

Métaux rares et dépendance stratégique

Par François VALÉRIAN

Conseil général de l'économie, professeur associé de finance au CNAM

Le Conseil général de l'économie a publié en 2015 un ouvrage intitulé *L'économie circulaire ou la compétition pour les ressources* ⁽¹⁾, où il s'efforce de démontrer la nécessité d'une synthèse entre les préoccupations environnementales de rareté des ressources et l'impératif d'une meilleure compétitivité française et européenne face aux autres régions du monde. Le présent article applique les méthodes d'analyse développées par cet ouvrage au cas des métaux rares, emblématique d'une dépendance stratégique qui s'est créée à la faveur de progrès technologiques.

Les métaux rares offrent à la réflexion économique et politique un domaine intéressant où se rencontrent les évolutions de la demande, les rapports de force économiques entre différentes régions du monde, la volatilité des marchés des métaux, les politiques des entreprises et la politique, ou l'absence de politique, des pouvoirs publics européens.

Une belle histoire d'innovation technologique

Les éléments chimiques du groupe des lanthanides (lanthane, cérium, praséodyme, néodyme, prométhium, samarium, europium, gadolinium, terbium, dysprosium, holmium, erbium, thulium, ytterbium et lutétium - auxquels on ajoute parfois le scandium et l'yttrium) ont trouvé sur les dernières décennies d'importantes applications dans de nouveaux objets, ou des objets plus performants, parmi lesquels on peut citer :

- les aimants permanents à base de néodyme, de praséodyme, de dysprosium ou de samarium, qui servent aux moteurs industriels, aux disques durs, à l'équipement automobile, et particulièrement aux véhicules hybrides et électriques, et aux éoliennes,
- les piles pour objets portables et connectés à base de lanthane ou de cérium,
- les alliages métalliques,
- la catalyse pour le raffinage pétrolier (lanthane) et les automobiles (cérium),
- les poudres abrasives et les additifs verriers à base de cérium,
- les lampes fluorescentes,
- les panneaux photovoltaïques.

Les métaux rares sont donc utilisés sur des marchés en pleine croissance comme ceux liés aux objets numériques

ou à la transition énergétique, au travers des nouveaux véhicules et de la production électrique solaire ou éolienne. Ils le sont aussi sur de vastes segments de la métallurgie ou de la pétrochimie.

Il n'y a jusqu'ici qu'une belle histoire d'innovations technologiques au service d'une économie plus propre ou davantage connectée.

Or, la confrontation économique des grandes régions du monde fait irruption dans cette histoire. La part de la Chine dans la production mondiale de métaux rares était de 86 % en 2014 ⁽²⁾, alors qu'elle était inférieure à 30 % il y a trente ans. L'inquiétude au sujet de cette domination chinoise était forte en 2011 et en 2012, quand les métaux rares se négociaient à des prix très élevés, qui n'avaient jamais été observés dans le passé (voir la Figure 1 ci-dessous).

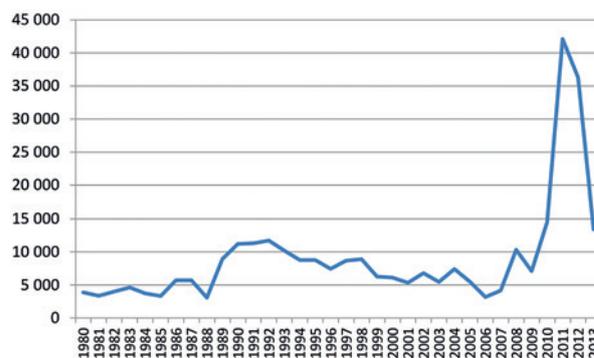


Figure 1 : Index des prix des métaux rares en dollars américains constants (1998) par tonne.

Source : US Geological Survey.

(1) Conseil général de l'économie, « L'économie circulaire ou la compétition pour les ressources », La Documentation Française, 2015.

(2) US Geological Survey, Mineral Commodity Summary, 2015.

Photo © Xinhua/ZUMA-REA



La mine de terres rares de Bayan Obo en Mongolie intérieure (Chine).

