



**LES TERRES RARES : UN ENJEU DE DÉFENSE  
POUR LA FRANCE ET SES ALLIÉS**



Métaux des Terres Rares relativement stables à l'air  
(photo J.F. Labbé, BRGM).

Par le capitaine de corvette Clément Hertz,  
Officier stagiaire de la 26<sup>ème</sup> promotion  
de l'École de Guerre



## **Résumé (4<sup>ème</sup> de couverture)**

Les terres rares, groupe de 17 métaux assimilables à de véritables « vitamines » des nouvelles technologies, sont devenues emblématiques des transitions énergétiques et numériques actuelles. Éoliennes, voitures électriques, téléphones portables, aimants permanents, écrans : la multitude de leurs utilisations fait croître la demande et provoque notamment en 2010 une crise d'approvisionnement entre la Chine, principal pays producteur, et le Japon. Également impactés, la France et ses alliés prennent conscience à l'aune de cette crise de leur dépendance à la Chine pour leurs propres consommations en terres rares.

L'enjeu des terres rares pour la Défense de la France et ses alliés dépasse la simple problématique de la criticité économique : il s'agit en effet d'apporter une réponse stratégique aux problèmes d'approvisionnements qui, au-delà d'être sources de tensions interétatiques, peuvent également obérer la supériorité technique des armées.

Loin d'être irréalistes, les solutions à apporter obligent toutefois à une volonté politique forte car derrière les terres rares c'est l'ensemble des approvisionnements mondiaux en minerais, matériaux et métaux qui devient critique et qui fragilise l'autonomie stratégique des États occidentaux.



## Introduction

Le 7 septembre 2010, un chalutier chinois est arraisonné par des bâtiments militaires japonais dans l'archipel contesté des Senkaku (Diaoyu en chinois). Quelques mois plus tard, des entreprises japonaises spécialisées dans le numérique, les aimants et autres technologies de pointes, ralentissent leur production par défaut d'approvisionnements d'un groupe spécifique de 17 métaux, matière première de ces technologies, venant de Chine : les terres rares. De nombreux États perçoivent alors comme lien entre ces deux événements un acte d'agression économique de la Chine sur le Japon. Les *traders* s'affolent et font exploser le prix de ces terres rares dont certaines voient leur valeur augmenter brutalement de + 500%.

Que ce dérèglement du marché des terres rares soit bien dû à un embargo non avoué de la Chine envers le Japon ou qu'il résulte simplement de quotas chinois à l'export (quotas mis en place quelques mois auparavant), le résultat est là : le monde a brutalement (re)découvert les terres rares, leur utilisation comme « vitamines » dans les nouvelles technologies du numérique et de la transition énergétique (véhicules électriques, éoliennes etc.) ainsi que l'hégémonie nouvelle de la Chine sur ce marché dont elle produit aujourd'hui 80% des volumes officiels mondiaux<sup>1</sup> (et plus si l'on considère les extractions illicites sur son territoire).

---

<sup>1</sup> HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *Rapport au nom 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*, tomes I et II, mai 2016.

Le nombre de publications liées à ces minerais croît exponentiellement depuis 2010<sup>2</sup>, même après 2015 lorsque les quotas chinois à l'export sont supprimés. L'hégémonie de la Chine sur le marché continue d'inquiéter et fait redouter, aux pays occidentaux en particulier, une dépendance trop forte à Beijing.

Il est vrai qu'en plus de dépendre des terres rares pour leurs transitions numériques et énergétiques, les États utilisent les terres rares dans leurs industries de Défense et leur indépendance stratégique s'en trouve donc affectée. Va-t-on en effet revivre des scénarios historiquement déjà éprouvés de dépendance à des approvisionnements ? Durant la Seconde Guerre mondiale l'embargo des alliés sur le manganèse et le pétrole destinés à l'Allemagne avait empêché un bon blindage des chars allemands et les avait immobilisés faute de carburant à la fin de la guerre<sup>3</sup>. Durant la Guerre froide également, les métaux stratégiques avaient été l'objet d'attentions et des stocks stratégiques avaient été créés pour pallier toute difficulté de ravitaillement.

La Défense de la France et de ses alliés, c'est-à-dire leur capacité militaire à défendre leurs intérêts, repose sur deux piliers. Le premier consiste à garantir l'autonomie décisionnelle de l'État, dans un contexte mondial de tensions grandissantes sur les approvisionnements (+2,5% de demandes en matières premières minérales par an, en

---

<sup>2</sup> De moins de 20 publications scientifiques en 2010 à plus de 200 annuellement depuis 2016. The Conversation, *Pourquoi parle-t-on de criticité des matériaux*, 23 octobre 2018, <http://theconversation.com/pourquoi-parle-t-on-de-criticite-des-materiaux-105258> consulté le 9 février 2019.

<sup>3</sup> Exemple du manganèse extrait du rapport OTAN Science and Technology Organization, *Impact of scarcity of materials on military structural, mechanical, propulsion and power systems*, STO-ST-AVT-196, 2015.

moyenne, ce qui provoque des crises autour de l'accès à la ressource et des besoins de sécurisation des flux). Le second pilier vise à garantir l'augmentation et le maintien des capacités opérationnelles militaires, c'est-à-dire l'utilisation des meilleures technologies pour conserver la supériorité technologique de combat. Métaux au cœur de ces problématiques, les terres rares apparaissent aujourd'hui particulièrement représentatifs des enjeux, pour la Défense, de ces approvisionnements en métaux stratégiques.

Que sont donc les terres rares et pourquoi la Chine domine-t-elle aujourd'hui un marché allant des ressources minières à la vente de produits finis à haute valeur ajoutée ?

Quels enjeux la Défense de la France et de ses alliés affronte-t-elle aujourd'hui sur les terres rares et à quel niveau de criticité ? Pourquoi les terres rares méritent-elles spécifiquement d'être surveillées et sécurisées ?

Enfin, quelles stratégies doivent être adoptées pour tenter de préserver l'autonomie stratégique des États ? Quels pays s'affichent en modèle ? L'OTAN et L'UE sont-elles des organisations permettant d'aider les États à s'affranchir de l'hégémonie chinoise ? Enfin, la France est-elle aujourd'hui à la hauteur des enjeux et peut-elle l'être dans le futur proche ?

De la réponse à ces questions dépend la capacité de la France et de ses alliés à construire une stratégie pour préserver leurs capacités opérationnelles militaires, préserver leurs intérêts stratégiques, garantir leur indépendance vis-à-vis de la Chine et *in fine*, pour paraphraser la devise du maréchal de Lattre, « *ne pas subir* ».



# **1. Les terres rares, métaux phares de la transition écologique et numérique**

Depuis le début du XXI<sup>ème</sup> siècle, les terres rares font l'objet d'une prise de conscience de plus en plus grande quant à la criticité de leur approvisionnement. Cette prise de conscience trouve en premier lieu son origine dans la transition énergétique et le passage de l'économie d'énergies fossiles (pétrole, charbon) à l'économie « verte ». Cette dernière repose sur des énergies renouvelables (éolien, solaire, hydrolien), et induit l'utilisation d'effecteurs électriques, dont les véhicules à propulsion électrique. Grande consommatrice de terres rares, cette transition a également poussé à mieux connaître l'impact environnemental de l'extraction des ressources et donc des terres rares en particulier. À quoi correspondent donc ces fameuses terres rares ? Quelles utilités leur trouve-t-on aujourd'hui ? Où se situent les ressources mondiales et pourquoi l'hégémonie de la Chine dans ce domaine semble-t-elle être crainte ?

Le présent chapitre va permettre d'apporter quelques éclairages sur ces questions en posant le cadre d'emploi de ces terres rares ainsi que de leurs acteurs.

## ***1.1. Des minerais d'usage récent, moteurs de la transition écologique et numérique***

Annihilant une fausse idée, il convient de recadrer tout d'abord géologiquement ce que sont les terres rares. Ces terres rares ne sont ni rares ni des terres. Leur histoire, du XVIII<sup>ème</sup> siècle à nos jours se veut résolument européenne avant d'être également américaine puis aujourd'hui chinoise.

Explicitée par Patrice Christmann, directeur adjoint à la stratégie du Bureau de Recherche géologique et minière français (BRGM)<sup>4</sup>, l'origine de leur découverte repose sur un lieutenant de l'armée suédoise qui observe à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle, dans un lieu nommé Ytterby<sup>5</sup>, un minéral noir, d'apparence métallique et dense. L'origine du nom de ces minerais provient ainsi de l'appellation générique de « terre » donnée à cette époque à tous les oxydes et alcalineux terreux. Rares, les découvertes progressives montreront que ces métaux ne le sont pas, comme cela va être démontré ci-dessous.

Suivant la littérature, les terres rares regroupent de 15 à 17 éléments, entourés en rouge dans le tableau périodique des éléments de Mendeleïev présenté ci-après, en figure 1. Ce qui rapproche ces éléments, ce sont avant tout leurs propriétés de luminescence et de magnétisme. Ces métaux permettent ainsi de manière générale de doper les propriétés d'autres matériaux, permettant ainsi leur miniaturisation. S'y retrouve ainsi intégrés :

- Le lanthane et les 14 lanthanides,
- L'yttrium (parfois exclu des terres rares dans la littérature en raison de ses propriétés chimiques plus éloignées des lanthanides) ;
- Le scandium (également souvent exclu des terres rares car, bien qu'ayant des propriétés électroniques similaires aux lanthanides, il est géochimiquement différent et ne se retrouve pas dans les mêmes gisements que les autres terres rares).

---

<sup>4</sup> CHRISTMANN (Patrice, directeur adjoint à la stratégie du BRGM), *Terres rares : enjeux stratégiques pour le développement durable*, Conférence donnée le 17 septembre 2013.

<sup>5</sup> Nom d'Ytterby qui donnera naissance aux noms de trois terres rares : le terbium, l'erbium et l'ytterbium.

Par ailleurs, le promethium, issu de la fission de l'uranium, est un élément radioactif et non présent à l'état naturel sur terre<sup>6</sup>.

Les caractéristiques communes des terres rares résident en leurs propriétés chimiques : fortes de 3 électrons à leurs périphéries, les molécules des différentes terres rares, proches chimiquement, restent solidement fixées entre elles, rendant difficile leur séparation et donc leur extraction à des fins industrielles.

Le tableau de Mendeleïev compacte ci-dessous met en évidence les terres rares. Les terres rares légères (La à Sm) sont regroupées sous l'étiquette "Terres rares légères" et les terres rares lourdes (Eu à Lu) sous "Terres rares lourdes".

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	H																He	
2	Li	Be										B	C	N	O	F	Ne	
3	Na	Mg										Al	Si	P	S	Cl	Ar	
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

**Figure 1 : Les terres rares dans le tableau de Mendeleïev en présentation classique compacte. (Extrait du rapport BRGM de 2014<sup>7</sup>)**

<sup>6</sup> HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *op. cit.*  
<sup>7</sup> BRU (Kathy), CHRISTMANN (Patrice), LABBE (Jean François), LEFEBVRE (Gaëtan), *Panorama mondial 2014 du marché des Terres Rares*, Rapport public. BRGM/RP-64330-FR., novembre 2015, 193 p., 58 fig., 32 tab.

C'est grâce à un procédé d'hydrométallurgie que les terres rares vont pouvoir être isolées à partir des XIX<sup>ème</sup> puis XX<sup>ème</sup> siècles. Ont ainsi été progressivement mis en lumière le samarium et le dysprosium (par Paul-Émile Lecoq de Boisbaudran), puis le lutetium (par Georges Urbain de l'école de chimie de Paris). L'avènement de cette technique aura fait naître l'usine française de Serquigny, dont l'activité des terres rares formera ensuite à La Rochelle, sous l'égide de l'entreprise Rhodia (aujourd'hui intégrée dans le groupe franco-belge Solvay) le leader mondial de la séparation des terres rares.

Parmi les utilités rapidement trouvées aux terres rares, peuvent être nommées, non exhaustivement :

- le mischmetall, mélange de cérium et d'autres terres rares servant à faire des pierres de briquets ;
- le manchon de gaz qui permet, à partir d'oxyde de thorium, de générer une flamme blanche (au lieu de bleue) sur des lumigènes à gaz. Cette invention autrichienne sera également reprise en France ;
- la télévision en couleur, utilisant des poudres de terres rares pour produire les variations de couleurs LCD ;
- les aimants permanents néodyme-fer-bore (NeFeBr) ou samarium-cobalt (SaCo) qui voient leur utilisation croître depuis 1982 notamment en motorisation électrique (machines synchrones en particulier) et électronique ;
- les lasers (le 1<sup>er</sup> laser datant de 1960) ;
- les ampoules néons et phosphorescentes, à économie d'énergie (1<sup>ère</sup> utilisation par l'entreprise Phillips en 1978) ;
- Les pots catalytiques de voitures mais aussi de pétrochimie où les terres rares facilitent les réactions chimiques souhaitées ou piègent les NOx ;

- La teinture du verre et son polissage à l'oxyde de cérium ;
- Les batteries NiMH (nickel – hydrure métallique) contenant du lanthane (batteries utilisées dans les véhicules hybrides) ;

Par assemblage de ces technologies, on trouve ainsi comme les exemples souvent cités de « pépites de terres rares » :

- Les téléphones portables (écrans, aimants, électronique) ;
- Les voitures (moteurs électriques, vitres polies, lumières, batteries). 5 à 8 terres rares sont ainsi utilisées dans un modèle standard de voiture<sup>8</sup> ;
- Les éoliennes (moteurs synchrones à aimants permanents).

---

<sup>8</sup> CHRISTMANN, *op. cit.*

**Tableau 1 : les 17 terres rares et leurs spécificités**

Minerai		Type	Utilisations courantes <sup>9</sup>	Producteurs principaux <sup>10</sup> et consommation par an
Sc	scandium	/	Éclairage, marqueur, alliages d'aluminium, Pile à combustible	Chine, Kazakhstan, Russie, Ukraine 10-15t/an <sup>11</sup>
Y	yttrium	Terre rare lourde	Photophores rouges des tubes cathodiques, alliages supraconducteurs, briques réfractaires, piles à combustibles, aimants	Chine (99,9%) 7 500 t/an
La	lanthane	Terre rare légère	Supraconducteurs, lentilles, éclairage	Chine (95%) 29 000 t/an
Ce	cérium		Pots catalytiques, raffinage pétrole, alliages métalliques, batteries NiMH	Chine (92%) 42 000 t/an
Pr	praséodyme		Pierres à briquet, colorants, aimants	Chine (95%) 1 900 t/an
Nd	néodyme		Aimants permanents, autocatalyseurs, raffinage pétrole, lasers	Chine (95%) 19 000 t/an
Pm	prométhium		Composés luminescents	
Sm	samarium		Aimants de missiles, aimants permanents, motorisation électrique	Chine (93%) 500 t/an

<sup>9</sup> PITRON (Guillaume), *La guerre des métaux rares : la face cachée de la transition énergétique et numérique*, Les Liens qui Libèrent, janvier 2018, annexe XII et HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *op. cit.*, tome I, p. 19 et 20.

<sup>10</sup> Chiffres extraits de HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *ibid.* et ajustés en raison de la fermeture de la mine Mountain Pass aux États-Unis depuis 1998.

<sup>11</sup> Données indiquées comme peu fiables « car c'est un sous produit de nombreuses autres exploitations minières (uranium, titane, etc.) ». *id.*

Minerai		Type	Utilisations courantes <sup>9</sup>	Producteurs principaux <sup>10</sup> et consommation par an
Eu	europium	Terre rare lourde	Lasers, réacteurs nucléaires, éclairages, géochimie, phosphores rouges des tubes cathodiques	Chine (93%), Australie (4%) 425 t/an
Gd	gadolinium		Substance phosphorescente dans les tubes cathodiques Aimants, métallurgie	Chine (97%) 1 000 t/an
Tb	terbium		Activateur des phosphores verts pour tubes cathodiques, aimants permanents	Chine (98%) 290 t/an
Dy	dysprosium		Aimants permanents, moteurs hybrides	Chine (99%), Finlande 845 t/an
Ho	holmium		Lasers, magnétisme, supraconducteurs	Chine (98%) <75 t/an
Er	Erbium		Réseaux de télécommunications optiques longue distance, médecine nucléaire	Chine (99%) 540 t/an
Tm	Thulium		Radiographie portable, lasers, supraconducteurs haute température	Chine (98%) <75 t/an
Yb	ytterbium		Aciers inoxydables, ion actif pour cristaux laser, radiographie portable	Chine (98%) <75 t/an
Lu	Lutetium		Émetteur de rayonnement bêta	Chine (98%) <75 t/an

Par ces exemples, l'intérêt pour les terres rares prend tout son sens. Désireux de s'approvisionner en ces matériaux devenus nécessaires pour leurs industries « vertes » et numériques, les pays se tournent ainsi vers ces marchés de terres rares dans lesquels la Chine domine.

## **1.2. La Chine, acteur dominant sur l'extraction, la transformation et la régulation des marchés**

Les terres rares, cela va être montré par la suite, sont présentes en gisements d'assez faible densité mais abondent sur terre et sous les océans. Il est néanmoins utile de tout d'abord regarder dans son ensemble l'approvisionnement de ces métaux et de leurs produits dérivés avant de s'attarder sur les gisements et leurs exploitations. La problématique des terres rares dépasse en effet la simple question de ces gisements et exploitations car d'autres compétences sont nécessaires pour assurer toute la filière des terres rares :

- la transformation en produits finis tout d'abord, fruit d'un travail à haute valeur ajoutée permettant de passer de minerais bruts à des éléments disponibles pour l'industrie ;
- la gestion de marché ensuite pour aider les achats et ventes.

Pour chacune de ces étapes, en complément de la possession et de l'exploitation des ressources, la Chine tient aujourd'hui une place de leader incontesté.

Sur la possession des ressources tout d'abord, nous pouvons voir en Figure 2 la place prépondérante que tient la Chine sur les ressources accessibles (*i.e.* terrestres *a contrario* des ressources maritimes encore en devenir) avec 44 Mdt de minerais sur 120 Mdt de ressources terrestres estimées (soit plus d'un tiers).

