

# Notre soif de minerais et d'énergie va poser un énorme problème

Interview de Philippe Bihoux sur [www.millenaire3.com](http://www.millenaire3.com) (extraits)

<https://www.millenaire3.com/interview/2015/notre-soif-de-minerais-et-d-energie-va-poser-un-enorme-probleme>

**Le point de départ de votre réflexion est notre boulimie de minerais. Des économies tertiarisées comme les nôtres ne consomment-elles pas moins de métaux ?**

Au niveau mondial, les consommations globales de minerais n'ont fait qu'augmenter, et ce depuis la fin du néolithique. Pour l'ensemble des métaux, on extrait donc chaque année davantage que l'année précédente, à de très rares exceptions près. Il n'y a donc pas de baisse de production au niveau mondial, bien au contraire. Mais il n'y a pas non plus de découplage de l'intensité en matières premières. Autrement dit, même dans les pays riches l'augmentation du PIB ne s'accompagne pas d'une stagnation ou d'une baisse de la consommation de ressources. L'intensité d'usage baisse légèrement, mais il n'y a pas de découplage absolu. Les courbes de consommation continuent de croître. Et lorsque les courbes de consommation brute ne croissent pas, c'est simplement parce qu'on importe davantage de produits incluant des métaux qu'on n'en exporte.

**On ne constate donc pas de baisse de la consommation de métaux dans la consommation finale.**

Exactement. Et non seulement l'intensité métallique totale augmente, mais avec les nouvelles technologies on a également accru la diversité des métaux utilisés. Jusqu'aux années 1980, l'industrie utilisait essentiellement les grands métaux classiques comme le cuivre, le nickel, le chrome, l'étain, le plomb, l'acier ou encore l'aluminium. Mais depuis, on utilise aussi massivement des métaux de spécialité qui étaient jusque là réservés à des usages très spécifiques, comme l'aéronautique ou le spatial. Ces petits métaux ont vu leur consommation exploser ces dernières années : on utilise du lithium dans les batteries et il y a plus de 40 métaux différents dans un téléphone portable ou un ordinateur.

**La particularité de ces métaux, c'est leur rareté ?**

Tout dépend des métaux. Certains de ces petits métaux sont des sous-produits des grands métaux. C'est le cas par exemple de l'indium utilisé dans les écrans plats et du germanium utilisé dans l'électronique et les technologies wifi, ou encore du gallium à la base des éclairages LED. Ce sont respectivement des sous-produits du zinc et de l'aluminium (de la bauxite). C'est d'ailleurs ce qui crée des difficultés d'équilibre entre offre et demande : même si le prix de l'indium monte, il se peut que l'ajustement entre offre et demande soit rendu difficile étant donné que l'offre ne peut pas forcément croître, puisqu'elle dépend des mines de zinc en amont, et des capacités de raffinage en aval.

Mais il y a également d'autres petits métaux qui sont effectivement exploités de manière spécifique. C'est le cas par exemple du tantale, qui a défrayé la chronique il y a quelques temps sous le slogan « du sang dans nos téléphones portables ». Une partie de l'exploitation de ce métal, qui sert à produire les condensateurs des appareils électroniques, est réalisée dans l'Afrique des grands lacs, où elle alimente les seigneurs de guerre du secteur. On a aujourd'hui un problème similaire avec la cassitérite, un minerai d'étain qui sert à réaliser les soudures électroniques. Ce sont donc des mines spécifiques. Les consommations de ces minerais ont explosé avec la multiplication des objets électroniques de toutes sortes, ce qui accroît évidemment les prélèvements miniers et les conséquences environnementales.

(...)

**Justement, la notion de rareté semble assez relative dans le domaine des minerais. Le cuivre est par exemple très abondant dans la croûte terrestre : pourquoi s'inquiéter de son exploitation ?**

Parce que la rareté n'est pas seulement liée à l'abondance moyenne dans la croûte terrestre. Divers phénomènes géologiques ont concentré certaines ressources dans certains endroits. Or, dans le monde, les mines qui ouvrent aujourd'hui offrent des teneurs en minerais moins importantes que celles qui ferment. C'est d'ailleurs logique : on a d'abord utilisé le stock qui était le plus riche en minerai et le plus facile à exploiter. La qualité, la concentration ou l'accessibilité des ressources sont donc aujourd'hui en baisse.

Or, d'un autre côté, se pose la question de l'énergie, qui elle aussi est de moins en moins concentrée : elle baisse aussi en qualité et en accessibilité. Le taux de retour sur investissement énergétique est ainsi passé de 2 ou 3 barils nécessaires à la production de 100 barils en Arabie Saoudite, à 35 à 50 barils pour les sables bitumineux de

l'Alberta. Et tandis que le taux de retour sur investissement énergétique se dégrade, l'intensité métallique augmente : il faut davantage de métaux pour produire du pétrole off-shore ou des gaz non conventionnels, par exemple. Et c'est encore plus vrai pour les énergies renouvelables, qui sont à la fois plus intermittentes et diffuses, ce qui entraîne une consommation métallique encore plus grande que les énergies fossiles. Par ailleurs, les métaux utilisés pour l'éolien ou le photovoltaïque multicouches sont généralement plus rares et plus spéciaux, tels le néodyme, l'indium, le sélénium, le tellure, le cadmium, etc.

**Si je comprends bien, moins l'énergie est concentrée et plus il faut des métaux pour la produire. Dans le même temps, moins le métal est concentré et plus il faut de l'énergie...**

Exactement. La dégradation de l'accessibilité et de la qualité des métaux ET la dégradation de l'accessibilité et de la qualité des énergies vont aller en se renforçant. De mon point de vue, si on adopte une vision systémique, cela pose un énorme problème. Mais un géologue ne le verra généralement pas car il ne perçoit pas la problématique du pic d'énergie, il ne considère qu'un problème de coût : c'est à dire à quel prix il peut exploiter et produire une tonne de cuivre, sans s'attarder sur le contenu énergétique de son extraction. De l'autre côté, celui qui se projette dans la transition énergétique à coups de panneaux solaires ne se préoccupe pas de la question des ressources minières...

