

ANNUAIRE FRANÇAIS
DE
RELATIONS
INTERNATIONALES

2018

Volume XIX

**PUBLICATION COURONNÉE PAR
L'ACADÉMIE DES SCIENCES MORALES ET POLITIQUES**

(Prix de la Fondation Edouard Bonnefous, 2008)



Université Panthéon-Assas
Centre Thucydide

LES DÉPENDANCES EUROPÉENNES EN MÉTAUX STRATÉGIQUES

UNE APPROCHE DES CHÂÎNES DE VALEUR

PAR

NICOLAS MAZZUCCHI (*)

Le XX^e siècle a été celui de la course aux matières premières énergétiques. Des deux révolutions industrielles, fondées sur le charbon puis le pétrole, aux courses aux hydrocarbures avant, pendant et après la Seconde Guerre mondiale, les pays européens ont toujours été aux avant-postes de la compétition. Après le chaos de la Seconde Guerre mondiale et l'émergence des deux superpuissances, l'Europe est devenue un compétiteur de second rang, malgré la persistance de ses besoins énergétiques et industriels. Après des années de marasme économique suite aux chocs pétroliers, l'Europe a redécouvert l'intérêt de posséder un tissu industriel solide dans les années 1990-2000, plus particulièrement à la suite de la crise des *subprimes*, face à laquelle les pays industriels comme l'Allemagne ont affiché une meilleure résilience. Toutefois, ces industries européennes, tout comme les systèmes énergétiques nationaux, connaissent une évolution fondamentale ces dernières années sous le coup combiné de la pression environnementale, de l'hypercompétition économique et de la transformation numérique des sociétés.

Les industries stratégiques du continent (aéro-défense, spatial, énergie, télécommunications, etc.) ont toutes en commun de nécessiter un recours de plus en plus important aux métaux stratégiques. Cet ensemble d'une quarantaine de métaux, utilisés seuls ou en alliages, dans des quantités le plus souvent assez faibles, remplace de plus en plus les métaux et alliages de base tels le fer, l'acier et l'aluminium, comme cœur des produits industriels. Face à cette évolution des modes de production, les pays européens – dont les territoires sont le plus souvent démunis de ces ressources rares ou concentrées – sont face à une nouvelle forme de dépendance. Engendrant des vulnérabilités dans la chaîne de valeur des industries stratégiques, ces besoins en métaux importés le plus souvent de pays à la volonté géoéconomique marquée peuvent être amoindris par des stratégies de contournement, dont l'efficacité est parfois aléatoire.

(*) Chercheur à la Fondation pour la recherche stratégique (FRS, France).

LA TRANSFORMATION TECHNOLOGIQUE DES PAYS EUROPÉENS,
UNE OPPORTUNITÉ ?

L'évolution de la structure technologico-économique des pays émergents, d'une industrie lourde vers une industrie légère, entreprise depuis les années 2008-2010, a été suivie, de la part des pays du Nord, par un recentrage sur certains segments pour des raisons de compétitivité. Le développement des industries légères de pointe en Chine, en Inde, au Brésil ou en Corée du Sud s'est accompagné, pour des raisons de compétition économique, d'une accélération de la course à la technologie partout sur la planète. Les plans, qui se multiplient dans de nombreux pays très avancés, pour le développement et l'intégration de familles de technologies regroupées sous le nom d'« industries du futur » (1) induisent une transformation, à terme, des modèles industriels. L'arrivée en masse de technologies reposant sur le *big data*, l'Internet des objets, l'impression additive ou la visualisation 3D manifeste l'évolution des besoins en termes de composants industriels. Le passage, pour les fabricants, d'un rôle de vendeur d'objet (avion, voiture, train, *etc.*) à celui de fournisseur d'un service (nombre de kilomètres roulés, de décollages, *etc.*) est sous-tendu par ces nouveaux modèles de production et d'appropriation (2).