« La part de la Chine dans la production mondiale de métaux rares était de 86 % en 2014, alors qu'elle était inférieure à 30 % il y a trente ans. »

Une dépendance stratégique vis-à-vis de la Chine

On prenait alors conscience d'une stratégie chinoise délibérée cohérente avec une conquête mondiale de gisements miniers (voir la Figure 2 ci-dessous) et une stratégie des prix qui renchérit les exportations par rapport au marché domestique (voir la Figure 3 de la page suivante). Cette stratégie des prix a recouru à des taxes à l'exportation, alors que la Chine avait conquis sa position prépondérante dans le commerce mondial des métaux rares par des subventions à l'exportation au début des années 2000.

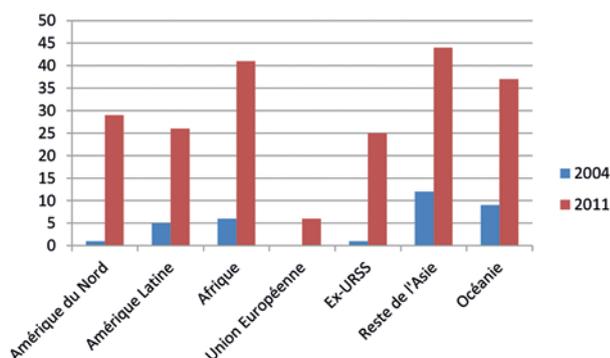


Figure 2 : Nombre d'investissements chinois dans des exploitations minières étrangères, 2004-2011.
Source : BRGM.

La question du risque stratégique que court l'Europe à dépendre ainsi de métaux chinois se pose à la faveur de prix très élevés, qui font d'ailleurs l'objet d'une procédure devant l'Union européenne. Or, depuis que les prix sont retombés, on entend moins parler de risque stratégique, et les entreprises qui avaient entrepris de recycler les métaux rares tendent à se désintéresser de ce type d'activité.

En janvier 2016, le groupe Solvay a annoncé l'arrêt, d'ici à la fin de l'année, de ses deux ateliers de recyclage des terres rares provenant des lampes basse consommation, situés à La Rochelle et à Saint-Fons, et dans lesquels le groupe avait investi 15 millions d'euros au plus haut des cours des métaux rares en 2011.

Il convient de prendre du recul par rapport à cet arbitrage entre métal vierge et métal recyclé et de modéliser la relation entre les différents paramètres qui expliquent les coûts associés à l'utilisation d'un métal rare dans l'économie.

Le lien entre recyclage et substitution

Sur une période donnée, l'économie a besoin d'une quantité q d'un métal. Cette quantité dépend du taux α de croissance de la production des objets qui contiennent ce métal, et du taux de substitution σ du même métal dans les objets, deux taux calculés sur la durée moyenne de vie des objets. Par ailleurs, elle recycle le métal contenu dans des objets arrivés en fin de vie. Si c_r est le coût uni-

taire de recyclage, Y le taux de collecte du métal comme déchet sur la période et ρ le taux de recyclage du métal collecté, la quantité recyclée est égale à $Y \rho \frac{q}{(1+\alpha)(1-\sigma)}$ car la collecte et le recyclage portent sur le métal incorporé dans des objets fabriqués au début de la durée de vie qui expire dans la période considérée. Le coût du recyclage est alors de $c_r Y \rho \frac{q}{(1+\alpha)(1-\sigma)}$. L'économie ayant besoin de la quantité q de métal, elle achète comme métal vierge $q - \frac{Y \rho q}{(1+\alpha)(1-\sigma)}$ à un coût $p_v (q - \frac{Y \rho q}{(1+\alpha)(1-\sigma)})$, où p_v est le prix unitaire du métal vierge. La quantité de métal collectée non recyclée est de $Y \frac{(1-\rho) q}{(1+\alpha)(1-\sigma)}$, éliminée à un coût unitaire c_e , et donc à un coût total de $c_e Y \frac{(1-\rho) q}{(1+\alpha)(1-\sigma)}$. Enfin, il nous faut tenir compte du coût de collecte et de tri, qui est de $c_c Y \frac{q}{(1+\alpha)(1-\sigma)}$, si c_c en est le coût unitaire.

