

Ressources minières : bientôt la pénurie ?

En mai 2012 le magazine Science & Vie a publié une enquête sur le sujet de l'épuisement des ressources mondiales de certains produits indispensables à notre vie de tous les jours. A l'époque, quelques articles dans les journaux s'étaient montrés alarmistes, notamment à propos des terres rares. Depuis, ce sujet semble oublié des médias.

Difficile de croire que certains produits pourraient arriver à manquer. Jusqu'à présent, les mécanismes du marché ont fait preuve d'efficacité : la rareté fait monter les prix, ce qui pousse à développer la prospection et améliorer l'extraction, en résulte le maintien de l'équilibre de l'offre et de la demande. De fait, les prévisions alarmistes passées ne se sont jusqu'à présent jamais réalisées. Ainsi le rapport « Halte à la croissance ? » du Club de Rome en 1972 prévoyait la disparition du pétrole, du cuivre et de l'étain au plus tard en l'an 2000.

Pourtant des indices montrent que le tarissement de certaines ressources est en voie d'apparition.

Concernant la ressource la plus emblématique, le pétrole conventionnel (80% de la consommation mondiale) a atteint son pic de production, le fameux « peakoil », en 2006. Malgré les augmentations de prix (15% annuellement depuis 2005, jusqu'à mi 2014) la production des puits conventionnels plafonne. On découvre de moins en moins de gisements importants malgré les énormes moyens investis, et les coûts d'exploitation augmentent car les gisements actuels demandent plus d'énergie pour en extraire le précieux produit (1 baril pour 18 extraits actuellement contre 1 baril pour 100 extraits dans les années 1930). A noter que la baisse des cours du pétrole de 50 % fin 2014 - début 2015, pour des raisons géopolitiques, ne va sûrement pas améliorer la situation.

Concernant les métaux, c'est un peu la même chose. Au cours de l'histoire, l'Homme a eu tendance à d'abord exploiter les minerais les plus concentrés. Rappelons que nos ancêtres ont commencé par exploiter les éléments natifs, c'est-à-dire concentrés à 100 %. Avec moins de découvertes géologiques, la tendance est à une baisse de la concentration moyenne des minerais. A titre d'exemple, la concentration moyenne des minerais de cuivre exploités est ainsi passée de 1,8 % (55 tonnes de minerai pour un tonne de métal) dans les années 1930 à 0,8 % aujourd'hui (125 tonnes de minerai pour une tonne de métal). La concentration des mines d'or en Australie et en Afrique du Sud, deux des principaux pays producteurs, est passée de plus de 20 grammes par tonne de minerai à moins de 5 grammes en l'espace d'un siècle. Il en découle que les coûts et l'énergie nécessaires pour l'extraction ne cessent d'augmenter. Aujourd'hui, 8 à 10 % de l'énergie primaire est consacrée à extraire et raffiner les ressources métalliques, notamment pour l'acier et l'aluminium. A l'image du pétrole, le pic de production d'or aurait déjà été atteint (sommet historique en 2001). Mais dans le monde de l'industrie et de la recherche c'est la crainte de rupture des stocks d'éléments plus stratégiques qui inquiète. Car la demande explose : à l'échelle du globe il faudra extraire dans les 20 prochaines années plus de minerai que durant toute l'histoire de l'humanité !

L'article de Science & Vie cite 26 éléments placés sous surveillance. Même si pour la grande majorité de ces éléments, les réserves naturelles se situent entre 20 et 60 ans, les problèmes risquent d'arriver avant : si leur consommation augmente plus vite que prévu ou que des causes géopolitiques viennent en tarir la source.

Voici ces 26 éléments, dans l'ordre du tableau de Mendeleïev :

Hydrogène 3 (tritium) : généré dans la haute atmosphère, la terre n'en contient que 3,5 kg ; cet isotope radioactif de l'hydrogène se crée aussi dans les centrales nucléaires ou par irradiation du lithium 6. Utilisé dans les armes thermonucléaires, c'est la source envisagée pour le démarrage d'ITER (fusion deutérium tritium).

Hélium : grâce son point d'ébullition très bas (- 269 °C), il permet d'atteindre des températures ultra basses ; il est très utilisé en recherche scientifique ; les stocks stratégiques US, constitués du temps des dirigeables, sont en voie de disparition ; réserves (dans certains gisements de gaz) = 23 ans.

Hélium 3 : l'hélium 3 est très rare sur terre (mais la lune en détient en abondance) ; le tritium (radioactif bêta) se transforme en hélium 3 (stable) ; les stocks ont été vidés par la multiplication des portiques de sécurité ; à noter que la fusion nucléaire de l'hélium 3 ne produit aucun déchet ou sous-produit radioactif.

Béryllium : principalement employé comme agent durcissant dans certains alliages, il est aussi utilisé dans l'électronique et l'industrie nucléaire ; extraction difficile car il est très toxique.

Phosphore : il est indispensable à la vie, animale et végétale ; composant des engrais il permet de multiplier les rendements agricoles. Malgré son utilisation non raisonnée (entraînant des problèmes environnementaux), arrivera-t-on à nourrir les 9 milliards d'humains de 2050 ? Au rythme de consommation actuel, les réserves de phosphate économiquement exploitables seront épuisées d'ici 125 ans et les autres réserves (actuellement non exploitables économiquement) seront épuisées d'ici 340 ans.

Scandium : permet de renforcer l'aluminium notamment pour l'industrie aéronautique ; fait partie des « terres rares » ; si dispersé dans la nature qu'il ne forme pas de gisement primaire exploitable ; il est principalement récupéré comme sous-produit d'autres substances ; d'où son prix très élevé (10 000 \$/kg).