En outre la multiplication des politiques de transition énergétique, en Europe mais aussi au Japon et dans d'autres pays, avec l'inclusion en grand volume d'énergies renouvelables dans les mix électriques nationaux ainsi que de nouvelles technologies d'efficacité énergétique (*smart grids*, stockage, bâtiments à haute qualité environnementale, *etc.*), modifient les besoins industriels. La question des réseaux électriques, qui est centrale dans le secteur de l'énergie en Europe (3), ne peut se penser que dans le cadre d'une transformation en profondeur avec, là encore, un recours accru aux technologies liées au traitement massif des données informatiques. De la même manière, les énergies renouvelables pourraient provoquer, avec un déploiement massif sur l'ensemble du territoire européen, un déplacement dans la dépendance aux fournisseurs extérieurs (4). En effet, les énergies renouvelables, en majorité éoliennes et centrales solaires photovoltaïques à l'heure actuelle, amoindrissent certes la dépendance aux fournisseurs de matières énergétiques fossiles (pétrole, gaz, uranium), mais dans le même temps créent une dépendance aux fournisseurs de métaux stratégiques. Au-delà des énergies renouvelables, les technologies d'efficacité

(1) Nouvelle France Industrielle, *Fabbrica del Futuro*, Industrie 4.0, High Value Catapult Manufacturing, *etc.*

(2) KPMG, *The Factory of the Future, Industry 4.0 the Challenges of Tomorrow*, 2016, 66 p.

(3) J.-M. CHEVALIER / M. DERDEVET / P. GEOFFRON, *L'Avenir énergétique cartes sur table*, Folio, 2012.

(4) En 2015, au niveau mondial, l'éolien représentait 384 gigawatts (GW) de capacité installée ; en 2040, selon le scénario « New policies » de l'Agence internationale de l'énergie, les capacités éoliennes devraient atteindre 1 452 GW. Au niveau actuel, cela représenterait 7 millions de tonnes de nickel supplémentaires, alors que la production mondiale annuelle dépasse à peine les 2 millions de tonnes. Pour les seuls pays de l'Union européenne, cela représente tout de même 197 GW de capacités éoliennes supplémentaires, soit une demande en nickel de 130 600 tonnes.

énergétique, en particulier liées au stockage d'électricité, s'annoncent, elles aussi, consommatrices de ces métaux. La technologie la plus mature actuellement, celle des batteries lithium-ion, repose sur une utilisation intensive du lithium, alors même que ce dernier est extrêmement concentré géographiquement (Chili, Argentine, Russie, *etc.*) (5). Les autres filières, alternatives au lithium-ion, sont identiquement dépendantes à d'autres métaux, le vanadium par exemple.

Enfin, le maintien des industries stratégiques traditionnelles (aéro-défense, spatial, énergie, transports, télécommunications), génératrices d'emploi et de revenus dans de nombreux pays d'Europe, aboutit, avec la combinaison des facteurs précédents, à une hausse prévisible des besoins en métaux stratégiques (6). Ces derniers se retrouvent dans des applications de plus en plus nombreuses. A titre d'exemple pour la défense, la plupart des systèmes de communication, de visée et de commandement, utilisent ces métaux stratégiques. De même toutes les technologies aéronautiques et spatiales, y compris les missiles balistiques, sont extrêmement dépendantes de ces ressources tant pour les systèmes de guidage que pour les revêtements extérieurs. Ces métaux concourent ainsi, *in fine*, à de nombreux aspects industriels de la dissuasion.

Principales utilisations des métaux stratégiques dans le domaine de la défense

Technologie	Métal
Obus perforants	Tungstène, cuivre, mercure
Blindages	Tantale
Revêtements externes de satellites et de missiles balistiques	Indium, cuivre, nickel
Dispositifs de guidage	Néodyme, praséodyme, samarium, dysprosium, terbium, cuivre, béryllium, tantale, mercure
Superstructures aéronautiques	Titane
Equipements de guerre électronique	Terres rares, cuivre, nickel, gallium, germanium, cadmium, lithium
Dispositifs de visée (y compris nocturne)	Yttrium, europium, terbium, tantale, indium
Moteurs électriques	Néodyme, praséodyme, terbium, samarium, rhodium, palladium, dysprosium, palladium
Equipements de communication	Lanthane, yttrium, néodyme, lutétium, gallium, germanium, indium
Réacteurs nucléaires	Zirconium, niobium, béryllium, hafnium
Moteurs d'avion	Chrome, cobalt, rhodium, niobium, vanadium, platine

Sources : V. BAILEY GRASSO, *Rare Earth Elements in National Defense: Background, Oversight Issues, and Options for Congress*, Congressional Research Service, 2013 ; site Internet www.dla.mil/HQ/Acquisition/StrategicMaterials/Materials.aspx.

(5) Cf. le site Internet www.economist.com/news/americas/21723451-three-south-american-countries-have-much-worlds-lithium-they-take-very-different.

(6) House of Commons STC, *Strategically Important Metals. Fifth Report of Session 2010-12*, Stationery Office, Londres, 2011.

