait que le domaine d'usage des terres rares est celui des produits de haute technologie et des produits des nouvelles technologies « vertes ». Elles sont employées notamment pour : les alliages d'aluminium (scandium), les piles à combustible (scandium), les batteries nickel métal hydrure (lanthane), les pots catalytiques (cérium), les lasers infrarouges (holmium, erbium), les diodes électroluminescentes (LED, cérium), le polissage et la métallurgie (cérium), les phosphores (yttrium, europium, terbium, erbium, gadolinium, erbium) et surtout les aimants (praséodyme, néodyme, samarium, gadolinium, dysprosium). Autre point très important : la Chine ne maîtrise pas seulement l'extraction ; elle ne vend pas que du minerai ou des produits peu transformés. Elle ne se trouve plus du tout dans la position d'un pays en développement qui vend des produits qui seront affinés et traités par d'autres États disposant des technologies les plus avancées et lui reviendront, dans des produits nettement plus chers. La Chine est, dans les domaines d'emploi des « terres rares », parvenue à maîtriser la plupart des technologies les plus avancées, elle a réussi à maîtriser les filières. Elle dispose donc d'un véritable l'outil de puissance.

Toutefois, il faut introduire quelques nuances, en forme de limites.

Les terres rares lourdes sont les plus « critiques ». En effet, elles sont moins abondantes, leurs gisements sont plus petits et plus rares. En outre, elles sont produites quasi-exclusivement en Chine, à 98 % pour le terbium ainsi que pour l'holmium, le lutétium, le thulium et l'ytterbium.

Cependant pour ces 4 dernières terres, la production est supérieure à la demande ; il n'y a donc pas, momentanément, de rareté ; de plus, la plupart des usages permettent la substitution. Ces terres ne sont donc pas réellement critiques, au moins actuellement.

La même facilité de substitution ne se retrouve pas avec le dysprosium, produit à 99 % en Chine, très cher, d'où le coût élevé des aimants permanents qui l'emploient. Mais on a vu que la situation est en passe d'évoluer, puisque des choix faits par des industriels importants (Renault, Siemens) vont provoquer une chute de la demande de dysprosium, au cours des prochaines années. À l'inverse, pour le gadolinium, produit à 97 % en Chine, on estime que la consommation

mondiale (environ 1000 t/an) pourrait exploser, en fonction des progrès de la réfrigération magnétique.

La consommation de terres rares lourdes est, en général, inférieure à 1000 t/an (cas du gadolinium) – 290 t/an pour le Terbium, 540 t/an pour l'Erbium et seulement 75 t/an, pour l'holmium, le lutétium, le thulium et l'ytterbium. La situation est bien différente pour les terres rares légères. Elles sont produites en quantités très supérieures : 45500 t/an, presque autant que le cuivre, pour le cérium, la terre rare la plus abondante ; plus de 30000 t/an pour le lanthane, 20000 t/an pour le néodyme. La part de la Chine, dans la production des terres rares légères est toujours la plus importante, de l'ordre de 90 %, mais elle laisse une petite place pour d'autres, principalement les États-Unis, à moins de 10 %.

Il faut aussi considérer, à côté de la production, les réserves de « terres rares ». Deux minéraux contiennent l'essentiel des réserves mondiales de ces terres : la bastnaésite (Chine, États-Unis) et la monazite (Afrique du sud, Australie, Brésil, Chine, États-Unis, Inde, Malaisie, Russie, Sri Lanka, Thaïlande). Les chiffres donnés en matière de production et davantage encore de réserves, sont à prendre avec beaucoup de prudence, les données fournies dans ces matières sensibles et pour des marchés souvent étroits et peu organisés étant très incertaines et, pour les réserves, très lacunaires. Mais globalement ils sont significatifs. Pour 2018, on estime que la production mondiale d'oxydes de terres rares s'est élevée à 170000 tonnes, la part de la Chine représentant 120000 tonnes, devant l'Australie (20000 t), les États-Unis (15000 t), le Myanmar (5000 t) et la Russie (2600 t). La Chine désormais limite sa production, à cause de la pollution. En ce qui concerne les réserves, l'incertitude est d'autant plus grande que les ressources terrestres sont loin d'être toutes repérées et que s'y ajoutent des ressources marines encore moins connues. L'USGS donne un montant de 120 millions de tonnes de réserves. Ici encore la Chine est en première position, avec 44 mt soit près de 37 %, devant le Brésil et le Vietnam, chacun à 22 mt, la Russie 12 mt, l'Inde 6,9 mt, l'Australie 3,4 mt et les États-Unis 1,4 mt. Les Européens sont absents, sauf via le Groenland 1,5 mt.

Il y a donc un net décalage entre la production, où le monopole chinois est presque total, et les réserves, où la part de la Chine est nettement plus basse.

Cette répartition des réserves est *a priori* une bonne nouvelle. Il devrait être possible d'échapper au monopole chinois, de diversifier les approvisionnements auprès de fournisseurs, plus favorables. Il reste que cela ne peut se faire que plus tard, probablement au bout d'un laps de temps assez long, pendant lequel le problème des conflits et, selon une opinion répandue, de la guerre reste posé.

III. Conflits inévitables, guerre improbable

Parler de la guerre, qu'il s'agisse de droit, de commerce, de métaux et maintenant de santé est devenu banal. La part grandissante des médias dans le débat, le souci de l'audience et la volonté de « faire le Buzz », ne poussent pas à la rigueur du raisonnement et du langage. Pour que le mot guerre garde son intérêt, il faut le réserver à des actions impliquant l'usage de la violence armée. En deçà de l'usage de la force armée, on reste dans le domaine, très vaste, des différends et des conflits.

Si on part de là, on est amené à constater que la situation de quasi-monopole de la Chine ne doit rien à la violence armée. Elle n'est pas le résultat d'une guerre, mais le fruit d'une politique habile, poursuivie dans la durée et du laisser-faire occidental. Cette montée en puissance ayant provoqué des différends et des conflits, il est certain que les années à venir verront naître d'autres. Les conflits font partie de l'ordinaire des relations internationales. Le point intéressant sera de savoir si les conflits à venir, dans la période où la puissance chinoise est installée et non plus en phase de construction, seront plus durs et plus coûteux ou non. Mais la guerre, au sens vrai du terme, reste toujours improbable.

III. I. Le quasi-monopole de la Chine n'est pas le résultat de la guerre et des conflits mais le fruit d'une politique habile, poursuivie dans la durée et du laisser-faire occidental

Il suffit de constater la différence entre les parts de la Chine dans la production et dans les réserves de « terres rares », pour dégager une évidence : si la Chine est le grand producteur de « terres rares », c'est d'abord parce qu'elle exploite ses ressources, davantage que les autres détenteurs de réserves.

Elle n'a pas toujours été le numéro un. Jusqu'au début des années 1990, cette première place était occupée par les États-Unis. Les Chinois ont commencé à exploiter leurs ressources vers la fin des années 1950. Ils ont mené à partir de 1986, à l'époque de Deng Xiao Ping, un programme national de recherche et développement en matière de hautes technologies et investi dans l'exploitation des « terres rares ». Ding Xiao Ping disait à l'époque : « il y a le pétrole en Arabie Saoudite, il y a les « terres rares » en Chine ». La production chinoise a crû à un rythme élevé. Elle a rattrapé puis dépassé en 1992 celle des États-Unis, qui représentait encore en 1984, plus de 60 % de la production mondiale. En 1995 la part de la Chine représentait le double de celle de Washington. Du côté américain, la démarche fut inverse. Le gisement de *Mountain Pass*, découvert en 1949, exploité à partir de 1952, qui était devenu le centre de gravité mondial de la production des terres rares, allait perdre rapidement cette place, arrêter ses activités de raffinage en 1998 puis l'extraction de minerai, en 2002. Une part de l'explication réside dans la baisse des prix, liée à la montée de la production chinoise mais, pour l'essentiel, l'explication tient au choix de laisser accomplir ailleurs, de transférer, des activités très polluantes²⁸, devenues de moins en moins acceptables aux États-Unis et dans les autres pays les plus développés. La Chine acceptait de payer un prix que les autres producteurs ne voulaient plus ou pas, assumer. Ils ont laissé faire, admis de devenir simplement importateurs.

Mais, de manière très compréhensible, la Chine a refusé de s'installer dans le rôle du producteur de matières premières, de celui qui accomplit le travail le moins gratifiant, dans le cas particulier le « sale travail », pour n'en tirer qu'un avantage réduit. En 1999, Jiang Zemin a énoncé un nouvel objectif : « améliorer le développement et les applications des terres rares, et transformer l'avantage de la ressource en supériorité économique »²⁹. La Chine en employant les quotas à l'exportation et en agissant sur les prix a, à la fois, attiré chez elles les entreprises étrangères utilisant les terres rares et empêché que la production de « terres rares » se développe ailleurs. Elle a ainsi pris le contrôle du marché des « terres rares »

À cet égard, l'histoire de la mine de *Mountain Pass* est très révélatrice. À la fin des années 2000, les ruptures d'approvisionnement liées aux quotas et les tensions grandissantes avec Pékin, ont fait prendre conscience de la dépendance, affectant notamment leur industrie d'armement, dans laquelle étaient tombés les États-Unis. Cela a provoqué, à partir de 2008, la relance du site, via un investissement estimé à 1,5 Md\$³⁰. Or cette relance fut un échec. La Chine, par la baisse puis la fin des quotas, imposée par l'OMC, a fait évoluer les prix à la baisse. Cela, dans un contexte de réduction de la demande mondiale, sur un marché étroit, a mis en danger la société Molycorp, gestionnaire de *Mountain Pass*. Après une courte phase positive, Molycorp a rapidement

²⁸ Les techniques d'extraction et de purification des terres rares sont très polluantes. Elles emploient des procédés hydro métallurgiques et des bains d'acides qui rejettent des métaux lourds, de l'acide sulfurique et des éléments radioactifs en grandes quantités. Une tonne de terres rares produirait par exemple 1 à 1,4 tonne de déchets radioactifs. La pollution environnementale et les atteintes à la santé des travailleurs sont énormes, v. Shareholders for Change, *Les chaînes d'approvisionnement en métaux rares*, 2019, p. 8-9.

