

## "La 'croissance verte' est une mystification absolue"

Auteur de *L'âge des Low Tech. Vers une civilisation techniquement soutenable*, l'ingénieur Philippe Bihoux alerte sur l'épuisement croissant des ressources de métaux. Et souligne que, en raison de leur besoin de métaux rares, les énergies nouvelles ne sont pas la panacée : une énergie illimitée et propre est un mythe, il faut... économiser, recycler, relocaliser. Un entretien énergisant.

Reporterre - Cinq ans après la sortie de votre livre *Quel futur pour les métaux ?*, votre diagnostic reste-t-il d'actualité ?

► Philippe Bihoux - Mon diagnostic concernant la raréfaction des métaux reste vrai. Il ne peut pas changer, parce que la partie accessible et exploitable des ressources minérales et métalliques est limitée. Ces ressources peuvent être très importantes mais elles sont finies, comme peuvent l'être les ressources d'énergie fossile — pétrole, charbon, gaz — non renouvelables, ou les ressources forestières, halieutiques, et autres, si on les exploite à une vitesse excédant leur taux de renouvellement.

Avec une quantité de ressources finie, un pic de production, suivi d'une baisse, est incontournable. C'est mathématique. Comme il y a un pic pétrolier, il y aura un pic énergétique puis, comme production d'énergie et exploitation des ressources sont liées, il y aura au final un pic de tout.

Cela semble inadmissible pour certains, qui s'accrochent au fait que l'énergie solaire incidente est plusieurs milliers de fois supérieure aux besoins énergétiques de l'humanité. Il n'y aurait donc qu'à développer les panneaux photovoltaïques, les centrales solaires à concentration, l'éolien et d'autres énergies renouvelables. Ce ne serait qu'une question de volonté politique, de moyens financiers à mobiliser, de lobbies pétroliers et nucléaires à combattre. Idem pour les métaux. Les géologues nous expliquent que les ressources métalliques sont abondantes, et s'ils reconnaissent que leur qualité et leur accessibilité est en baisse, c'est pour mieux proposer de nouvelles solutions techniques pour les exploiter. On a donc l'impression qu'il n'y a aucun problème.

Or, il y a interaction entre la production énergétique et l'exploitation des ressources. Il faut toujours plus d'énergie pour exploiter des métaux de plus en plus difficiles à extraire : la teneur en métal des minerais tend à diminuer et les mines qui ouvrent

aujourd'hui sont moins concentrées que celles qui ferment après épuisement... Il faut aussi toujours plus de métaux pour produire de l'énergie : il faut multiplier les puits pour exploiter le gaz de schiste, par exemple.



Pour appréhender le problème, il est donc nécessaire, comme Dennis Meadows, un des auteurs du **rapport au Club de Rome sur la croissance**, l'a fait dans les années 1970, d'avoir une approche systémique de ces questions. Et pour moi, le système se tend de plus en plus : la cage à hamster

énergético-géologique et minière tourne de plus en plus vite, avec une quantité toujours plus grande de matières et d'énergies englouties pour maintenir la production. Ce processus "extractiviste" devrait encore durer quelques décennies, malheureusement, avec des conséquences environnementales multipliées et aggravées.

## Pourquoi la demande mondiale en métaux explose-t-elle ?

► L'explosion, relativement récente, de la demande en métaux est due pour l'essentiel à deux phénomènes. D'une part, pour les "grands" métaux industriels (fer, aluminium, cuivre, zinc, plomb...), à l'industrialisation, à l'urbanisation et à la motorisation des pays émergents, Chine et Inde en particulier. D'autre part, pour les "petits" métaux de spécialité, à l'essor des nouvelles technologies. Il y a quarante ans, moins d'une trentaine de métaux étaient utilisés à l'échelle industrielle pour fabriquer les produits du quotidien. D'autres étaient également utilisés, mais en quantités moindres, dans des filières ultra-spécialisées, comme le nucléaire, l'armement, etc.

Aujourd'hui, une soixantaine de métaux sont couramment exploités : le gallium est utilisé dans les diodes électroluminescentes (LED), l'indium dans les écrans plats, le cobalt dans les batteries au lithium, etc. En réalité, tous ces "nouveaux" métaux existaient auparavant, ce sont d'ailleurs souvent des sous-produits issus de l'exploitation industrielle des grands métaux historiques — l'indium est un sous-produit du zinc, le gallium de l'aluminium —, mais ils n'étaient pas raffinés, ou étaient considérés comme des impuretés.