Dans certains cas comme la Russie, à la fois principal exportateur de gaz et de pétrole vers l'Europe mais également premier fournisseur de nickel et deuxième de terres rares du continent (7), cela permet de disposer d'un deuxième canal de dépendance vis-à-vis des Européens, après les hydrocarbures. La Russie, consciente de cette dépendance à venir dans certains domaines, relance même la production dans des mines d'époque soviétique. La corporation d'Etat pour le nucléaire, Rosatom, a ainsi fait savoir (8) que sa filiale minière ARMZ allait reprendre la production de lithium en Sibérie orientale (9). Pire encore, la concentration de la production de nombre de ces métaux induit une augmentation de la dépendance relative aux fournisseurs (10). A titre d'exemple, la Chine produisait en 2016 44% de l'indium au niveau mondial et 71% du germanium, sans parler des terres rares (83%) (11).

Besoins en métaux stratégiques des différentes technologies d'énergies renouvelables

Métal	Technologie	Kg/MW
Indium	Solaire PV	4,5
Tellure	Solaire PV	4,7
Sélénium	Solaire PV	0,5
Gallium	Solaire PV	0,12
Cuivre	Solaire PV	2194
	Eolien	1142,9
Dysprosium	Eolien	2,8
Néodyme	Eolien	40,6
Nickel	Eolien	663,4
Molybdène	Eolien	136,6

Source : R. I. MOSS / E. TZIMAS / H. KARA / P. WILLIS / J. KOOROSHY, *Critical Metals in Strategic Energy Technologies*, European Commission Joint Centre Institute for Energy and Transport, 2011.

(7) Commission européenne, *Sur la révision de la liste des matières premières critiques pour l'UE et la mise en œuvre de l'initiative « Matières premières »*, 2014.

(8) Déclaration de Kiril Komarov, premier vice-président de Rosatom, Bloomberg, 19 sept. 2017, disponible sur le site Internet www.bloomberg.com/news/articles/2017-09-19/russian-nuclear-giant-joins-scramble-to-supply-electric-car-boom.

(9) La Russie représente, selon l'USGS, environ 8 à 10% des réserves mondiales de lithium, qu'elle n'exploite plus depuis les années 1990.

(10) N. MAZZUCCHI, « The dependence over strategic materials in renewable energies and energy efficiency: a new energy security issue », communication au World Energy Congress, Istanbul, 2016.

(11) Données USGS.

L'Union européenne s'est saisie de cette question au début des années 2010 avec une évaluation des principales matières premières minérales importées. Un premier rapport en 2011 (12), suivi d'un second en 2014 (13), ont confirmé l'extrême dépendance du continent à un nombre limité de fournisseurs. Parmi les principaux pays d'origine des métaux et autres matières premières minières consommées sur le territoire européen, le Brésil, les Etats-Unis mais surtout la Chine et la Russie se détachent nettement. Concernant les principaux pays émergents (Brésil, Chine, Russie), cette situation est aggravée sur le plan stratégique, par les liens capitalistiques existant entre l'Etat et les entreprises minières produisant les principaux éléments considérés (14). Concernant les terres rares par exemple, les entreprises China MinMetals (et ses filiales comme Hunan non-ferrous metals), China Non-Ferrous Metals Mining, Jianxi Copper ou Chinalco (et ses filiales comme Yunnan Copper) sont sous l'administration directe de l'Etat chinois au travers de la Commission de gestion des actifs de l'Etat (SASAC). En Russie, l'entrecroisement des liens capitalistiques, financiers et interpersonnels au sommet de l'Etat crée un secteur dont les principales entreprises sont sous la dépendance absolue du Kremlin (15). Dans un contexte de marché où la plupart de ces métaux font l'objet de transactions de gré à gré en l'absence d'une véritable régulation institutionnalisée (16), le pouvoir de régulation des pays d'origine et des entreprises productrices sur les consommateurs est maximal.

En outre, de nombreuses entreprises nationales issues de pays émergents et liées – capitalistiquement, financièrement ou managérialement à leur Etat d'origine – se projettent maintenant à l'étranger, adoptant les mêmes comportements que les transnationales occidentales. C'est le cas en particulier des entreprises minières chinoises, qui se montrent extrêmement actives en Amérique latine dans la filière du lithium ; la vente des actifs de l'entreprise chilienne SQM attire fin 2017 de nombreuses entreprises chinoises parmi lesquelles Sinochem. En 2016, China Molybdenum avait acquis la mine de Tenke en République démocratique du Congo, particulièrement stratégique pour sa production de cobalt (17).

