

Source : https://www.pluris.fr/publication/philippe-bihouix-developpement-durable-la-high-tech-n-a-pas-d-avenir_2-14-2554.php

Téléchargement 12 07 2016

Pascal de Rauglaudre
[Entretien](#) | 8 juillet

« La high-tech n'a pas d'avenir »

Les lendemains du développement durable risquent de ne pas chanter, avertit Philippe Bihouix, spécialiste des ressources minières.



Le développement durable et les énergies vertes ne sont peut-être pas aussi prometteurs que prévus. Qu'y a-t-il dans un smartphone ? Du fer, du cuivre, de l'aluminium, et aussi beaucoup de métaux précieux, de l'or, de l'argent, du lithium, de l'indium et des terres rares. L'explosion de la high-tech a transformé la nature des matières premières utilisées dans l'industrie : de vingt métaux dans les années 70, nous sommes passés à plus de soixante aujourd'hui, dont certains très rares. Sauf qu'au rythme actuel de consommation, les réserves mondiales de ces métaux menacent de s'épuiser rapidement. La croissance verte et le développement durable peuvent-ils inverser la tendance ?

Nous avons posé la question à Philippe Bihouix, centralien, spécialiste des ressources minières, et auteur de deux essais sur le sujet, *L'âge des low tech : Vers une civilisation techniquement soutenable* (Seuil, 2014) et *Quel futur pour les métaux ?* (avec Benoît de Guillebon, EDP Sciences, 2010).



Pluris – Selon vous, les énergies renouvelables sont-elles une solution crédible de développement durable ?

Philippe Bihouix – Théoriquement il n’y a pas de limite à leur développement. Le flux d’énergie entrant sur la Terre est largement suffisant pour couvrir nos besoins. Le problème, c’est qu’il faut le capter, le convertir, le stocker et le distribuer car il est très peu concentré et intermittent.

Pour ça, il faut des tombereaux de matières premières diverses et variées, comme par exemple le néodyme, une terre rare souvent utilisée dans les éoliennes de forte puissance mais très difficile à recycler. Les ruptures technologiques dans ce domaine sont illusoire, car les équations de la physique sont têtues et finissent toujours par nous rattraper.

Internet donne l’illusion que tout est léger et immatériel, suivant la fameuse « loi de Moore » : la concentration de microprocesseurs sur une puce de silicium double tous les 18 à 24 mois. Sauf qu’il n’existe pas de loi de Moore dans l’énergie : on ne peut pas transporter et stocker les électrons aussi facilement que les photons.

L’effort industriel pour remplacer l’ensemble des énergies fossiles par des énergies renouvelables est tout simplement impossible, il faudrait des centaines d’années pour produire suffisamment de panneaux solaires, et toute la logique de l’énergie gratuite et abondante s’en trouve dévoyée. Je ne suis donc pas contre le principe des énergies renouvelables, mais je doute franchement qu’elles permettent de maintenir notre niveau de consommation actuel, c’est très différent !

Mais les métaux précieux qui servent aux énergies renouvelables ne sont-ils pas récupérables ?

Je dirais plutôt qu’ils ne sont pas complètement irrécupérables ! On peut les trier et les recycler grâce à des procédés mécaniques comme le broyage et l’aimantation, ou métallurgiques et chimiques, comme la pyrométallurgie et l’hydrométallurgie. Mais aujourd’hui, le taux de recyclage de nombreux métaux high-tech est inférieur à 1 %, car plus il y a de l’électronique, plus c’est compliqué : les quantités de métaux contenues dans les appareils sont trop faibles pour être récupérées de façon

rentable, économiquement et énergétiquement, et aucun procédé ne peut séparer trente métaux différents fondus. Quand le cours des métaux est haut, l'incitation à les recycler est plus forte. En 2011, les prix étaient élevés, le groupe Solvay a ouvert deux usines de recyclage des terres rares parce que c'était rentable.