Aujourd'hui, l'industrie leur a trouvé des débouchés. Nous avons "électroniqué" nos vies, alors qu'auparavant nous étions essentiellement entourés d'appareils électriques, ce qui est très différent. Avec l'électronique, et ensuite la micro-informatique, sont apparus de nouveaux besoins et donc de nouvelles contraintes de production : les produits sont plus complexes, doivent être plus petits, plus légers, plus résistants, plus transportables, etc.

Par exemple, il faut utiliser du tantale, assez rare, pour fabriquer des condensateurs plus petits qu'avec l'aluminium, qui est bien plus abondant. Le germanium, lui aussi sous-produit du zinc, est employé pour "doper" la conductivité des fibres optiques. On les retrouve

également dans les énergies renouvelables : le néodyme, par exemple, qui présente des caractéristiques magnétiques par unité de poids intéressantes, est souvent préféré à d'autres métaux pour les aimants des générateurs d'éoliennes de forte puissance.



Quand on étudie en profondeur le contenu des produits manufacturés, comme leur procédé de fabrication, il y a toujours, en bout de chaîne, l'exploitation de ressources minérales et métalliques, et tout particulièrement pour les télécoms et l'informatique. L'économie n'est jamais immatérielle.

### Que pensez-vous des énergies renouvelables et des technologies dites "vertes" ?

► Je ne suis pas contre les énergies renouvelables dans l'absolu. En revanche, je suis contre le mythe d'une énergie qui serait illimitée et propre. Les "technologies vertes" sont, elles aussi, consommatrices de ressources, font appel à des métaux plus rares, et sont en général moins bien recyclables. Dans les énergies renouvelables, on peut trouver le meilleur comme le pire. Les panneaux photovoltaïques au silicium — un métal qui compose 27 % de la croûte terrestre — sont a priori plus vertueux que les panneaux multicouches à haut rendement. Mais même un panneau au silicium contient d'autres métaux, comme du cuivre ou de l'argent pour les contacteurs, par exemple. Idem pour les éoliennes, dont le contenu métallique dépend de la conception, de la puissance, etc. Une solution consisterait à orienter la recherche scientifique en prenant en compte les ressources, plutôt que le seul rendement, physique ou économique.

Mais le problème est plus profond. En France, par exemple, on développe un programme éolien offshore d'un côté, mais de l'autre on multiplie les panneaux publicitaires et les écrans plats énergivores, et on se réjouit du développement des big data et des centres de données ! En réalité, le développement des énergies renouvelables ne permet pas, et ne permettra pas, de maintenir notre niveau effarant de dépense énergétique et d'absorber la croissance continue de notre consommation matérielle.

Il est insensé de croire que l'on peut réduire les émissions de gaz à effet de serre significativement sans réduire massivement notre consommation énergétique. De ce point de vue, la "croissance verte", qui élude la question de nos modes de vie, est une mystification absolue. Les chiffres le montrent aisément.

### Votre dernier livre portait sur les "low tech". De quoi s'agit-il ?

► Cette expression est avant tout un pied-de-nez à la "high tech", au mirage des technologies salvatrices. Dans ce livre, je pose les questions fondamentales suivantes :

pourquoi produit-on ? Que produit-on ? Et comment produit-on ? Mon propos est de dire que l'on pourrait d'ores et déjà produire moins sans que notre qualité de vie en pâtisse, bien au contraire. Par exemple, on pourrait supprimer le million de tonnes de prospectus publicitaires qui sont distribués chaque année. On pourrait étendre le rechapage des pneus à tous les véhicules, comme cela se fait déjà pour les avions et les camions. On pourrait rétablir la consigne pour les emballages et favoriser la vente en vrac. On pourrait progressivement limiter la vitesse maximale, brider les moteurs, interdire les voitures trop puissantes. La voiture "propre" n'existe pas, mais en attendant de tous enfourcher un vélo, la voiture à 1 litre au 100 km est à portée de main. Simplement, elle fait 500 kg et ne dépasse pas les 80 km/h, ce qui suffirait pour une large part des besoins de déplacement.