(12) Commission européenne, *Relever les défis posés par les marchés des produits de base et les matières premières*, 2011.

(13) Commission européenne, *Sur la révision de la liste des matières premières critiques pour l'UE et la mise en œuvre de l'initiative « Matières premières »*, 2014.

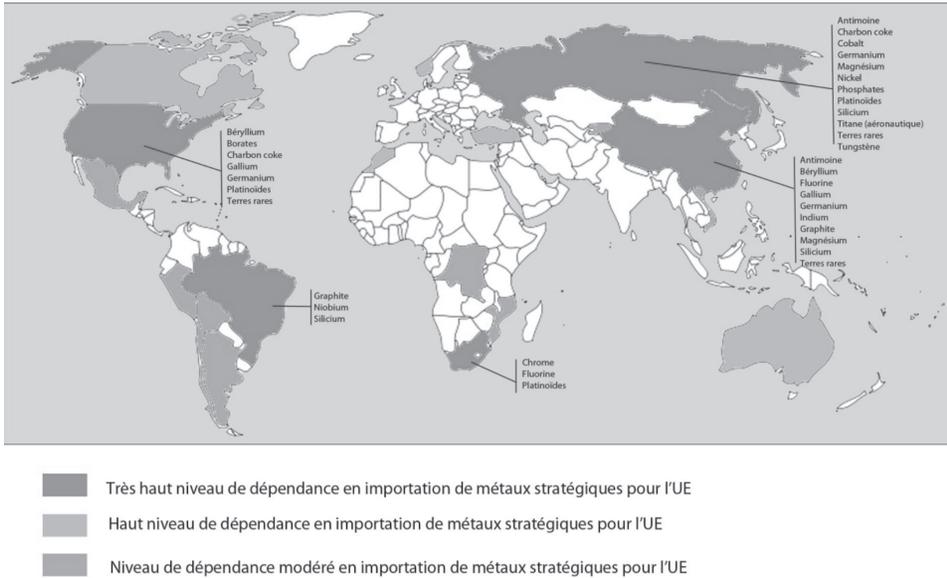
(14) M. DE RIDDER, *The Geopolitics of Mineral Resources for Renewable Energy Technologies*, The Hague Centre for Strategic Studies, La Haye, 2013 ; F. FIZAINE, *Les Métaux rares : opportunité ou menace ? Enjeux et perspectives associés à la transition énergétique*, Technip, Paris, 2015.

(15) N. MAZZUCCHI, « Emprise stratégique de l'Etat et puissance internationale : le cas des métaux en Russie », *Géoeconomie*, n°61, 2012, pp. 117-131.

(16) Il existe bien une bourse mondiale des métaux, le London Metal Exchange (LME), mais elle est loin de coter – ce qui signifie accessoirement de disposer de stocks pour la régulation des prix – l'ensemble des métaux stratégiques. Le LME ne cote que l'aluminium, le cuivre, le zinc, le nickel, le plomb, l'étain, le cobalt, le molybdène, l'or, l'argent, le palladium et le platine.

(17) Cf. le site Internet www.ft.com/content/2265fa60-b5b0-11e7-a398-73d59db9e399.

Analyse spatiale de la dépendance de l'UE aux approvisionnements extérieurs en matières premières minières



Source : Commission européenne, *Sur la révision de la liste des matières premières critiques pour l'UE et la mise en œuvre de l'initiative « Matières premières »*, 2011.

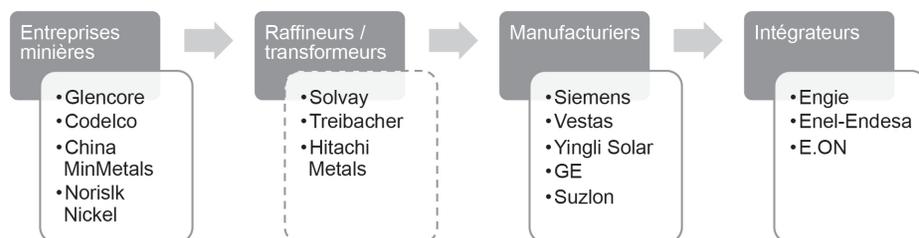
LA VULNÉRABILITÉ DES CHAÎNES DE VALEUR AU NIVEAU INTERNATIONAL

La question de la dépendance quasi absolue aux approvisionnements en métaux stratégiques issus de pays de l'espace extra-européen doit être mise en regard des questions logistiques complexes sous-tendant le secteur minier. En effet, au-delà de la simple problématique des industries extractives, la plupart des métaux stratégiques nécessitent un travail de raffinage ou de transformation avant leur utilisation finale dans le montage d'objets ou de sous-ensembles. Deux cas se posent le plus souvent.