²⁹ Les citations de Deng Xiao Ping et Jiang Zemin, sont tirées de Ludovic Jeanne, Comment la Chine a pris le contrôle du marché des terres rares, *The Conversation*, 22 janvier 2017.

³⁰ Cette relance, le « projet Phoenix », portée par un groupe d'investisseur, avait l'appui du Pentagone. Elle s'appuyait sur le recours à de nouvelles technologies de séparation des minéraux, toutefois non testées v. Jeffrey A. Green L'effondrement de l'exploitation minière américaine des terres rares et les leçons apprises, *Defense News*, 12 novembre 2019. J. A. Green indique aussi que la chute de Molycorp a été accompagnée par le transfert en Chine, via Neo Materials d'un « grande partie des actifs rentables de Molycorp ».

rencontré des difficultés. Dès 2013, ses revenus étaient insuffisants. Elle a suspendu sa production en 2015, puis fait faillite, avant d'être rachetée, en 2017, pour un prix, très inférieur (20,5 m\$), par MP Mine Operations LLC, un consortium comprenant JHL Capital basé à Chicago à 65 %, QVT Financial LP (New York) à 25 % et le mineur de terres rares chinois Shenghe Resources, à 10 %. Et, symbole extrême de la puissance chinoise, MP Mine Operations LLP envoie maintenant des concentrés de terres rares minés sur le sol américain en Chine, pour y être traités. La Chine est en effet, devenue aussi, depuis quelques années, importatrice de terres rares, ce qui lui permet de ménager ses réserves et de prendre des positions industrielles et commerciales dans les mines et la métallurgie de pays étrangers.

Tout cela s'est fait de manière pacifique, il n'y a pas eu, comme l'a souligné Didier Julienne, de guerre des lanthanides. S'il y avait eu, même au sens large du terme, guerre, les États-Unis auraient eu un autre comportement au sujet de *Mountain Pass* et de Molycorp, après 2015 et, bien avant cette date, ils auraient pu sécuriser une partie de leur production de terres rares, en lui réservant les achats destinés au secteur militaire. La stratégie de verticalisation et l'acquisition d'une hégémonie sur un secteur d'activité, que l'on reproche à la Chine, n'est en rien une nouveauté ; elle est classique et pratiquée depuis longtemps.

C'est également de manière pacifique et sans qu'il y ait eu de conflit ou même de réelle tentative de réaction du côté occidental, que la Chine est devenue importatrice d'une grande partie de la production de cobalt de la Rd Congo, premier producteur mondial, en rachetant, via China Molydenium, la plus grande mine de ce minerai, à une société minière américaine. Il n'y a pas eu non plus de bataille, d'opposition avec une société américaine ou européenne, au moment où Tianqi a racheté les actions que le groupe canadien Potash Corp détenait du premier producteur mondial de lithium, le Chilien SQM. On peut sans doute résumer les choses en disant que le dossier des « terres rares » a évolué dans un contexte de mondialisation où les principales puissances se considéraient, au-delà d'inévitables différends, comme des partenaires.

Dans une période où elles se percevront davantage comme des adversaires – cela avait commencé avant mais va très probablement être accentué par l'épisode du Covid 19 – les différends et les conflits seront certainement plus nombreux.

III.2. Des conflits inévitables

Dans la période durant laquelle la position de puissance chinoise s'est établie en bénéficiant du laisser-faire occidental, différends et conflits étaient déjà présents. Il n'est pas sans intérêt de s'y arrêter un instant.

Pékin n'a pas hésité à suspendre administrativement les livraisons de terres rares au Japon, lors d'un incident intervenu en 2010, dans le cadre du contentieux sino-japonais sur les îles Senkaku.

La Chine a aussi, de manière plus générale, établi à partir des années 2010 des restrictions à l'exportation. Cette décision a conduit, en mars 2012, les États-Unis, le Japon et l'UE, à déposer une plainte devant l'OMC contre ces limitations au sujet des terres rares, du molybdène et du tungstène, justifiées par le souci de la Chine, d'approvisionner ses propres industriels et de limiter les dégâts causés à l'environnement. Ils les considéraient comme provoquant des distorsions massives et des interruptions dommageables de la chaîne d'approvisionnement. Ils ont obtenu, en 2014, une décision favorable³¹.

La décision de l'OMC, en appel, porta condamnation des taxes chinoises à l'exportation, et des contingents, parce qu'introduisant un avantage déloyal au profit des consommateurs locaux. La Chine s'est pliée à la décision. Elle a supprimé ses quotas d'exportation et ses taxes à l'exportation. Mais elle a réintroduit d'autres quotas et taxes, sur la production, ce qui lui a permis de garder autrement le contrôle de la chaîne d'approvisionnement.

³¹ OMC. Différend DS432. Chine. Mesures relatives à l'exportation de terres rares, de tungstène et de molybdène.

Deux leçons peuvent être dégagées de ces expériences. La première est que Pékin n'hésitera pas à utiliser ses atouts commerciaux ; ils font partie de la puissance construite par la Chine. La seconde est qu'elle joue le jeu de l'OMC, utilise pleinement la procédure mais se plie à la sentence, sans discuter, quand celle-ci est rendue. Mais on voit également qu'elle réagit aussitôt et retrouve sa position antérieure, en jouant autrement des règles de l'OMC. Les vrais perdants dans cette affaire sont peut-être les plaignants. Pékin campe désormais, en s'appuyant sur mesures touchant la production, sur une base plus solide. Par ailleurs, s'ils ont envoyé un message clair et peuvent se féliciter d'une décision rendue en leur faveur, les demandeurs ne peuvent pas être vraiment satisfaits. Comme on l'a fait remarquer, lors des travaux de l'OPECST, les procédures de l'OMC sont de l'ordre de 3 ans. « Or au terme de ces 3 années, les activités de transformation ont déjà, bien souvent, déménagé. Ainsi, nous avons certes gagné le recours ; pour autant, les conséquences au niveau économique ne sont pas aussi positives que le résultat juridique le laisserait supposer »³². La victoire juridique n'a pas d'effet réel suffisant. Si on calcule bien, ne pas respecter le droit est rentable.

Il n'y a aucune raison pour que la Chine ait, au cours des années à venir, une position moins ferme que par le passé. On notera d'ailleurs qu'elle a clairement « affiché la couleur » en ce sens, début 2019, en ressortant l'avertissement, qu'elle prodigue de manière parcimonieuse – « Ne dites pas qu'on ne vous a pas prévenu ». La formule est réapparue dans une tribune du *Quotidien du peuple*, « États-Unis ne sous-estimez pas la faculté de la Chine à riposter »³³. La visite de M. Li à l'usine d'aimants du Jiangxi, en mai 2019, au moment où D. Trump accentuait ses attaques contre le commerce chinois et Huawei est allée dans le même sens. « Si quelqu'un veut utiliser des produits fabriqués à partir de nos exportations de terres rares pour freiner le développement de la Chine, alors je pense que (...) le peuple chinois sera mécontent »³⁴. Cette phrase prononcée alors par un responsable de l'agence chinoise de planification économique a été interprétée comme une menace d'autant plus sérieuse, qu'elle n'était pas mise en œuvre mais restait latente.

La Chine affiche clairement qu'elle n'a pas peur du conflit et rendra coup pour coup.

À partir de là, ne doit-on pas envisager « un embargo soudain de la Chine sur les exportations mondiales de terres rares (qui) pourrait avoir un impact économique comparable à celui du choc pétrolier de 1974 »³⁵, c'est-à-dire un scénario de guerre économique³⁶ ? À cet égard, on peut faire aussitôt remarquer que les deux situations sont très différentes et que cette comparaison est peu appropriée. L'embargo pétrolier fut déclenché par ceux qui étaient alors en position de perdants, soit l'inverse de ce qu'est actuellement la situation de la Chine. Celle-ci, en position forte, n'a aucune raison de s'engager dans une politique qui formerait aussitôt une coalition contre elle. Logiquement la Chine devrait attendre, et réagir d'une manière conjuguant la fermeté voire la dureté pour conserver sa crédibilité de puissance et l'habileté pour ne pas nuire à ses intérêts.

Pékin n'a pas pu ne pas noter, comme tous les observateurs du dossier des « terres rares », que celles-ci ne sont pas rares, que la Chine ne détient qu'une part des réserves et que ses partenaires peuvent choisir, soit d'exploiter leurs propres terres rares, soit de se servir ailleurs. Certes cela prendra du temps, sera coûteux, mais à un certain moment, ce choix sera fait. Le point de basculement du dossier, le moment où la dépendance envers la Chine est perçue comme potentiellement dangereuse, a probablement déjà été atteint. Si ce n'est pas le cas, un nouvel embargo ferait passer ce cap. La Chine n'a pas intérêt, sauf raison majeure, à s'engager sur cette voie. La meilleure politique à mener consiste à tenter de prolonger autant que possible

³² Observation de M. G. Cozigou, Commission européenne, Rapport cit., vol. 2, p. 127.

³³ V. Frédéric Schaeffer, Les terres rares, arme stratégique de Pékin dans son conflit avec Washington, *Les Echos*, 30 mai 2019.

³⁴ Cité par Le plan des États-Unis pour se passer des terres rares de la Chine, *Capital* 5 juin 2019.

³⁵ Ce que faisaient déjà *Les Echos*, en 2011 : Les Echos - Bras de fer Chine-Japon : embargo sur les exportations de terres rares - Archives.