(...)

**Plutôt que freiner, on envisage aujourd'hui d'enclencher un virage. C'est ce que propose par exemple l'économie circulaire : on pourrait diminuer les consommations de ressources en les recyclant. Vous n'y croyez pas ?**

Malheureusement, cette idée ne fonctionne que très partiellement dans la réalité, et ce pour plusieurs raisons.

La première et la moins problématique, c'est la limite thermodynamique : par exemple, il y a un peu d'usure qui génère une perte irréversible. Même une pièce de monnaie finit par perdre une partie de sa matière, raison pour laquelle on ne recycle jamais à 100%. Mais cela n'est encore pas très grave, puisqu'on peut encore envisager des rendements proches de 99%. Ce serait déjà formidable ! Mais il y a deux phénomènes qui empêchent ce recyclage optimum.

Le premier phénomène, c'est l'usage dispersif des métaux, c'est à dire le fait de les utiliser sous des formes qui ne sont pas récupérables. Par exemple, lorsqu'ils sont utilisés sous forme de colorant ou d'additif dans des plastiques, des vêtements ou encore des encres. Par définition, ces particules sont alors irrécupérables. On peut prendre l'exemple de la bouillie bordelaise : le sulfate de cuivre ainsi disséminé ne peut pas être récupéré. Et il existe une multitude d'usages dispersifs de ce type. Pour le titane, par exemple, ces usages dispersifs représentent 95% des utilisations, sous forme de colorant blanc que l'on retrouve absolument partout. Mais même pour des métaux plus classiques comme le cuivre ou l'étain, les usages dispersifs peuvent représenter de 5 à 30% des volumes utilisés.

Le second phénomène qui empêche un recyclage efficace, c'est la dégradation de l'usage en recyclage, c'est à dire le fait qu'il est souvent très difficile de recycler un matériau en conservant ses qualités. On connaît ce phénomène par exemple dans le domaine des plastiques : en chauffant un plastique pour le recycler, les chaînes de polymères se cassent et deviennent de plus en plus courtes, raison pour laquelle au bout de quelques recyclages les chaînes sont trop petites et le plastique perd en qualité. Pour les métaux, le phénomène est comparable puisque ces derniers sont la plupart du temps utilisés sous la forme d'alliages. Il en existe des milliers. Or il est impossible de ferrailer avec des milliers de filières différentes. Au final, on se contente donc d'organiser quelques grandes filières de récupération : métaux spéciaux, aciers inox, aciers carbone... Mais tous les autres métaux qui sont ajoutés afin d'améliorer les caractéristiques techniques vont être physiquement recyclés, mais fonctionnellement perdus. Par exemple, si j'ajoute un peu de nickel dans l'acier d'une petite cuiller, lorsqu'elle va partir en ferrailage le nickel ne sera pas correctement récupéré et l'acier en question sera recyclé sous forme de fer à béton armé typiquement. Le nickel sera toujours là, mais il ne servira plus jamais à lutter contre la corrosion, comme c'était prévu au départ.

**Plus les alliages sont complexes et plus ils sont difficiles à recycler ?**

Ce n'est pas forcément impossible, mais il faut vraiment avoir affaire à des alliages métalliques très coûteux pour que le recyclage soit plus abouti, et certains métaux seront quand même perdus car « incompatibles entre eux » au moment du traitement métallurgique. Du coup, dans la plupart des cas, plus l'alliage est complexe et plus il y a de chance que ses qualités soient perdues. Prenons le cas d'une voiture en fin de vie, par exemple. Il y a de plus en plus de composants électriques et électroniques à l'intérieur des véhicules. Or cela coûterait trop cher de payer quelqu'un pour enlever les câbles de cuivre et certains composants électroniques avant de la broyer et de la refondre. Donc tout est broyé et fondu en même temps. On va récupérer l'acier par magnétisme, l'aluminium par courant de Foucault, mais il y aura toujours des résidus de cuivre accrochés à l'acier. Du coup, non seulement le

cuivre est perdu, mais il va venir dégrader la qualité de l'acier. Au final, plus on mélange les métaux et plus on gâche la ressource en fin de vie, car on se retrouve avec des matériaux impurs qui ne correspondent pas aux exigences de pureté des cahiers des charges. Et le pire, c'est que le mouvement de la « croissance verte » aggrave ce phénomène ! Si je reprends l'exemple des voitures, la tendance va consister à alléger les voitures tout en gardant leurs caractéristiques techniques, parce qu'on ne veut pas réduire le confort ni les normes de sécurité. Il faut donc concevoir des matériaux plus résistants et plus légers... donc des alliages de plus en plus purs, avec des exigences techniques de plus en plus importantes, qui réclament des métaux non ferreux supplémentaires... qui ne seront pas du tout compatibles avec les métaux issus du recyclage.

Et on a le même problème dans le domaine du bâtiment : on conçoit des bâtiments que l'on chauffe moins car ils sont mieux isolés, mais en gardant des températures de chauffe élevées, et la climatisation pour la saison chaude. Du coup, on utilise des matières premières plus rares (comme l'oxyde d'indium – étain pour la fabrication de verres faiblement émissifs) et on fait appel à davantage d'électronique pour truffier les bâtiments de capteurs divers et variés. Le contenu métallique et électronique des bâtiments BBC contemporains est considérable.

(...)