Le premier cas concerne le raffinage ou la transformation d'une matière première-base brute, à l'image de ce qui se passe pour le pétrole. C'est notamment le cas des terres rares qui, au-delà du raffinage de la monazite pour en extraire les 17 éléments, doivent subséquentement être transformées pour donner des sous-produits industriellement utilisables. Les oxydes, poudres, fils ou céramiques de néodyme, cérium, lanthane, dysprosium, *etc.* sont à la base de la fabrication des aimants permanents, des verres spéciaux ou des dispositifs de communication. Or les principaux pays producteurs de terres rares, à commencer par la Chine, ne disposent pas ou peu des entreprises du domaine de la chimie capables de fournir des composés d'une pureté suffisante pour tous les usages de pointe. Pour le moment, ces savoir-faire sont du domaine quasi exclusif d'une poignée

d'entreprises européennes comme le franco-belge Solvay ou l'autrichien Treibacher. Il en résulte une forme de spécialisation internationale du travail, où les terres rares sont produites en Chine, raffinées en Europe ou aux Etats-Unis, renvoyées en Chine ou utilisées dans les pays les plus avancés pour la constitution d'objets industriels.

Exemple de chaîne de valeur : les énergies renouvelables



Source : N. Mazzuchini, « The dependence over strategic materials in renewable energies and energy efficiency : a new energy security issue », communication au World Energy Congress, Istanbul, 2016.

Seconde possibilité, la forge de certaines pièces composées d'un métal ou d'un alliage incorporant des métaux stratégiques comme certains aciers spéciaux, qui est le plus souvent confiée à des sous-traitants. En outre certaines entreprises minières se positionnent de plus en plus dans l'aval de la chaîne de valeur. L'écrasement des coûts logistiques globaux ainsi que la désindustrialisation de nombreux pays occidentaux entraînent un transfert de la production des premières étapes de la construction industrielle pour ne laisser que l'assemblage final dans les pays du Nord.

L'exemple du titane aéronautique est révélateur de ces stratégies de descente de la chaîne de valeur de la part des pays fournisseurs de matières premières. La Russie, qui contrôle une part prépondérante de ce titane particulier, se bornait jusqu'à la fin des années 2000 à être un fournisseur de matière première, dans ce cas précis d'éponges de titane. Depuis le début des années 2010 et la remontée en compétences de la Base industrielle et technologique de défense (BITD) nationale, Moscou envisage son rôle plus comme un sous-traitant que comme un simple fournisseur de matières premières. L'entreprise d'Etat russe VSMPO-AVISMA, intégrée à la corporation d'Etat pour l'industrie militaire Rostec, se pose en tant que fournisseur de pièces en titane forgées pour l'ensemble des industries aéronautiques européennes. Bénéficiant de l'absolue nécessité du recours au titane pour la fabrication des poutres de fuselage ainsi que des trains d'atterrissage des avions civils et militaires, VSMPO-AVISMA a réussi en quelques années à devenir le fournisseur privilégié de toute l'industrie européenne comme américaine ou émergente (18). Il n'est maintenant plus

(18) Cf. le site Internet www.vsmo.ru/en/pages/Organizaciyi.

possible, à des coûts soutenables – eu égard à l’hypercompétition régnant dans le milieu de l’aéronautique – pour un fabricant d’avions, de changer aisément de fournisseur. Certes, un tel changement demeure de l’ordre du possible mais à des coûts extrêmement importants, voire dissuasifs. Il n’est ainsi pas étonnant de constater que Boeing, en pleine vague de sanctions américaines contre la Russie en 2014, à la suite de l’annexion de la Crimée, a signé avec VSMPO-AVISMA un nouveau contrat d’approvisionnement (19) afin de sécuriser sa production (20). Ainsi, les entreprises occidentales de l’aéronautique se sont faites les avocats de la Russie dans le jeu des sanctions et contre-sanctions, eu égard à l’augmentation de leur dépendance aux approvisionnements issus d’une entreprise directement contrôlée par le pouvoir central.

La Chine, de son côté, investit massivement depuis de nombreuses années dans la R&D des technologies de raffinage d’un certain nombre de ces métaux, à commencer par les terres rares. Dépendante des savoir-faire des Européens et des Japonais en ce domaine, la Chine souhaite devenir le premier pays en mesure de réaliser la totalité des opérations de la chaîne de valeur des métaux stratégiques pour proposer des solutions intégrées verticalement (21).