³⁶ Sur la guerre économique, voir Jacques Fontanel et Liliane Bensahel, La guerre économique, *Arès* vol. XIII, n° 4, 1992, pp. 9-50.

son avantage et à rendre la reconversion de ses partenaires/adversaires coûteuse, mais en évitant de tomber dans une configuration perdant/perdant.

Lorsqu'on envisage l'hypothèse des conflits, il est tentant de céder aux simplifications. Il est exact que des erreurs peuvent être commises et un effet d'engrenage conduire à un résultat que personne ne voulait. Mais hormis cet enchaînement négatif, l'hypothèse des conflits doit être examinée, en tenant compte de ce que voir dans les « terres rares » et plus généralement dans la position chinoise sur les matières premières critiques, une « arme stratégique » est un mythe³⁷. Non seulement les « terres rares » ne sont pas rares et la répartition des réserves et des ressources laisse aux autres puissances la possibilité de choisir de réorienter leurs approvisionnements, mais outre le phénomène de coalition contre elle qu'il ne manquerait pas de provoquer aussi, un embargo général de la part de Pékin serait très contre-productif. Les industries chinoises sont très intégrées dans les chaînes de valeur mondiales ; elles dépendent aussi de ces chaînes et des composants expédiés par les pays importateurs de terres rares chinoises et des produits qui en sont issus³⁸. Un embargo appellerait une réaction ; des mesures de rétorsion, voire des représailles seraient exercées contre la Chine. Dans la mesure où l'économie chinoise reste une économie très dépendante des exportations, s'engager sur cette voie, surtout avec un embargo général, serait prendre un risque énorme. Enfin une mesure d'embargo serait en contradiction avec l'évolution de la politique chinoise en matière de terres rares. En effet Pékin a, depuis quelques années, notamment pour des raisons de protection de l'environnement, réduit l'extraction des terres rares et augmenté ses importations, au point de devenir le premier importateur mondial. On en parlera sans doute beaucoup, mais en réalité, la voie de l'embargo, pour toutes ces raisons, paraît très étroite.

Il y aura inévitablement des différends et des conflits, au sujet des terres rares et des autres matières premières critiques. À titre d'exemple, on peut signaler que l'Union européenne vient de déposer, en février 2021, sa deuxième demande d'établissement d'un groupe spécial chargé de se prononcer sur les mesures prises par l'Indonésie concernant l'exportation de nickel, demande acceptée par l'ORD. Mais, sauf dans le cas d'une nouvelle guerre froide entre la Chine et les Occidentaux, qui impliquerait une coupure du monde en deux ensembles économiques à peu près fermés l'un à l'autre, les mesures économiques négatives, de type embargo, devraient rester limitées dans le temps, du point de vue de leur niveau d'agressivité et également ne pas être générales. La mondialisation, même conflictuelle, reste la mondialisation, ce qui implique le maintien des chaînes de valeur. Cette perspective probable est bienvenue, car on ne doit pas oublier que dans la période qui s'ouvre, les ressources offertes par l'OMC, en particulier du point de vue du règlement des différends seront inférieures à ce qu'elles étaient au début des années 2010³⁹. Par ailleurs, on ne doit guère s'attendre non plus, à des améliorations significatives concernant l'organisation des marchés des matières premières critiques et plus encore des « terres rares ». Au cours des débats préparant le rapport de l'OPECST, il a été question à diverses reprises d'une OPEP des métaux, mais sans que soit émise la moindre proposition ou évoquée quelque initiative que ce soit. Pourtant, l'entrée dans une période plus conflictuelle pourrait être l'occasion, pour certaines matières premières critiques de reprendre (cas de l'étain⁴⁰), de pousser plus loin (nickel, caoutchouc⁴¹), voire d'entreprendre un effort

³⁷ Comme le dit justement Quentin Pares, Les terres rares et la Chine : le mythe de « l'arme stratégique », *Les yeux du Monde* 26 novembre 2019, Les terres rares et la Chine : le mythe de "l'arme stratégique" - Les Yeux du Monde (les-yeux-du-monde.fr).

³⁸ Q. Pares, art. cit., rapporte que l'embargo contre le Japon a été largement adouci par les exportations de contrebande.

³⁹ Les États-Unis ont bloqué le mécanisme de l'ORD, v. C. Chavagneux, Les bonnes raisons de Trump pour tuer l'OMC, *Alternatives économiques* 20 mai 2020 et du même auteur OMC : les défis d'une organisation en panne, *Alternatives économiques* 16 février 2020.

⁴⁰ Il a existé, de 1954 au milieu des années 1980, un Conseil international de l'étain et, de 1984 à 2001, un Conseil international des pays producteurs d'étain.

⁴¹ Il existe pour l'un et l'autre, un Groupe d'étude international, qui permet aux producteurs et consommateurs participants de discuter et qui conduit des études et élabore des statistiques. Voir sur l'organisation des

d'organisation pour certains autres produits. Pour les terres rares, une avancée vers une organisation de type OPEP, rassemblant les producteurs serait *a priori* beaucoup moins intéressante qu'une formule associant producteurs et consommateurs. Celle-ci pourrait être envisageable, si la réorientation des approvisionnements se confirme et surtout si les intéressés, au-delà des différends et conflits inévitables, s'inscrivent délibérément dans une perspective de coopération et non de guerre.

III.3. Guerre improbable

Lorsque le mot guerre est employé à propos d'une question internationale, il a généralement un sens très vague, beaucoup plus large que la guerre au sens propre du terme – un affrontement armé entre États. Doit-on, peut-on envisager un affrontement de ce type, au sujet des matières premières critiques et des « terres rares ».

Bien que l'on parle souvent de la guerre de l'eau, de la guerre du pétrole et du gaz, de la guerre des métaux..., il faut d'abord noter que la vraie guerre est, en réalité, quasi absente en ces matières, sauf pour le pétrole, où on peut établir un lien avec la guerre (guerre du Golfe en 2003) même si celle-ci a un objet bien plus vaste⁴². Au cours des dernières décennies aucun métal – cuivre, nickel, cobalt, zinc, or... – n'a provoqué des opérations militaires. Doit-on vraiment envisager qu'il en aille différemment dans un avenir proche ?

Il suffit, pour avoir une idée de ce que peut être la réponse à cette question, de considérer l'identité des États à qui d'éventuels prédateurs, par définition des puissances disposant des moyens pour mener à bien l'opération, devraient s'attaquer pour s'emparer, prendre le contrôle, d'une matière première critique ou de « terres rares ». Les tableaux 4 et 5 nous montrent que les prédateurs – on pense évidemment aux États-Unis, à la Chine et à la Russie en premier lieu – et les victimes éventuelles, sont souvent les mêmes. Il y en a d'autres, mais la liste des premiers producteurs mondiaux ne comporte que des pays qui sont des puissances militaires suffisamment importantes ou qui sont protégées par le jeu des alliances. On devrait évidemment trouver, en prenant pour chaque matière la liste des détenteurs de réserves, des cibles plus vulnérables. Mais si l'on ne peut exclure un incident, des gesticulations guerrières, comme celles auxquelles se livre la Turquie en Méditerranée orientale, on ne peut certainement pas admettre que l'ombre de la guerre s'étend désormais sur les métaux critiques et les « terres rares ». Cette constatation confirme que le vrai défi à relever consiste à ajuster les ressources disponibles et les besoins et, également, constitue un aspect positif car « la transition énergétique a besoin de la « paix des métaux » »⁴³.

IV. Le vrai défi : ajuster les ressources disponibles et les besoins

Parler constamment, à propos des « terres rares » et des « métaux critiques », de la « guerre », alors que ce n'est pas un vrai sujet, déforme la réalité, pousse au conflit, et ne facilite ni la bonne perception du problème posé, si son traitement.

Ce problème s'inscrit dans un contexte dominé par l'objectif de la transition énergétique, de manière à limiter le réchauffement climatique. Ce contexte est marqué aussi par les tensions grandissantes entre les puissances – Chine, Russie d'une part et Occidentaux d'autre part – et des tensions également, de plus en plus fortes, entre les États-Unis et leurs alliés traditionnels.

matières premières J.F. Guilhaudis, *Relations internationales contemporaines*, 4^e édit, LexisNexis, 2017, pp. 788-801.

⁴² On parle plus justement de « diamants de conflits » ou de « diamants du sang », pour désigner les diamants qui, notamment en Rd Congo, servent à financer les groupes qui s'affrontent entre eux et au gouvernement. Ces diamants n'étant pas l'objet même de la guerre, il n'y a pas, à proprement parler, de guerre des diamants.

⁴³ Julienne D., Le Grand jeu des métaux : la cause de l'Infox, *La Tribune*, 5 août 2020.

Le niveau de la conflictualité internationale violente ne baisse pas⁴⁴. Enfin, la récente crise de la Covid 19, a porté un coup sérieux aux échanges internationaux et elle devrait amorcer un mouvement de « démondialisation ».

C'est dans ce contexte changeant et difficile, qu'il s'agit de poursuivre la transition vers les énergies non génératrices de gaz à effet de serre, sans accroître son coût en énergies fossiles, en limitant la pollution liée à l'extraction et à la transformation des métaux nécessaires à cette transition et à la poursuite de la révolution numérique⁴⁵. Il faut aussi optimiser cette extraction et cette transformation, pour que le prélèvement des métaux en question soit aussi limité que possible et que l'offre et la demande se correspondent, avec le minimum d'à-coups. Il faut éviter de « faire basculer notre dépendance aux hydrocarbures vers une dépendance aux métaux »⁴⁶, facteur de gaspillage de ressources très précieuses, coûteuse pour l'environnement et la santé et, faute d'être gérée de manière assez coopérative, inutilement conflictuelle.

