

La face cachée de la transition énergétique À propos de *La guerre des métaux rares* de Guillaume Pitron

Louis Cougoureux & Pierre Zeller
X 2016, MIE 577

Le monde est fou. Le fait que les autorités nous ordonnent d'aller dans une direction technologique, celle du véhicule électrique, est un gros tournant. Je ne voudrais pas que dans 30 ans on découvre quelque chose qui n'est pas aussi beau que ça en a l'air, sur le recyclage des batteries, l'utilisation des matières rares de la planète, sur les émissions électromagnétiques de la batterie en situation de recharge ?

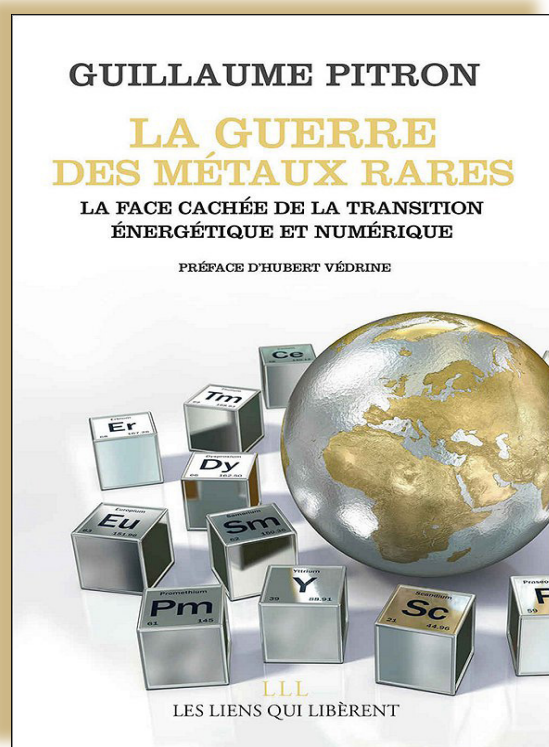
Comment est-ce que nous allons produire plus d'énergie électrique propre ? Comment faire pour que l'empreinte carbone de fabrication d'une batterie du véhicule électrique ne soit pas un désastre écologique ? Comment faire en sorte que le recyclage d'une batterie ne soit pas un désastre écologique ? Je m'inquiète en tant que citoyen, parce qu'en tant que constructeur automobile, je ne suis pas audible. »

Carlos Tavares, président de PSA, septembre 2017.

Ce livre (Pitron, 2018) repose sur une enquête menée durant six ans dans une douzaine de pays et centrée sur les nouvelles matières rares. La thèse est qu'en tentant de s'émanciper de l'industrie pétrolière, nous nous enfermons dans une nouvelle dépendance encore plus forte. Cette présentation suivra le cheminement de l'enquête réalisée : en mettant tout d'abord en lumière la face cachée de la transition énergétique et numérique, puis en analysant les conséquences stratégiques et géopolitiques de cette face cachée, et en envisageant enfin le futur des métaux de terres rares.

La face cachée de la transition énergétique et numérique :

Les terres rares (en anglais *Rare Earth Elements* ou REE), sont des métaux formant un sous-ensemble cohérent d'une trentaine de matières premières dont le point commun est d'être associées dans la nature aux métaux les plus abondants. Ils ne sont pas rares de par leur manque d'abondance, mais par leur difficulté d'extraction.



Dotées de propriétés magnétiques particulières, les terres rares permettent la fabrication d'aimants surpuissants et ont ainsi permis la mise au point de moteurs électriques bien plus performants qu'avant. Leurs propriétés semi-conductrices ont révolutionné l'informatique. Au total, les propriétés catalytiques et optiques de certains métaux rares les rendent aussi indispensables à une myriade de technologies vertes.

Leur utilité profonde réside dans leur capacité à remplacer les deux ressources combustibles qui furent à la base des premières révolutions industrielles : le charbon et le pétrole. La troisième révolution industrielle s'est donnée pour mission de faire disparaître les émissions de CO₂. Les terres rares sont en effet à la base des *green tech* : éoliennes, panneaux solaires, véhicules électriques, mais aussi de toute l'électronique moderne donc de la digitalisation qui promet une diminution de l'empreinte physique de l'homme sur le vivant. Elles sont ultra performantes, car puissantes en faibles proportions.