En même temps, il faut pousser l'éco-conception au maximum. Il faut que les produits que l'on utilise tous les jours soient plus facilement réparables, réutilisables, modulaires, à plus longue durée de vie, constitués d'un seul matériau plutôt que de matériaux composites, etc. Il faut accepter d'avoir des produits un peu moins performants, légers, esthétiques.

Enfin, la façon dont on produit ces biens est également cruciale. Aujourd'hui, l'organisation industrielle mondiale est telle que quelques usines fabriquent des quantités phénoménales de produits. La part du travail humain se réduit toujours plus, au profit de la mécanisation, des robots et bientôt des drones. Au contraire, il faut relocaliser une partie de cette production, retrouver l'échelle du territoire, des petites entreprises, des ateliers, de l'artisanat, d'un tissu industriel et commercial à l'échelle de l'Homme.

Se pose alors inévitablement la question — épineuse mais inévitable — du protectionnisme et de l'échelle des territoires à protéger. Soyons là aussi réalistes : comment une industrie chimique locale, nationale ou même européenne, aux normes environnementales élevées et intégrant pleinement un coût du carbone, pourrait-elle résister à l'industrie des gaz de schiste américains, ou au gaz "gratuit" du Qatar ? Comment des élevages de taille moyenne pourraient-ils concurrencer la production brésilienne et les poulets trempés dans le chlore ? La logique du "consomm'acteur" ne suffira pas, il faut se donner les moyens réglementaires et normatifs de faire émerger et prospérer des solutions plus vertueuses.

### Comment la civilisation occidentale peut-elle devenir "techniquement soutenable" ?

► **En travaillant sur la sobriété avant tout, et en déployant des solutions intelligentes en parallèle. Il est nécessaire de réduire notre consommation énergétique — et pas seulement électrique — de 75 à 80 %.** On a également besoin de mettre en œuvre un mix pertinent d'énergies renouvelables décentralisées avec, par exemple, du solaire

thermique pour l'eau chaude, une part de photovoltaïque, d'éolien, de micro-hydraulique et de biogaz.

Il faut surtout que l'on accepte les contraintes d'une production énergétique intermittente pour renouer avec les rythmes de la nature, car sinon il faudra installer des surcapacités énormes, et le système de stockage qui va avec, et surtout les faire durer dans le temps. Compte tenu de la consommation de ressources non renouvelables, pour partie non recyclables, que cela engendrerait, un tel scénario industriel ne serait effectivement pas soutenable, et absolument pas généralisable au monde entier.

### L'économie circulaire a le vent en poupe. Qu'en pensez-vous ?

► L'économie circulaire me rappelle furieusement le développement durable. Comme lui, ça va faire "pschitt !". L'économie circulaire est un concept très vague, tellement vague que tout le monde s'y retrouve, à la fois les citoyens, les associations, les industriels, les multinationales, les politiques, etc. C'est pour cela que l'économie circulaire est à la mode : il n'y a pas de définition stabilisée, chacun y met ce qu'il y veut et on peut même y "recycler" quelques bon vieux concepts : écologie industrielle, économie de la fonctionnalité, économie du partage...

Selon la définition de l'Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), l'économie circulaire est un système économique qui vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources à tous les stades du cycle de vie des produits. Il s'agit de "faire plus avec moins". C'est beau, mais utopique, car on ne sait pas découpler de manière absolue croissance du PIB et décroissance de la consommation matérielle et pollution.



Philippe Bihoux

Il faudrait plutôt "faire un peu moins avec beaucoup moins" ! Comme les taux de prélèvement des ressources naturelles et le volume d'émission des gaz à effet de serre atteignent des niveaux hallucinants, il faut plutôt écraser la pédale de frein le plus vite possible, mais le plus intelligemment possible, en essayant de maintenir l'essentiel de notre "confort".

### Quelles sont, selon vous, les limites du recyclage ?

► Le recyclage présente trois limites, une mineure (à court terme) et deux majeures. La mineure, comme l'a justement perçu l'économiste Nicholas Georgescu-Roegen, c'est l'usure liée au deuxième principe de la thermodynamique : on ne recycle jamais à 100 %, il y a toujours des pertes.