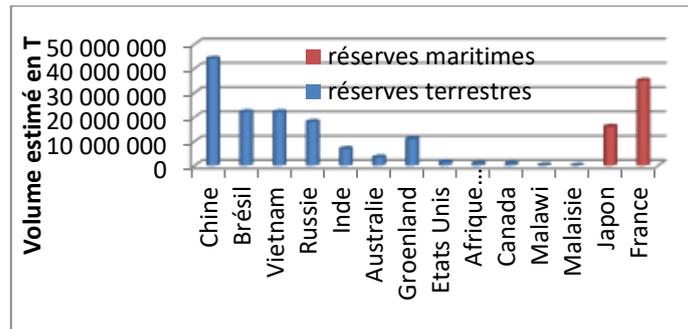


Figure 2 : Répartition mondiale des principaux gisements estimés de terres rares (sources USGS<sup>12</sup>, DU CASTEL Viviane<sup>13</sup>, Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères<sup>14</sup>)

Sur l'extraction de minerai ensuite, en reprenant les chiffres apportés par la production terrestre en Figure 5, nous voyons que la Chine extrait officiellement 80% des terres rares des mines exploitées. Les États-Unis, forts de leur gisement de Mountain Pass étaient encore leaders dans ce secteur à la fin du XX<sup>ème</sup> siècle, mais l'abandon de cette mine en 2002, pour des considérations écologiques et économiques, a durablement scellé la mainmise de la Chine sur l'extraction des terres rares. De nombreux projets d'ouverture ont tenté de voir le jour depuis 2002 (dont une tentative de réouverture de Mountain Pass lors de la crise des prix en 2011) ; néanmoins seule la mine australienne de Lynas aura réellement réussi à survivre aux fluctuations de prix, fluctuations rendant extrêmement difficile toute compétitivité économique. Cette survie s'explique notamment par le fonctionnement d'une mine en *stop&go*, c'est-à-dire d'une mine arrêtable et

<sup>12</sup> US Geological Survey, *op. cit.*

<sup>13</sup> DU CASTEL, *op. cit.*

<sup>14</sup> Ministère de l'Europe et des affaires étrangères, *op. cit.*

redémarrable à tout moment grâce à une flexibilité sociale accrue et une garantie de débouchés *via* des contrats avec des entreprises japonaises<sup>15</sup>.

Cette prise de contrôle de la production mondiale par la Chine se sera toutefois faite au prix de dégradations environnementales dramatiques : de nombreux « villages du cancer » sont ainsi à déplorer autour de sites d'exploitations<sup>16</sup> tandis que des nappes d'eau entières se trouvent polluées.

Troisième volet après la possession de gisements et leur exploitation, vient la transformation en produits semi-finis qui seront directement vendables aux industries. Plus que pour les phases précédentes, l'hégémonie de la Chine apparaît ici écrasante : grâce à son complexe de Baotou, la Chine produit en effet aujourd'hui la majeure partie des matériels transformés et prêts à l'emploi (95% des aimants permanents notamment). La faible partie restante se partage entre l'Estonie, où la société américaine Molycorp a racheté une ancienne usine de transformation soviétique, et en très petite proportion entre le Japon, les États-Unis et l'Europe. Les processus pour passer d'oxydes de terres rares aux composants ou matériaux vendables sont complexes et longs. Il s'agit ainsi, après l'extraction, de :

- séparer les terres rares entre elles,
- raffiner les terres rares à différents niveaux de pureté,
- former le métal,

---

<sup>15</sup> HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *op. cit.*

<sup>16</sup> PITRON, *op. cit.*

– produire l'élément fini (composant, aimant permanent, etc.)<sup>17</sup>

Tout comme Molycorp, autrefois leader de la transformation, une autre entreprise franco-belge a également permis cette ascension du savoir-faire technologique de la Chine : il s'agit de Solvay (ex Rhône Poulenc puis Rhodia). Cette entreprise a ainsi dû délocaliser en Chine, en 1994, une grande partie de ses activités françaises à haute valeur ajoutée sur la transformation des oxydes de terres rares, en raison de l'impossibilité à partir de cette date de stocker en France les rejets de minerais radioactifs<sup>18</sup>.

Quatrième et dernier volet de maîtrise de la *supply chain* des terres rares : le marché économique a également basculé sous la maîtrise chinoise.

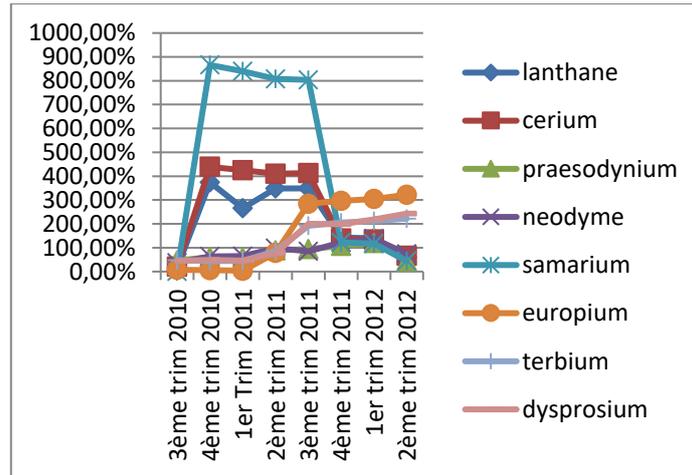
Premier producteur mondial de produits bruts et transformés comme cela vient d'être montré, Beijing a prouvé qu'elle pouvait marquer son autorité sur le marché de vente des terres rares. L'instauration de quotas et de taxes à l'export en 2010 pour privilégier son propre marché aura ainsi créé l'effolement des prix décrit en introduction et dont la Figure 3 donne un aperçu. Les États-Unis, l'Union européenne, le Japon et le Canada portent plainte devant l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC) en 2012, mais le jugement ne sera rendu qu'en 2015, année où la Chine retire ses quotas et

---

<sup>17</sup> UNITED STATES GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE (GAO), *Rare earth materials : Developing a Comprehensive Approach Could Help DOD Better Manage National Security Risks in the Supply Chain*; février 2016.

<sup>18</sup> Il s'agit de déchets radifères qui ne peuvent plus être stockés. HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *op. cit.*, p 159.

où les prix des terres rares subissent alors une chute. Si la production chinoise apparaît aujourd'hui stabilisée (elle était officiellement de 105 000 t en 2015, 2016 et 2017)<sup>19</sup>, le volume d'exportation continue lui d'évoluer puisqu'après avoir diminué de 5 à 10% par an avant 2015<sup>20</sup>, il augmente de nouveau mais de manière non linéaire (+50% entre 2015 et 2016, + 10% entre 2016 et 2017 pour 39 800 t en 2016). En 2017, les excédents du marché continuaient de faire chuter les prix<sup>21</sup>. Toute cette volatilité imprévisible des prix fragilise ainsi la concurrence et assoit encore plus la maîtrise chinoise du marché.



<sup>19</sup> US Geological Survey, *op. cit.*

<sup>20</sup> MICHEL (Grégoire, Consulting Avenium) et CHEVALIER (Benoit, Consulting Avenium), *Terres rares et brevets : la Chine préserve son monopole*, Usine nouvelle, juin 2011.

<sup>21</sup> Cette surproduction peut en partie s'expliquer par le fait que les terres rares sont des sous-produits d'autres exploitations (fer, titane par exemple). Leur extraction dépend donc de ces derniers et peut provoquer des surproductions (cas des lanthane et cérium notamment).

**Figure 3 : Volatilité trimestrielle des prix des terres rares de fin 2010 à mi-2012 en \$/kg (source Julie Michelle Klinger<sup>22</sup>)**

La principale faiblesse du marché des terres rares réside en sa petitesse qui le rend fragile aux fluctuations de productions (130 000 t produits en 2017 contre 2 100 000 t pour le nickel par exemple<sup>23</sup> ; un volume financier de seulement 4Md\$ en 2016<sup>24</sup>). La Chine impose donc ses règles en jouant sur sa production mais se garde bien de sortir du cadre de l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC), qu'elle a rejointe en 2001 et dont elle a besoin pour son économie. En 2012, dernière brique posée pour un contrôle de bout en bout du marché des terres rares, la plateforme chinoise d'échange *Inner Mongolia Baotou Steel Union Company*<sup>25</sup> est créée.

Ainsi, au cours des deux dernières décennies la Chine a su développer son emprise sur le marché des terres rares au moment où les révolutions numériques et énergétiques rendaient stratégique la possession de ces minerais. Elle possède aujourd'hui l'hégémonie de la production, la transformation à haute valeur ajoutée mais également de la gestion du marché.

### ***1.3. Les terres rares : des ressources pas si rares mais des gisements de faible densité***

---

<sup>22</sup> KLINGER, *op. cit.*

<sup>23</sup> US Geological Survey, *op. cit.*

<sup>24</sup> Témoignage de M. Patrice Christmann dans HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *op. cit.*

<sup>25</sup> Site internet d'Inner Mongolia Baotou Steel Union Company : btsteel.com, consulté le 9 février 2019.

Ainsi que le rappelait le début de ce chapitre, les terres rares ne sont pourtant pas rares. Elles sont au contraire présentes en de nombreux gisements dont certains nous restent encore inconnus, en particulier dans le fond des océans.

*Des gisements terrestres en abondance mais économiquement peu viables*

L'exhaustivité des gisements de terres rares sur la terre ferme reste encore mal établie en raison notamment du coût et des technologies récentes à mettre en œuvre pour atteindre une cartographie complète. La France en particulier connaît mal ses propres réserves, la dernière campagne de recensement minier s'étant achevée en 1992, époque où l'intérêt des terres rares restait encore à explorer<sup>26</sup>.

Fruit de l'histoire récente, les lieux d'exploitation des terres rares ont quitté les pays occidentaux pour être délocalisés dans des pays tiers. C'est principalement le facteur environnemental (l'exploitation de mines de terres rares étant aujourd'hui un désastre écologique) qui a poussé les pays occidentaux à transférer cette activité et ainsi préserver leur propre sol. La mine de Mountain Pass aux États-Unis est l'emblème de cette délocalisation puisqu'elle aura fait perdre le leadership des États-Unis en la matière au profit de la Chine, aujourd'hui 1<sup>er</sup> producteur mondial de terre rares. Peut être également citée la délocalisation en Malaisie de la séparation des minerais extraits en Australie à Mount Weld. La carte présentée en Figure 4 montre les principaux gisements et lieux de production de terres rares dans le monde.

---

<sup>26</sup> BRU (Kathy), CHRISTMANN (Patrice), LABBE (Jean François), LEFEBVRE (Gaëtan), *op. cit.*

Si l'on trouve facilement des gisements de terres rares légères, ceux de terres rares lourdes sont moins nombreux et de petites tailles (Chine, Groenland, Kirghizistan, Afrique du Sud, Vietnam). C'est donc principalement sur les terres rares lourdes que vont reposer les difficultés d'approvisionnement.



**Figure 4 : Carte des gisements et productions de terres rares dans le monde (source BRGM<sup>27</sup>, 2015)**

Une centaine de projets d'ouvertures / réouvertures de mines ont vu le jour depuis 2010. Portées à bout de bras et peu rentables, beaucoup de ces exploitations ont succombé à la crise de versatilité des prix entre 2010 et 2012.

Parmi les mines emblématiques méritent en particulier d'être cités les sites suivants :

- Les gisements chinois de Bayan Obo (Mongolie intérieure) et ceux plus au Sud<sup>28</sup> (dont une grande part encore d'exploitations illicites auxquelles l'État chinois tente de mettre fin pour permettre une meilleure

<sup>27</sup> *Ibid.*

<sup>28</sup> Dont les 3 autres sites officiels suivants : Mianning REE Ore Deposit, Weishan REE Ore Deposit et Weathered Crust Elution Deposited Rare Earth Ore.

maîtrise des flux). Ces gisements représentent 80% de la production officielle mondiale, après avoir atteint 95% il y a dix ans<sup>29</sup> (ratio n'incluant pas les productions illicites évoquées). Par ailleurs, l'essentiel des terres rares lourdes extraites dans le monde le sont aujourd'hui en Chine qui n'a donc pas de grande concurrence pour l'instant sur ces minerais.

- La mine de Mountain Pass aux États-Unis. Fermée en 2002, cette mine est ré-ouverte en 2012 après la flambée des prix de 2011. Cette ouverture, économiquement peu viable, ne résiste pas à l'inconstance des prix et notamment à leur baisse en 2015, conduisant à une mise en faillite. La mine est définitivement fermée et vendue aux enchères en 2017.
- La mine de Mount Weld en Australie. Gérée par la société Lynas, son exploitation a elle aussi débuté après la crise de 2011. Elle est couplée à un site de transformation en Malaisie proche. Depuis la fermeture de Mountain Pass, elle constitue une alternative importante aux gisements chinois pour les terres rares légères principalement (*cf.* Figure 5), en témoigne l'augmentation de sa production entre 2016 et 2015 (15 100 t entre janvier et août 2017, soit 57% de plus qu'en 2016 sur la même période)<sup>30</sup>.
- La mine de Sao Gabriel da Cachoeira, au Nord-Ouest du Brésil, symbole de la volonté de ce pays de marcher dans les pas de la Chine pour développer une chaîne entière de production, de la mine à l'usine de valeur ajoutée pour produire des produits industriels. Cette

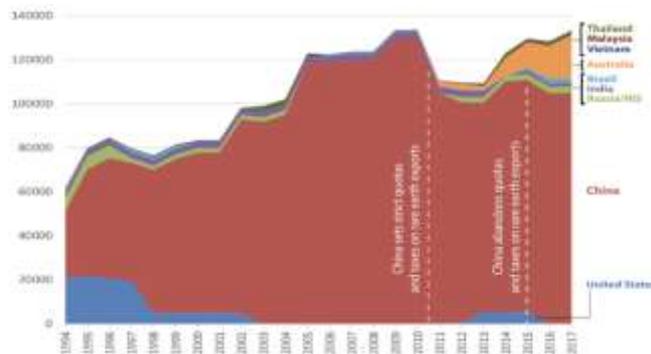
---

<sup>29</sup> HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *op. cit.*

<sup>30</sup>SEAMAN (John), Rare earths and China. A review of changing criticality in the new economy, Notes de l'Ifri, Ifri, janvier 2019.

mine a ouvert récemment avec l'aide d'entreprises japonaises.

- Le gisement de Kringlerne au Groenland qui, bien qu'encore non exploité, s'avère extrêmement prometteur et peu radioactif. Il devrait voir son exploitation débiter prochainement *via* le projet australien Tanbreez. Son intérêt réside notamment dans l'alternative qu'il apporte à l'offre chinoise en terres rares lourdes (30% du gisement, 2,9% en particulier de dysprosium)<sup>31</sup>. À côté de ce gisement, un autre, à Kvanefjeld, est également en projet d'exploitation par une entreprise australienne avec soutien de la Chine. Ces gisements immenses pourraient faire du Groenland la deuxième réserve mondiale terrestre en terres rares, ce qui suscite, en plus de l'intérêt de la Chine et de l'Australie, ceux du Canada et de l'Union européenne.<sup>32</sup>



<sup>31</sup><http://tanbreez.com/en/project-overview/distribution-of-rare-earths/?page=1>, consulté le 9 février 2019.

<sup>32</sup> DGA/TN, Lettre d'actualité navale n°15-2017, 18 avril 2017 et DU CASTEL (Viviane), *Les terres rares : entre défis géopolitiques et dépendance géostratégique ?*, L'Harmattan, 2015.

**Figure 5 : Évolution de la production mondiale officielle de terres rares (en tonnes) (issu du rapport de John Seaman, IFRI, 2019<sup>33</sup> à partir de données de l'US Geological survey)**

Les exploitants des principales mines terrestres sont en grande partie des entreprises nationales, des entreprises privées avec soutiens étatiques mais également des co-entreprises : le Japon est ainsi impliqué au Kazakhstan avec Sumitomo depuis 2013, au Vietnam avec Toyota depuis 2013, en Inde avec Toyota depuis 2015, au Brésil avec Mitsubishi depuis 2013. Des entreprises australiennes et chinoises sont, elles, aux avant-postes quant à l'exploitation du gisement de Kvanefjeld au Groenland (gisement le plus prometteur). Le Canada vise également l'exploitation d'un gisement au Groenland.

Les gisements terrestres en terres rares sont ainsi nombreux, mais peu restent exploités en raison de leur faible rendement économique, de leur impact désastreux sur l'environnement et de l'opposition rencontrée au sein des peuples impactés par ces exploitations. Dans ce contexte la Chine a su assoir son hégémonie et produit aujourd'hui la majeure partie des terres rares mondiales. À côté de ces gisements terrestres apparaissent aujourd'hui de nouvelles ressources en sous-sols maritimes qui, bien que méconnues encore, attirent tous les intérêts en ce qu'ils offrent une alternative future aux gisements terrestres dont nous venons de voir les limites.

*Des ressources maritimes prometteuses mais non encore pleinement exploitables*

---

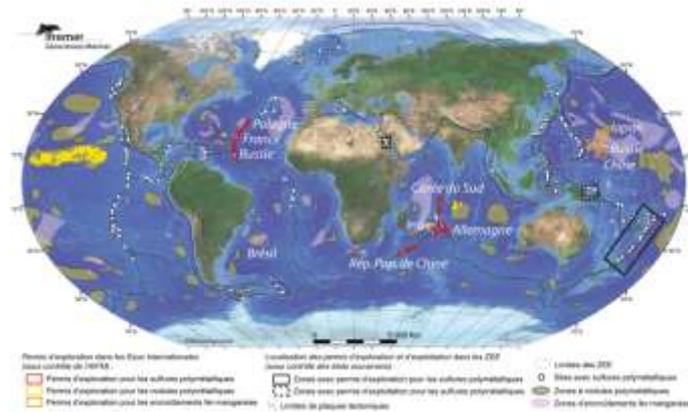
<sup>33</sup> US Geological Survey, *op. cit.*

Les explorations menées à travers les océans depuis les années 1980<sup>34</sup> ont mis en lumière la présence de nombreuses concrétions rocheuses aux potentiels en minerais prometteurs. Aux côtés de sulfures polymétalliques et nodules polymétalliques, se retrouvent ainsi des zones d'encroutements fer-manganèse particulièrement riches en terres rares. Ces zones, affichées en rose sur la carte en Figure 6 et situées principalement dans l'océan Pacifique restent encore mal connues mais pourraient s'étendre sur 1,7% de la surface des océans soit 6,35 millions de km<sup>2</sup> selon l'Ifremer<sup>35</sup>. Les gisements en dehors des zones économiques exclusives (ZEE) des États et donc en eaux internationales font partie de l'espace appelé juridiquement « la zone ». Cet espace est géré par l'autorité internationale des fonds marins (AIFM) qui délivre des contrats d'exploration aux pays demandeurs. Quatre contrats sont actuellement alloués depuis 2012 à des sociétés russe, japonaise, chinoise et brésilienne. La France détient elle un des potentiels en ressources les plus importants au sein de sa zone économique exclusive (ZEE) de Polynésie française.