Par ces matériaux, les intérêts du monde numérique convergent avec ceux du monde énergétique, ceci permettant ainsi aux technologies vertes de révolutionner notre impact écologique. D'ici 2030, l'Europe mise sur une réduction de 40 % de ses émissions et sur 27 % d'énergies renouvelable dans sa consommation. La production des métaux rares, elle, s'accélère : à l'horizon 2030, le marché du cobalt pourrait être multiplié par 40.

Par ailleurs, ces ressources révèlent la frange d'ombre de la transition énergétique : extraction minière dévastatrice, pression géopolitique de la part de la Chine qui possède le monopole d'extraction sur 95 % de ces ressources, marché noir à hauteur de 30 %...

L'extraction minière, en majorité chinoise, est dévastatrice, notamment en Mongolie intérieure, ou en Chine tropicale : pollution de l'air (particules fines et émission de gaz à effet de serre) due au volume considérable de minerai qu'il faut extraire puis enrichir par des procédés mécaniques pour récolter une once de ces précieux matériaux ; pollution des sols et des eaux par les procédés chimiques très agressifs utilisés dans des conditions dégradées ; déchets radioactifs par la séparation de métaux rares de leur minerai ; conséquences sur la santé, immédiates et sur le long terme.

À titre d'exemple, pour faire état de la politique chinoise dans son ensemble depuis le début de son incroyable croissance, 10 % de ses terres arables sont contaminées par des métaux lourds et 80 % des eaux de ses puits sont impropres à la consommation. Seulement 5 des 500 plus grandes villes du pays disposent d'une qualité de l'air conforme à nos standards. Mais le phénomène n'est pas localisé qu'en Chine : République Démocratique du Congo, Kazakhstan, Amérique latine, Indonésie souffrent des mêmes fléaux mais dans des proportions moins critiques.

L'Occident a mis le destin de ses technologies vertes entre les mains d'un seul pays. Notre quête écologique a conduit à une exploitation intensifiée de l'écorce terrestre pour en extraire le principe actif. Enfin, derrière les tensions liées aux ressources fossiles, s'en cachent d'autres bien plus importantes sur ces métaux devenus stratégiques. La pérennité des équipements les plus sophistiqués des armées occidentales dépend en partie du bon vouloir de la Chine, alors que les tensions s'accroissent entre les deux géants du Pacifique.

Le monde plus vert, plus fraternel semble bien loin, car il est tributaire de métaux sales. Compte tenu du rôle de la Chine, il est impossible de mesurer correctement le coût écologique du cycle de vie dans son ensemble des technologies vertes et, dès lors, les progrès réalisés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la pollution.

Le cas de l'automobile est saisissant : une voiture électrique générerait sur son cycle de vie trois quart des émissions carbone d'une voiture au pétrole. Et, « *sur l'ensemble de son cycle de vie, la consommation énergétique d'un véhicule électrique est globalement proche de celle d'un véhicule diesel.* » d'après un rapport de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie en 2016. Ainsi, la transition énergétique et numérique est pour les classes les plus aisées : elle dépollue les centres villes, pour mieux lester les zones miséreuses et éloignées des regards.

Le monde digital a également un poids environnemental considérable. D'une part 19 % de la part de consommation des métaux rares sont destinés aux seuls ordinateurs et smartphones. D'autre part, le poids énergétique du fonctionnement des réseaux informatiques est sidérant. Toutes les heures, dix milliards d'emails sont envoyés d'un bout à l'autre du monde ce qui représente l'équivalent de la production électrique de quinze centrales nucléaires. Un unique *data center* consomme chaque jour autant d'énergie qu'une ville de 30 000 habitants. Ainsi, la dématérialisation et l'apparente libération énergétique qu'offrirait la transition numérique ne reposent que sur des technologies très énergivores et dont les métaux rares constituent le pilier essentiel.