En additionnant tous les coûts, nous parvenons donc à modéliser les coûts associés à l'utilisation d'un métal sur une période :

$$\begin{aligned} \text{coûts métal} &= p_v \left(q - \frac{Y \rho q}{(1+\alpha)(1-\sigma)} \right) + c_c Y \frac{q}{(1+\alpha)(1-\sigma)} \\ &+ c_e Y \frac{(1-\rho) q}{(1+\alpha)(1-\sigma)} + c_r Y \rho \frac{q}{(1+\alpha)(1-\sigma)} = \\ &q \left[p_v + \left(\frac{c_c Y}{(1+\alpha)(1-\sigma)} + \left(\frac{c_e Y}{(1+\alpha)(1-\sigma)} - \frac{p_v Y \rho}{(1+\alpha)(1-\sigma)} \right) \right) \right] \end{aligned}$$

Avec :

- q = quantité de métal consommé sur la période par l'économie,
- p_v = prix unitaire moyen du métal vierge sur la période,
- c_c = coût de collecte et de tri unitaire moyen du métal comme déchet sur la période,
- c_e = coût unitaire moyen d'élimination du métal comme déchet sur la période,
- c_r = coût de recyclage unitaire moyen du métal sur la période,

- Y = taux de collecte du métal comme déchet sur la période,
- ρ = taux de recyclage du métal collecté sur la période,
- α = taux de croissance de la production des objets qui contiennent le métal sur la durée de vie moyenne de ces objets,
- σ = taux de substitution du métal dans les objets qui le contiennent sur la durée de vie moyenne de ces objets.

On mesure bien sur cette équation les enjeux croisés du recyclage et de la substitution, au travers du terme $(c_r - c_e - p_v) \frac{Y \rho}{(1+\alpha)(1-\sigma)}$. C'est en effet le seul terme dont le signe puisse changer et le seul aussi où apparaisse le taux de recyclage ρ .

On voit que deux cas distincts se présentent :

- $p_v > c_r - c_e$: le prix du métal vierge est supérieur au coût du recyclage diminué du coût de l'élimination. L'économie a alors intérêt au recyclage et est naturellement incitée à accroître ρ jusqu'au coefficient maximum ρ_{max} permis par la technique.
- $p_v < c_r - c_e$: le prix du métal vierge est inférieur au coût du recyclage diminué du coût de l'élimination. L'économie n'est pas alors naturellement incitée au recyclage et l'absence de recyclage ($\rho = 0$) minimise les coûts associés au métal.

En même temps, l'effet associé au taux de recyclage ρ est d'autant plus important que le taux de substitution σ est élevé, car la substitution permet alors de modérer la croissance d'utilisation du métal et de couvrir plus de besoins avec le recyclage.

Recyclage et substitution permettent donc, sous certaines conditions de prix du métal vierge, de réduire les coûts associés à l'utilisation d'un métal. Toutefois, même quand le prix du métal vierge est trop bas pour en rentabiliser le recyclage, le recyclage et la substitution permettent de