Si la guerre est improbable, le défi de sécurité est bien réel. Il est général parce qu'il concerne, au-delà des principales puissances, tous les membres de la communauté internationale. Il est global puisque, au-delà d'éventuels aspects militaires, il touche la géologie, l'économie et le commerce, l'environnement et la santé, au total le devenir de l'humanité. Enfin, il intéresse aussi bien les normes que les institutions et les modes de gestion des relations internationales. Étant donné sa dimension, ce défi devrait faire l'objet d'efforts intenses – le réchauffement climatique est un danger très présent et la transition une urgence – aussi bien au plan national qu'au niveau international.

Force est de constater, pourtant, que tel n'est pas le cas, notamment au plan international. Cette situation est paradoxale. Les moyens d'atténuer l'aggravation du problème – stockage, substitution, recyclage – sont limités. Pourtant le niveau de mobilisation est faible. Cela tient vraisemblablement au fait que l'on se trouve, en face de choix très difficiles, presque des tabous, qu'il est difficile d'affronter.

Pour le moment, le défi reste entier, ou presque, en quelque sorte suspendu, comme les relations internationales, après l'attente des résultats de l'élection américaine puis des premières décisions de politique internationale, par l'évolution de la pandémie du Covid 19 et la crainte de ce que sera la suite. La manière dont évoluera le dossier des métaux critiques et des « terres rares » sera un bon indicateur de l'évolution des relations internationales.

IV.1. Stockage, recyclage, substitution, des palliatifs nécessaires mais limités

Le **stockage** est une pratique assez répandue mais aussi un exercice très difficile. Que stocker, pour combien de temps, en quelle quantité ? La question paraît simple. Pourtant stocker un minerai ne signifie pas que l'on pourra fournir aux industriels qui les emploient les produits qui en sont issus. Pour passer des ingrédients des aimants permanents que sont le néodyme, le fer et le bore, aux aimants eux-mêmes, il y a un savoir-faire industriel que l'on doit aussi posséder et, vu la rapidité des évolutions technologiques, il est très difficile de savoir si on a stocké le bon produit au bon moment. Comment sortir le produit de stock et le mettre à disposition de manière adéquate ? À quel prix acheter ? Quand vendre ? Faut-il vendre si le prix monte de manière importante ? Comment faire face au problème de la dégradation du produit stocké ? Faut-il que le stock soit le fait de l'État ou des entreprises ou des deux ? Stocker a un coût, représente une gestion complexe et peut difficilement être envisagé pour l'ensemble des métaux critiques et des terres rares.

Le stockage est normalement le fait de l'État et est réservé aux matières jugées stratégiques, qui intéressent le plus souvent la défense et la sécurité nationale. La constitution de stocks

⁴⁴ V. les chroniques de J.F. Guilhaudis sur le Stock des principaux conflits intéressant la sécurité internationale, dans *PSEI*, n° 13 2019 et *PSEI* n° 16, 2021.

⁴⁵ V. Pollution. La face cachée du numérique, dossier réalisé par *Alternatives économiques*, janvier 2020.

⁴⁶ Didier Julienne, Le Grand jeu des métaux : stratégie d'influence, stock stratégique, recyclage, exploration et ESG, *La Tribune*, 12 août 2020.

concerne les matières énergétiques comme le pétrole, des produits de santé, des produits alimentaires etc. Elle dépend d'une bonne analyse de l'évolution des marchés et des relations internationales. Elle suppose une gestion discrète et efficace – il faut acheter au bon moment, pour payer le prix le plus bas, éventuellement vendre pour opérer des gains, si le stock peut être allégé sans danger, renouveler les stocks pour les produits périssables.

Tous les États ne pratiquent pas de stocks. Certains l'ont fait puis ont cessé de le faire (cas de la Suède). Les membres permanents du Conseil de sécurité, font des stocks et d'autres pays aussi – le Japon, la Corée du sud, la Finlande. En principe les stocks ne sont pas destinés à prévenir des augmentations de prix, mais des ruptures d'approvisionnement, liées à contexte international (crise, guerre) et/ou interne (grèves). Par exemple, au Japon, les stocks ne sont pas liés à la défense mais destinés à éviter les ruptures de livraison. La loi japonaise prévoit que l'État constitue des stocks de 48 jours de consommation nationale pour une liste de produits, régulièrement révisée. Les entreprises doivent stocker elles-mêmes 12 jours de consommation. Les stocks sont donc limités, pour une durée temporaire, de 60 jours. Leur financement est assuré par des fonds publics qui servent à rembourser aux entreprises les coûts liés à l'immobilisation des produits. En Chine, les stocks ont un rôle de lissage des cours, par des achats faits à des cours bas et des ventes à des cours hauts⁴⁷. La Russie pratique un double stockage : le premier est destiné, en cas de prix trop haut, à servir les industriels, le second est stratégique, pour servir en cas de crise grave. Et ce sont des stockages dynamiques, qui vendent et achètent.

Dans l'ensemble, on peut dire que la question des stocks est une fausse question simple. Les industriels y sont en général peu favorables et même dans le secteur de la défense, on est réticent. Cette citation l'illustre : « quand on est sur des programmes longs, qu'est ce qui est à garder ? Les quantités sont difficilement estimables. On ne sait pas trop ce qu'il va y avoir en exportation, en évolution des programmes et en remise à niveau. Tout cela fait que gérer des stocks sur ces programmes est difficile ». On préfère si possible d'autres solutions : « Plutôt que de faire des stocks, nous essayons surtout de travailler à préparer des solutions de remplacement ou de substitution »⁴⁸.

Le potentiel de la **substitution** est actuellement illustré par le cas du dysprosium, des éoliennes et de Siemens. Les grandes éoliennes nécessitant une importante quantité de dysprosium, on prévoyait une pénurie de dysprosium et des difficultés pour le développement de ces éoliennes, jusqu'à ce que Siemens annonce avoir trouvé une technologie permettant de les réaliser sans dysprosium. Les efforts de substitution dépassent nettement ce cas particulier. Nombre d'industriels tentent, dans le cas de forte tension connue sur un métal, de trouver une alternative ou d'en réduire la demande. Cela joue aussi pour les batteries et les panneaux solaires. Toutefois, ici aussi les limites sont évidentes. Il faut que la substitution soit techniquement possible et qu'elle permette d'obtenir des produits de qualité équivalente. Or souvent, si tel métal rare est employé, c'est en raison de ses propriétés particulières. La substitution est donc difficile, trop complexe, pour obtenir un produit ayant des qualités similaires. Cela renvoie à la recherche, à son organisation. Il faut qu'elle soit adaptée aux problèmes posés et financée dans la durée. De là découle qu'il y a plusieurs sortes de substitution. La substitution partielle, la plus simple, consiste à diminuer la teneur du métal, par exemple du platine dans la pile à combustible. Le remplacement total correspond à une stratégie de rupture. Il est enfin possible de substituer un système et non une substance à un autre, par exemple de passer d'une pile à combustible basse température à une pile haute température, qui n'a pas besoin de catalyseur.

Au Japon, la *New Energy and Industrial Development Organization* (NEDO) et le *Ministry of Economy, Trade and Industry* (METI) ont monté un programme ambitieux de recherche visant à la substitution de plusieurs métaux critiques – dysprosium, indium, tungstène, platine, cérium, terbium et europium – pour l'automobile, l'électronique et les instruments industriels. On

⁴⁷ Informations tirées du rapport de l'OPECST, vol. 1, pp. 143-147.

⁴⁸ Bruno Montaigne, DGA, Rapport OPECST, vol. 2, auditions, pp. 112-113.

cherche par exemple à fabriquer des aimants sans dysprosium en le remplaçant par le néodyme. Pour le moment on n'a pas abouti, semble-t-il. De son côté Siemens a contourné le problème en agissant sur le mode de refroidissement⁴⁹. La substitution fait partie du champ des possibilités s'agissant de diminuer la consommation des métaux critiques et des « terres rares », mais dans des proportions limitées et peu prévisibles.

L'efficacité du **recyclage** est nettement plus grande, mais selon les grandes catégories de métaux, la situation est très contrastée. Pour les métaux de la catégorie « métaux majeurs », qui représentent 98 % du tonnage total, sont extraits en quantités importantes et ont des prix relativement stables, la recyclabilité est élevée. Rentrent dans cette catégorie l'aluminium, le cuivre ou le zinc. Les savoir-faire sont au point et le recyclage donne, pour l'acier, l'aluminium et le cuivre, des qualités identiques. On n'obtient pas ce résultat, pour le béton, le verre, les plastiques et les matériaux composites. Ici les matières sont recyclées dans des usages demandant des performances moindres. Pour les métaux précieux, or et argent, spéculatifs, elle est également élevée ; le recyclage est en ce cas très rentable. En revanche, pour les métaux critiques et les terres rares, dont la production est quantitativement faible et de plus difficile, le niveau de recyclage est faible. Les batteries au lithium peuvent être recyclées pour récupérer le cobalt, le manganèse, le nickel et le lithium mais le graphite est brûlé lors du recyclage. En théorie, les panneaux solaires pourraient l'être pour récupérer le verre et le silicium, mais pour ce dernier, il faudrait refaire toute la chaîne de purification. À la différence des grands métaux traditionnels, les métaux rares n'entrent pas à l'état pur dans les matériaux composant les technologies « vertes » mais sous forme d'alliages, de matériaux composites. Par ailleurs, ils ne sont pas seulement dans le camp des ENR, mais servent aussi à améliorer les technologies servant à produire les énergies fossiles. Tout cela explique que, pour le moment, les métaux et les terres rares ne sont presque pas recyclés, à cause des difficultés techniques et surtout de l'instabilité de leurs usages et des coûts, en comparaison avec ceux des matières premières. Une conclusion s'impose : « le recyclage ne peut évidemment pas fournir la totalité des besoins d'une industrie en croissance »⁵⁰.