La sobriété énergétique pourrait être rendue possible par le recyclage des métaux rares à grande échelle. Mais la dynamique actuelle semble s'éloigner de cette option. En un an, un Français produit en moyenne jusqu'à 23 kg de déchets électroniques. En trois ans, la quantité de déchets électroniques a augmenté de 20 % dans le monde. Néanmoins, certains pays comme le Japon ont pris le pli de la collecte des déchets numériques à fins de recyclage, et saura peut-être mettre en place une économie circulaire des terres rares. On peut pourtant en douter. En effet, les métaux rares sont rarement présents à l'état pur dans les composants. Ils y sont sous forme d'alliages dont il est long et coûteux (écologiquement et énergétiquement) d'extraire les éléments constitutifs. Pour l'instant, le coût apparaît rédhibitoire. À titre d'exemple, le groupe japonais Hitachi considère que le recyclage de 10 % des terres rares présents dans ses technologies constituerait déjà une prouesse.

Les pays occidentaux se sont donc aveuglés en délocalisant leur pollution : expédition des déchets électroniques dans des décharges toxiques ghanéennes, exportation des déchets radioactif au fin fond de la Sibérie. De plus, un abandon des politiques publiques de souveraineté minière est intervenu. En France, le BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) qui était un acteur mondial important a progressivement perdu en rayonnement et en moyens, cessant les prospections minières dans les années 2000. Les livres blancs sur la défense ne font pas mention des approvisionnements de métaux rares, et les services de renseignement n'ont jamais été dirigés spécifiquement sur ces questions de souveraineté. En trois décennies, l'auteur fait état d'un retournement stratégique complet, et dont les causes sont le court-termisme du marché et le *dumping* opéré avec patience par la Chine. Le précieux monopole que la Chine détient n'est pas près de lui échapper.

Conséquences stratégiques et géopolitiques

Avec une croissance record de son activité minière dans le domaine des REE, la Chine est actuellement en situation de monopole (95 % de la production mondiale), mais est en même temps le plus gros consommateur de métaux rares : 45 % de la production mondiale. Elle a multiplié les ouvertures de mines sur son territoire, placé des pions stratégiques en Afrique et, s'est muée en un faiseur de marchés. Tout ce que fait Pékin a des effets partout dans le monde : un brusque accroissement de la demande de titane en Chine (dont elle est producteur à 50 %) a engendré une multiplication des cours par dix entre 2006 et 2008. Deng Xiaoping, alors numéro un chinois, aurait lancé en 1992 : « *Le Moyen Orient a du pétrole, la Chine a des terres rares.* ». En septembre 2010, suite à des tensions territoriales avec le Japon en mer de Chine orientale, celle-ci décréta un embargo sur les terres rares. Cette mesure déclencha une guerre économique au niveau mondial, entraînant une réaction de la commission européenne et des États-Unis. Les comportements spéculatifs des traders chinois engendrèrent une vaste flambée des prix (dix fois plus que deux ans auparavant pour le terbium, cent fois plus pour le dysprosium terre rare très convoitée). On assiste aujourd'hui à une montée du « nationalisme minier » pas seulement en Chine, mais aussi en Afrique et en Indonésie. Le BRGM souligne que « *les métaux rares sont des métaux de crise.* » (Pitron, 2018, p. 140).



En plus du monopole sur la production de REE, la Chine s'intéresse aussi fortement à l'aval de la filière, c'est-à-dire aux industries des hautes technologies utilisatrices de REE.

Les applications industrielles des REE ont commencé avec la télévision en couleur dans les années 1970 mais la technologie qui va tout bouleverser est la mise au point en 1983 d'aimants ultra-puissants pour leur taille Sm-Co (Samarium-Cobalt) ou NdFeB (Neodyme-Fer-Bore) qui rendent obsolètes les gros aimants composés de ferrite utilisés jusqu'alors. À puissance égale, un aimant de REE est cent fois plus petit qu'un aimant de ferrite!

Pour les moteurs électriques, cela constitue une aubaine à la fois pour la miniaturisation des nouvelles technologies (moteurs plus légers et plus compacts) et pour la lutte avec les moteurs thermiques traditionnels (les voitures électriques deviennent envisageables).