---

<sup>34</sup> Explorations menées par le Japon, les États-Unis, la Russie, la Corée, le Royaume-Uni et la Chine au travers de 42 campagnes entre 1981 et 2000 (IFREMER, appui à la puissance Publique, <https://wwz.ifremer.fr/Appui-a-la-puissance-publique/Matieres-premieres-et-ressources-minerales>, site consulté le 23 novembre 2018).

<sup>35</sup>IFREMER, *ibid.*



**Figure 6 : Répartition des ressources minérales sous-marines ainsi que des permis d'exploitation accordés (source Ifremer<sup>36</sup>)**

L'exploitation de ces ressources demeure toutefois extrêmement compliquée à entreprendre en raison de la profondeur des gisements (entre 4 000 et 5 000 m, ce qui rend difficile l'utilisation de pompes hydrauliques et tuyaux), de l'épaisseur des croûtes à traiter (plusieurs dizaines de centimètres alors qu'il est primordial de ne pas trop concasser la roche pour préserver le sol océanique) et de l'impact environnemental engendré<sup>37</sup>. Il s'avère en effet indispensable de protéger le milieu pour se voir autoriser une telle exploitation<sup>38</sup>. L'AIFM a pris ce besoin en

<sup>36</sup> IFREMER, *op. cit.*

<sup>37</sup> PAILLARD (Christophe-Alexandre), *Enjeux économiques : quel est le potentiel des ressources minérales marines ?*, Annales des Mines - Responsabilité et environnement 2017/1 (N° 85), 2017, p. 19-23.

<sup>38</sup> Protection du milieu naturel qui impose la non destruction du milieu ainsi qu'une attention portée au non re-dépôt de sédiments, aux limitations de lumières et vibrations ainsi qu'à l'interdiction de transferts de masses d'eau.

compte au travers de réglementation concernant la prospection et l'exploration dans la zone<sup>39</sup>.

Deux projets sont actuellement avancés pour permettre une telle extraction :

- le premier est conduit depuis 2014 au large du Japon, à proximité de l'île de Minamitori-shima. Cette exploration est conduite par un consortium entre universités (celle de Tokyo notamment) et entreprises (Mitsui Mining & Smelting, Modec, Santoku) sur des gisements formés de boues et ne nécessitant des forages que sur quelques mètres mais à des profondeurs toutefois de plusieurs milliers de mètres de colonne d'eau<sup>40</sup>. Les ressources évaluées ont de plus été revues à la hausse en 2018 tandis que l'avancée technologique permet d'envisager une exploitation prochaine, dans le cadre de la vision stratégique réaffirmée en 2018 du gouvernement japonais (*cf.* partie 3)<sup>41</sup>.
- le second, plus abouti encore, est mené par la société canadienne Nautilus Minerals en ZEE de Papouasie Nouvelle-Guinée sur le site Solwara, à 1 600 m de profondeur. Ce deuxième projet, débuté en 2009, doit commencer sa phase de production cette année. Son navire phare, le « Nautilus New Era » a été mis à l'eau en mars 2018. La réduction de l'impact

---

<sup>39</sup> Pour les encroutements cobaltifères porteuses de terres rares il s'agit d'un règlement de l'AIFM du 27 juillet 2012.

<sup>40</sup> DU CASTEL, *op. cit.*

<sup>41</sup> Ministère de l'Europe et des affaires étrangères, *L'importance des gisements massifs de terres rares dans la ZEE japonaise de l'Océan Pacifique revue à la hausse*, <https://www.diplomatie.gouv.fr/fr/politique-etrangere-de-la-france/diplomatie-scientifique/veille-scientifique-et-technologique/japon/article/l-importance-des-gisements-massifs-de-terres-rares-dans-la-zee-japonaise-de-l>, consulté le 6 février 2018.

environnemental sera notamment permise par l'apport du savoir-faire de la société franco-américaine Technip-FMC<sup>42</sup> et l'usage de *riders* (véhicules sous-marins) en lieu et place d'une manche aspirante, ce qui limite les mouvements de masses d'eaux.

Bien que prometteurs, les gisements sous-marins en terres rares restent ainsi encore principalement au stade expérimental en raison à la fois de l'impact environnemental que leur exploitation pourrait induire, mais également en raison de coûts d'extraction supérieurs aux coûts de mines terrestres. Néanmoins, une potentielle montée des prix ainsi que la très grande main mise chinoise sur les productions terrestres pourraient rendre à moyen terme ces gisements maritimes intéressants d'un point de vue stratégique.

\*

\* \*

En conclusion de cette première partie, les terres rares apparaissent comme des éléments indispensables des transitions énergétiques et numériques. Bien que non rares car présents en grandes quantités sur les continents et au fond des océans, ces oxydes de minerais restent peu concentrés dans les roches et obligent à des techniques d'extractions néfastes pour l'environnement. La Chine, qui possède aujourd'hui la maîtrise du marché des terres rares, fournit ainsi au monde la majeure partie des produits finis à base de terres rares.

---

<sup>42</sup> Technip-FMC possède l'expertise d'exploitations pétrolières terrestres et *offshore*. Elle travaille également sur l'exploitation de ressources minérales en ZEE française, avec l'Ifremer et le BRGM (source : PAILLARD, *op. cit.*)

Devenue une puissance continentale et océanique, la Chine développe ses zones d'influences pour offrir des débouchés économiques à son industrie.

L'appropriation unilatérale par la Chine d'îlots des archipels Spratleys, Paracels ou encore du récif Scarborough, le développement de bases logistiques et militaires au cœur du projet *One Belt One Road*<sup>43</sup>, sont autant d'exemples de conflits d'intérêts avec les puissances militaires occidentales. Dans ce contexte de tensions, l'autonomie stratégique de ces puissances militaires apparaît comme une condition nécessaire pour défendre au mieux leurs intérêts. Les terres rares empêcheraient-elles aujourd'hui cette autonomie stratégique en imposant une dépendance dangereuse à la Chine ?

---

<sup>43</sup> Plus de 10 000 militaires stationnés aujourd'hui à Djibouti, base stratégique où n'étaient implantées jusqu'en 2016 que des bases française, japonaise et américaine.



## **2. Les enjeux des terres rares pour la Défense de la France et ses alliés**

Nous l'avons vu, les terres rares sont intimement liées aux révolutions du numérique et de l'énergie « verte ». Les puissances militaires occidentales, en tant qu'utilisatrices de matériels mais également en tant que protectrices de sources d'approvisionnements et d'intérêts étatiques sont à l'évidence impactées par l'augmentation d'utilisation de ces minerais stratégiques.

Les enjeux des terres rares pour la Défense, qui vont pouvoir être ici explicités, partagent en effet les criticités de l'économie civile mais dépassent toutefois la simple analyse des contraintes d'approvisionnement car ces enjeux sont par-dessus tout stratégiques.

En se focalisant sur les technologies de Défense, une cartographie des utilisations de terres rares et de leurs produits dérivés pourra ensuite être élaborée. De nombreuses nouvelles technologies civiles prenant leur origine dans le développement de programmes militaires, il ne sera ainsi pas étonnant en analysant les applications militaires de retrouver la prédominance des technologies de terres rares déjà décrites dans les applications civiles liées aux révolutions numériques et énergétique.

À la suite de cette cartographie, viendra une analyse des criticités des terres rares pour la Défense de la France et ses alliés, à la lumière des enjeux économiques et militaires qui auront été préalablement présentés.

### ***2.1. Pour la Défense, des enjeux supérieurs aux enjeux économiques civils***

Objectivement, l'utilisation des terres rares pour la Défense ne représente qu'un faible volume des approvisionnements nationaux (5% aux États-Unis par exemple<sup>44</sup>). Ce n'est donc pas ce critère quantitatif qu'il convient de regarder pour comprendre le poids stratégique prégnant de ces approvisionnements sur les enjeux de Défense. En revanche, trois raisons majeures y poussent.

#### *Un premier enjeu de supériorité militaire*

La première raison de surveiller particulièrement l'approvisionnement vers la Défense concerne son caractère éminemment politique. En effet, en dehors des pays alliés, deux autres types de pays peuvent de manière triviale être acteurs de nos approvisionnements en terres rares : des pays neutres ou des pays ennemis. En cas de crises entre États, l'aspect de neutralité pourrait rendre nécessaire à la première catégorie d'interdire certaines livraisons pour des applications militaires ; quant aux ennemis, ils n'auraient évidemment aucun intérêt à nous fournir ces mêmes livraisons. Dans un cadre non-étatique, la même question pourra se poser vis-à-vis d'entreprises dont certaines pourraient, pour les mêmes raisons, ne pas accepter de nous approvisionner en cas de conflit. L'approvisionnement en terres rares se montre ainsi stratégique car si l'outil de Défense, construit pour des actions de coercition et/ou de dissuasion, voyait sa dépendance aux terres rares non sécurisée, il perdrait un

---

<sup>44</sup> BAILEY GRASSO (Valerie, Congressional Research Service), *Rare earth elements in national Defense: background, oversight issues and options for Congress*, 23 décembre 2013.

pan de sa supériorité. Pire, les technologies développées par les pays occidentaux étant de plus en plus reprises, l'outil de Défense pourrait même dans certains cas être surclassé par l'adversaire. Les équipements chinois suivants utilisent par exemple de nombreuses terres rares, en suivant des modèles occidentaux : l'avion de combat J20, le missile « tueur de porte-avions » Dongfeng 21D, le missile ballistique Dongfeng-26, capable théoriquement d'atteindre l'île américaine de Guam<sup>45</sup>.

### *Un deuxième enjeu de baromètre des marchés de minerais stratégiques*

La deuxième raison réside dans le caractère emblématique – et presque prophétique – de l'approvisionnement des terres rares par rapport à celui d'autres métaux stratégiques. Le premier chapitre a en effet rappelé la perte progressive de maîtrise des pays occidentaux sur les terres rares au grand profit de la Chine. À ce titre, et bien que le marché des terres rares concerne un petit volume vis-à-vis des échanges commerciaux d'autres minerais, il apparaît en quelque sorte comme le baromètre des risques stratégiques en devenir et doit permettre, par une surveillance accrue, d'anticiper toute dégradation de situation dans l'approvisionnement global des minerais, tout en enseignant quelles réponses stratégiques pourraient être apportées.

Des situations de tensions similaires à celles des terres rares, le monde en prépare en effet de nombreuses aujourd'hui : l'approvisionnement du tungstène dépend totalement de la Chine ; la Bolivie, le Chili et l'Argentine se partagent 70% des réserves de lithium dont la consommation croît fortement avec l'avènement des

---

<sup>45</sup> DU CASTEL, *op. cit.* et PITRON, *op. cit.*, p. 202.

batteries Li-ion ; il en va de même pour le tantale, exploité quasi-exclusivement en République démocratique du Congo ou encore de l'uranium. Comme pour les terres rares, des fluctuations de prix apparaissent également : le cours du nickel a ainsi varié entre 3 000 \$ et 20 000 \$ durant les vingt dernières années<sup>46</sup>. M. Didier Julienne, président de Néométal témoignait en 2016 à propos de la transition énergétique<sup>47</sup> : « *il faudra utiliser beaucoup plus de béton, fois 10, de l'acier, fois 100 à 600, de l'aluminium, fois 100, autant de cuivre que depuis l'an 2000, du verre et d'autres métaux de base ou matières. En ce qui concerne les métaux stratégiques et les terres rares, l'effet multiplicateur de la consommation est aujourd'hui impossible à quantifier tant la courbe est asymptotique* ». Les terres rares sont ainsi un exemple – à défaut de pouvoir être un essai – du « comment réagir » pour garantir ses intérêts face à des tensions croissantes.

*Un troisième enjeu de surveillance, par le prisme de la Défense, du marché fragile des terres rares*

Enfin, la troisième raison de se focaliser sur les approvisionnements de terres rares se rapproche de la seconde en sa valeur d'indicateur : la partie Défense reste une petite partie peu visible de l'ensemble des approvisionnements en terres rares dominé par le numérique, les batteries *etc.* La surveiller permet ainsi de voir l'ensemble de la complexité du marché des terres rares. Or, cela a été évoqué précédemment, la stabilité de

---

<sup>46</sup> SAINT AUBIN (Philippe), avis du Conseil économique, social et environnemental, *La dépendance aux métaux stratégiques : quelles solutions pour l'économie ?*, 22 janvier 2019, p. 13.

<sup>47</sup> Témoignage de M. Didier Julienne dans HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *op. cit.*, tome I, p. 45.

ce marché reste fragile et dominée par un seul acteur, la Chine, dont les intérêts ne sont pas toujours – et c’est un euphémisme – les mêmes que ceux des pays occidentaux. La crise emblématique de 2010 tirait son origine d’une volonté de la Chine de faire pression sur le Japon à la suite d’un différend territorial sur l’archipel des Senkaku. Cette crise, bien qu’amplifiée par l’action de *traders*, a pu toutefois se résoudre grâce à la volonté de la Chine de respecter les règles de l’Organisation Mondiale du Commerce (OMC) qu’elle a rejointe en 2001 et dont elle a besoin pour son industrie. Or deux facteurs fragilisent aujourd’hui la vision idyllique et utopique d’une Chine parfaitement fondue dans les règles de la mondialisation économique :

- tout d’abord l’OMC se montre aujourd’hui fragile, notamment en raison de ses difficultés à se réformer et du souhait de M. Trump, exprimé en 2018, de soustraire les États-Unis de l’organisation ;
- ensuite, comme le rappelle M. Di Meglio, président d’Asia Centre, la Chine n’a encore jamais exprimé ses visions de la « mondialisation » et du « multilatéralisme »<sup>48</sup>. Dans un contexte de forte lutte commerciale entre Chine et États-Unis en 2018 puis 2019 (sanctions sur les opérateurs chinois de télécoms ZTE et Huawei notamment), il est probable que Beijing réagisse et affermis ses positions, pour l’instant subordonnées aux velléités américaines.

Surveiller l’approvisionnement des terres rares pour la Défense, c’est donc garder un œil vigilant sur toute la filière d’approvisionnement fragile des terres rares.

---

<sup>48</sup> DI MEGLIO (Jean-François, président d’*Asia Centre*), *La puissance commerciale chinoise : prête au face-à-face avec les États-Unis ?*, *Diplomatie* (N° 47), octobre-novembre 2018, p. 60-64.

Plus que la fragilité de l'OMC, ce sont bien des tensions interétatiques qui rendent le marché des terres rares aujourd'hui plus que jamais capable de déboucher sur des crises ou conflits. Parmi les sources de fragilisation, ne sauraient être oubliés : la pression écologique face aux lieux « sacrifiés » pour l'extraction et la transformation des terres rares, le besoin d'adhésion des populations autochtones impactées par la pollution engendrée, mais également les tensions créées par l'appropriation de territoires contestés. Julie Klinger, dans son livre *Rare Earth Frontier*<sup>49</sup> explicite parfaitement ces choix au travers d'exemples prégnants.

Le premier exemple, parmi les plus connus, est le site de Baotou en Chine dont la possession est revenue successivement à la Mongolie, aux puissances coloniales européennes, au Japon, à l'URSS avant de devenir chinois. Ce site, à 100 km de la frontière mongole, est aujourd'hui le théâtre de contestations populaires réprimées par le régime chinois au profit du bien commun. De nombreux « villages du cancer », décrits par Guillaume Pitron<sup>50</sup>, témoignent ainsi des dégradations sanitaires induites.

Deuxième site témoin, la mine de Sao Gabriel da Cachoeira au Brésil se situe dans une zone historiquement contestée entre Brésil, Vénézuéla et Colombie. Son implantation loin des grandes villes permet là aussi de limiter la contestation tout en faisant valoir l'enjeu national de la production locale.

Troisième site évoqué, l'usine de transformation de Lynas, sur le site de Kuantan en Malaisie, fruit d'une délocalisation australienne et qui provoque de fortes

---

<sup>49</sup> KLINGER, *op. cit.*

<sup>50</sup> PITRON, *op. cit.*

mobilisations de populations depuis 2014 notamment (associations *Stop Lynas* et *Save Laaysua*). Ces mouvements de protestations se heurtent à la fermeté du gouvernement malaisien qui reste soucieux de profiter des retombées économiques des terres rares.

Enfin, dernier lieu intéressant à évoquer, le Groenland s'affiche également comme source de tensions croissantes entre États. Le potentiel de Kringlerne, évoqué au chapitre 1, attise les ambitions de la Chine, de l'Australie, du Canada de l'Union européenne mais également du Groenland lui-même qui, dans un mouvement similaire à la Nouvelle-Calédonie, rêve d'indépendance vis-à-vis du Danemark et refuse de lier son destin à un seul partenaire<sup>51</sup>.

Au-delà d'autres exemples cités par Julie Klinger (Helmand en Afghanistan sur lequel les américains ont porté des ambitions, Ak-Tyuz au Kirgystan, développé par l'URSS à son ancienne frontière), ressort un site dont les tensions, d'un tout autre ordre de grandeur, pourraient bien s'amplifier à long terme en même temps que la nouvelle conquête de l'espace : il s'agit de la Lune. Une exploitation de la Lune, bien qu'excessivement plus onéreuse que celle d'un site terrestre, aurait en effet pour atout de parfaitement s'affranchir des contraintes environnementales et sociétales. Bien qu'aujourd'hui protégée par deux traités<sup>52</sup>, la Lune voit toutefois la pérennité de sa protection affaiblie par deux failles : s'attachant au droit des États, le traité de 1984 n'interdit rien aux entreprises privées aujourd'hui capables

---

<sup>51</sup> DGA/TN, Lettre d'actualité navale n°15-2017, *op. cit.* ; DEGEORGES (Damien), *Terres rares : enjeu géopolitique du XXI<sup>ème</sup> siècle*, L'Harmattan, 2012 et DU CASTEL, *op. cit.*

<sup>52</sup> Traité de la Lune (1984) qui empêche toute appropriation et traité sur l'exploitation et l'usage des corps célestes (1967) qui restreint le champ des expérimentations.

technologiquement d'atteindre la Lune ; par ailleurs les États-Unis ont décidé de faire valoir leur devoir de protéger leurs citoyens pour intervenir et empêcher toute action de la Chine sur la Lune. Les tensions concernant la Lune n'en sont donc qu'à leur début.