Cinq ans plus tard, les prix se sont effondrés, et Solvay a dû fermer ses usines au début de cette année. Autre exemple : le lithium n'est pas du tout recyclé, il est plus rentable de l'acheter de première main. Si son prix monte, le recyclage se développera. S'il monte trop vite, les industriels chercheront des métaux de substitution. Mais la substitution est imparfaite car les qualités d'un métal ne sont pas exactement les mêmes qu'un autre.

Pourtant la croissance verte promet de dématérialiser l'économie et de recycler les matériaux à l'infini.

Pour moi, c'est un mythe. En théorie, oui, tous les métaux sont recyclables sans perdre leurs propriétés. Sauf qu'on les emploie beaucoup sous forme dispersive, comme des produits chimiques. Ainsi du chrome, du zinc, du cobalt, de l'étain, ou du titane, qui sert de colorant blanc universel, dans les peintures, les dentifrices, les crèmes solaires... Le cuivre de la bouillie bordelaise répandue sur les vignes bio et les tomates n'est pas récupérable. Et l'usage des matériaux recyclés est souvent dégradé. On ne refait pas du verre blanc à partir de verres blancs et colorés mélangés. Les plastiques souillés sont recyclés en chaises de jardin et en poubelles, pas en emballages alimentaires. Et les alliages métalliques sophistiqués sont refondus pour finir en acier bas de gamme, dans les fers à béton du BTP.

Vanadium, niobium, manganèse, titane, molybdène... : quantités de métaux non ferreux, parfois très rares et capables d'améliorer les caractéristiques de l'acier disparaissent à jamais de cette façon.

A-t-on déjà épuisé des matières premières ?

Il n'y a pas de réponse définitive au risque d'épuisement rapide, car plusieurs paramètres sont à prendre en compte. Le premier, c'est la question des réserves, c'est-à-dire les ressources identifiées et disponibles au prix actuel et avec les technologies actuelles. Ces réserves peuvent évoluer en fonction des techniques et de la découverte de nouveaux gisements.

Autre paramètre : les limites de production. Le développement exponentiel des nouvelles technologies, par exemple, crée des contraintes fortes : la vogue des écrans tactiles a fait exploser la demande en indium (l'oxyde d'indium-étain sert à fabriquer la couche conductrice des smartphones). Mais passer d'une production de 400 tonnes par an à 700 en l'espace d'un ou deux ans a totalement déstabilisé le marché, car il faut du temps pour développer des capacités de raffinage et une bonne dizaine d'années pour mettre en production une nouvelle mine.

Certains géologues vous répondront aussi que nous n'avons exploité que le premier kilomètre de la croûte terrestre, ce qui est globalement vrai. Mais qui dit creuser plus profond, dit plus de chaleur, 1 à 3°C tous les 100 m environ. Quand il fait trop chaud, la mine doit être refroidie ou l'extraction doit être automatisée, ce qui coûte très cher : pour qu'elle soit rentable, le gisement doit être énorme.

L'avenir du secteur minier passe donc par des méga-mines souterraines, voire par l'exploitation des nodules polymétalliques au fond des océans, ou, encore plus hypothétique, des ressources spatiales.

Y a-t-il assez d'énergie pour exploiter ces ressources ?

C'est bien le problème. Il y a un cercle vicieux entre l'énergie et la matière. Nous avons épuisé les

gisements les plus riches. Aujourd'hui, les minerais sont de moins en moins concentrés et il faut plus d'énergie pour en extraire les métaux et les raffiner : c'est la loi des rendements décroissants. L'énergie la plus commode pour ça, c'est l'énergie fossile, et il y en a encore beaucoup, sous forme de pétroles non conventionnels, gaz de schiste et charbon. Mais sa production est elle-même très intensive en métaux, et surtout son utilisation dégage beaucoup de CO₂. Donc on se trouve confronté en même temps au risque de pénurie et à la question climatique. Résoudre la pénurie en explosant les limites planétaires, ça ne va pas être possible très longtemps. Mais nous sommes dans une machine en pleine croissance très difficile à freiner.