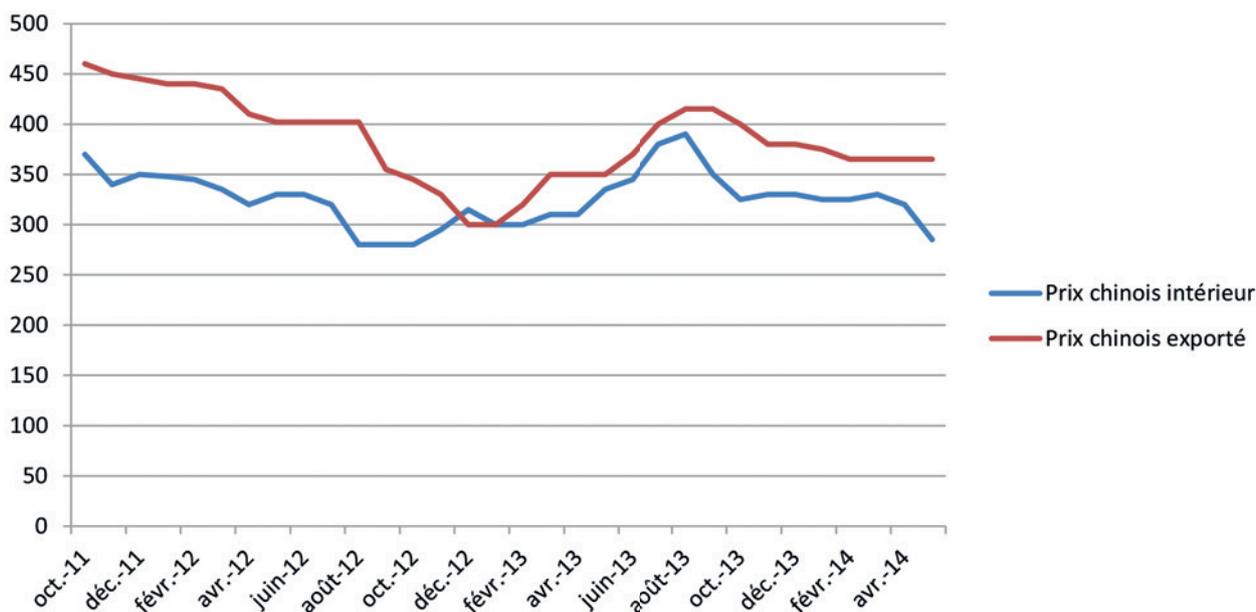


Figure 3 : Évolution des prix chinois, intérieur et exporté, du paratungstate d'ammonium, en dollars par unité de tonne métrique (10 kg). Source : Metal Bulletin.

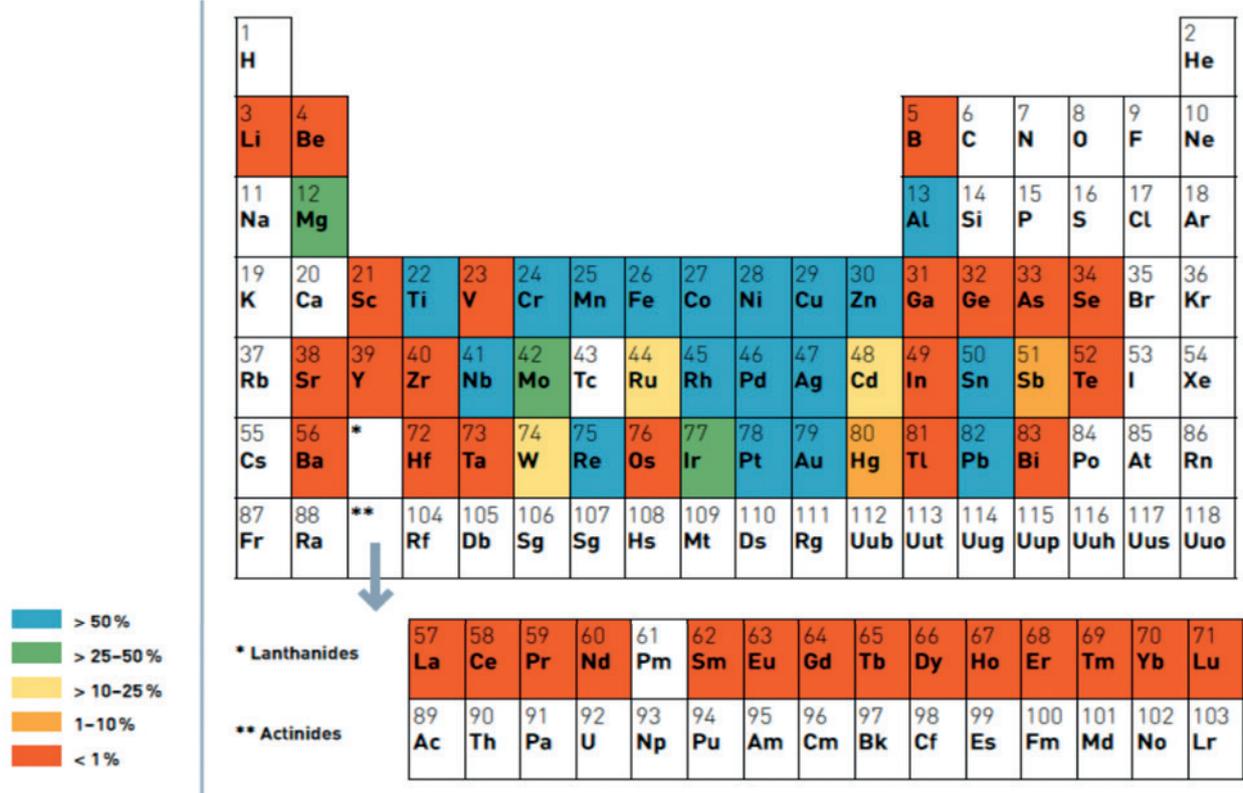


Figure 4 : Taux de recyclage (pourcentages de métaux récupérés après collecte et processus de recyclage) de 60 éléments à partir de produits en fin de vie.
 Source : UNEP & International Resource Panel, Recycling rates of metals (a status report), 2013.