Les trois enjeux des terres rares pour la Défense (maintien de la supériorité de l'outil de Défense, baromètre des marchés de minerais et enfin partie témoin des tensions de tout le marché des terres rares) prennent d'autant plus tout leur sens dans le cadre des tensions globales qui vient d'être explicité. Une surveillance accrue des approvisionnements pour la Défense reste donc primordiale, quand bien même les volumes concernés seraient faibles et quand bien même il n'existerait pas de pénurie en temps de paix.

## **2.2. *Quel usage des terres rares au sein des armées ?***

L'intérêt du marché des terres rares pour la Défense étant posé, il est maintenant nécessaire de quantifier et qualifier précisément la criticité de ce marché.

Deux rapports s'intéressent tout particulièrement à l'implication des terres rares dans les équipements des forces armées : il s'agit pour le premier d'un rapport de l'OTAN de 2015<sup>53</sup> et pour le second d'un rapport du *Congressional Research Service* américain datant de 2013<sup>54</sup>.

Ces rapports viennent compléter ce que le précédent chapitre nous a offert comme possibilités d'utilisation des terres rares. L'analyse des composantes aérienne, terrestre et navale peut ainsi plus facilement être abordée.

---

<sup>53</sup> OTAN Science and Technology Organization, *op. cit.*

<sup>54</sup> BAILEY GRASSO, *op. cit.*

Pour les avions tout d'abord (Eurofighter, F15, avions conventionnels ou récents), le besoin en terres rares reste inexistant pour la structure, composée surtout d'aluminium, de composite, de titane ou d'acier. En revanche les terres rares sont utilisées pour :

- les revêtements thermiques de turbines à gaz (turbine haute pression, échappements, chambres de combustion),
- les aimants permanents pour l'alternateur et les auxiliaires couplés à la turbine à gaz.

**Tableau 2 : Terres rares utilisées dans les avions des armées occidentales**

	Minerais de Terres rares	Technologies
Génératrice d'électricité et auxiliaires	dysprosium, néodyme, praséodyme, samarium	Aimants permanents
Turbines à gaz	yttrium et autres terres rares	Revêtements thermiques pour chambres de combustion, turbine HP et échappements

Pour les véhicules terrestres la consommation de terres rares varie évidemment en fonction du type (véhicules légers et rapides, véhicules tactiques, véhicules de transport, véhicules lourds, portes chars, chars). Des terres rares peuvent toutefois être identifiées dans les systèmes suivants :

- système d'énergie (génératrice électrique, panneaux solaires, pots catalytiques),
- équipements de vision (caméras, vision nocturne, infra-rouge, thermique, etc.),

- électronique et communications (ordinateurs, fibres optiques, lasers, PC LCD et écrans, GPS, micro-électronique et senseurs, lecteurs DVD, lentilles, outils de communication),
- armes et munitions (vitres blindés, pointeurs lasers, etc.),
- systèmes de défense (électronique) et de mobilité, accessoires (aimants notamment).

L'ensemble de ces applications est résumé dans le Tableau 3 ci-dessous.

**Tableau 3 : Terres rares utilisées dans les véhicules terrestres des armées occidentales**

	Minerais de Terres rares	Technologies
Générateurs d'électricité	dysprosium, néodyme, samarium	Aimants de machine synchrone
	samarium, néodyme, erbium (en très faibles quantités et sur des prototypes uniquement)	Panneaux solaires
Équipements de vision	yttrium	Couleur rouge sur écrans, lampes fluorescentes
	cérium	Composants de lentilles optiques
	lanthane	Lunettes optiques, lentille à amplificateur de lumière
	néodyme, samarium	Filtres et protections de lentilles
	ytterbium	Lasers
Électronique et communications	yttrium	Couleur rouge sur écrans
	europium	Lumière rouge des écrans informatiques et caméras
	néodyme	Alliages

	Minerais de Terres rares	Technologies
	samarium	Condensateurs
	ytterbium	Lasers
Systèmes d'armes et munitions	ytterbium, néodyme	Lasers
	cérium, yttrium	Vitres, vitrages blindés
	samarium	Lentilles et optiques
Accessoires	néodyme, samarium, praséodyme	Aimants pour contrôle des systèmes et des ceintures, airbag
	terbium, dysprosium)	Aimants
	ytterbium	Additif pour acier et verre
	praséodyme, néodyme	Teinture vitres
	cérium, praséodyme, lanthane	
	néodyme	Alliages
	dysprosium	
	yttrium	Auxiliaires électriques, lampes fluorescentes, céramiques
Propulsion	cérium	Pots catalytiques
	néodyme	Raffinage de pétrole

Tout comme les véhicules terrestres, la diversité des navires militaires<sup>55</sup> rend difficile l'exhaustivité de la liste d'emploi des terres rares pour leurs systèmes. Peuvent toutefois être relevés comme consommateurs de ces minerais :

- les missiles et leurs systèmes de mise en œuvre (lasers, désignateurs de cibles, optiques et caméras, protections),
- les systèmes de génération d'électricité (aimants) et de stockage (pour les seules batteries de type NiMH dont

---

<sup>55</sup> Diversité d'équipements (propulsions nucléaires, par moteurs diesels ou encore turbines à gaz), de tailles (patrouilleurs, porte-avions, sous-marins) et de missions donc d'équipements.

- 1/3 du poids est celui de terres rares, soit environ 1,9kg pour une batterie de 1600Ah),
- la catalyse des échappements de moteurs (2kg de Cérium pour 240kW de production mécanique),
  - les systèmes futurs de production d'énergie (propane, etc.).

**Tableau 4 : Terres rares utilisées dans les navires des armées occidentales**

	Minerais de Terres rares	Technologies
Générateurs et stockage d'électricité	dysprosium, néodyme, samarium, terbium, praséodyme	Aimants de machine synchrone
	samarium, néodyme, erbium (en très faibles quantités et sur des prototypes uniquement)	Panneaux solaires
	yttrium, cérium, praséodyme, néodyme	Batteries NiMH
Équipements de vision	yttrium	Couleur rouge sur écrans, lampes fluorescentes
	cérium	Composants de lentilles optiques
	lanthane	Lunettes optiques, lentille à amplificateur de lumière
	néodyme, samarium	Filtres et protections de lentilles
	ytterbium	Lasers
Électronique et communications	yttrium	Couleur rouge sur écrans
	europium	Lumière rouge des écrans informatiques et caméras
	néodyme	Alliages
	samarium	Condensateurs
	ytterbium	Lasers

	Minerais de Terres rares	Technologies
Systèmes d'armes et munitions	ytterbium, néodyme	Lasers
	cérium, yttrium	Vitres, vitrages blindés
	samarium	Lentilles et optiques
	yttrium	Céramiques pour sonar
Missiles et systèmes	yttrium, néodyme	Lasers et désignateurs de cible
	cérium	Composants de lentilles optiques
	lanthane, néodyme, samarium	Lunettes optiques, lentille, filtres, lentilles à amplificateur de lumière
Propulsion	lanthane, cérium, yttrium	Catalyse
	cérium, néodyme, erbium, lanthane, praséodyme	Nouvelles sources d'énergie

De ce tour d'horizon des terres rares dans les vecteurs aériens, terrestres et navals des armées ressortent plusieurs utilisations que l'on peut ainsi résumer :

- cérium : pots catalytiques, alliages, vitrages ;
- dysprosium : aimants, moteurs électriques sur véhicules hybrides ;
- europium : lumière rouge des écrans informatiques et caméras ;
- gadolinium : phosphorescents et aimants ;
- lanthane : alliages, lunettes optiques et glaces polies ;
- néodyme : alliages, teinture de vitres, pots catalytiques, raffinage de pétrole, aimants ;
- praséodyme : coloration de vitres, aimants ;
- samarium : verres optiques, condensateurs, panneaux solaires, lasers, lumière à arc carbone, aimants ;
- terbium : aimants ;
- ytterbium : sources laser, additifs pour acier et verre ;

- yttrium : couleur rouge sur écrans de télévisions, lampes fluorescentes, céramiques (sonars notamment), auxiliaires électriques, alliages pour hautes températures (turbines à gaz).

Si la liste des applications est grande, les quantités nécessaires sont en revanche petites (ce qui n'aurait pas été le cas si par exemple les alliages utilisés pour les structures avaient nécessité des terres rares). La dépendance aux terres rares peut ainsi être jugée comme plutôt faible en termes de quantité. Les aimants prennent en revanche une place dominante dans l'utilisation de ces minerais. Plus encore, c'est le caractère sensible des principales installations utilisatrices de terres rares, propulsions et systèmes d'armes, qui retient l'attention et rend l'approvisionnement en terres rares absolument nécessaire pour la Défense. Il reste toutefois nécessaire de découpler dans cette analyse les court et moyen termes. Ainsi le renouvellement des munitions oblige à un ravitaillement régulier en terres rares pour remplacer le stock utilisé ; *a contrario*, pour des équipements fixes et une fois un système installé, seule une avarie pourra nécessiter le remplacement d'une pièce porteuse de terres rares.

Ainsi, peuvent être considérés comme prioritaires :

- à court terme, les approvisionnements en terres rares qui concernent des munitions,
- à moyen terme, les approvisionnements concernant des pièces de rechange identifiables comme fragiles.

### ***2.3. Quelles criticités factuelles représentent au final les terres rares pour la Défense ?***

Les enjeux stratégiques pour la Défense étant connus, l'utilisation des terres rares dans les équipements

militaires quantifiée, il est maintenant possible de regarder explicitement quels sont aujourd'hui les degrés de criticité de chacun des 17 éléments de terres rares pour la Défense des pays occidentaux. Ces criticités seront, comme cela a été présenté plus haut, le fruit du croisement de risques pesant sur les approvisionnements généraux et de risques spécifiques aux équipements militaires.

Cinq rapports aident à l'élaboration de ces criticités. Leur fonctionnement et origines seront abordés plus loin mais ils méritent déjà d'être cités à ce stade : les premiers, américains, proviennent du *Government Accountability Office* (GAO)<sup>56</sup> et du *Department of Defense* (DoD) et rendent des conclusions respectivement en 2016 et 2018 sur la criticité des terres rares et la résilience de la chaîne d'approvisionnement américaine<sup>57</sup>. Le troisième provient d'un groupe de travail de l'OTAN qui s'est également penché sur le sujet en 2015<sup>58</sup>. Les quatrième et cinquième, issus de l'Union européenne<sup>59</sup> et du Comité des Métaux Stratégiques français (COMES)<sup>60</sup> traitent exclusivement du suivi civil des terres rares, dans leurs dernières mises à jour respectivement de 2017 et 2018.

---

<sup>56</sup> UNITED STATES GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE (GAO), *op. cit.*

<sup>57</sup> INTERAGENCY TASKFORCE IN FULFILLMENT OF EXECUTIVE ORDER 13806, *Assessing and strengthening the manufacturing and Defense Industrial Base and Supply Chain Resiliency of the United States*, Department of Defense, septembre 2018.

<sup>58</sup> OTAN Science and Technology Organization, *op. cit.*

<sup>59</sup> British geological survey, Bureau de recherches géologiques et minières, Deloitte Sustainability, Directorate-General for internal market, industry, entrepreneurship and SMEs (European Commission) & Netherlands organisation for applied scientific research, *Study on the review of the list of Critical Raw Materials*, juin 2017.

<sup>60</sup> Comité pour les métaux stratégiques (COMES), *Note de position sur la criticité des métaux pour l'économie française*, avril 2018.

Le premier volet étudié est la criticité d'approvisionnement général, qui repose sur les critères suivants :

- la disponibilité des ressources au regard du marché global (productions vs demandes) ;
- la fiabilité de l'approvisionnement au regard de facteurs politiques, économiques et/ou sociaux pouvant impacter la production. Ce second point est souligné comme délicat par le rapport de l'OTAN qui rappelle qu'il s'agit d'anticiper, pour des programmes militaires pouvant durer jusqu'à 40 ans, si le choix technologique ne sera pas contrarié par des quotas d'exports ou autres restrictions dans cette durée si longue ! Le rapport du DoD donne pour exemple le lanthane dont l'approvisionnement depuis l'Australie est peu porteur de risques dans la durée. Il insiste en revanche sur le risque de contrefaçons sur l'ensemble des terres rares, mettant en lumière le nombre croissant d'incidents liés à des composants électroniques contrefaits en Chine (d'environ 3 000 cas en 2005 à 9 000 en 2008).
- La diversité des lieux d'approvisionnement pour un même minéral.

S'ajoute à ce volet les criticités d'approvisionnement spécifiques à la Défense qui se jugent au regard du nombre de pays alliés et/ou neutres étant sources d'approvisionnement pour un minéral ou son produit fini (ce qui fiabilise l'approvisionnement en cas de conflit).

Enfin, ces criticités sont complétées par la mesure de l'impact que pourrait avoir une pénurie sur les équipements de Défense : quelles seraient les capacités opérationnelles alors fragilisées ?

Par un système de cotation de ces grands domaines (risques liés à l'approvisionnement général et à celui spécifiquement « Défense » ; impact sur les capacités militaires) il apparaît possible de quantifier les risques portant sur les minerais et les équipements. Peuvent ainsi être mises en lumière les criticités suivantes (issues du rapport de l'OTAN mais corroborant les criticités soulignées dans les autres rapports) :

**Tableau 5 : Synthèse de l'analyse de criticité de l'OTAN<sup>61</sup>, corroborée avec les éléments des autres rapports précédemment cités**

Impact sur les capacités opérationnelles	4 (élevé)			néodyme praesodyme	dysprosium
	3			yttrium	
	2		cérium, lanthane, CZT <sup>62</sup>	samarium europium	
	1 (faible)				thulium
		1 (faible)	2	3	4 (élevé)
	Risque d'approvisionnement				

Se retrouvent ainsi comme produits les plus critiques : l'yttrium (utilisé pour les lasers, sonars, radars, systèmes d'armes et munitions, *etc.*), le néodyme (composant principal pour les aimants permanents à fort flux), le praséodyme (composant également pour des aimants) et surtout le dysprosium (également utilisé dans les aimants pour préserver l'électromagnétisme à haute température ambiante).

Tout comme pour les applications civiles, les aimants à base de terres rares montrent ici leur faiblesse puisqu'en plus d'être une des technologies les plus employées, c'est également celle qui se montre la plus vulnérable. La capacité de fabrication d'aimants, dominée jusqu'en 2001 par l'usine américaine Magnequench, repose aujourd'hui quasi-entièrement sur la Chine (une petite partie restant au Japon et en Allemagne) faute, pour les pays

<sup>61</sup> OTAN Science and Technology Organization, *op. cit.*

<sup>62</sup> CZT: alliage cadmium-zinc-telluride.

occidentaux, d'avoir su déceler la criticité de ces composants à temps. L'exemple le plus emblématique de cette vulnérabilité, décrit par Guillaume Pitron<sup>63</sup>, reste ainsi l'usage d'aimants chinois au cœur de la fabrication de l'avion F-35 américain. Le chapitre 3 sera l'occasion de revenir sur l'usage des terres rares dans les aimants permanents au travers de recherche de solutions de substitutions.

\*  
\* \*

Les terres rares représentent ainsi un sujet majeur pour la Défense, au travers des enjeux qu'elles véhiculent. Surveiller leur approvisionnement est nécessaire pour conserver une supériorité technologique face à de potentiels adversaires. Cette surveillance permet également d'anticiper et contrôler les tensions pesant sur l'ensemble des flux mondiaux en minerais, alors même que ces sources de conflits s'accroissent.

La Défense utilise de nombreuses terres rares pour ses technologies embarquées. Deux domaines se montrent en particulier sensibles : les systèmes d'armes et munitions (missiles notamment) et les systèmes de propulsion (aimants permanents).

En croisant les criticités d'approvisionnements civils et spécifiquement militaires avec l'impact stratégique sur les fonctions opérationnelles, apparaissent les secteurs les plus critiques des terres rares pour la Défense. Il s'agit ainsi de l'yttrium, du néodyme, du dysprosium et du praséodyme, ces terres rares servant principalement à fabriquer des aimants permanents et des alliages résistants aux hautes températures (yttrium).

---

<sup>63</sup> PITRON, *op. cit.*

La criticité des terres rares est donc réelle pour la Défense. De l'approvisionnement de ces minerais ou des produits finis dépendent l'indépendance stratégique et la capacité de réaction des puissances occidentales. Les quantités de terres rares en jeu restent toutefois suffisamment faibles, aux côtés de celles des grandes industries du numérique et de la transition énergétique, pour ne pas avoir à craindre une concurrence réduisant l'accès de la Défense aux ressources.

Pour autant, la situation semble de moins en moins maîtrisée pour la Défense en raison de l'hégémonie grandissante de la Chine, tandis que s'accroissent pour l'Europe, l'OTAN et les États-Unis les listes de métaux jugés critiques, métaux dont les terres rares sont le fer de lance. Si une prise de conscience a bien eu lieu depuis 2010, quels choix peuvent alors s'offrir pour proposer des alternatives à l'emprise chinoise et stopper la perte progressive d'autonomie stratégique ?

### **3. L'heure du choix : réagir ou décliner stratégiquement**

La prédominance de la Chine sur toute la chaîne d'approvisionnement des terres rares a été présentée. Les difficultés à faire émerger de nouvelles chaînes, qu'elles soient économiques, environnementales, sociales ou encore politiques empêchent aujourd'hui de trouver de réelles alternatives à cette domination chinoise. Pourtant, nous venons de le voir, l'approvisionnement en terres rares, en particulier en terres rares lourdes (dysprosium), impacte fortement la Défense de la France et de ses alliés : elle fragilise en effet le maintien d'une supériorité technique militaire et ravive des tensions interétatiques susceptibles d'accoucher de conflits ouverts.