Toutefois, on peut imaginer que les pays n'ayant pas les matières premières ou ne les exploitant pas, envisagent d'établir une industrie de recyclage, pour récupérer, lors de la fin de vie des matériels de la transition énergétique (batteries, éoliennes etc.) les métaux rares inclus pour construire la deuxième génération de matériels. Consolidée par l'importation des déchets issus du démantèlement à l'étranger, cette politique de capture, de stockage et de recyclage, par une industrie dédiée, permettrait d'avoir deux sources d'approvisionnement possibles, voire de sortir de la dépendance et passer à l'autosuffisance. Il suffit d'énoncer cette hypothèse pour percevoir que sa réalisation repose sur des paris et des choix stratégiques, maintenus dans la longue durée.

IV.2. Actions nationales et coopération internationale

Cette rubrique est beaucoup moins documentée. Mais elle n'est pas sans matière. De plus les choses bougent. Pour le moment cela se constate au niveau des politiques nationales. La coopération internationale fait encore nettement défaut. Les incertitudes nombreuses et la difficulté des choix à faire, expliquent cette situation.

Au **plan national**, la Chine a depuis longtemps, on l'a vu, une politique. Elle l'a fait évoluer vers la stabilisation de sa production, la réduction de ses exportations et l'augmentation, de ses importations. Elle est devenue, tout en restant premier producteur et exportateur, importateur net de métaux rares. Elle a favorisé la venue sur son sol des entreprises étrangères, travaillé son positionnement sur l'ensemble des filières utilisatrices et sa présence est grandissante sur les

⁴⁹ Informations tirées du Rapport de l'OPESCT, t. I, pp. 71-75. Voir aussi la Fiche technique de l'ADEME, Terres rares, énergies renouvelables et stockage d'énergie, 2019.

⁵⁰ Qu'énonce, p. 65, le rapport commun des deux Académies, sur les métaux rares (2018).

gisements à l'étranger. On peut considérer qu'elle est, pour l'avenir, s'agissant des métaux rares, dans une bonne situation. Elle reste toutefois, comme tous les autres acteurs, devant beaucoup d'incertitudes et doit également gérer plusieurs problèmes délicats. Le premier est celui de la pollution. La Chine avait accepté de payer ce prix ; ayant atteint un autre niveau de développement, elle ne pourra plus le faire, sa population ne l'acceptant plus. Pékin, à ce titre, rejoint les autres États développés qui ont cessé de produire des « terres rares » et doit, comme eux, choisir entre ne pas produire et trouver des technologies d'extraction nouvelles, c'est-à-dire évoluer vers la « mine propre ». Le second problème, sur lequel des progrès ont été faits, mais restent à parachever, est celui de la production sauvage, quelle doit réduire et éliminer. Enfin, sur le plan international, sa situation de monopole n'est pas destinée à durer. La transition qui est ouverte, doit être gérée avec habileté pour que la situation avantageuse de la Chine reste durablement rentable et lui assure une position de puissance, le plus longtemps possible.

Pour les autres acteurs, il importe de distinguer entre les *Have* et les *Have not*. Les États-Unis font partie de la première catégorie. Ils ont basculé dans la dépendance, par choix. Ils peuvent en sortir, en prenant fermement le contrôle de « *Mountain Pass* », en y relançant la production et, si nécessaire, en exploitant d'autres mines, puis leurs réserves. C'est ce qu'ils ont entrepris de faire. La dégradation de leurs relations avec la Chine leur a fait franchir le pas. Washington a dévoilé en 2019, un plan pour garantir leur approvisionnement en métaux stratégiques, particulièrement, en « terres rares »⁵¹. Une des composantes de ce plan est la relance de la production sur le territoire américain. Cette décision est très importante : la mine revient. Étant donné le poids des contraintes environnementales et de santé, cette réouverture ira avec l'amélioration des processus d'extraction, séparation et purification. Il y a un prix de la réouverture des mines, sans doute en partie inconnu, qu'il va falloir payer pour sortir de la dépendance à l'égard de la Chine.

Le gouvernement américain, notamment le département de la défense, sous D. Trump, a œuvré à cette fin et l'une des premières mesures de son successeur, est allée dans le même sens. Outre la reprise de *Mountain Pass* par MP Mine Operations, LLC en 2017, on devrait assister à l'ouverture d'une autre mine, au Texas, par USA Rare Earth, qui devrait y développer le projet *Round Top*, avec le début de l'exploitation en 2023. Même si les considérations stratégiques sont fortement présentes, cette évolution se place sous le signe de la diversification et de la sécurisation des approvisionnements dans un marché en croissance. Les entreprises et leurs mines se répartiraient la production des terres rares légères (*Mountain Pass*, MP Materials) et lourdes (USA Rare Earth, *Round Top*). Les États-Unis ont aussi accordé un soutien à Lynas, mineur australien et plus grande entreprise d'extraction et de transformation de terres rares en dehors de la Chine, pour installer au Texas une usine de traitement des terres rares légères⁵².

Pour les *Have not*, la situation est plus délicate. Les deux principaux sont les Japonais et les Européens.

L'usage par la Chine de quotas, pour peser dans le conflit qui l'a opposé au Japon au début des années 2010, à propos des îles Senkaku/Diaoyu a naturellement poussé Tokyo à tenter de réduire sa dépendance vis-à-vis de la Chine. Elle est encore estimée à 58 %, et le Japon prévoit de la faire descendre à 50 % et moins, après 2025. Pour mieux sécuriser ses approvisionnements concernant 34 métaux rares et sa production qui en dépend, Tokyo mène plusieurs actions. La première consiste à augmenter ses stocks, ils devraient être portés de 60 à 180 jours, sous la houlette de la Japan Oil, Gas and Metals National Corporation (JOGMEC). Ici aussi, dans un domaine difficile, on assiste à un changement de dimension. Le Japon va intensifier ses efforts pour la mise au point de matériaux de substitution. Il augmente ses aides aux entreprises nationales pour obtenir des participations dans des mines à l'étranger et leur capacité de transformation des matières premières indispensables pour les technologies de pointe. Il s'est accordé avec les États-Unis et l'Australie, pour coopérer dans des installations de

⁵¹ Le plan des États-Unis pour se passer des terres rares de la Chine, *Capital*, 5 juin 2019.

⁵² Voir : The US takes steps to break China's rare earths monopoly, Feb. 5, 2021 *Quartz*, et DOD announces Rare Earth Element Award to Strengthen Domestic Industrial Base, DOD feb. 1, 2021.

transformation, il pourrait investir, via la JOGMEC, dans l'usine de traitement qu'il est prévu de créer, au Texas. Enfin, le Japon s'intéresse fortement aux ressources en métaux rares, dans les fonds marins proches de son territoire. Il a découvert en 2018 un très important gisement, qui pourrait lui assurer son indépendance et être une ressource également pour d'autres, mais cela ne sera possible que plus tard, quand ces ressources seront exploitables, du point de vue technique et financier⁵³.

Les Européens sont mal dotés en mines primaires, comme le Japon, mais leur cas est plus complexe. Ils forment un ensemble composé de l'Union et de ses États membres. L'Union ne correspond pas encore à un État de type fédéral et les États, dont les situations, par conséquent, les intérêts et les positions divergent en partie, ne sont plus souverains. Les Européens sont très conscients de l'importance des terres rares et des matières premières critiques, pour leur base industrielle et la réussite de la transition énergétique. Leur poids industriel est loin d'être négligeable. Dans le cas des fabricants d'éoliennes, la liste des 10 premières entreprises, que reproduit le rapport des 2 Académies comprend 5 entreprises européennes, dont 3 allemandes, une espagnole et la première, le danois Vestas⁵⁴. Si ces données sont anciennes on note, selon la même source, qu'au dernier classement des entreprises fournissant de l'énergie renouvelable les 4 premières places sont occupées par des européennes⁵⁵. Chacun connaît par ailleurs l'importance des constructeurs européens d'automobile (Groupes Volkswagen, Renault Nissan, Stellantis). Pas plus que les Américains ou les Japonais, les Européens ne peuvent accepter de dépendre d'approvisionnements incertains, pour des raisons tenant aux marchés, et affectés de plus par les jeux de puissance. Cela explique que, dès 2011, la Commission européenne ait créé une liste de matières premières critiques. Cette première liste était établie comme une action prioritaire de l'initiative de l'UE sur les matières premières de 2008, prise avant la crise entre la Chine et le Japon.

Cette initiative était un document stratégique proposant une approche globale pour relever le défi des matières premières industrielles, composée de 3 piliers – garantir aux entreprises européennes un accès au marché international, améliorer les procédés de production des ressources minérales dans l'Union et valoriser les ressources européennes, par une utilisation efficace et le recyclage. La liste des matières premières critiques a ensuite été actualisée en 2014, 2017 et 2020. Le nombre des matières listées augmente à chaque fois, ce qui atteste l'acuité grandissante du problème potentiel d'approvisionnement.

En ce qui concerne la mise en œuvre de la stratégie, l'UE s'est montrée active. Elle a engagé un certain nombre de coopérations bi ou multilatérales. Des dialogues ont été entrepris : avec les États-Unis et le Japon sur la recherche d'alternatives aux terres rares⁵⁶ ; et avec des pays riches en ressources comme le Chili, pour le cuivre. Au plan multilatéral, l'UE a utilisé le cadre de l'OCDE et celui de l'OMC. La liste des matières critiques permet d'alimenter la réflexion sur les coopérations à développer pour sécuriser les approvisionnements., elle permet aussi de définir les priorités de l'UE dans les négociations de ses accords commerciaux. L'UE a développé également une législation interdisant l'exportation de certains, déchets (déchets d'équipements électroniques, et électriques, véhicules en fin de vie) vers des pays tiers.