LES OPTIONS OUVERTES EN MATIÈRE DE RÉDUCTION DE LA DÉPENDANCE

L’augmentation de la dépendance ainsi constatée, plusieurs voies existent afin de diminuer celle-ci ou, du moins, d’en atténuer les effets. Trois grandes orientations possibles, au début, au milieu et à la fin de la chaîne de valeur, sont envisageables pour les industries européennes. A celles-ci s’ajoute une quatrième, qui est celle de la diversification des fournisseurs mais dont la possibilité, pour des raisons de concentration des ressources, n’est possible que dans certains cas et sur le temps long (22).

En début de chaîne de valeur, suivant le modèle mis en place par les Etats-Unis, la constitution de stocks stratégiques d’un certain nombre de métaux indispensables est une réponse immédiate aux éventuels effets de marché ou à la pression géoéconomique induite par les détenteurs de telle ou telle ressource. En disposant de stocks, à la manière des stocks pétroliers sous l’égide de l’Agence internationale de l’énergie mis en place après 1973, les consommateurs européens se prémuniraient d’un certain

(19) Cf. le site Internet www.vsmo.ru/en/news/182/Boeing_i_United_Technologies_zapasajut_titanovie_detali.

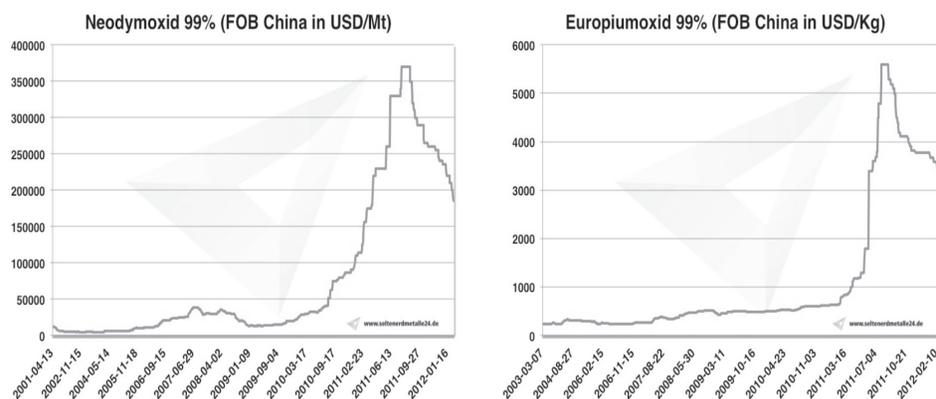
(20) Les deux entreprises possédant par ailleurs une *joint-venture* pour la production de pièces en titane, Ural-Boeing Manufacturing.

(21) Le développement à l’international des gestionnaires chinois de réseaux électriques, comme State Grid of China, s’inscrit d’ailleurs dans cette logique de capacité de projection totale du modèle industriel chinois de l’électricité verte et nucléaire.

(22) La mise en place d’un nouveau projet minier varie, selon les pays et les conditions, de 10 à 20 ans en moyenne.

nombre de variations dans les coûts et les volumes disponibles. Même si la volatilité des prix des matières premières minières est généralement bien loin d'atteindre celle des produits énergétiques comme le pétrole ou le gaz, l'extrême concentration de la production d'un certain nombre de ressources offre aux producteurs une capacité de manipulation des prix très importante. Dans le cas où il n'existe pas de marché centralisé pour la majorité des métaux stratégiques, le poids des producteurs principaux est, là encore, extrêmement important. En 2010, la décision de la Chine de suspendre sa livraison de terres rares au Japon, ainsi que la subite politique de quotas d'exportation qui s'en est suivie ont bouleversé le marché (23). Les prix de certains composés, comme les aimants au néodyme ou les oxydes d'euprimum nécessaires pour les écrans plats, ont connu une croissance des prix de 100% en quelques semaines. Même si l'industrie a su réorienter ses modes de production en quelques mois, l'impact économique a été très important.

Evolution des prix de deux composés de terres rares importés de Chine



Source : site Internet [seltenerdmetalle24.de](http://www.seltenerdmetalle24.de).