Face à ces menaces, quelles solutions adopter ? Le déclin de la puissance militaire est-il inéluctable en France et chez ses alliés, au sein de l'OTAN et de l'Europe ?

#### ***3.1. À la recherche de solutions palliatives***

À l'évidence, des solutions existent et les situations de crises sont par essence des terreaux pour les amener à se développer. Simples à prononcer, ces solutions méritent toutefois d'être étayées. Il s'agit ainsi de regarder comment elles peuvent permettre à court, moyen ou long terme d'éviter la pleine dépendance des marchés à la Chine. Elles passent par les moyens suivants : créer des stocks stratégiques, ouvrir ou ré-ouvrir des mines et usines de transformation sur nos territoires ou ceux de nos alliés, recycler et enfin chercher des produits de substitution.

Condition capitale pour garantir la réussite d'une ou des options choisies, une vision sur le long terme doit être établie et couplée à une vraie stratégie.

### *Créer des stocks stratégiques*

Des stocks stratégiques avaient été créés durant la Guerre froide pour pallier toute rupture d'approvisionnement en métaux. Depuis les années 1980, pour des raisons de coûts principalement, ces stocks stratégiques de métaux ont disparus au profit d'une *just in time supply chain*<sup>64</sup>, pour reprendre une expression anglo-saxonne.

Cette solution de stocks, pratique et rapide à mettre en place, présente toutefois de gros inconvénients. Le premier inconvénient tient à la définition du besoin : quels métaux ou produits finis (aimants par exemple) seront encore critiques pour la Défense dans dix ans et nécessiteraient des stocks ? En quelle quantité et pour garantir quelle autonomie ? Le second des inconvénients est la déstabilisation possible d'un marché déjà fragile car trop petit et sans amortissement possible : l'achat de stocks augmentant la demande, il ferait par conséquence élever les prix et pourrait provoquer une crise identique à celle de 2010-2012 qui avait vu se multiplier par plusieurs centaines les prix de certaines terres rares. Dans le même esprit, imaginer un stock glissant où les métaux achetés seraient revendus sur le marché pourrait également être un facteur de déstabilisation des prix pour les mêmes raisons.

Ainsi, compte-tenu de ces contraintes et du coût élevé qui avait déjà été un frein aux stocks stratégiques en fin de Guerre froide, ces stocks ne présentent pas une bonne solution pour garder une indépendance relative face à la Chine. En revanche, il peut être intéressant pour certains produits - ou matériels - spécifiques que ceux-ci soient stockés par les industriels de Défense qui saurait mieux

---

<sup>64</sup> Chaîne d'approvisionnement au juste besoin, sans marge

évaluer leur besoin et éviter les dépenses inutiles. Cela pourrait ainsi être le cas des terres rares nécessaires par exemple aux vecteurs nucléaires utiles pour la Dissuasion<sup>65</sup>. L'État ayant incité à ces stocks pourrait alors joindre des mesures de valorisation (assurance des transactions, décharge fiscale par exemple).

#### *Ré-ouvrir des mines et/ou usines de transformation*

Solution la plus intuitive, l'ouverture ou réouverture de mines dans des pays alliés ou neutre apparaît une solution idéale pour réduire la dépendance aux mines de terres rares chinoises. L'histoire de la réouverture de Mountain Pass en 2012, à la suite de la flambée des prix des terres rares, reste un exemple marquant de cette idée. Trois ans plus tard, cette mine devait toutefois de nouveau fermer faute de rentabilité et de soutien de l'État fédéral. Avec elle, de nombreux projets en devenir ont été également enterrés après que les prix des terres rares aient chuté en 2015. L'ouverture ou réouverture d'une mine ne peut donc fonctionner qu'avec un soutien étatique pour permettre à l'industriel engagé de disposer d'une sécurisation de ses capitaux. La mine Mount Weld de Lynas, en Australie, est un bon exemple de la plus-value d'un tel soutien étatique puisque, grâce à celui du Japon, elle a su perdurer après 2015 et s'approprier environ 9% de la production mondiale officielle des terres rares. Cette solution peut donc fonctionner. Elle nécessite toutefois de disposer également d'un savoir-faire et d'une capacité à développer de nouvelles technologies pour trouver sa place sur le marché<sup>66</sup>. Deux technologies peuvent ainsi valoir d'être maîtrisées : l'hydrométallurgie et la

---

<sup>65</sup> Il est probable que ce soit déjà le cas de manière discrète.

<sup>66</sup> BAILEY GRASSO, *op. cit.*

pyrométallurgie. L'hydrométallurgie, qui utilise la dissolution des matériaux dans un bain acide pour ensuite, grâce à des solvants, en extraire les terres rares, s'avère la plus répandue et propose déjà une bonne plus-value par rapport aux anciennes méthodes de séparation car elle se montre moins polluante<sup>67</sup>.

L'enjeu majeur d'une réouverture de mine reste toutefois aujourd'hui l'impact sur l'environnement. Les populations sont opposées aux usines de terres rares, que ce soit en Malaisie, en France, en Chine, en Australie et aux États-Unis. L'extraction amène en effet très souvent à entreposer des déchets radioactifs et nécessitent beaucoup d'eau<sup>68</sup>. Ouvrir une mine oblige donc à une gestion rigoureuse des déchets associée à une communication transparente.

Enfin, ouvrir une mine nécessite bien évidemment de posséder un gisement, ce qui est loin d'être aisé, qui plus est pour un gisement à fort taux de terres rares. Or aujourd'hui aucun gisement n'existe sur le sol européen (hors Groenland et fonds marins non encore exploités) : le choix d'un pays neutre sera donc à trouver en compétition avec d'autres pays et industriels.

Mais ouvrir une mine ne suffit pas. S'il s'agit d'extraire des terres rares devant ensuite être transformées en Chine, la prise d'indépendance stratégique reste nulle (ce pourrait être le cas pour le projet australien à Kvanefjeld, au Groenland, où l'entreprise chinoise Shenghe Resources accroît progressivement sa prise de capitaux. Il peut alors être nécessaire de choisir également de retrouver une capacité de haute-valeur ajoutée, soit par

---

<sup>67</sup> HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *op. cit.*

<sup>68</sup> 200 m<sup>3</sup> d'eau sont nécessaires pour extraire une tonne de terres rares.

le rapatriement de technologies (par exemple Solvay ou l'allemand Vacuumschmelze, fabricant d'aimants, qui délocalisent actuellement en Chine pour des raisons de coûts) soit par la création d'une nouvelle filière (ce que tentent les États-Unis depuis 2017 après avoir perdu Magnequench en 2006). Outre le besoin de soutien financier des États sur ces opérations nécessairement déficitaires au moins à leurs débuts, il est également là aussi nécessaire de posséder le savoir-faire et d'avoir du temps, car reprendre de telles compétences peut nécessiter jusqu'à 15 ans !<sup>69</sup>

L'ouverture ou réouverture de mine, la réinstallation de capacités de transformation des terres rares sont ainsi des solutions réalistes aux enjeux stratégiques d'approvisionnement de ces métaux. Ils reposent toutefois sur une analyse fine des besoins, un soutien financier conséquent pour les États et un temps long pouvant aller jusqu'à 15 ans avant d'obtenir des résultats. Enfin, point majeur, les réticences sociales doivent être surmontées par une gestion responsable des mines pour éviter pollutions et risques sur la santé des habitants.

---

<sup>69</sup> BAILEY GRASSO, *ibid.*

## *Recycler*

Le recyclage des terres rares et des métaux en général est une solution de plus en plus discutée au fur et à mesure que les marchés d’approvisionnement se tendent. L’expression de « mine urbaine », pour parler des nombreux métaux présents dans les déchets, valorise cette tendance. Il s’agit, dans le recyclage, de traiter physiquement ou à l’aide de la chimie, les déchets pour en extraire les matériaux réutilisables. Ce traitement repose sur une chaîne de « *collecte sélective, prise en charge des filières spécialisées et réinsertion des produits recyclés sur les marchés* »<sup>70</sup> qui reste toutefois complexe pour les terres rares. Ce recyclage pourrait toutefois être une bonne solution pour diminuer la dépendance à la Chine et ainsi garantir une autonomie stratégique. Aujourd’hui tout reste à faire tant les taux de recyclage des terres rares sont bas (1% en moyenne). Il est évident que l’intérêt repose ici sur tous les déchets porteurs de terres rares et pas seulement ceux d’équipements militaires. Une priorité d’allocation des terres rares recyclées pourrait en revanche facilement être attribuable aux besoins spécifiques pour la Défense.

La première des difficultés à surmonter reste la faible quantité de terres rares dans certains produits, mais aussi très souvent l’ignorance de cette quantité. Il s’avère ainsi plus facile dans un premier temps de s’attaquer à des marchés bien connus et maîtrisés : les éoliennes, dont les premières arrivent en démantèlement, peuvent porter plusieurs centaines de kilogrammes d’aimants permanents chacune par exemple ; idem pour les voitures électriques

---

<sup>70</sup> GARCIER (Romain) et VERRAX (Fanny), *Critiques mais non recyclées : expliquer les limites au recyclage des terres rares en Europe*, Flux, 2017/2 (N° 108), 2017, p. 51-63.

avec entre 1 et 15 kg de lanthane (issu de la batterie) et 1kg de néodyme (dans le moteur)<sup>71</sup>.

D'un point de vue technologique, des solutions de recyclage existent déjà, même si elles peuvent encore être améliorées. Solvay a ainsi valorisé jusqu'en 2016 des poudres luminophores à La Rochelle à partir de déchets d'ampoules et a également étudié le recyclage des batteries NiMH avec Umicore ainsi que celui des aimants. Le Japon recycle pour sa part un tiers de ses aimants permanents en 2016<sup>72</sup>.

Si le recyclage ne décolle pas alors qu'il permettrait une forte augmentation d'autonomie des approvisionnements, c'est bien avant tout pour sa non rentabilité face aux prix bas chinois. C'est la raison qui a obligé Solvay à arrêter son recyclage en France en 2016. Dans un marché aux prix volatiles, investir dans le recyclage nécessite en effet d'avoir des garanties financières sérieuses qui doivent être apportées par un engagement politique fort, à l'instar de ce que fait le Japon.

Le recyclage peut donc tout à fait être une des solutions pour gagner en autonomie mais il faut, pour que cela fonctionne, sélectionner les plus gros marchés à recycler (éoliennes, véhicules électriques, catalyseurs de raffinage industriel), créer un *business model* du recyclage des terres rares pour que les entreprises y trouvent leur intérêt (cela passerait par un soutien de l'État législatif et/ou financier) et enfin s'appuyer sur des technologies de plus en plus performantes pour élargir progressivement ce marché à des produits plus petits.

---

<sup>71</sup> Pour des moteurs synchrones à aimants permanents.

<sup>72</sup> HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *op. cit.*

Bien évidemment il reste nécessaire de sécuriser également la chaîne en aval jusqu'au produit fini sans quoi le recyclage n'aura apporté aucune plus-value stratégique.

### *Substituer*

À moyen et long terme, une des solutions les plus efficaces pour réduire les tensions sur les approvisionnements de terres rares repose sur la recherche et la mise au point de nouvelles technologies permettant soit de supprimer les terres rares d'un matériel, soit d'en réduire considérablement la quantité.

Cette substitution de technologie s'avère toutefois coûteuse, longue à mettre en place pour les équipements militaires (besoin d'une certification particulière, notamment pour les avions et armements) et peut également s'avérer infaisable au bout du compte. Substituer une technologie à base de terres rares peut également aboutir à une nouvelle faiblesse d'approvisionnement d'un autre minerai qu'il reste difficile de prévoir.

Néanmoins, malgré ces inconvénients, la substitution se montre une voie prometteuse pour les terres rares. L'exemple le plus parlant reste la substitution des lampes basse consommation par des lampes à LED : alors que l'europlum était une terre rare extrêmement chère et critique depuis 2010<sup>73</sup>, il voit aujourd'hui sa criticité fortement réduite grâce à cette substitution<sup>74</sup>, ce qui profite aux utilisations militaires (écrans, caméras). Un autre

---

<sup>73</sup> Les lampes basse consommation utilisant de l'europlum, de l'yttrium et du terbium.

<sup>74</sup> Témoignage de M. Alain Rollat, Solvay, dans HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *op. cit.*

exemple d'amélioration est celui des poudres de polissage pour écrans dont les besoins ont pu être divisés par deux en optimisant leur utilisation<sup>75</sup>.

Le plus gros enjeu, nous l'avons vu, réside dans la solution à trouver pour le marché des aimants permanents dont la Chine est aujourd'hui le plus gros producteur. Deux technologies coexistent pour ces aimants : l'une à base de samarium cobalt (SmCo), l'autre reposant sur l'alliage de néodyme fer bore (NdFeB). Ce sont surtout ceux issues de cette deuxième catégorie qui sont utilisés pour les technologies militaires en raison de leur plus grande puissance magnétique. Toutefois, le NdFeB perd ses propriétés par forte chaleur, d'où le besoin d'ajout de dysprosium dans les aimants (à hauteur de 2 à 11%) pour préserver le magnétisme dans des températures élevées. Ce sont donc le néodyme et le dysprosium qui posent le plus de problèmes d'approvisionnement pour les aimants les plus utilisés. Pour ces aimants, sauf à remplacer par des aimants de moindre capacité magnétique et plus grande taille, il n'existe pas encore de substitution possible. Néanmoins, les recherches menées laissent entrevoir des possibilités d'*a minima* réduire la dépendance à ces métaux, dont notamment celle au dysprosium, métal produit aujourd'hui exclusivement en Chine :

- Siemens a ainsi montré qu'en ajoutant un système de refroidissement, il était possible de se passer de dysprosium pour de gros aimants<sup>76</sup> ;
- il est possible de répartir de manière plus fine le dysprosium sur de petits aimants pour une même

---

<sup>75</sup> Témoignage de M. Éric Noyrez, Lynas, dans HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *op. cit.*

<sup>76</sup> HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *op. cit.*

efficacité, ce qui permet de réduire par cinq l'usage de dysprosium<sup>77</sup> ;

- le dysprosium et le néodyme peuvent être remplacées dans une certaine mesure par d'autres terres rares (respectivement terbium et praséodyme)<sup>78</sup> ;
- la composition des aimants pourrait également être modifiée à iso-performance, en ajoutant hydrogène, carbone, azote ou en jouant sur la nano-structuration<sup>79</sup>.

La solution la plus intéressante reste toutefois pour les moteurs électriques, dont les modèles synchrones sont de gros consommateurs d'aimants permanents, de changer totalement de technologie pour lui préférer des moteurs électriques sans aimants. C'est déjà l'option choisie par de nombreux industriels : Boulder Wind Power et Siemens pour des éoliennes, Renault pour sa voiture Zoé notamment. Les applications militaires, nécessitant de la redondance, trouveraient en l'optimisation des commandes électroniques de machines asynchrones de bonnes alternatives sans aimant : c'est notamment ce que propose le concept de Machine à double alimentation (MADA<sup>80</sup>).

Concernant les batteries NiMH, plusieurs solutions de substitutions de terres rares se co-développent : utilisation de samarium à la place des néodyme et

---

<sup>77</sup> *Id.*

<sup>78</sup> Témoignage de M. Alain Rollat, Solvay, dans HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *op. cit.*

<sup>79</sup> Témoignage de M. Michel Latroche, CNRS, dans HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *op. cit.*

<sup>80</sup> BONNET (François), *Contribution à l'optimisation de la commande d'une machine asynchrone à double alimentation utilisée en mode moteur*, Thèse de l'université de Toulouse, Institut National polytechnique de Toulouse, 30 septembre 2008.

praséodyme par SAFT<sup>81</sup> ou encore utilisation de magnésium par le CNRS<sup>82</sup>. Le développement des batteries au lithium-ion (Li-ion) pourraient toutefois également permettre, comme pour les ampoules, de passer à une technologie sans terre rare.

Ainsi, de nombreuses solutions de substitution, fruits de longues recherches, peuvent permettre de diminuer fortement la quantité de terres rares des applications militaires mais aussi civiles. En réduisant la quantité des marchés, les prix et la criticité peuvent alors diminuer comme ce fut le cas de l'euporium avec l'avènement des ampoules à LED. Toutefois la substitution reste une solution inaccessible à court terme et nécessite des financements et des études sur un temps long. Onéreuse donc, elle oblige par ailleurs à porter une attention toute particulière aux nouvelles technologies : sont-elles, comme le lithium des batteries Li-ion, susceptibles d'être également des marchés sous tensions dans les années à venir ?

---

<sup>81</sup> Témoignage de Mme Anne de Guilbert, SAFT, dans HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *op. cit.*

<sup>82</sup> Témoignage de M. Olivier Vidal, CNRS, dans HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *op. cit.*

... *Mais avant tout avoir une stratégie sur le long terme !*

Stocker, recycler ou encore substituer, toutes les solutions présentées pour détendre la criticité des approvisionnements en terres rares pour la Défense nécessitent des investissements conséquents mais aussi une analyse fine du besoin prospectif à dix-quinze ans pour justifier d'un bon engagement de ces investissements. Sur un marché aussi petit que celui des terres rares, cela n'est pas chose aisée :

- existe d'abord le facteur coût. Le dysprosium, terre rare parmi les plus critiques pour la Défense comme cela a été montré, avait subi une flambée des prix après 2010 avant de voir ces mêmes prix chuter brutalement en 2015 en raison de la fin des taxes et quotas d'exportation chinois mais également en raison de la substitution et l'optimisation de son utilisation)<sup>83</sup>. L'exemple du nickel, dont le cours a varié entre 3 000 \$ et 55 000 \$ la tonne ces vingt dernières années montre que l'engagement devra être soutenu par les États pour être viable et ne pas s'effondrer aux premières modifications du marché.
- Vient ensuite l'évaluation du besoin. L'exemple de l'euporium évoqué dans le cas des lampes mais également le cas du germanium, utilisé dans les optiques infrarouges il y a trente ans mais aujourd'hui peu usité<sup>84</sup>, montrent bien l'importance de correctement mesurer les métaux sur lesquels l'effort doit être porté.
- Enfin, les fluctuations des stocks annoncés méritent d'être traitées avec circonspection : depuis soixante-

---

<sup>83</sup> Comité pour les métaux stratégiques (COMES), *op. cit.*

<sup>84</sup> Témoignage de M. Christian Hocquard, BRGM, dans HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *op. cit.*

dix ans, les stocks de cuivres sont ainsi prédits comme limités à quarante ans d'exploitation. Dans le cadre des terres rares, il s'avère surtout nécessaire de s'attarder sur les terres rares lourdes et en particulier le dysprosium puisqu'aujourd'hui presque seule la Chine en produit.