Le volet intérieur de la stratégie est plus difficile à mettre en application faute de compétence communautaire ; l'UE n'a pas de politique commune en matière d'énergie et de minerais. Une modification des traités étant exclue, la Commission se sert au mieux de ses compétences. Elle a

⁵³ Voir The Sankei Shimbun, Japan to Stockpile Rare Metals as Part of Effort to Reduce Dependence, *Japan Forward*, March 18, 2020 ; Ryosuke Hanafusa, Japan investment into non-China rare-earth projects, Feb. 15, 2020 *Nikkei Asia* ; Julian Ryall, Japan moves to secure rarer earths to reduce dependence on China, august 17, 2020, *msn.com* ; Yen Nee Lee, A massive, 'semi-infinite' trove of rare-earth metals has been found in Japan, April 12, 2018, *CNBC*.

⁵⁴ Voir le rapport p. 64, les données sont fournies par *Energy Digital*, avril 2015.

⁵⁵ Il s'agit de : Iberdrola (Espagne) n° 1, Vestas Wind Systems (Danemark) n° 2, Siemens Gamesa (Allemagne/Espagne) n° 3 et Orsted (Danemark) n° 4, voir Top 10 Renewable Energy Companies, *Energy Digital*, 25 feb. 2021.

⁵⁶ Des projets de recherche conjoints ont été lancés avec le Japon.

établi un recueil des bonnes pratiques pour tenter de réduire les délais d'autorisation de nouvelles activités minières et améliorer les transferts de déchets à l'intérieur de l'UE. Sur l'utilisation des ressources et le recyclage, elle a adopté, en décembre 2015, un plan d'action visant l'ensemble de la chaîne, de la production aux matières premières secondaires. Ce plan prévoyait, afin de développer l'économie circulaire, des mesures réglementaires et des incitations. La Direction générale de l'entreprise et de l'industrie favorise notamment le développement de normes de qualité pour les matières premières secondaires de façon à faciliter l'accès au marché. Elle travaille aussi à améliorer l'échange d'informations entre les chaînes de valeur, les déchets de l'une pouvant être des matières premières secondaires, pour une autre. Elle recherche la cohérence entre les politiques relatives aux produits et aux substances chimiques (réglementation REACH) et au recyclage et à l'économie circulaire. Cet effort s'est poursuivi avec le paquet sur l'économie circulaire de 2018, qui a débouché sur plusieurs directives, dont une relative aux déchets de piles et accumulateurs. Le matériel électronique et les batteries font également partie du plan d'action pour une économie circulaire (2020).

L'UE soutient aussi la recherche sur les matières premières. Un budget de 600 millions d'euros a été prévu à cette fin dans le cadre du programme de R&D, Horizon 2014-2020. Cette somme a permis de financer des travaux intéressants toute la chaîne de valeur, de l'exploration au recyclage et de lancer des KICs. Il s'agit de communautés de l'information et de la connaissance, qui visent, en favorisant les relations, à l'échelle européenne, entre les divers acteurs concernés – entreprises, centres de recherche et universités – à transformer la recherche en réalisations industrielles. Elles relèvent de l'Institut européen d'innovation et de technologie (EIT) créé en 2008 et devenu opérationnel en 2010, dont le champ d'activités couvre plusieurs autres domaines, notamment le climat, la santé, l'énergie. EIT matières premières, se présente comme le plus grand consortium dans le secteur des matières premières, au monde. Cela donne une idée de sa dimension et de son ambition. Une facette d'EIT matières premières, à côté des formations, des projets de recherche et de la création de pôles d'innovation (6 pôles et 4 centres régionaux), est la création et le soutien d'entreprises et la réunion de capitaux externes pour appuyer les initiatives qu'il appuie. L'EIT a récemment soutenu, en matière de recyclage, une solution d'automatisation basée sur la vision automatique (start-up Recycleye) et le lancement d'un logiciel visant à rationaliser l'évaluation des ressources minérales non découvertes (logiciel MapWizard). L'EIT fait partie du programme Horizon Europe pour 2021-2027, avec un budget de 2,96 Mds Euros.

L'UE aborde aussi la question via la politique industrielle. La nouvelle stratégie industrielle de la Commission (mars 2020) prévoit, dans la perspective de la neutralité climatique et le cadre d'une économie circulaire, plusieurs alliances industrielles européennes, dont une sur l'hydrogène propre⁵⁷ et une autre sur les matières premières. Cette alliance pour renforcer la chaîne de valeur des matières premières a vu le jour en septembre 2020. Elle était la première action du Plan d'action présenté le 3 septembre, visant à renforcer les écosystèmes industriels qui dépendent des matières premières⁵⁸.

Au niveau européen diverses initiatives, d'ampleur variable, ont vu également le jour, dont la création de Prometia association internationale à but non lucratif. Sur la base de l'approche de l'économie circulaire, Prometia a été à l'origine d'un projet pour développer les métaux réfractaires. Ce projet, abouti en 2017, a bénéficié d'un financement du Programme Horizon 2020. Il concernait le tungstène, le rhénium, le tantale, le niobium et molybdène. Il s'agissait

⁵⁷ L'hydrogène est une piste sur laquelle se portent attention et financements ; voir à son sujet le dossier de *Science et avenir*, n° 889, mars 2021.

⁵⁸ La stratégie européenne est présentée de manière synthétique par le rapport de l'OPECST, T. 1, pp. 161-165. La vision de l'action de l'UE peut être utilement complétée par les fiches thématiques sur l'UE réalisées par les services du Parlement européen (efficacité énergétique, énergies renouvelables, marché intérieur de l'énergie, principes généraux de la politique de l'énergie, politiques en matière industrielle, d'énergie et de recherche, politique environnementale, lutte contre le changement climatique).

d'analyser les chaînes de valeur de ces métaux et de proposer des évolutions prenant en compte le potentiel d'innovation européen et les obstacles. Il a permis de faire coopérer des grands industriels miniers, des producteurs et des utilisateurs. Du côté français, participent notamment à Prometia, le CEA (coordinateur), le BRGM et Eramet⁵⁹.

L'Union européenne et les États européens ne sont donc pas restés sans réagir. L'Union a bien une politique, depuis longtemps, sur la question des matières premières critiques et des terres rares. Les Européens et l'UE agissent sur une gamme de moyens. Il leur est plus difficile de faire état, comme peut le faire Washington, de la prise de mesures fortes, les orientant vers une sortie de leur dépendance. On pourrait imaginer que, dans le cadre d'une politique des métaux rares et de l'Arctique, l'UE et les Européens, sécurisent les très importantes ressources en terres rares et en uranium du Groenland, relevant du Danemark. L'usine de raffinage des terres rares de La Rochelle serait très bien placée pour recevoir et traiter le minerai du Groenland. Elle serait alors l'unique usine de traitement des lanthanides en dehors de la Chine⁶⁰. Mais on n'en est pas là. À ce propos, les acteurs les plus actifs, pour le moment, ont été la Chine et les États-Unis – D. Trump avait même proposé de racheter le Groenland. Depuis 2010, la société australienne Greenland Minerals, associée à un investisseur chinois, Shenghe Resources, a obtenu une licence d'exploration, pour le gisement de terres rares et d'uranium de Kvanefjeld⁶¹ et une *joint-venture* a été formée avec la China National Nuclear Corporation, pour faire raffiner sa future production en Chine. Mais Greenland Minerals n'est parvenue à faire accepter son étude d'impact environnemental, qu'en septembre 2020. La voie semblait alors ouverte vers une autorisation d'exploitation, quand la crise politique a interrompu le processus. Les futures élections lèveront peut-être les incertitudes. Certes les Chinois sont bien placés, mais l'addition des considérations de protection de l'environnement et des considérations politico-militaires plaide plutôt pour un refus ou une solution plus européenne. À cet égard, le fait qu'Orano (ex-Areva) ait obtenu début février, un permis d'exploration pour chercher de l'uranium, dans 2 zones définies par les autorités locales, est peut-être un indice annonciateur, plus favorable aux Européens⁶². Ce dossier incite naturellement à évoquer, on y reviendra, les questions que l'on n'aborde que très difficilement, parce qu'elles divisent fortement ou paraissent présenter une impossibilité, dans la situation actuelle.

Du côté européen, il est important, outre l'Union elle-même, de tenir compte des États membres, tous sont consommateurs de métaux rares et certains ont un important passé minier, des mines en activité ou des réserves et ressources, des entreprises concernées. La France est l'un des principaux pays intéressés. Si elle n'a quasiment plus de mines en activité en métropole, elle en a, en revanche, qui représentent des capacités importantes, en Nouvelle Calédonie (nickel, chrome, cobalt) et en Guyane (niobium, tantale, tungstène, étain, lithium, cobalt, or). La France a aussi d'importantes entreprises concernées par les métaux rares : Eramet, leader mondial dans les métaux d'alliage, Orano (ex-Areva) et Solvay. Une importante réflexion a été menée sur l'avenir minier de la France, marquée notamment par le rapport sur « les métaux

⁵⁹ Voir le projet MSP-REFRAM sur le site Prometia.eu. Et, sur les réseaux en Europe, le rapport de l'OPECST, T. 1, pp. 97-99.

⁶⁰ V. en ce sens D. Julienne, Pourquoi D. Trump n'achètera pas les terres rares du Groenland, *La Tribune*, 27 août 2019.

⁶¹ Ce gisement serait le deuxième au monde en importance, pour les terres rares.