Usage	Commentaires	Indice de non-substituabilité
Aimants	Il existe des options pour remplacer les métaux rares des aimants, parmi lesquelles des matériaux magnétiques alternatifs et des technologies alternatives de moteurs	0.7
Piles	Transition de plus en plus fortes vers les piles à l'ion Lithium	0.3
Autres usages métallurgiques	L'utilisation des métaux rares dans ces autres usages n'est pas essentielle	0.3
Catalyse de cracking	Substitution difficile	1.0
Catalyse automobile	Substitution possible dans une certaine mesure	0.7
Autre catalyse	Substitution difficile	1.0
Poudres abrasives	Substitution possible dans une certaine mesure	0.7
Additifs verriers	Substitution difficile	1.0
Lampes fluorescentes	Les diodes électroluminescentes sont de plus en plus compétitives face aux lampes fluorescentes	0.7
Céramiques	Substitution difficile	1.0
Autres usages chimiques	Substitution difficile	1.0
Autres	On trouve des substituts sur certains marchés mineurs	0.5

Figure 5 : Substitutions aux métaux rares dans leurs différents usages (l'indice de non-substituabilité est compris entre 0 (valeur où la substitution est très aisée) et 1 (valeur où elle est très difficile)).
 Source : Union européenne, Report on critical raw materials for the EU, 2014.

réduire la dépendance par rapport à un fournisseur prépondérant comme la Chine.

Le recyclage et la substitution des métaux rares sont cependant encore des sujets peu explorés, en dépit d'études intéressantes ⁽³⁾.

Le niveau actuel de recyclage des lanthanides reste faible, comme le montre la Figure 4 de la page précédente.

Quant à la substitution, elle n'est pas aisée, sans doute du fait de recherches encore insuffisantes (voir la Figure 5 de la page précédente).

La nécessité d'une politique publique

On arrive là sur un terrain que le monde de l'entreprise a toujours du mal à concevoir, et qui est celui du risque de dépendance stratégique vis-à-vis d'une autre région du monde ou d'une grande puissance comme la Chine.

Avec la retombée des prix des métaux rares, on a le sentiment que les problèmes stratégiques se sont atténués, alors qu'ils demeurent. La Chine riche en métaux, comme la Corée du Sud qui en est presque dépourvue, entretiennent des stocks stratégiques de métaux rares. La Chine semble faire participer au moins une entreprise privée, la Inner Mongolia Baotou Steel Rare Earths, au stockage stratégique de métaux rares, et cette entreprise n'est certainement pas la seule à participer à l'effort national de stockage stratégique, car le plan de 15 ans adopté en 2007 prévoit de *combiner le stock national et le stock des utilisateurs, et d'imposer des réserves obligatoires aux entreprises fortement consommatrices de ressources* ⁽⁴⁾. En Corée, l'entreprise minière publique Korea Resources Corporation (Kores) constitue des stocks stratégiques qui

se retrouvent dans ses comptes sous l'appellation *Minerals held for reserve* et forment l'essentiel de ses stocks. Dans l'analyse que nous avons menée des comptes de Kores sur les dernières années, on trouve la trace de financements d'État sous la forme de remboursements partiels des achats de minéraux effectués par l'entreprise publique ⁽⁵⁾. L'Inner Mongolia Baotou Steel Rare Earths aurait en stock entre 100 000 et 300 000 tonnes de métaux rares sous forme concentrée, tandis que Kores en aurait pour cent jours de consommation sous forme d'oxydes ⁽⁶⁾.

Le contraste est frappant entre un pays comme la Corée, pauvre en ressources mais déterminé dans sa stratégie de puissance, et une Europe dont les États membres ont peu à peu renoncé à leurs stocks stratégiques.

Il y a probablement, pour les puissances publiques à tout le moins ouest-européennes un rôle à jouer pour réduire notre dépendance stratégique en métaux rares vis-à-vis de la Chine, par une politique d'encouragement à la recherche de recyclage et de substitution, la reprise de la réflexion sur les stocks stratégiques, et sans doute une politique commerciale plus ferme.

(3) ADEME & Bio Intelligence Service, Étude du potentiel de recyclage de certains métaux rares, 2010.

(4) "Combine the national stockpile and users' stockpile, and impose a requirement for compulsory reserves at firms consuming a lot of resources", cité par United States National Research Council, Managing Materials for a Twenty-first Century Military, 2008.

(5) Korea Resources Corporation, Financial Statements, 2009, 2010, 2011, 2012.

(6) Commission européenne & Risk and Policy Analysts, Stockpiling of Non-energy raw materials, 2012.