Il apparaît ainsi clairement que les solutions de stockage, recyclage et/ou substitutions doivent avant tout être portées par des stratégies politiques claires et sur le long terme. Le poids des investissements ne saurait en effet reposer sur les seuls industriels de Défense et civils pour qui, aujourd'hui, le *business model* des terres rares ne permet pas de s'affranchir de la dépendance à la Chine.

Où en sont la France et ses alliés sur ce point ? Les efforts engagés sont-ils suffisants ?

### ***3.2. États-Unis, Japon, Allemagne : une résilience reposant sur une stratégie de Défense assumée***

Comme dans les autres pays du monde, la crise des terres rares en 2010-2012 aura rappelé aux États-Unis l'importance stratégique qu'avait leur industrie des terres rares, portée par Mountain Pass et Magnequench, avant leurs transferts de production en Chine. Les Japonais, plus que tous autres, auront également pris conscience de leur dépendance au travers de cette crise et des quotas d'exportations imposés par Beijing. C'est également le cas de l'industrie allemande, fortement robotisée et dépendante d'aimants permanents. Ces trois pays, à des degrés divers, ont mis en place des stratégies fortes pour assurer la résilience, d'abord civile, mais également militaire de leurs industries.

*Les États-Unis : une réponse budgétaire sur fond de guerre économique avec la Chine*

Aux États-Unis, la veille stratégique et la prospective sont assurées par des organismes importants et dotés de budgets à la hauteur des enjeux<sup>85</sup>. Au côté d'autres institutions permanentes<sup>86</sup>, l'*US Geological Survey* publie chaque année sur les industries minières de 180 pays et sur 90 minerais et matériels différents. Le *Gouvernement Accountability Office* (GAO) agrège également régulièrement des groupes de travail au service de la Défense. Ce fut le cas à l'occasion d'un rapport de 2016 qui regroupait trois structures du *DoD* ayant à cette occasion planché sur la criticité des terres rares pour la Défense américaine (approvisionnement, risques sur les fonctions opérationnelles). Ce fut également le cas du rapport de 2018 du *DoD* demandé par le président Trump et portant sur la résilience de toute la chaîne industrielle d'approvisionnement et de transformation au profit de l'industrie manufacturière et de la base industrielle et technologique de la Défense (BITD). Ce rapport, soulignant le déclin des compétences de la BITD américaine et la fragilisation des filières d'approvisionnement américaines, en particulier pour les terres rares, propose des solutions pour une reconquête de l'autonomie stratégique américaine.

Les États-Unis, faisant le constat du faible taux de recyclage (batteries, aimants et autres lampes fluorescentes) et du manque de solutions de substitution, augmentent fortement en contrepartie leurs stocks

---

<sup>85</sup> 16 M\$ de budget et 120 personnes employées à l'USGS, équivalent du BRGM par exemple, selon HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *ibid*, tome I, p. 52.

<sup>86</sup> *National Research Council, Institute For Defense Analysis, Department Of Energy, American Physical Society, Material Research Society* notamment.

stratégiques de terres rares<sup>87</sup>. Ces stocks, encore modestes en 2017 (0,1 t de dysprosium, 0,5 t de ferrodysprosium, 24,5 t d'yttrium) devraient ainsi augmenter de manière considérable en 2019 avec 0,5 t de dysprosium supplémentaires, 18 t d'europium, 10 t d'yttrium et 416 t d'autres terres rares. Ces 416 t découlent de plus d'une décision récente puisque qu'ils n'étaient encore pas envisagés en 2017<sup>88</sup>. Dans le cadre d'importations en terres rares qui augmentent de 6% entre 2015 et 2018, les Américains diversifient également leurs recherches de nouvelles exploitations sur leur sol et à l'étranger, et tentent de relancer une chaîne d'approvisionnement locale d'aimants permanents depuis la vente de Magnequench.

Ainsi, grâce à des organismes solidement implantés avec des budgets conséquents, les États-Unis peuvent assurer une veille stratégique et une analyse prospective sur le temps long (pour exemple, le rapport sorti en 2010 par un *Think-Thank* sur la transition énergétique post-pétrole des armées se veut visionnaire<sup>89</sup>). Enfin, assumant leur guerre économique avec la Chine (cité dans leurs rapports<sup>90</sup>), ils diversifient leurs moyens d'actions en s'appuyant surtout, pour le court terme, sur la constitution de stocks stratégiques et une politique de fermeté dans cette guerre économique face à Beijing<sup>91</sup>.

---

<sup>87</sup> US Geological Survey, *op. cit.*

<sup>88</sup> *Id.*

<sup>89</sup> PARTHEMORT (Christine, Center for a Next American Security) et NAGL (John, Center for a Next American Security), *fueling the future force: preparing the department of Defense for a post-petroleum era*, septembre 2010.

<sup>90</sup> Rapport 2018 BITD

<sup>91</sup> L'interdiction de matériels chinois des entreprises ZTE et Huawei en est le meilleur exemple en ce début d'année 2019.

*Le Japon : un soutien fort à la sécurisation des approvisionnements et au recyclage*

Le Japon a subi de plein fouet la réduction des exports chinois et la montée des prix des terres rares entre 2010 et 2012. Agissant comme un électrochoc, cette crise a poussé Tokyo à assumer un soutien actif à ses approvisionnements et à investir dans des solutions palliatives à un approvisionnement exclusivement chinois. C'est l'objet de la stratégie définie en 2010 et visant dans un premier temps à sécuriser les approvisionnements de terres rares depuis l'étranger. Dotée d'un budget annuel d'une centaine de millions d'euros, c'est la *Japan Oil, Gaz and Metals Exploration Company* (JOGMEC) qui répond à ce besoin en investissant dans de nombreux projets miniers auxquels elle assure en contrepartie des débouchés constants sur le marché japonais.

Adossés à la *New Energy and Industrial Technology Development Organization* (NEDO), organisme indépendant, les entreprises et chercheurs peuvent également profiter de projets et financements communs comme celui ayant permis le développement d'un moteur utilisant moins de terres rares en 2010.

La mise en application de ces projets volontaristes permet ainsi aujourd'hui :

- un recyclage poussé dans la « mine urbaine ». Un tiers des aimants permanents nippons sont notamment recyclés<sup>92</sup>. Seize entreprises se partagent le recyclage des métaux avec une attitude pragmatique visant à

---

<sup>92</sup> DU CASTEL, *op. cit.*

- mettre en sommeil les techniques conjoncturellement trop chères pour les reprendre plus tard si besoin<sup>93</sup> ;
- des programmes de recherche de substituts aux métaux rares. Porté par la NEDO, un de ces programmes a notamment bénéficié de 420 M\$ entre 2010 et 2015<sup>94</sup> ;
  - des stocks de terres rares complétés avec l'aide de la *Japan Bank for International Corporation* (JEBIC), une banque d'investissement public japonaise<sup>95</sup> ;
  - des investissements par la JOCMEC dans des gisements exploités, notamment à Mount Weld, la mine de Lynas en Australie.

Enfin, alors que les aimants cristallisent l'essentiel des tensions sur le marché des terres rares, *Hitachi Metals*, qui détient 600 brevets sur les aimants NdFeBr, a décidé de prolonger ces brevets jusqu'en 2029. Cette stratégie de protection économique contraint la Chine dans sa fabrication et ses exportations<sup>96</sup>, et conduit aujourd'hui à un procès de neuf sociétés chinoises devant les tribunaux américains.

Complétant tous ces outils protecteurs, le gouvernement japonais a également validé en mai 2018 son troisième plan quinquennal sur la politique océanique qui prône l'exploitation de l'océan pour l'industrie dont l'utilisation des boues contenant des terres rares, non sans inciter à correctement informer les populations et préserver l'environnement<sup>97</sup>.

---

<sup>93</sup> HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *op. cit.*

<sup>94</sup> *Id.*

<sup>95</sup> *Id.*

<sup>96</sup> 149 brevets sont actuellement autorisés par Hitachi en Chine et les exports chinois sont limités à un quart des aimants produits.

<sup>97</sup> DGA/TN, *Lettre d'actualité navale n°28/2018*, 2 juillet 2018.

Dépendant fortement des terres rares pour son industrie et sa Défense, le Japon met ainsi en œuvre une stratégie protectrice de ses entreprises et favorise les solutions de recyclage, substitution, stocks, sécurisation des approvisionnements mais également de guerre commerciale avec la Chine. Grâce à ces avancées, il n'importait plus que 50% de ses besoins en terres rares en 2015 contre 90% en 2009<sup>98</sup>.

*L'Allemagne : un exemple européen*

Dernier exemple vertueux de gestion stratégique étatique, l'Allemagne promeut des alliances entre groupes au travers de la Rohstoffallianz GMBH qui regroupe des entreprises internationales allemandes (Bosch, VW, Rockwood, Thyssen group, etc.).

Adossée à une stratégie explicitée par des documents du gouvernement, l'Allemagne utilise notamment les mesures d'efficacité suivantes :

- un système de garantie protégeant les entreprises des aléas économiques et/ou politiques pour les investissements miniers<sup>99</sup>. Existant depuis 1961 ce système fait encore parfaitement ses preuves ;
- des partenariats avec la Mongolie, le Kazakhstan ou encore le Chili pour diversifier ses approvisionnements ;
- l'utilisation d'armes économiques pour garantir ses intérêts. Dans le cadre des terres rares, existe notamment un groupe d'intelligence économique

---

<sup>98</sup> DU CASTEL, *op. cit.*

<sup>99</sup> <https://www.agaportal.de/en/ufk-garantien/grundlagen-ufk/grundzuege-ufk> consulté le 4 février 2019.

géologique travaillant au profit de toutes les entreprises allemandes.

Comme pour le Japon, ces mesures permettent aux entreprises allemandes d'élaborer des contrats *offtake*<sup>100</sup>.

Malgré tout, la fragilisation de Vacuumschmelzz, principal producteur d'aimants permanents en Europe et obligé de réduire son activité en Allemagne tout en délocalisant en Chine en 2016<sup>101</sup>, montre que le système allemand possède également des limites.

Assureur historique de ses entreprises de matières premières, l'Allemagne assume ainsi une stratégie de protection de ses approvisionnements et savoir-faire relatifs aux terres rares. Même si Vacuumschmelzz perd en puissance, l'Allemagne reste un modèle au sein de l'Europe, de réponse possible aux enjeux des terres rares pour la Défense.

Ainsi, États-Unis, Japon, Allemagne - mais auraient également pu être citées l'Australie, la Finlande ou la Suède - présentent des stratégies nationales à même de renforcer la chaîne des terres rares pour la Défense et l'économie tout entière. Loin d'être parfaites, ces stratégies permettent toutefois d'agréger tous les acteurs autour d'une même politique œuvrant pour la sécurité des terres rares de la Défense de ces pays.

### ***3.3. L'OTAN, une vision transverse mais une solidarité impossible entre BITD concurrentes***

---

<sup>100</sup> Type de contrat garantissant les ressources en échange d'un investissement consenti.

<sup>101</sup> HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *op. cit.*, p. 160.

Disposant d'équipements militaires de générations similaires, les pays de l'OTAN affrontent les mêmes enjeux concernant les terres rares : tous dépendent de la Chine et sont sensibles, plus ou moins fortement suivant leurs entreprises industrielles, aux fluctuations des tensions sur le marché.

À ce titre, le rapport de l'OTAN « *Impact of Scarcity of Materials on Military Structural, Mechanical, Propulsion and Power System* » de 2015<sup>102</sup> montre l'intérêt d'un dialogue entre industriels de Défense : ce dialogue aurait notamment permis, s'il avait été initié plus tôt, d'identifier les risques d'une dépendance aux aimants chinois pour les capacités opérationnelles de l'OTAN.

Néanmoins, si elle permet d'établir une bonne cartographie des risques, la coopération entre pays de l'OTAN ne saurait apporter de franche réponse à l'enjeu des terres rares pour ses États membres. La première raison en est que ces pays membres préservent leurs industries concurrentes sur le marché de ventes d'armes et d'équipements. Cela ne saurait être compatible avec un échange plus poussé des technologies employées, partage pourtant indispensable pour une quantification efficace des besoins en terres rares. Les tensions économiques sur les appels d'offres entre avions de chasse concurrents, Eurofighter, Rafale, F35 américain ou encore F18 et Grippen en sont un bon exemple.

Ensuite, un partage trop poussé de la stratégie des terres rares dans un OTAN dominé par les États-Unis créerait inévitablement une dépendance des autres pays à l'industrie américaine. Face à une politique économique agressive des Américains, le savoir-faire européen et notamment français se trouverait fragilisé. La mainmise sur la branche énergie d'Alstom par General Electric ou

---

<sup>102</sup> OTAN Science and Technology Organization, *op. cit.*

encore le rachat de *Technip*, spécialiste des forages, par l'américain *FMC* sont de bons signaux d'alertes de ce risque. Par ailleurs, il n'est pas inutile de se rappeler que lors de la guerre en Irak en 2003, le non alignement français sur les États-Unis avait provoqué un embargo américain sur les pièces détachées destinées à l'armée française. Le général Bentégeat, ancien Chef d'État-major des armées témoigne à ce titre de l'intérêt de l'autonomie stratégique française puisque, grâce à cette autonomie, seules les catapultes du porte-avions « Charles de Gaulle » avaient alors vu leur fonctionnement impacté par cet embargo<sup>103</sup>.

Le cadre de l'OTAN permet ainsi un partage intéressant des bonnes pratiques pour évaluer la criticité des terres rares pour la Défense. Cette organisation reste néanmoins non adaptée à un partage en profondeur des stratégies liées aux terres rares, compte tenu de BITD concurrentes au sein de ses États. Elle ne peut donc porter une stratégie commune de ses pays membres.

---

<sup>103</sup> Témoignage du Gal Bentégeat dans GENDREAU (David) et LERAITRE (Alexandre), *documentaire Guerre fantôme : la vente d'Alstom à General Electric*, Along Production et LCP-Assemblée nationale, [www.guerrefantome.com](http://www.guerrefantome.com), 2017.

### ***3.4. L'UE, des moyens économiques, des investissements, mais une absence d'autorité***

Assurément, l'Union européenne (UE) est aujourd'hui un vivier très actif de recherche sur les terres rares et les solutions pouvant aider à réduire la puissance chinoise dans ce domaine. Disposant d'industriels de qualité au sein de ses États membres, elle présente de nombreux atouts pour garantir son autonomie stratégique. Co-acteur des accords commerciaux, l'UE investit massivement mais peine, faute de pouvoir politique, à imposer une volonté stratégique commune sur les terres rares.

Concernant l'exploitation de ces terres rares, l'UE dispose au sein de ses États de gisements de terres rares lourdes (en Finlande notamment pour du dysprosium à Norra Kärr) mais aussi de gisements *offshore* en outremer Français. Son industrie technologique minière occupe une place de premier plan en raison de sa longue expérience et de ses rendus de qualité élevée. Les techniques d'extraction sont également en pointe avec le lancement en 2013 à Marcoule de l'Institut européen d'hydrométallurgie (IEH) qui promeut cette technologie héritée de la filière nucléaire.

L'UE finance en parallèle de nombreux projets d'étude d'exploitation minière en eaux profondes parmi lesquels : MIDAS<sup>104</sup>, Blue Mining<sup>105</sup> dans le programme

---

<sup>104</sup> MIDAS : Managing Impacts of Deep-sea resource exploitation :resources from the deep sea environment

<sup>105</sup> Blue Mining : Breakthrough Solutions for sustainable exploration and extraction of Deep Sea Mineral Resources

FP7, VAMOS<sup>106</sup>, UNEXMIN<sup>107</sup>, Blue nodules<sup>108</sup>, ROBUST<sup>109</sup> dans le programme Horizon 2020 ou encore ALBATROSS<sup>110</sup>, Blue Atlantis, ERDEM<sup>111</sup> et Seaflores<sup>112</sup>. Ces projets sont coordonnés par des entreprises européennes de renom (TechnipFMC, Eramet, BMT Group Ltd, *etc.*).

Sur le volet substitution, l'UE affiche l'ambition de trouver, d'ici 2020, au moins trois substitutions pour des matières critiques, en s'appuyant sur ses travaux de recherche du programme Horizon 2020.

Le recyclage européen quant à lui est fortement mis en avant grâce à des entreprises de qualité et des programmes de recherche prometteurs, notamment le projet Hydrowee (construction d'une usine pilote d'hydrométallurgie<sup>113</sup>) ou encore le projet Hydrowee Demo (construction de deux usines<sup>114</sup>). Pour mieux connaître le marché, l'UE impose également depuis 2019 l'affichage de la durée de fonctionnement des produits, ce qui devrait aider à l'anticipation de leur recyclage.

L'Europe multiplie ainsi les initiatives de recherche et y alloue les finances nécessaires, dignes des enjeux (600 M€ pour le programme Horizon 2020 sur la période 2014-

---

<sup>106</sup> VAMOS : Viable and Alternative Mine Operating System

<sup>107</sup> UNEXMIN : autonomous underwater explorer for flooded mines

<sup>108</sup> Breakthrough Solutions for the Sustainable Harvesting and Processing of Deep Sea Polymetallic nodules

<sup>109</sup> ROBUST : RObotic subsea exploration technologies

<sup>110</sup> ALBATROSS : alternative blue advanced technologies for research on seafloor sulfides.

<sup>111</sup> Environmentally Responsible Deep-sea mining

<sup>112</sup> Seaflores : breakthrough solutions for seafloor mineral extraction and processing in deep water environment

<sup>113</sup> [https://cordis.europa.eu/result/rcn/158626\\_fr.html](https://cordis.europa.eu/result/rcn/158626_fr.html), Consulté le 9 février 2019.