La première limite majeure, c'est l'existence des alliages. Les métaux ne sont pas utilisés dans leur forme pure, mais de petites quantités de métal sont généralement mélangées à un ou deux "grands" métaux : par exemple, dans l'acier pour améliorer ses qualités, mais aussi pour fabriquer des laitons, ou des alliages "high tech" en très petites quantités dans les appareils électroniques. Selon les mélanges, et en fonction des quantités, une partie de la ressource n'est pas récupérable en fin de vie. Souvent, les métaux non ferreux ou précieux sont physiquement récupérés, mais ils sont perdus fonctionnellement, il y a aussi une dégradation de l'usage : un acier recyclé ne retrouve pas son utilisation première et servira, par exemple, à fabriquer des ferrailles pour la construction.

La seconde limite majeure au recyclage, c'est l'usage dispersif. Les métaux ne sont pas toujours utilisés sous forme métallique, ils le sont aussi beaucoup sous forme chimique. Le cas le plus emblématique, c'est le titane, qui est employé à 95 % comme colorant blanc universel, dans les cosmétiques, les plastiques, etc. Le cobalt, lui, sert à faire du bleu, le chrome du vert ou du jaune, etc. Un autre exemple : l'antimoine est intégré dans les produits électroniques comme retardateur de flammes. L'étain et le cuivre sont présents dans les peintures anti-algues pour les bateaux, etc. Or, il est quasiment impossible de récupérer tous ces métaux dispersés.

Au final, les "grands" métaux industriels (comme l'aluminium, le cuivre, le nickel, etc.) sont recyclés au-delà de 50 % — et même jusqu'à 95 % au moins pour le plomb. Mais les métaux de spécialité, employés en très petites quantités ou dans des alliages — comme beaucoup de métaux utilisés dans l'électronique, ou les terres rares —, ont souvent des taux de recyclage qui se situent entre 1 et 10 %.

### Si la fuite en avant énergéico-minière se poursuit, quelles pourraient en être les conséquences géopolitiques et socio-politiques ?

► Il faut regarder les choses en face, la situation va s'aggraver. Nos dirigeants font semblant d'appuyer sur le frein avec un discours lénifiant sur le développement durable, alors qu'ils appuient à fond sur l'accélérateur ! Il n'y a qu'à voir les appels à l'innovation, les subventions accordées, tous les projets qui sortent concernant les nanotechnologies, la biologie de synthèse, le numérique, les objets connectés, la robotique, etc. Tout le monde s'émerveille face à ces nouveautés, mais la voie que nous poursuivons est en réalité mortifère, tant du point de vue de la consommation de ressources et d'énergie que de la génération de déchets électroniques ingérables.

Quelles en seront les conséquences ? Les tensions géopolitiques autour des ressources minières sont moins prégnantes que celles concernant les ressources énergétiques.

Toutefois, un nationalisme minier émerge en Chine, en Australie, en Russie. La France



devra sans doute entretenir dans les années à venir de bonnes relations avec ces pays, comme avec le Brésil, l'Afrique du Sud. Mais on n'est pas à l'abri de nouvelles périodes de tension, comme dans les années 2006 à 2008, quand le prix du pétrole a flambé et avec lui le prix des métaux.

En France, de plus en plus de personnes ont conscience que les ressources mondiales sont limitées et qu'il faudra les partager au sein d'une population toujours plus nombreuse. D'un point de vue strictement socio-économique, cela ne peut mener qu'à une augmentation du prix de ces ressources, et donc à une inflation générale des prix, sans l'inflation équivalente des salaires et du pouvoir d'achat bien sûr, puisqu'en gros, il faudra payer toujours plus les matières premières essentiellement importées, alors que la concurrence de la main d'œuvre maintiendra la pression sur les revenus du travail.

Si nous ne savons pas nous passer de ces ressources énergétiques et minières — par la sobriété et un recyclage meilleur —, il y aura une paupérisation, progressive mais inéluctable, de la population. A voir les clivages et les tensions qui traversent la société française, et le sentiment d'appauvrissement partagé par de plus en plus de personnes, nous en prenons effectivement le chemin, et tenter de maintenir le statu quo industriel et économique actuel promet de grandes frustrations et une instabilité politique accrue.

### Lire aussi :

➤ ["Tout va s'effondrer. Alors... préparons la suite"](#)

### Source :

Anthony Laurent pour Reporterre

### Dessin :

Félix Blondel pour Reporterre

### Photos :

⌘ portraits : © Lucas Mascarello pour Reporterre

⌘ Voiture : [Flickr](#) (bertknot / CC)

⌘ Mine en Australie : [Wikipedia](#) (CC)