On dit que la concentration en cuivre des décharges d'Allemagne serait supérieure à celle des mines du Chili. Les décharges urbaines sont-elles les mines de l'avenir ?

Oui, on parle effectivement de mines urbaines, et par exemple, les Japonais ont identifié des tonnes d'or dans leurs décharges, qu'ils espèrent extraire. Sauf que cette récupération est très coûteuse car impossible à mécaniser. Dans une mine de cuivre, les propriétés physico-chimiques du minerai, même faiblement concentré en métal (au Chili, il ne contient que 1 ou 2 % de cuivre), sont très bien identifiées, la ressource est répartie uniformément, et des procédés faciles à industrialiser ont été développés spécialement pour lui (broyage, lavage, etc.).

La composition d'une décharge, elle, n'a pas cessé d'évoluer : on ne jetait pas la même chose il y a 50 ans qu'aujourd'hui. La concentration en cuivre n'est donc qu'une moyenne entre des « macros morceaux » et le reste des déchets : ça se mécanise très mal et ça ne peut se trier qu'à la main. Les meilleurs taux de recyclage se trouvent d'ailleurs dans les décharges des pays du Sud, là où la main d'œuvre n'est pas chère. Pour cette raison, j'ai donc du mal à croire à la mine urbaine chez nous : mieux vaut économiser à la source que de traiter après coup.

Les low tech sont une démarche d'innovation orientée vers la préservation des ressources. Elles visent à modifier notre approche de la conception et de l'utilisation, avec des technologies plus simples et plus robustes, peu coûteuses, réparables, faciles à fabriquer avec des ressources locales.

Pour faire face à ces défis, vous préconisez le développement des low tech : en quoi consistent-elles ?

Les low tech sont une démarche d'innovation orientée vers la préservation des ressources. Elles visent à modifier notre approche de la conception et de l'utilisation, avec des technologies plus simples et plus robustes, peu coûteuses, réparables, faciles à fabriquer avec des ressources locales. Elles privilégient le monomatériau, en évitant les alliages trop sophistiqués et en réduisant le contenu électronique : un smartphone avec ses 40 métaux différents restera toujours un cauchemar à recycler, et a-t-on besoin d'un hygromètre, d'un magnétomètre et d'une caméra à 60 images par secondes miniaturisés dans un smartphone ?

Ensuite il faut restaurer des réseaux de récupération, de réparation, de partage des objets du quotidien. La logistique et la distribution des produits alimentaires doivent être profondément revues pour générer moins de déchets, en particulier d'emballages, grâce à des formats standards de bouteilles et de flacons, avec consigne et réutilisation généralisées. Nous avons les moyens techniques de préserver l'essentiel de notre confort, mais il faut s'organiser différemment et briser quelques tabous. Bref la low tech est l'inverse de la high-tech et de la fuite en avant vers toujours plus de complexité : c'est le thermomètre à alcool plutôt qu'à affichage digital !

Vous rencontrez régulièrement des décideurs : comment peuvent-ils intégrer les low tech à leur business model ?

Il faut distinguer les personnes dans les organisations des organisations elles-mêmes. Beaucoup de gens très hauts placés dans les organigrammes saisissent parfaitement les tenants et les aboutissants de ces problématiques, qui sont très intuitifs et parfaitement factuels. La difficulté surgit lorsqu'ils doivent transformer cette prise de conscience en actes. Chacun est enchâssé dans un système : tant qu'il n'y aura pas de masse critique pour inverser les tendances, aucun grand patron ne prendra le risque d'une initiative individuelle trop forte.

Personne n'a intérêt à bouger le premier : c'est le côté stalinien du capitalisme, une sorte de dilemme du prisonnier. Et puis se pose la question de la capacité à changer de business model sans s'écrouler. Une entreprise qui vend des bouteilles d'eau en plastique peut bien se vanter de les recycler avec ses bouchons ou de réduire la quantité de plastique pour les alléger, le vrai problème, c'est que l'eau en bouteille ne devrait tout simplement pas exister, point final.