A l'heure actuelle, les Etats-Unis considèrent un ensemble de 170 ressources naturelles et métaux potentiellement stratégiques et disposent de stocks pour un certain nombre d'entre eux. En 2014, les actions de la Defense Logistics Agency (DLA) (24) se sont avant tout orientées vers l'achat de terres rares (yttrium, dysprosium), de ferro-niobium, de lithium et de substrat de zinc (contenant du cadmium et du tellure). Toutefois, ce qui est envisageable au niveau des Etats-Unis, étant donné leur production

(23) V. NIQUET, « La Chine et l'arme des terres rares », *Revue internationale et stratégique*, n°84, 2011, pp. 105-113.

(24) Dès le début de la Seconde Guerre mondiale (1939), les Etats-Unis se sont lancés dans la constitution, sous l'égide du Department of Defense, de stocks de métaux stratégiques, nécessaires à la réalisation des principaux équipements de défense. La DLA est responsable de la gestion de ces stocks et des achats des différents matériaux en quantités plus ou moins importantes, destinés à pallier une rupture des approvisionnements en cas de conflit.

industrielle, ne l'est pas forcément pour l'Europe. En effet comment au niveau de l'Union, avec des pays possédant des profils économiques aussi différents, réussir à instaurer un consensus sur les ressources et les niveaux des stocks à atteindre ? De même, au niveau de chacun des pays de l'Union, la constitution de telles réserves se révélerait particulièrement coûteuse, avec des effets complexes à déterminer. Il s'agit en effet plus d'assurer des durées de production de la part de telle ou telle industrie dans un contexte de rupture d'approvisionnements que de stocker une ressource pour elle-même. Dans ce cadre, quel horizon de production choisir et pour quelle industrie spécifique ? Le choix semble trop délicat politiquement et économiquement pour que cette solution soit réellement viable.

Au milieu de la chaîne de valeur, la substitution d'un certain nombre de matériaux rares et contrôlés géoéconomiquement semble une solution envisageable, notamment pour les applications émergentes. Avec la généralisation d'un certain nombre de technologies, comme les ampoules LED ou les panneaux solaires photovoltaïques, le coût de production d'un certain nombre de composés baisse mécaniquement. Il en résulte la possibilité d'explorer plusieurs voies technologiques, comme les LED organiques (OLED) à la place des LED utilisant des terres rares (oxydes d'europium et de terbium), le nickel de très haute qualité ou le nitrure de fer à la place des aimants au néodyme pour les éoliennes par exemple (25). Une autre voie très prometteuse est celle des matériaux composites, notamment des polymères renforcés en fibres de carbone (CFRP), dont les utilisations dans l'aéronautique – pour les drones en particulier – sont très prometteuses. Les nouveaux appareils d'Airbus et de Boeing comme l'A-350 et le B-787 font ainsi appel aux CFRP de manière extensive (26), les travaux sur ces derniers étant menés en consortium au niveau américano-européo-nippon (27). Las, une partie des problématiques fondamentales de certaines industries empêche un passage total aux matériaux composites, la résistance à la foudre pour les avions notamment (28).

Les Etats s'intéressent également au financement de telles solutions avec des programmes de recherche conduits notamment aux États-Unis, sur les moteurs sans terres rares sous l'égide du Department of Energy (29) ou sur les matériaux composites sous celle de la Defense Advanced Research

(25) Cf. le site Internet license.umn.edu/technologies/20120016_iron-nitride-permanent-magnet-alternative-to-rareearth-and-neodymium-magnets.

(26) Cf. les sites Internet www.aircraft.airbus.com/aircraftfamilies/passengeraircraft/a350xwbfamily/ et www.icas.org/media/pdf/Workshops/2011/ICAS%20Workshop%20presentation%2007%20Nordin.pdf.

(27) Certaines catégories de ces nouveaux matériaux ne résolvent pas la question des dépendances extérieures. Les polymères renforcés aux nanotubes de carbone (CNRP), qui sont largement plus efficaces que les CFRP, utilisent du graphite qui est produit aux deux-tiers par la Chine.

(28) Le développement du *dreamliner* de Boeing a dû être repris à zéro après les tests à l'orage, pour augmenter la part de titane dans les superstructures de l'avion, d'où une dépendance accrue à VSMPO-AVISMA à partir de 2006.

(29) Cf. le site Internet energy.gov/eere/success-stories/articles/uqm-patents-non-rare-earth-magnet-motor-underdoe-supported-project.