Au départ, les industries japonaises détenaient la supériorité dans ce domaine (brevets sur la production d'aimants de REE) mais peu à peu, les Chinois les ont incités à délocaliser leur production chez eux en proposant des coûts très inférieurs (augmentant ainsi les marges des industriels nippons). L'aspect

stratégique et géopolitique de cette activité échappait alors complètement aux Japonais, et quand ils se rendirent compte que de nouvelles usines de raffinage à bas coût commençaient à proliférer en Chine, il était trop tard. Il en fut de même avec l'entreprise de raffinage Rhône-Poulenc (devenue Solvay) qui était à l'époque *leader* dans les terres rares séparées, utilisées dans la dépollution automobile, la coloration des matériaux et l'électronique. L'illusion que les entreprises occidentales allaient maintenir une avance scientifique éternelle n'a pas duré et, dès les années

2000, les raffineurs chinois ayant réalisé des progrès impressionnants avaient technologiquement rattrapé leurs homologues.

Les entreprises n'ayant pas volontairement choisi de délocaliser leur production (et leurs secrets industriels) s'y virent bientôt forcées par les *quotas* imposés par la Chine en 2011 sur les REE organisant selon certains une « pénurie organisée ». Par le chantage « technologies contre ressources », le monopole chinois de la production des minerais s'est transformé à l'échelon de leur transformation. Cette transformation est particulièrement visible à Baotou en Mongolie intérieure qui se voit comme la « Silicon Valley des terres rares ». La ville accueille déjà plus de trois mille entreprises qui produisent des équipements haut de gamme et emploient des centaines de milliers de salariés (allant des gueules noires des mines nauséabondes aux ingénieurs surdiplômés des usines ultra-modernes) qui produisent près de 4,5 milliards d'euros de revenus annuels.

Cette stratégie industrielle chinoise de montée en gamme dans une filière par chantage aux matières premières ne se limite pas aux REE mais existe pour tous les minerais (tungstène, graphite, molybdène, germanium, lithium, cobalt...). Certains secteurs comme les industries allemandes de la machine-outils ont réussi à résister en acceptant de payer plus cher pour des mines alternatives afin de ne pas dépendre des chinois, mais la bataille n'est pas terminée. C'est un véritable « conflit non militaire » assurent les experts américains et pour les spécialistes miniers français comme Alain Liger « *Nous sommes en train de ne même pas le livrer* ». De plus, le phénomène est en pleine expansion : d'autres pays en voie de développement tentent de reproduire le modèle chinois comme l'Indonésie avec l'étain (métal indispensable aux technologies vertes et à l'électronique – panneaux solaires, batteries, écran digitaux...). Aux yeux des pays émergents, les REE sont plus que jamais des leviers de prospérité économique.

Après avoir tiré parti des savoir-faire technologiques étrangers installés en Chine en échange des faibles coûts de la main d'œuvre et du capital (dévaluation du yuan), Pékin s'est lancé dans une politique de création endogène misant fortement sur l'essor scientifique pour encourager l'esprit créatif dans le pays. Des programmes de recherche dans les industries de pointe (dont les énergies « vertes ») ont été engagés dès le début des années 1980 (Programme 863) et des centres d'innovation industrielle sont créés dans tout le pays (plan « *Made in China 2025* »).

Au total, les dépenses de l'État Chinois consacrées à la recherche ont avoisiné 400 milliards de dollars en 2016 (davantage que l'Europe). Cependant de nombreuses faiblesses structurelles demeurent : inertie administrative très forte dans les entreprises publiques de l'énergie, dirigisme du régime limitant l'innovation, faible nombre de chercheurs comparé à la population totale...

En dépit de cela, les progrès technologiques réalisés ont été stupéfiants et Pékin ne cache pas sa volonté de vouloir se placer du côté de l'offre de nouvelles technologies et non plus seulement de la demande, ce qui passe par l'exploitation des propriétés encore insoupçonnées des REE et le développement des applications du futur. Les américains s'inquiètent d'être sur le point d'être dépassés.