⁶² L'île, d'une superficie 4 fois plus grande que celle de la France, ne compte que 57 000 habitants. Elle relève du Danemark, mais a obtenu en 2009, un statut d'autonomie élargie, qui lui permettrait d'obtenir facilement son indépendance, si elle résolvait la question des ressources nécessaires pour l'assumer. L'exploitation de ses ressources minérales permettrait de franchir cet obstacle, mais une partie importante de la population y est réticente et hostile à l'exploitation de l'Uranium. La Chine a mené une politique très active pour prendre place dans le territoire. Les États-Unis sont naturellement très hostiles à la pénétration chinoise dans l'espace stratégique nord Atlantique et Arctique. Début 2021, le territoire est en crise politique, le gouvernement a perdu sa majorité au parlement, et espère que des élections législatives début avril permettront d'en sortir. Didier Julienne appelle justement de ses vœux cette solution européenne et une stratégie d'influence européenne de l'Arctique v. Pourquoi Trump n'achètera pas les terres rares du Groenland ? *La Tribune* 27 août 2019.

rare » établi, en 2018, par les Académies des sciences et des technologies et, en 2016, par le rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, sur « les enjeux stratégiques des terres rares et des matières premières stratégiques et critiques ». Parmi d'autres axes d'effort, ces rapports mettent en évidence, la nécessité de s'intéresser : à un possible avenir minier de la métropole (massif armoricain, massif central) et de reprendre l'évaluation du patrimoine minier métropolitain ; au concept de projet minier acceptable, de mine responsable et d'entreprendre la réforme du code minier. Comme au Japon, on pense aussi, la France étant dotée d'un très vaste domaine maritime, aux ressources minérales marines⁶³. Ces dossiers difficiles progressent, très lentement.

Au plan international général, où pourrait s'esquisser une coopération ou des initiatives en ce sens, force est de constater que le silence prévaut, pour le moment. Même si on peut établir un certain rapprochement entre le conflit qui a opposé la Chine et le Japon et le contentieux passé à l'OMC et la volonté exprimée par les membres du G 7, en février 2021, d'adopter une approche collective pour contrer les politiques et les pratiques « non respectueuses des règles du marché » et garantir un commerce international multilatéral équitable, il faut constater que le G 7 et le G 20 n'ont pas les métaux rares à l'ordre du jour mais la Covid 19, la taxation des géants du numérique ou la relance et la dette. À la Banque mondiale et à l'OCDE, on en est au stade des rapports, de la compilation et de la diffusion des informations. Aux Nations unies, le PNUD et le PNUE abordent la question des métaux sous l'angle de la transition énergétique, de pollution, de la protection de l'environnement, et du développement⁶⁴. À la CNUCED aussi, les matières premières sont vues surtout sur l'angle de la dépendance, du coût et des contraintes pour les producteurs⁶⁵. Le sujet n'apparaît pas non plus à l'Assemblée générale⁶⁶. À l'OMC, actuellement dans une passe difficile et centrée sur les politiques publiques visant à promouvoir l'innovation à l'ère numérique, on attend l'ouverture des discussions entre les quatre grands acteurs – la Chine, les États-Unis, l'Union européenne et le Japon. Le moment venu, on verra si elles concerneront le sujet de l'abus de position dominante et de ses effets négatifs sur le commerce.

IV.3. Des choix très difficiles

Personne n'en doute, le stockage, le recyclage, la substitution ne suffiront pas à résoudre le problème de l'équation entre les besoins en matières premières critiques et terres rares et les ressources disponibles. On peut considérer comme possibles et probables de fortes tensions, à court et moyen terme, sur la simple base du fonctionnement des marchés et sans compter avec d'autres effets perturbateurs liés aux relations entre puissances rivales. Même si on est optimiste pour l'avenir de l'OMC, il faudra du temps pour définir le nouvel équilibre du système commercial international et il est également difficile de compter sur une amélioration substantielle des marchés, au moins pour les métaux qui s'échangent en petites quantités⁶⁷. Il

⁶³ Le rapport de l'OPECST donne des informations sur d'autres pays miniers européens : l'Allemagne (T. 1, pp. 156-157), la Finlande (T. 1, pp. 127-128, 135-139, 158-159 et la Suède (T. 1, pp. 127, 134-135, 158). Le rapport des 2 Académies voit dans les ressources minérales marines une « ressource stratégique » pour la France (*op. cit.*, pp. 38-41). La France a établi sous la houlette des ministères de la transition écologique, de l'économie et des finances et de l'enseignement supérieur, un Comité pour les métaux stratégiques (COMES).

⁶⁴ V. : PNUE, *Mineral Resource Governance in the 21st Century. Gearing Extractive Industries Towards Sustainable Development* (2020).

⁶⁵ Par ex. Special Issue on Strategic Battery Raw Materials, *Commodities at a Glance*, n° 13, 2020 et CNUCED *Rapport sur les produits de base et le développement 2019* et *State of Commodity Dependence 2019*.

⁶⁶ Notamment dans la résolution 75/225 Vers un nouvel ordre économique international, du 30 décembre 2020.

⁶⁷ Seuls quelques métaux sont cotés sur des marchés, comme le *London Metal Exchange* ou le *Shanghai Futures Exchange*. Il s'agit des métaux précieux (or et argent, platine, palladium) et des métaux de base (aluminium, cuivre, étain, nickel, plomb, zinc) et plus récemment du cobalt et du molybdène. Les autres sont échangés de gré à gré, éventuellement avec un intermédiaire, via des contrats à plus ou moins long terme.

faudra donc, inévitablement, affronter trois questions très difficiles : la réouverture des mines, le maintien voire le développement du nucléaire et le mode de vie, la société de croissance.

La question de la **réouverture des mines**, dans les pays où elles ont fermé comme la France (en métropole) et dans ceux où beaucoup souhaitent qu'elles ferment comme en Allemagne, pour le lignite, est redoutable parce qu'elle signifie que l'on doit envisager de prendre la direction inverse d'une évolution lourde et inachevée, mal vécue socialement – le traitement de l'après mine n'est pas terminé⁶⁸ – et dans un contexte où la mine, la métallurgie et l'usine, sont très mal perçues par les défenseurs de la protection de l'environnement et du climat. La situation en France l'atteste. Le rapport des 2 Académies recommande de faire étudier par le BRGM, le CNRS et les Universités, la présence de métaux rares dans le sous-sol français au-delà de 500 mètres de profondeur (massif armoricain, massif central, Pyrénées, Ariège, Nouvelle Calédonie et Guyane) et de « développer une stratégie de connaissance des ressources minérales sous-marines dans la ZEE française et dans les eaux internationales, pour s'approprier les moyens potentiels de les explorer et de les exploiter »⁶⁹. Le rapport de l'OPECST préconise un nouvel inventaire minier⁷⁰ et se montre favorable à l'élaboration d'une stratégie minière officielle⁷¹ comme cela a été fait dans d'autres pays européens (Suède, Finlande). Plus politique, il poursuit : « un projet minier crédible reposera avant tout sur son acceptabilité »⁷² et « ne pourra se développer qu'à partir du concept de mine responsable »⁷³. Et l'OPECST préconise la modernisation du code minier. E Macron, alors ministre de l'économie, de l'industrie et du numérique, avait émis cette idée, en 2016 : « le sol français est riche en métaux et minéraux inexploités. Ma conviction est que la France métropolitaine et l'outre-mer a un avenir minier »⁷⁴. La France a certes créé, en 2011, le Comité pour les métaux stratégiques (COMES), lieu de concertation entre les acteurs français – ministères, organismes publics, industriels et fédérations professionnelles représentant l'industrie. Ce comité a pour mission d'assister le ministre chargé des mines dans l'élaboration et la mise en œuvre de la politique de gestion des métaux stratégiques. Toutefois si on peut trouver, sur le site Internet mineralinfo, une carte de la production primaire et secondaire de métaux stratégiques en métropole ainsi que des données sur l'activité minière et le potentiel minier français⁷⁵, il faut constater que l'inventaire minier n'a pas été repris et que le projet de modernisation du code minier n'a ni abouti, ni progressé récemment. Le contexte actuel de la France, où le rôle politique des écologistes est devenu plus important, n'est pas favorable à la définition d'une politique minière. Cela est regrettable car, le temps passant, des entreprises disparaissent et des compétences se perdent.

La situation est assez proche, sur le **dossier nucléaire**, très émotionnel, voire irrationnel. Depuis le très fort investissement réalisé, après le premier choc pétrolier, le nucléaire a, en France, une part spécialement importante, puisqu'il représente, un parc de réacteurs très important (57), plus de 70 % dans le mix électrique, un potentiel très élevé, qu'il s'agisse de recherche, de production, de retraitement (CEA, EDF, Orano (ex-Areva)). Poser la question « Nucléaire : bientôt la fin ? » est à la fois peu rationnel et très significatif, de l'espoir ou du rêve de la part de certains, qu'il en soit ainsi. Le nucléaire, comme d'ailleurs le gaz, le pétrole et même le charbon, n'est pas proche de la fin au plan mondial. Il ne l'est pas non plus en France. À un moment où il apparaît très difficile d'atteindre les objectifs fixés à Paris, en 2015 – au début de 2021, les engagements pris par les signataires de l'accord de Paris restent « très loin », des objectifs –, la question est davantage celle de savoir s'il connaîtra ou pas « une nouvelle renaissance ». Non producteur de GES, le nucléaire apparaît comme « une solution intéressante,

⁶⁸ Voir à cet égard la rapport CGEDD sur *le devenir du GIP GEODERIS*, 2017.

⁶⁹ Voir p. 16 et donne un aperçu de ces ressources, pp. 27-41 et 119-134.

⁷⁰ *Op. cit.*, Tome 1, p. 106.

⁷¹ *Ibid.*, p. 123.

⁷² *Ibid.*, p. 114, voir les pp. 114-122.

⁷³ *Ibid.*, p. 128, voir les pp. 128-140.

⁷⁴ Cité dans le rapport des 2 académies, p. 27.

⁷⁵ Notamment dans le volume 1 de la collection La mine en France.

en complément des renouvelables et des politiques d'efficacité énergétique – dans de nombreux mix électriques nationaux »⁷⁶. Loin d'être à l'opposé des renouvelables, il partage avec eux d'être peu émetteur de GES. La mauvaise image du nucléaire, tient beaucoup à l'hostilité, traditionnelle à son égard depuis Hiroshima, très répandue dans le milieu des écologistes, dont ceux-ci n'arrivent pas à se défaire. L'accident de Fukushima a relancé et raffermi cette hostilité et donné à ses adversaires l'occasion d'une offensive qui a porté des fruits, notamment l'abandon du nucléaire par l'Allemagne, suivie par plusieurs autres pays européens, la Belgique, l'Italie et la Suisse. Mais il s'agissait de décisions politiques et plus émotionnelles que rationnelles⁷⁷. Fukushima n'était pas un accident nucléaire, il a été causé par un tsunami, phénomène naturel exceptionnel.