<sup>114</sup> *Id.*

2020, plus encore pour le programme Horizon Europe prévu pour 2021-2027, 300€ sur 7 ans pour la Communauté de connaissance et d'innovation sur les matières premières)<sup>115</sup>. De nombreuses initiatives de réseaux et groupes sont de plus mises en places en facilitateurs comme par exemple ETP-SMR<sup>116</sup>, avec des acteurs comme TechnipFMC, Eramet, BRGM et INERIS ou encore ERA-MIN<sup>117</sup> qui œuvrent au développement d'une économie circulaire.

L'UE met également en œuvre des moyens pertinents pour sécuriser ses approvisionnements économiques. Elle valorise ainsi depuis 2008 les problématiques de métaux critiques dans les accords de libre échange. Cherchant à diversifier les sources, elle a également passé des accords avec des pays fournisseurs de métaux (Chili, Argentine, Uruguay, Mexique, Colombie mais aussi avec le Groenland).

Toutefois, prisonnière de sa seule légitimité et au cœur de tensions économiques, l'UE peine à affirmer son autorité et à développer un *leadership* notamment dans le recyclage ou l'exploitation des terres rares *offshore*. Certes l'UE a porté plainte contre les quotas chinois devant l'OMC en 2012, mais elle l'a fait aux côtés des États-Unis, du Japon et du Canada. Elle ne pourrait en effet que difficilement porter seule une politique indépendante face

---

<sup>115</sup> Témoignage de M<sup>me</sup> Gwenolé Cozigou, Commission européenne, pour le CESE, <https://www.lecese.fr/content/le-cese-adopte-son-avis-la-dependance-aux-metaux-strategiques-quelles-solutions-pour-leconomie-0>, consulté le 16 janvier 2019.

<sup>116</sup> ETP-SMR: *European technology platform on stainable mineral resources*

<sup>117</sup> ERA-MIN : *Research and Innovation Programme on Raw materials to foster circular economy*, <https://www.era-min.eu/>, consulté le 9 février 2019.

aux autres puissances : le retrait de sa plainte à l'OMC en 1996 qui s'opposait au concept d'extraterritorialité américain en est un bon exemple<sup>118</sup>. Parce qu'elle n'a pas d'affirmation politique et parce que les aspects stratégiques de Défense restent par essence régaliens, l'UE ne peut résoudre à elle seule les problématiques des terres rares en son sein.

Allant au bout de ce que ses moyens financiers lui permettent, l'UE propose néanmoins des outils pertinents et indispensables à ses États membres au travers de sa *Raw Material Initiative*, créée en 2008 pour gérer les approvisionnements des États membres :

- Établissement triennal de la liste des métaux critiques dont toutes les terres rares font partie ;
- Adoption du projet Aster qui quantifie depuis 2015 les flux et stocks de terres rares en Europe (dysprosium, néodyme et terbium notamment) en vue de possibilités de recyclages<sup>119</sup> ;
- Établissement d'un réseau des acteurs des terres rares (industriels, chercheurs, monde académique, groupes de travail) nommé ERECON<sup>120</sup> ;

Grande pourvoyeuse de programmes de recherche et de groupes de travail, l'Union européenne utilise ainsi tous ses moyens pour rendre accessible une « boîte à outils » de solutions aux États concernant les terres rares. Toutefois, par l'aspect régalien du domaine de la Défense et par l'incapacité de l'UE à s'affirmer en *leader* dans le monde

---

<sup>118</sup> DELAGE (Thomas), Entretien avec LAIDI (Ali, chercheur à l'IRIS), *L'extraterritorialité du droit américain : une arme commerciale ?*, Les grands dossiers de Diplomatie n°47, Diplomatie, octobre 2018, p. 87-90.

<sup>119</sup> <http://www.brgm.fr/publication-presse/projet-aster-flux-stocks-terres-rares-europe>, consulté le 6 février 2019.

<sup>120</sup> ERECON : *European Rare Earths Competency Network*

des terres rares, les problématiques de ces métaux restent dévolues aux États qui ne disposent pourtant pas des mêmes leviers économiques que l'Europe pour tenter de préserver leurs intérêts. Plusieurs pistes viennent néanmoins témoigner d'une prise de conscience et d'une élaboration de stratégie de Défense européenne :

- En tout premier lieu, le lancement en 2018 du Fond Européen de la Défense (FED) au budget de 13Md€ sur la période 2021-2027, a permis l'émergence d'une vision de BITD européenne. Bien que le FED n'inclut aucun financement dédié à l'approvisionnement de métaux stratégiques, il reste néanmoins un excellent support aux entreprises de la Défense.
- L'idée d'un affranchissement des États-Unis pour la Défense de l'Europe fait son chemin en particulier en Allemagne où l'achat d'avions de chasse F35, option poussée par Washington, a été refusée par Berlin en février 2019, mais également où l'idée d'un partage du fardeau de la Dissuasion nucléaire française comme protecteur de l'Europe est avancée par des hommes politiques dont M. Wolfgang Ischinger en février 2019<sup>121</sup>.

Dépasser les enjeux propres à la Défense de chaque État est donc aujourd'hui possible et doit être mené jusqu'à un consensus européen sur les terres rares car tous les États sont confrontés aux mêmes difficultés, même si dans des proportions plus ou moins grandes.

---

<sup>121</sup> <http://www.opex360.com/2019/02/10/lidee-dun-parapluie-nucleaire-francais-pour-lunion-europeenne-fait-son-chemin/>, consulté le 10 février 2019.

### **3.5. La France, l'urgence d'une vision stratégique à long terme, le début d'une volonté**

*Des savoir-faire et une industrie de pointe sur les terres rares*

La France dispose d'entreprises de pointe dans le traitement des terres rares. Solvay, entreprise franco-belge ayant racheté Rhodia (ex Rhone-Poulenc), dispose d'un savoir-faire unique, hors de Chine, de séparation des terres rares légères (Lanthane, Cérium, Néodyme, Praséodyme) et lourdes (Dysprosium, Terbium, Europium). Bien que ne fabriquant ni aimants ni alliages, elle reste une des entreprises les plus en pointe mondialement avec 175 brevets déposés entre 1998 et 2008<sup>122</sup>. Porté par ses activités au profit du nucléaire, le Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA) concentre environ 40 brevets liés aux terres rares et utilise celles-ci comme absorbants de neutrons pour les réacteurs nucléaires, dans les aciers résistants à la chaleur (yttrium) ou encore dans les aimants de fusion (néodyme). Autres acteurs sur les terres rares, Saint-Gobain et le CNRS portent également le savoir-faire français dans un milieu dominé par la Chine et le Japon (plus de 500 brevets à eux deux en 2011).

La Chine se conformant aux décisions de l'OMC sur les brevets fait ainsi respecter les propriétés industrielles françaises (Solvay a ainsi pu gagner un procès contre une entreprise chinoise en 2016 après une plainte déposée à l'OMC). Toutefois, cette situation ne saurait être figée tant la Chine investit en R&D et développe ses connaissances. La France, disposant d'un réel savoir-faire, reste donc

---

<sup>122</sup> MICHEL (Grégoire, Consulting Avenium) et CHEVALIER (Benoit, Consulting Avenium), *op. cit.*

globalement en perte de vitesse, ce qui lui impose de réagir.

*Des solutions de stockage et recyclage à développer*

La France ne dispose plus de stock stratégique de minerais depuis 1996 et la fin du monde bipolaire. Pour autant, comme cela a été développé plus haut dans ce chapitre, il pourrait aujourd'hui être utile de faire constituer des stocks de matériels à base de terres rares par les industriels de Défense nécessaires, notamment ceux fabriquant les systèmes d'armes. Pour pallier l'obstacle principal du prix, une aide au financement de ces stocks pourrait reposer sur des fonds européens (aménagements du tout nouveau Fond Européen de Défense par exemple) ou sur des incitations fiscales de l'État français (assurance des transactions, décharge fiscale par exemple).

La France dispose de groupes performants en termes de recyclage. Le savoir-faire de Solvay, recycleur de poudres luminophores à La Rochelle jusqu'en 2016 en est un des témoins ; celui actuel de Commentry, dans l'Allier, pour les catalyseurs de la pétrochimie en est un autre, tout comme la maîtrise du procédé d'hydrométallurgie par le CEA. Ainsi de nombreuses entreprises disposent du savoir-faire nécessaire pour permettre un recyclage des terres rares (Eramet, Solvay, Derichbourg, Véolia, CEA). Mais le prix de recyclage reste élevé et la rentabilité n'est plus au rendez-vous depuis la fin des quotas chinois à l'export en 2015 et la chute des prix des terres rares qui en a suivi. Pourtant, les technologies restent en pointe et sont même prometteuses : la *start-up* Ajelis, filiale du CEA, a ainsi mis au point une nouvelle technique de recyclage

grâce à sa fondatrice Ekaterina Shilova<sup>123</sup>. Il s'avère ainsi nécessaire aujourd'hui de créer un *business model* qui pourrait, grâce à une garantie de ressources financières, inciter les entreprises à investir dans le recyclage. Afin d'inclure des marchés conséquents de récupération, ce recyclage pourrait être mis en place avec l'aide de l'UE et privilégier en tout premier lieu le marché de Défense. Un des incitateurs pour ce *business model* pourrait également être la mise en place d'une obligation de recyclage pour certains produits, à l'instar de la directive européenne n°2006/66 qui oblige déjà à recycler piles et batteries.

#### *Le défi posé pour l'accès à de nouveaux gisements*

La France méconnaît ses gisements terrestres et *offshores* de terres rares : l'inventaire minier de son sol s'est terminé en 1992 sans avoir été réévalué à la lumière de nouvelles techniques pouvant mettre en avant des terres rares (l'USGS en évalue pourtant quelques gisements sur le sol français<sup>124</sup>). Plus encore, les gisements sur fonds marins se montrent extrêmement prometteurs dans des boues observées en 2010 en Polynésie française et sur des encroutements cobaltifères.

Avant de penser à une quelconque stratégie d'exploitation, pour lesquelles les entreprises françaises sauraient faire valoir leurs compétences techniques (Eramet et Areva notamment), il convient de tout d'abord de :

---

<sup>123</sup> AJELIS, *Projet CYTER, recyclage des terres rares*, <http://www.ajelis.com/secteurs/projet-cyter-recyclage-des-terres-rares/>, 2017, site consulté le 21 décembre 2018.

<sup>124</sup> Données de l'USGS accessibles sous <https://mrdata.usgs.gov/mrds/>, consulté le 15 février 2019.

- réévaluer les ressources. Cela passe par un financement de campagnes du BRGM pour l’aspect terrestre, et de l’Ifremer pour l’aspect maritime<sup>125</sup> ;
- étudier l’impact que pourraient avoir l’exploitation de tels gisements pour disposer, si l’intérêt de l’exploitation se confirmait un jour, des technologies à même de préserver l’environnement et la santé publique ainsi que d’une capacité à convaincre les populations du bienfondé de l’exploitation et de sa non nuisance.

Les difficultés rencontrées à la « Montagne d’Or » en Guyane et à Salau en Ariège (mine de tungstène)<sup>126</sup> pour conserver dialogue et transparence vis-à-vis de la population montrent que l’enjeu de l’adhésion populaire reste primordial. Les mines pourvoient par ailleurs peu d’emploi et sont en revanche l’objet de contestations fortes (ce qui reste également vrai dans les autres pays, comme cela avait été évoqué en début de chapitre).

La relance en 2012 de l’exploitation minière en France n’a pas permis d’afficher une stratégie claire auprès des populations : quelle ambition doit être nourrie ? Quels gisements sont à privilégier ? Quelle plus-value en attendre ? Les réponses à ces questions doivent être correctement connues du grand public qui comprendrait mieux l’enjeu de préférer une exploitation « raisonnée »

---

<sup>125</sup> Deux autorisations d’exploration sont actuellement octroyées par l’AIFM pour l’Ifremer : l’une à proximité de Clipperton sur des nodules polymétalliques, l’autre en Atlantique sur des sulfures polymétalliques (<https://www.ifremer.fr/Appui-a-la-puissance-publique/Matieres-premieres-et-ressources-minerales/Contrats-les-ressources-minerales-metalliques-en-zone-internationale>, consulté le 14 février 2019).

<sup>126</sup> Le projet de réouverture de la mine de Salau est porté par l’entreprise Australienne Apollo Minerals et pourrait, s’il aboutit, offrir une alternative à l’offre chinoise de tungstène, aujourd’hui dominatrice du marché.

dans son environnement proche à une exploitation polluante et parfois illicite en Chine.

L'effort minier mérite néanmoins, de toute évidence, d'être porté sur sa partie maritime. La France dispose de la 2<sup>ème</sup> Zone économique exclusive (ZEE) au monde (presque 11 millions de km<sup>2</sup>, cf. Figure 7). Elle doit ambitionner de mieux connaître ses gisements et être parée à proposer des solutions d'exploitation soucieuses de l'environnement et partagées au mieux par les populations. Les ressources potentielles en mer, associées à un savoir-faire français de pointe<sup>127</sup> pourrait lui permettre d'être un *leader* en devenant si d'aventure l'exploitation sous-marine devenait économiquement viable et acceptable d'un point de vue environnemental. La France a de plus ratifié en 1996 la Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer (CNUDM). Forte de sa ZEE conséquente et alors que les États-Unis n'y sont que simple observateurs, elle peut parfaitement faire valoir ses intérêts dans l'actuelle révision<sup>128</sup> de cette convention portant notamment sur les contraintes d'exploitation de ressources.

---

<sup>127</sup> Technip est actuellement engagé sur Solwara 1, la seule exploitation *offshore* approchant l'exploitation à ce jour.

<sup>128</sup> Révision de la CNUDM s'étalant en 4 sessions de septembre 2018 à mi-2020.



Figure 7 : ZEE françaises et plateaux continentaux français<sup>129</sup>

### *L'urgence d'une stratégie à long terme*

La France comprend l'enjeu stratégique des terres rares, ce au moins depuis 2010. Elle a ainsi introduit les métaux rares dans le Livre Blanc sur la Défense et la Sécurité Nationale de 2013 et a créé en 2011 le Comité des Métaux Stratégiques (COMES)<sup>130</sup>, regroupant des services étatiques et des industriels, y compris les industriels de Défense. Elle s'appuie sur le Bureau de Recherche Géologiques et Minéralogiques (BRGM) pour relancer en 2012 la possibilité d'exploiter des mines sur son sol.

Toutefois, l'État français manque encore aujourd'hui d'une vision stratégique à dix-vingt ans. Les approvisionnements pour la Défense ne sont pas spécifiquement pris en compte et doivent donc s'aligner sur les logiques économiques civiles dont la criticité, cela a été montré au chapitre 2, repose sur d'autres facteurs que

<sup>129</sup> [limitesmaritimes.gouv.fr](http://limitesmaritimes.gouv.fr) consulté le 9 février 2019.

<sup>130</sup> Décret n°2011-100 du 24 janvier 2011.

ceux de la Défense. Le code des mines, qui devrait être la pierre angulaire d'une stratégie minière reste en jachère depuis 2011 ; sa refonte, censée améliorer le dialogue avec les populations étant encore repoussée<sup>131</sup>. Loin des politiques volontaristes de l'Allemagne, des États-Unis, du Japon, de la Corée du Sud et de la Chine, la France peine à sécuriser ses approvisionnements en terres et métaux rares : le budget du COMES reste trop maigre tandis que les crédits du BRGM reculent et l'empêchent de cartographier avec de nouvelles méthodes le sous-sol français ; en la matière, l'Allemagne investit dix fois plus<sup>132</sup>. Où sont les gisements pouvant permettre une diversification des approvisionnements ? Comment réduire les coûts notamment *via* l'économie circulaire et la réduction des consommations ? La fermeture du recyclage de terres rares à La Rochelle en 2016, faute de rentabilité, montre la différence de volonté entre l'État français et le Japon, par exemple, à soutenir leurs industries. Il est urgent d'accentuer aujourd'hui le soutien aux industriels de Défense mais aussi de domaines stratégiques français (aérospatial, ferroviaire, automobiles, sidérurgie, nucléaire, santé, *etc.*). Ce modèle pourrait prendre le format d'une participation active de l'État (à l'exemple du Japon) ou d'un modèle d'État-assureur des entreprises (à l'image de l'Allemagne). Les industriels, dont la connaissance des besoins reste la plus fine, gagneraient également mieux se coordonner à l'image de ce que font les acteurs de ces deux États, Japon et Allemagne.

---

<sup>131</sup> Même si une avancée a lieu sur les consultations publiques *via* le décret d'expérimentation suivant visant à établir une consultation numérique de la population en lieu et place de l'enquête publique : décret n° 2018-1217 du 24 décembre 2018 pris en application des articles 56 et 57 de la loi n° 2018-727 du 10 août 2018 pour un État au service d'une société de confiance.

<sup>132</sup> SAINT AUBIN (Philippe), *op. cit.*

L'autonomie stratégique de la France dépend de sa capacité à préserver ses approvisionnements en métaux stratégiques pour la Défense. À cet égard, et même si le retard est patent, la mission donnée en 2018 par le ministre de l'Économie et des Finances à son comité stratégique de filière « mines et métallurgie » semble aller dans le bon sens : il s'agit, avec le conseil général de l'économie d'évaluer la vulnérabilité d'approvisionnement en matières premières des entreprises françaises.

Investir plus dans les organismes impliqués dans cette stratégie est bien évidemment également nécessaire, notamment pour prendre le *leadership* du savoir-faire *offshore* et conserver les compétences des entreprises pionnières de l'exploitation et du recyclage. BRGM, COMES, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), Ifremer, Agence française de la biodiversité (AFB) sont ainsi concernés, mais des partenariats sont également à impulser pour favoriser les échanges entre organismes et entreprises. C'est bien grâce à ce type de partenariat que l'industrie des platinoïdes a pu être sauvée en France<sup>133</sup> ; ce modèle pourrait donc fonctionner pour les terres rares.

Enfin, la France se doit d'inclure pleinement la dimension des métaux et terres rares stratégiques dans sa stratégie de diplomatie économique mondiale. Si la création de Business France en 2015 a permis d'améliorer les investissements à l'internationale, elle n'a en revanche rien inclus sur les matières premières. Par ailleurs, l'impact de la géopolitique reste mal anticipé en France : en témoigne l'impact négatif, sur les entreprises d'aluminium françaises, de l'arrêt en 2011, sur décision politique, des exportations de la raffinerie Russe

---

<sup>133</sup> Témoignage de M<sup>me</sup> Bataille, SAFT, dans HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *op. cit.*

d'alumine Rusal. À l'image de l'Allemagne, la France a besoin d'une veille économique sur l'aspect spécifique des approvisionnements stratégiques.