Dans le domaine des technologies vertes, la Chine occupe la première place pour la production d'énergies vertes, pour la fabrication d'équipements photovoltaïques, pour l'investissement dans l'éolien et pour l'utilisation de voitures à nouvelles énergies. Des éco-cités et éco-quartiers sont également en train de sortir de terre par

centaines, et les investissements dans les énergies renouvelables ont dépassé les 100 milliards de dollars en 2015 (le tiers des financements mondiaux).

Les conséquences de ce transfert du *leadership* consécutif à la stratégie chinoise de siphonage de la chaîne aval des REE sont dramatiques pour le dynamisme industriel de l'Europe et des États-Unis. Le montant des transferts de richesse vers la Chine s'élève à près de 40 milliards de dollars rien que pour le marché des aimants. Pour l'industrie des composants (circuits imprimés, capteurs, amplificateurs, diodes, LED,...) et l'industrie des pièces détachées (tableaux de bords, caméras intégrées, disques durs...) le chiffre s'élève à des centaines, voire des milliers, de milliards d'euros (cf. les travaux du chercheur australien Dudley Kingsnorth, notamment Packey & Kingsnorth, 2016). Encore cette estimation ne prend-elle pas en compte la disparition des industries minières, des usines de produits finis (éoliennes, voitures électriques, panneaux solaires etc...), les pertes de recettes fiscales, les millions d'emplois perdus qui frappent les États.

En France, l'industrie high-tech du raffinage des métaux a été liquidée et près de 4000 « emplois verts » permettant de créer une économie moderne et développée ont disparu avec le savoir-faire associé (qui avait des ramifications non seulement dans les énergies vertes mais aussi dans les secteurs de l'armement, de l'électronique et de l'automobile).

Cette réussite chinoise permet de mettre en avant le modèle de gouvernement valorisant la patience et la recherche de la rentabilité sur le long terme à l'encontre des options à courte vue qui, en Occident, ont anéanti toute politique industrielle. Ce « capitalisme autoritaire » prouve qu'il peut à la fois produire une croissance solide et garantir la stabilité politique.

Le futur des métaux de terres rares

Nos besoins en REE s'accroissent de jour en jour au fil de la découverte de leurs nouvelles propriétés miracles et de leurs applications inédites. D'ici à 2040, les experts du Comité pour les Métaux Stratégiques pensent que nous devons extraire trois fois plus de REE. En se fondant sur les perspectives de croissance les plus probables, il va falloir extraire du sol des quantités considérables de REE pour développer les énergies « vertes » et lutter contre le réchauffement climatique. Pour les éoliennes par exemple, qui utilisent davantage de matières premières que les technologies antérieures (à capacité de production électrique équivalente, 15 fois plus de béton, 90 fois plus d'aluminium et 50 fois plus de fer, de cuivre et de verre) il faudra, d'ici 2050, extraire 3 200 millions de tonnes d'acier, 310 millions de tonnes d'aluminium et 40 millions de tonnes de cuivre. Le constat est semblable pour le solaire et pour l'hydrogène.

La transition énergétique va donc nécessiter la consommation de davantage de minerai durant la prochaine génération que pendant les dernières 70 000 années. Pour Vidal, Goffé & Arndt (2013) quand on regarde l'empreinte écologique de la transition verte, il faut aussi prendre en compte la consommation des immenses quantités d'eau par l'industrie minière, la pollution due à cette activité, les rejets de gaz carboniques dus à l'extraction et au transport, le stockage et l'utilisation de l'énergie...

Le problème de la rareté des métaux et REE nécessaires à la transition énergétique va se poser inéluctablement : au rythme actuel de production, les réserves rentables d'une quinzaine de métaux de base et de REE seront épuisées en moins de cinquante

ans. Aveuglés par les promesses des sources d'énergies illimitées que sont les marées, les vents et les rayons solaires, les responsables politiques ne se rendent pas compte de la situation. D'autant plus que confrontés à la raréfaction des REE, la Chine, qui possède le monopole sur la production, va simplement en garder l'intégralité (elle consomme déjà près des trois-quarts de sa production). Pékin va favoriser ses industriels des technologies vertes et soutenir la croissance de sa transition énergétique et numérique au détriment de celle des autres.