Project Agency (30). L'Union européenne, de son côté, est lancée dans un vaste programme tous azimuts concernant les matières premières, le European Innovation Partnership on Raw Materials. Lancé en 2013, ce programme s'intéresse à l'ensemble des questions liées aux matières premières, depuis l'extraction jusqu'à la substitution et au recyclage. Certes, les financements sont importants – de l'ordre de 140 millions € pour les projets eux-mêmes –, mais il importe quand même de se demander si le saupoudrage sur 28 projets n'est pas préjudiciable à leur réussite, d'autant plus qu'ils sont loin de tous concerner les politiques de diversification ou de recyclage (31).

En fin de chaîne de valeur, la piste la plus intéressante mais aussi l'une des plus coûteuses en termes d'investissements en recherche et développement (R&D) fonctionnelle est celle du recyclage. Les progrès réalisés depuis plusieurs années sur de nombreux métaux courants comme le cuivre et l'aluminium, avec des taux proches des 100% pour certaines applications, laissent entrevoir d'intéressantes possibilités concernant les métaux stratégiques. Las, la concentration de ces derniers est telle dans de nombreuses applications que la rentabilité des processus actuels de recyclage est trop faible pour représenter une alternative viable. En effet, les travaux du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) (32) ont laissé apparaître une grande disparité dans les taux de recyclages des métaux, avec une grande partie des métaux stratégiques sous les 10% de taux de recyclage (antimoine, mercure), voire sous les 1% (béryllium, gallium, germanium, indium, lithium, sélénium, tantale, tellure, terres rares, *etc.*). Seuls le titane (dans certaines applications), le niobium (*idem*) et les métaux précieux (platine, palladium, rhodium) offrent des taux supérieurs à 50%. Toutefois, des initiatives existent au niveau des Etats qui cherchent à promouvoir l'économie circulaire et les technologies de recyclage (Allemagne, France, Japon, *etc.*) ou d'entreprises désirant amoindrir leur dépendance technologique. A titre d'exemple, Hitachi – à la fois assembleur technologique et raffineur de matériaux bruts – dispose d'un programme de récupération des terres rares dans les disques durs (33). Le chemin est encore toutefois bien long avant d'espérer aboutir à un système organisé à grande échelle de recyclage des matériaux stratégiques (34).

* *
*

La dépendance de l'Europe aux métaux stratégiques produits quasi exclusivement en dehors de son territoire ne cesse de s'aggraver avec

(30) Cf. le site Internet www.darpa.mil/news-events/2015-09-14.

(31) European Innovation Partnership on Raw Materials, *Strategic Evaluation Report 2016*, 2016, 18 p.

(32) PNUE, *Metals Stocks and Recycling Rates*, ONU, Nairobi, 2011.

(33) Cf. le site Internet www.hitachi.com/New/ews/101206.html.

(34) F. CARENCOTTE / A. GELDRON / J. VILLENEUVE / H. GABORIAU, « Economie circulaire et recyclage des métaux », *Geosciences*, n°15, juin 2012, pp. 64-71.

l'évolution technologique des différents pays. Les transitions énergétiques, les industries du futur, l'accélération du déploiement des technologies de l'information et de la communication, avec les réseaux 5G, sont autant de perspectives d'augmentation de la consommation de métaux stratégiques importés depuis la Russie, l'Asie, l'Afrique ou l'Amérique. Plus grave que cette simple dépendance, l'instrumentalisation, de la part des pays émergents riches en ressources naturelles, de leur trésor géologique se révèle une constante stratégique. Profitant de la dépendance des Européens, ces pays émergents récupèrent ainsi des technologies ou des unités de production qui leur permettent de combler leur retard technico-économique sur les pays du Nord. Cette situation ne devrait d'ailleurs qu'aller en s'aggravant, avec les stratégies chinoise et russe de contrôle des chaînes de valeur industrielle aval ou d'acquisition de technologies-clefs dans le domaine de la transformation des métaux.

Côté européen, la riposte semble complexe à mettre en place. Loin du choix américain des stocks stratégiques ou de celui japonais de l'investissement massif dans le recyclage, le Vieux Continent hésite entre plusieurs options. Les projets nationaux et, surtout, communautaires existent parfois, mais ils se révèlent trop timorés face à l'ampleur de la question. Même si des voies sont envisageables, notamment en matière de substitution des métaux par de nouveaux matériaux, elles nécessitent une focalisation stratégique et financière qui est pour le moment absente. Avec le saupoudrage économique et la multiplication des initiatives locales, l'Europe risque de s'enfoncer dans la dépendance aux approvisionnements extérieurs, paradoxe de taille à l'heure de la réduction des chaînes logistiques et de la sobriété énergétique.