Ainsi, la France, disposant pourtant de bons atouts technologiques et industriels, peine à défendre ses intérêts en raison d'un manque de stratégie affichée. Disposant d'importantes ressources *offshore*, il lui faut s'atteler à construire un véritable *business model* lui permettant, si la conjoncture devenait favorable, d'être prête à devenir un *leader* dans le domaine. Pouvant s'appuyer sur des financements européens préalablement évoqués, il lui faut d'urgence construire un plan ambitieux pour ses approvisionnements et s'affirmer comme un État protecteur de ses intérêts et de ses entreprises. Il en va de son autonomie stratégique de Défense et de Dissuasion.

Cercle vertueux, c'est en garantissant son autonomie stratégique que la France pourra également trouver des solutions à ses enjeux d'approvisionnements : c'est ainsi que le Vietnam a récemment préféré exploiter un de ses gisements de Bauxite avec une entreprise française plutôt qu'avec la Chine<sup>134</sup>. D'un côté, la France lui offrait des gages d'indépendance et un réel savoir-faire dans la fabrication d'aluminium<sup>135</sup> à partir du minerai, de l'autre la Chine proposait une offre clé en main mais crispait le Vietnam par ses revendications sur l'archipel convoité des Spratleys.

\*

\* \*

---

<sup>134</sup> Témoignage de M. Olivier Dufour dans HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *ibid*, tome II, p.205.

<sup>135</sup> Via l'entreprise Péchiney, filiale de Rio Tinto Alcan.

La prédominance de la Chine sur la production mondiale de terres rares fragilise fortement la Défense de la France et de ses alliés. Pour conserver leur autonomie stratégique, les pays disposent de plusieurs solutions : recycler, substituer technologies ou terres rares, ouvrir ou ré-ouvrir des mines et/ou des usines de transformations (aimants par exemple) et enfin créer des stocks. Les États-Unis, le Japon et l'Allemagne ont su prendre à bras le corps cet enjeu stratégique et ont développé des politiques engagées pour garantir leurs besoins en aimants. L'OTAN, bien qu'ayant permis l'élaboration d'une méthode de suivi de la criticité des terres rares, n'apparaît pas comme un organisme où les stratégies étatiques peuvent être partagées en raison de BITD concurrentes. L'Union européenne, volontariste et grande pourvoyeuse de budgets de recherches pour ses États membres, se montre pour l'instant encore incapable de porter une stratégie commune sur un sujet de Défense encore trop régalien et pas assez partagé entre États. Enfin, la France, qui dispose pourtant d'excellents atouts techniques, industriels et miniers, peine à encore afficher une stratégie politique engagée.

Les solutions existent ainsi et la France ferait bien, aux côtés de ses alliés européens, de se lancer dans une stratégie commune de Défense autour des terres rares. Il en va du maintien de son autonomie stratégique.

## Conclusion

Les révolutions numériques et énergétiques mettent aujourd'hui plus que jamais sous tension les marchés d'approvisionnements en métaux. L'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE) prédit ainsi une consommation de métaux bondissant de sept milliards de tonnes aujourd'hui à dix-sept milliards de tonnes en 2060. Les terres rares forment une petite part de ces marchés avec actuellement 130 000 t de flux uniquement<sup>136</sup>. Toutefois, en raison de leur position stratégique comme « vitamines » des matériels et de l'hégémonie de la Chine sur le marché avec 80% des productions officielles de terres rares<sup>137</sup>, ces terres rares apparaissent comme le fer de lance des difficultés rencontrées sur l'ensemble des flux d'imports de métaux.

Les terres rares ne sont pourtant pas rares : de nombreux gisements existent à travers le monde, principalement en terres rares légères. Mais l'impact très négatif de leur exploitation sur l'environnement et l'exploitation « bon marché » chinoise rendent difficile la viabilité de nouveaux projets d'exploitation et de valorisation de ces métaux hors de Chine. C'est en particulier le cas des ressources marines, pourtant prometteuses mais dont les études de coût et d'impact sur l'environnement marin ne plaident pour l'instant pas en faveur d'exploitations généralisées.

Pour les puissances occidentales, suivre le marché des terres rares reste vital pour leur Défense : leurs technologies de pointes dépendent de ces métaux pour conserver une supériorité opérationnelle face à leurs ennemis. Les terres rares s'affichent ensuite, en raison de

---

<sup>136</sup> US Geological Survey, *op. cit.*

<sup>137</sup> *Id.*

la petitesse de leur marché, comme un baromètre des tensions géopolitiques et économiques de l'ensemble des marchés d'approvisionnement. Suivre les terres rares est donc nécessaire pour espérer anticiper des tensions croissantes pouvant déboucher sur des crises voire des conflits. Enfin, les terres rares pour la Défense sont une petite partie peu visible de l'économie des terres rares : garantir leur approvisionnement a donc pour conséquence homothétique d'également préserver les industries numériques et « vertes » d'une pénurie d'approvisionnement.

Les armées utilisent sur leurs avions, véhicules terrestres et navires de nombreuses terres rares, principalement pour les propulsions, les alliages hautes températures, les systèmes d'armes et munitions, et plus généralement les aimants. Dans ces applications, dysprosium, yttrium, néodyme, praséodyme, terbium, lanthane et cérium s'avèrent les métaux les plus critiques lorsque l'on prend en compte la résilience de toute la chaîne d'approvisionnement (fiabilité des fournisseurs, variation des fournisseurs et conséquences opérationnelles en cas de pénurie). Les aimants et technologies de propulsion sont les plus impactés.

Devant ces risques, des solutions existent : constituer des stocks stratégiques, recycler, réduire le besoin en substituant par d'autres technologies ou en optimisant l'emploi des terres rares, ou encore ouvrir de nouvelles exploitations ou industries de transformation. Face à ces choix qui s'offrent à la France et ses alliés, trois pays montrent une volonté politique forte et qui semble aujourd'hui porter ses fruits : il s'agit des États-Unis, en guerre économique affichée contre la Chine et pour laquelle des moyens financiers conséquents sont alloués, du Japon dont le gouvernement s'implique dans les approvisionnements et développements de solutions, et

enfin l'Allemagne, qui porte au sein de l'Europe une attitude d'assureur de ses entreprises. L'OTAN a pour sa part mis en place un suivi de la criticité des terres rares pour la Défense de ses États membres, mais ne peut agir en raison de BITD concurrentes en son sein qui empêchent toute fusion des efforts d'approvisionnement. L'Union européenne, elle, fait preuve d'engagement économique sur le sujet (budgets et projets de recherche) mais sans toutefois discriminer les enjeux stratégiques pour la Défense de ceux de son économie générale.

La France, qui dispose de compétences et des ressources marines prometteuses en terres rares n'affiche malheureusement pas encore de politique suffisamment volontariste pour lui permette d'assurer à long terme son autonomie stratégique<sup>138</sup>. Elle doit aujourd'hui s'engager dans une stratégie des terres rares pour sa Défense, à l'instar du Japon, État acteur, ou de l'Allemagne, État assureur de ses entreprises. Elle peut, pour cela, s'appuyer sur les aides apportées par l'OTAN et l'Union européenne.

L'hégémonie de la Chine n'est pas une fatalité. D'abord parce que l'impact sur l'environnement et l'acceptation sociale des exploitations rendent de plus en plus difficile l'implantation des industries de terres rares en Chine. Ensuite parce que les besoins croissants chinois en terres rares obligent aujourd'hui Beijing à se tourner vers l'exploitation de gisements de pays étrangers (la firme étatique Shenghe Resources a ainsi déjà investi au Groenland, en Australie, à Madagascar et aux États-Unis).

---

<sup>138</sup> Il est toutefois permis de croire que des accords non publics existent quant à l'approvisionnement des terres rares pour des matériels sensibles comme les vecteurs de la dissuasion nucléaire. Toutefois, sans politique globale à long terme, ces accords peineront certainement à rester pérennes.

« *L'autonomie stratégique de la France dépend largement de sa capacité à ne compter que sur ses propres moyens, ses propres forces et ses propres entreprises.* » déclarait le Général Bentégeat en 2017<sup>139</sup>. Il y a urgence, pour conserver cette autonomie, à afficher une réelle stratégie des terres rares pour la Défense et lui allouer les moyens nécessaires, notamment financiers. Il y a cependant également urgence à ne pas bâcler la vision à long terme, tant le futur du marché des terres rares reste incertain, tant les programmes d'armement anticipent le futur sur des dizaines d'années et enfin tant les enjeux des terres rares d'aujourd'hui pourront devenir, pour la Défense, les enjeux d'autres métaux demain.

---

<sup>139</sup> Témoignage du Gal Bentégeat dans GENDREAU (David) et LERAITRE (Alexandre), *op. cit.*

## Sommaire

<b>Résumé (4<sup>ème</sup> de couverture)</b>	<b>3</b>
<b>Introduction</b>	<b>5</b>
<b>1. Les terres rares, métaux phares de la transition écologique et numérique</b>	<b>9</b>
1.1. Des minerais d'usage récent, moteurs de la transition écologique et numérique	9
1.2. La Chine, acteur dominant sur l'extraction, la transformation et la régulation des marchés	16
1.3. Les terres rares : des ressources pas si rares mais des gisements de faible densité	21
Des gisements terrestres en abondance mais économiquement peu viables	22
Des ressources maritimes prometteuses mais non encore pleinement exploitables	26
<b>2. Les enjeux des terres rares pour la Défense de la France et ses alliés</b>	<b>33</b>
2.1. Pour la Défense, des enjeux supérieurs aux enjeux économiques civils	34
Un premier enjeu de supériorité militaire	34
Un deuxième enjeu de baromètre des marchés de minerais stratégiques	35
Un troisième enjeu de surveillance, par le prisme de la Défense, du marché fragile des terres rares	36
Un monde des terres rares sous menaces	38
2.2. Quel usage des terres rares au sein des armées ?	40
2.3. Quelles criticités factuelles représentent au final les terres rares pour la Défense ?	46

<b>3. L'heure du choix : réagir ou décliner stratégiquement</b>	<b>53</b>
3.1. À la recherche de solutions palliatives	53
Créer des stocks stratégiques	54
Ré-ouvrir des mines et/ou usines de transformation	55
Recycler	58
Substituer	60
... Mais avant tout avoir une stratégie sur le long terme !	64
3.2. États-Unis, Japon, Allemagne : une résilience reposant sur une stratégie de Défense assumée	65
Les États-Unis : une réponse budgétaire sur fond de guerre économique avec la Chine	65
Le Japon : un soutien fort à la sécurisation des approvisionnements et au recyclage	68
L'Allemagne : un exemple européen	70
3.3. L'OTAN, une vision transverse mais une solidarité impossible entre BITD concurrentes	71
3.4. L'UE, des moyens économiques, des investissements, mais une absence d'autorité	74
3.5. La France, l'urgence d'une vision stratégique à long terme, le début d'une volonté	79
Des savoir-faire et une industrie de pointe sur les terres rares	79
Des solutions de stockage et recyclage à développer	80
Le défi posé pour l'accès à de nouveaux gisements	81
L'urgence d'une stratégie à long terme	84
<b>Conclusion</b>	<b>89</b>
<b>Sommaire</b>	<b>93</b>



## Bibliographie

### OUVRAGES

- DEGEORGES (Damien), *Terres rares : enjeu géopolitique du XXIème siècle*, L'Harmattan, 2012.
- DU CASTEL (Viviane), *Les terres rares : entre défis géopolitiques et dépendance géostratégique ?*, L'Harmattan, 2015.
- KLINGER (Julie Michelle), *Rare Earth Frontiers*, Cornell University Press, Ithaca and London, 2017.
- PITRON (Guillaume), *La guerre des métaux rares : la face cachée de la transition énergétique et numérique*, Les Liens qui Libèrent, janvier 2018.

### RAPPORTS

- BIRRAUX (Claude, député), KERT (Christian, député), *Rapport au nom de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques sur les enjeux des métaux stratégiques : le cas des terres rares*, août 2011, 84 p.
- BAILEY GRASSO (Valerie, Congressional Research Service), *Rare earth elements in national Defense: background, oversight issues and options for Congress*, 23 décembre 2013.
- BRU (Kathy), CHRISTMANN (Patrice), LABBE (Jean François), LEFEBVRE (Gaëtan), *Panorama mondial 2014 du marché des Terres Rares*, Rapport public. BRGM/RP-64330-FR., novembre 2015, 193 p., 58 fig., 32 tab.

- HETZEL (Patrick, député), BATAILLE (Delphine, sénatrice), *Rapport au nom 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*, tomes I et II, mai 2016.
- Communication de la commission au parlement européen, au conseil, au comité économique et social européen et au comité des régions, *L'Europe en mouvement*, 17 mai 2015, 16 p.
- US Geological Survey, *2018 - Mineral commodity summaries*, 2018, 200 p., <https://doi.org/10.3133/70194932>, consulté le 9 février 2019.
- OTAN Science and Technology Organization, *Impact of scarcity of materials on military structural, mechanical, propulsion and power systems*, STO-ST-AVT-196, 2015.
- UNITED STATES GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE (GAO), *Rare earth materials: Developing a Comprehensive Approach Could Help DOD Better Manage National Security Risks in the Supply Chain*; février 2016.
- SAINT AUBIN (Philippe), avis du conseil économique, social et environnemental, *La dépendance aux métaux stratégiques : quelles solutions pour l'économie ?*, 22 janvier 2019.
- COMMISSION EUROPEENNE, *Communication de la commission au parlement européen, au conseil, au comité économique et social européen et au comité des régions relatives à la liste 2017 des matières premières critiques pour l'UE*, le 13 septembre 2017.

- EUROPEAN COMMISSION JOINT RESEARCH CENTRE, *Annual report 2017*, Publications office of the European Union, mars 2018.
- INTERAGENCY TASKFORCE IN FULFILLMENT OF EXECUTIVE ORDER 13806, *Assessing and strengthening the manufacturing and Defense Industrial Base and Supply Chain Resiliency of the United States*, Department of Defense, septembre 2018.
- PARTHEMORT (Christine, Center for a Next American Security) et NAGL (John, Center for a Next American Security), *fueling the future force: preparing the department of Defense for a post petroleum era*, septembre 2010.
- British Geological Survey, Bureau de recherches géologiques et minières, Deloitte Sustainability, Directorate-General for internal market, industry, entrepreneurship and SMEs (European Commission) & Netherlands organisation for applied scientific research, *Study on the review of the list of Critical Raw Materials*, juin 2017.
- Comité pour les métaux stratégiques (COMES), *Note de position sur la criticité des métaux pour l'économie française*, avril 2018

#### CONFÉRENCES

- CHRISTMANN (Patrice, directeur adjoint à la stratégie du BRGM), *Terres rares : enjeux stratégiques pour le développement durable*, Conférence donnée le 17 septembre 2013 et accessible en ligne sous

<http://www.brgm.fr/video/terres-rares-enjeux-strategiques-developpement-durable?print=true>

#### ARTICLES

- AJELIS, *Projet CYTER, recyclage des terres rares*, <http://www.ajelis.com/secteurs/projet-cyter-recyclage-des-terres-rares/>, 2017, consulté le 21 décembre 2018.
- COMMISSION EUROPEENNE, *Innovative hydrometallurgical Processes to recover Metals from WEEE including lamps and batteries –Demonstration*, <https://cordis.europa.eu/project/rcn/105213/brief/fr>, 2018, consulté le 21 décembre 2018 ;
- DGA/TN, *Lettre d'actualité navale n°15-2017*, 18 avril 2017.
- DGA/TN, *Lettre d'actualité navale n°28/2018*, 2 juillet 2018.
- IFREMER, appui à la puissance Publique, <https://wwz.ifremer.fr/Appui-a-la-puissance-publique/Matieres-premieres-et-ressources-minerales>, site consulté le 23 novembre 2018.
- PAILLARD (Christophe-Alexandre), *Enjeux économiques : quel est le potentiel des ressources minérales marines ?*, *Annales des Mines - Responsabilité et environnement* 2017/1 (N° 85), 2017, p. 19-23.
- DI MEGLIO (Jean-François, président d'Asia Centre), *La puissance commerciale chinoise : prête au face-à-face avec les États-Unis ?*, *Diplomatie* (N° 47), octobre-novembre 2018, p. 60-64.
- MICHEL (Grégoire, Consulting Avenium) et CHEVALIER (Benoit, Consulting Avenium), *Terres*

*rare et brevets : la Chine préserve son monopole*, Usine nouvelle, juin 2011.

- HSMAG NEWS, <https://www.hsmagnets.com/blog/chinese-rare-earth-alliance-sues-hitachi-metals-patents/>, 19 octobre 2017, consulté le 5 février 2019.
- Ministère de l'Europe et des affaires étrangères, *L'importance des gisements massifs de terres rares dans la ZEE japonaise de l'Océan Pacifique revue à la hausse*, <https://www.diplomatie.gouv.fr/fr/politique-etrangere-de-la-france/diplomatie-scientifique/veille-scientifique-et-technologique/japon/article/l-importance-des-gisements-massifs-de-terres-rares-dans-la-zee-japonaise-de-l->, 12 avril 2018, consulté le 6 février 2019.
- GARCIER (Romain) et VERRAX (Fanny), *Critiques mais non recyclées : expliquer les limites au recyclage des terres rares en Europe*, Flux, 2017/2 (N° 108), 2017, p. 51-63.
- DELAGE (Thomas), Entretien avec LAIDI (Ali, chercheur à l'IRIS), *L'extraterritorialité du droit américain : une arme commerciale ?*, Les grands dossiers de Diplomatie n°47, Diplomatie, octobre 2018, p. 87-90.
- The Conversation, *Pourquoi parle-t-on de criticité des matériaux*, 23 octobre 2018, <http://theconversation.com/pourquoi-parle-t-on-de-criticite-des-materiaux-105258> consulté le 9 février 2019.
- SEAMAN (John), *Rare earths and China. A review of changing criticality in the new economy*, Notes de l'Ifri, Ifri, janvier 2019.