Après une période de très nette perturbation pour l'industrie électronucléaire, le recours au nucléaire se poursuit, aux États-Unis, en Chine, en Russie, en Inde et même au Japon et les scénarii, dans les prévisions les meilleures pour l'environnement, prévoient plutôt un accroissement de sa part dans le mix-énergétique mondial. L'édition 2020 de *Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates* (AIEA) partant du chiffre de 392 Gigawatts électriques en 2019, prévoit pour 2050, dans l'hypothèse basse une baisse de 7 % à 363 GW(e) et une hausse de 82 % pour l'hypothèse haute, à 715 GW (e)⁷⁸. Le nucléaire a, en plus de sa faible empreinte carbone, des atouts très sérieux : il utilise une matière première assez abondante, l'uranium et sans autre utilité et ne pose donc pas de problème de métaux rares et d'approvisionnement ; c'est un mode de production d'électricité déjà très développé, très souple, non intermittent, qui ne nécessite pas de capacité de stockage et dont la production peut être augmentée ou réduite facilement ; le niveau de pollution qu'engendre la filière est sensiblement moindre que celui des ENR. Certes, il y a bien les déchets nucléaires, mais la filière sait les gérer (stockage, enfouissement), voire les recycler (filière à neutrons rapide) et bientôt sans doute les détruire⁷⁹. Le nucléaire fait partie de l'avenir à moyen et, peut-être encore plus, à long terme. Le retour sur investissement énergétique est nettement supérieur dans son cas que dans celui du solaire ou de l'éolien⁸⁰. De nouvelles avancées technologiques susceptibles de lui redonner une impulsion très forte devraient également se produire avec l'arrivée des réacteurs de 4e génération et, plus encore, avec le développement de la production d'énergie par fusion, alliant « un triple intérêt décisif : un combustible quasi-inépuisable, une sécurité maximale, et l'absence d'enjeu de prolifération »⁸¹. L'engouement actuel pour les ENR fait oublier que « L'énergie nucléaire est une technologie jeune, qui se trouve dans ses premières vagues d'innovation »⁸² ; elle devrait durablement cohabiter avec les ENR. Il est donc assez logique de le voir proposer, par certains, comme la bonne solution pour l'avenir⁸³. Pour la France cela signifierait, de revenir sur le choix fait de passer sa part de 75 à 50 % et de « garder 75 % de nucléaire »⁸⁴.

Cette opinion est, pour le moment, très à contre-courant de l'idéologie dominante en France. Le pays qui fut le champion du nucléaire maintient ce choix, mais il le fait « en même temps »

⁷⁶ Nicolas Mazzucchi, Nucléaire civil, vers une nouvelle renaissance ? *Diplomatie*, n° 97, mars-avril 2019, p. 51.

⁷⁷ Voir sur ce point Jean-Pierre Schaecken Willemaers. Quels modèles de production et de distribution pour l'électricité de demain ? Géopolitique de l'énergie, *Diplomatie Les Grands dossiers* n° 43, 2018, pp. 27-31.

⁷⁸ *Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates* 2020, voir les pp. 9-23.

⁷⁹ Ce que rendrait possible le laser surpuissant mis au point par G. Mourou, prix Nobel 2018, v. J.B. Noé, les grands marchés de l'énergie aujourd'hui et demain, *Conflicts HS* n° 9, 2019, p. 53.

⁸⁰ Voir Shareholders for Change, Les chaînes d'approvisionnement en métaux rares. Enjeux pour une transition énergétique durable, mai 2019, p. 16, le tableau du taux de rendement énergétique, soit la comparaison entre l'énergie que produit un système et celle qu'il consomme, où on voit que le rendement pour le nucléaire est de 75 contre 16 pour l'éolien et 19 pour le solaire.

⁸¹ Voir le chapitre sur L'essor irrésistible de l'énergie nucléaire, dans Géopolitique de l'énergie, *Conflicts HS* n° 9, 2019, pp. 41-45.

⁸² Tristan Hurel, Le nucléaire a-t-il sa place au XXI^e siècle ? Géopolitique de l'énergie, *Conflicts HS* n° 9, 2019, pp. 23-26.

⁸³ Ce que fait Didier Julienne, Et si Angela Merkel réatomisait l'Allemagne ? *La Tribune*, 10 septembre 2020.

⁸⁴ En ce sens l'opinion de Jean-Marc Jancovici dans le débat du dossier « Nucléaire : bientôt la fin ? présenté par *Alternatives économiques*, Janvier 2019.

que les ENR. Le nucléaire qui a pourtant, associé à l'hydraulique, donné toute satisfaction pour la production énergétique de la France, n'est plus, début 2021, « la » priorité. Certes le président a réaffirmé : « notre avenir énergétique et écologique passe par le nucléaire », ajoutant que c'est aussi le cas de « notre avenir industriel et stratégique »⁸⁵. Les partisans du nucléaire ont bien noté la décision de donner au Charles de Gaulle un successeur à propulsion nucléaire mais ils ont constaté aussi, que le financement du projet de réacteur de 4^e génération, Astrid, cessait et que la décision de construire de futurs EPR était reportée en 2023. Le lobby écologiste comme l'ambiance peu favorable au nucléaire dans l'UE ont pu compter dans ce qui peut être considéré comme un repli, sur le nucléaire. Celui-ci n'est plus « la » clef de notre souveraineté énergétique. Il faut toutefois ajouter que les déboires de notre industrie nucléaire ont certainement pesé aussi, sur le choix de ne pas s'engager, ainsi que l'incertitude quant au futur. Figure également dans les propos d'E. Macron, au Creusot cette phrase : « personne ne peut dire aujourd'hui comment, en 2040-2050, les changements technologiques nous permettront de bâtir le meilleur mix électrique ». Cette considération est une contrainte particulièrement lourde quand il s'agit d'engager des programmes de très longue durée et extrêmement coûteux.

Surtout si on ignore – ou ne lui accorde pas assez de crédit – le scénario dans lequel la science permettra de passer dans une autre période, un autre âge du nucléaire, à l'ère de l'énergie peu chère, non polluante et quasi infinie, on ne peut pas éviter une autre question : **et si on réduisait nos besoins ?** Cette question est déjà, en partie, abordée sous l'angle de l'efficacité énergétique ou avec la réduction des GES. Quand elle prend la forme d'une interrogation sur la décroissance, elle fait moins facilement consensus. Elle fait peu débat en France, mais les divergences sont fortes. Luc Ferry bataille contre les propositions de la convention climat et le « low tech ». Il est particulièrement opposé à cette idée, préférant l'éco-modernisme et l'économie circulaire⁸⁶. Toutefois, ce débat est loin d'avoir la même intensité et d'atteindre le même niveau politique, que celui sur le nucléaire. Comme la réouverture des mines, il s'agit d'une question que l'on ne veut pas vraiment aborder. Elle ne s'installe pas dans le débat public.

Ici aussi, le progrès technique, sous la forme d'une amélioration des indicateurs de la santé économique, permettrait sans doute d'avancer, en précisant les termes du débat⁸⁷. Quoi qu'il en soit, il faut être conscient que cette question de la décroissance ou de l'autre croissance, sera sans doute très clivante au plan international. Pour l'Inde et les autres pays en développement et même pour la Chine, l'idée de limiter, de restreindre la consommation d'énergie est en réalité hors de propos, parce que perçue comme la négation du développement. C'est une question de riches. De ce point de vue, les Européens ou du moins une partie d'entre eux, est à part. Certaines décisions comme le renoncement à la recherche du pétrole et du gaz de schistes et la sortie du nucléaire en témoignent. Les métaux rares et leur approvisionnement, à côté du mix énergétique, du réchauffement et de la pollution, vont donc durablement rester au premier plan de l'actualité. Mais peut-être va-t-on assister à une différenciation des choix faits par les pays les plus développés et les autres, voire à des choix distincts aux États-Unis et en Europe⁸⁸. Les Européens de l'Ouest sont probablement les plus enclins à accepter, au-delà de l'économie circulaire, une partie des idées que recouvrent les concepts d'éco-modernisme, voire de décroissance. Il est « à la mode » de dire que « l'Europe ne fait pas le poids »⁸⁹ ; elle est peut-être un peu plus loin que les autres puissances.

⁸⁵ Propos tenus au Creusot le 8 décembre 2020.

⁸⁶ Luc Ferry, « Décroissance ? Ni possible, ni souhaitable », *Le Figaro*, 2 février 2021.

⁸⁷ Voir dans J.F. Guilhaudis, *Relations internationales contemporaines*, LexisNexis, 2017, l'encart rédigé avec J. Fontanel sur le PIB/PNB, pp. 224-230 et J.F. Guilhaudis et J. Fontanel, Les effets « pervers » de l'usage du PIB pour la décision politique et les relations internationales, *AFRI 2019*, pp. 813-834.

⁸⁸ A cet égard, il est intéressant de remarquer que les prévisions de capacités et de production d'électricité nucléaire par région montrent que sur la période 2019-2050, les chiffres donnés pour l'Amérique du nord et l'Europe du nord, de l'ouest et du sud baissent, à la différence de ceux de toutes les autres régions et que les chiffres européens baissent nettement plus que ceux d'Amérique du nord, v. *AIEA, Energy, Electricity... 2020, op. cit.*, pp. 24-25.

⁸⁹ Dossier « A la une » du *Courrier international*, n° 1582, 25 février-3 Mars 2021.