L'inconscience de cette crise à venir de la transition énergétique s'explique par plusieurs facteurs. Le déni de la rareté des ressources autres que les combustibles fossiles, le manque d'infrastructures minières et, enfin, la méconnaissance du taux de retour énergétique (c'est-à-dire la quantité d'énergie nécessaire pour produire de l'énergie) qui n'est pas très bon dans le cas des REE. Les limites de l'extraction minières ne sont pas seulement quantitatives, mais aussi énergétiques. Pour bon nombre de ressources minières, pour la même quantité d'énergie dépensée, les groupes miniers extraient aujourd'hui jusqu'à dix fois moins qu'il y a trente ans.

Loin de mettre un terme à la géopolitique de l'énergie, la transition énergétique va assurément l'exacerber. Les pays développés se lancent dans une course aux approvisionnements de REE (l'Allemagne prospecte en Mongolie, la France au Kazakhstan, le Japon signe des accords avec l'Inde, l'Australie et le Vietnam, la Corée du Sud est en pourparlers avec la Corée du Nord qui posséderait certains des plus grands gisements mondiaux de REE). Les rapports de force traditionnels sont bousculés et les pays riches se voient dépendants des États producteurs qui comptent bien tirer parti de leur soudain attrait. L'Afrique en particulier se tourne vers le plus offrant, la Chine, qui compte bien ne pas perdre son monopole dans cette chasse mondiale aux REE. En manipulant les cours miniers à la baisse aujourd'hui, elle rend impossible les moindres projets alternatifs ou les fait stagner en attendant de faire main basse sur les gisements concernés (comme la mine californienne de Molycorp qui a fait faillite après avoir repris ses activités en 2010 et a ensuite été rachetée par un consortium comptant un groupe minier chinois parmi ses investisseurs). En usant de son influence diplomatique sur les pays voisins, Pékin entrave aussi les exploitations alternatives (exemple du Kirghizistan qui a retiré sa licence à une compagnie minière canadienne). À travers cette stratégie d'expansion minière, la Chine vise à transférer son monopole minier édifié sur ses seules ressources domestiques à l'échelon mondial.

La question se pose alors pour la France de réouvrir son industrie minière (fort potentiel) pour se positionner dans cette course à la transition énergétique et numérique. L'accent est mis sur la réduction de l'impact écologique de tout futur projet d'extraction minière (présentation au parlement d'une réforme du code minier en 2017).



Mais ce sujet fait polémique : de nombreuses organisations environnementales jugent illusoire cette promesse d'une relance minière écologique et arguent du lourd passé de l'industrie minière (3 500 anciens sites seraient encore pollués aux métaux lourds en France). Ce faisant, elles se trouvent en contradiction avec leurs vœux en faveur d'une transition énergétique : elles ne veulent pas reconnaître qu'il s'agit aussi d'une transition des champs de pétrole vers les champs de REE.

Un renouveau extractif, en plus des bénéfices en termes de création de valeur, d'emplois, de sécurité stratégique, pourrait constituer une grande avancée pour l'écologie en mettant les consommateurs occidentaux face à la réalité du coût de nos sociétés modernes, connectées, écologiques. La pression sur les industries minières pour respecter des normes environnementales strictes serait beaucoup plus importante ainsi que le *lobbying* en faveur du recyclage intégral des métaux rares.

Assumer la totalité du coût de la transition énergétique et numérique en remettant des mines responsables chez nous plutôt qu'irresponsables ailleurs, apparaît aux yeux de l'auteur comme un choix écologique, altruiste et courageux ■

Références

- Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie ADEME (2016) *Les potentiels du véhicule électrique*, Les Avis de l'Ademe, avril.
- Packey Daniel J. & Kingsnorth Dudley (2016) "The Impact of Unregulated Ionic Clay Rare Earth Mining in China", *Resources Policy*, vol. 48, pp. 112-116.
- Pitron Guillaume (2018) *La guerre des métaux rares : la face cachée de la transition énergétique et numérique*, Paris, Les Liens qui Libèrent.
- Vidal Olivier, Goffé Bruno & Arndt Nicholas (2013) "Metals for Low Carbon Society", *Nature Geoscience*, vol. 6, n° 11, pp. 894-896.