Cuivre : ce métal qui a permis à l'homme de sortir de l'âge de pierre est exploité depuis 10 000 ans. Il est maintenant omniprésent dans notre quotidien. Chaque habitant des pays industrialisés en mobilise 140 à 300 kg contre 30 à 40 kg par personne dans le reste du monde. Réserves = 38 ans.

Zinc : les principales utilisations de ce métal sont la galvanisation de l'acier et la réalisation d'alliages (bronze, zamak...) ; ce qui rend son recyclage très difficile. Réserves = 20 ans.

Gallium : composant devenu important pour les nouvelles technologies (LED, cellules photovoltaïques...) ; les capacités de récupération de ce métal comme sous-produit dans les raffineries d'alumine (et de zinc) poseraient problème.

Germanium : utilisé en électronique (semi-conducteur) et dans la fabrication des fibres optiques ; élément rare, il est récupéré comme sous-produit dans les minerais de zinc.

Yttrium : avec l'euprasiolite et l'europium il nous permet de voir la télévision en couleur ; ces trois « terres rares » sont aussi utilisées dans les lampes basse consommation ; 28^{ème} élément le plus abondant sur terre mais à de faibles concentrations et difficile à séparer des autres terres rares avec lesquelles il se trouve généralement.

Niobium : il est utilisé principalement pour la fabrication d'acier à hautes caractéristiques ; réserves = 55 ans.

Technétium 99 : l'élément le plus léger ne possédant pas d'isotope stable ce qui explique qu'il n'existe pratiquement pas dans la nature ; il est produit dans les réacteurs nucléaires ; la production de technétium 99 à partir de combustible nucléaire usé est un procédé difficile ; sa radioactivité β à longue demi-vie le fait utiliser en étalonnage, optoélectronique et dans les batteries nucléaires nanométriques.

A ne pas confondre avec le **technétium 99m(métastable)** - demi-vie de 6 heures - radio-isotope le plus utilisé en imagerie médicale nucléaire ; qui est obtenu par un générateur contenant du molybdène 99 radioactif lui-même produit par activation neutronique du molybdène 98 dans de rares réacteurs, la plupart en fin de vie.

Rhodium : élément relativement rare sur terre (10 fois moins que l'or) ; utilisé en bijouterie et comme catalyseur (notamment pour les pots d'échappement) ; réserves = 100 ans.

Argent : métal précieux très utilisé en bijouterie ; la moitié de sa production est utilisée dans l'industrie notamment dans le domaine de l'électronique grâce à sa très bonne conductivité électrique ; réserves = 20 ans.

Indium : il se trouve en très petites quantités dans les mines de zinc ; il est utilisé pour les cellules photovoltaïques ou encore les écrans LCD ; il est indispensable pour les écrans tactiles ; réserves = 17 ans.

Antimoine : est utilisé dans des alliages (de plomb en particulier), pour réaliser des semi-conducteurs ou encore comme retardateur de flammes ; réserves = 11 ans.

Tantale : très utilisé en électronique pour la fabrication de condensateurs ; il sert aussi à l'élaboration de superalliages ; réserves = 75 ans.

Tungstène : sous forme de composés ou d'alliages il possède de nombreuses applications ; produit à près de 90% en Chine ; réserves = 65 ans.

Rhénium : très difficile à obtenir, le rhénium est utilisé principalement pour la fabrication de superalliages ; réserves = 50 ans.

Platine : plus précieux que l'or, il est utilisé en bijouterie ; il est aussi souvent utilisé pour les pots d'échappement catalytiques ; réserves = 150 ans.

Or : synonyme de richesse, l'or n'est pas un métal comme les autres ; seulement 14% de l'or disponible chaque année est utilisé dans l'industrie, notamment en odontologie et dans l'électronique ; les deux tiers sont employés dans la bijouterie et l'orfèvrerie ; 20% de l'or est transformé sous forme de pièces et lingots ; réserves = 20 ans.

Néodyme : terre rare utilisée principalement en électronique et pour fabriquer des aimants permanents.

Europium : Voir yttrium ; c'est une des terres rares les moins abondantes ; les barres de contrôle des réacteurs nucléaires des sous-marins russes utilisent l'euporium.

Terbium : Voir yttrium ; l'USGS (Service Géologique des Etats Unis) annonçait sa fin pour 2012 !

Dysprosium : terre rare, utilisé comme le néodyme pour des fabriquer des aimants permanents (éoliennes, voitures électrique...) ; réserves menacées, comme le terbium.

Uranium : indispensable pour le fonctionnement de nos centrale nucléaires actuelles ; c'est le 48^{ème} élément en terme d'abondance sur terre ; réserves prouvées = 46 ans au rythme actuel d'exploitation. A noter que les réacteurs de 4^{ème} génération permettent théoriquement de multiplier par 100 la disponibilité en ressources fissiles primaire. Ainsi, la France dispose, avec ses stocks existants d'uranium appauvri et de retraitement, d'environ 5 000 ans de production électrique au niveau actuel.

D'autres ressources sans doute jugées moins stratégiques n'ont pas été listées pourtant elles pourraient manquer dans relativement peu d'années. Par exemple les réserves de plomb sont prévues être épuisées dans 22 ans.

Les chiffres ci-dessus sont-ils pessimistes ? Peut-être car 2 facteurs permettront de retarder l'échéance :

- 1- l'augmentation des coûts qui freinera sans doute la demande et encouragera le recyclage
- 2- l'exploitation des réserves qui aujourd'hui ne sont pas économiquement exploitables.

En tout cas, tout laisse à penser que l'apparition du manque est inéluctable dans un avenir relativement proche. Sauf à trouver des substituts ou à exploiter de nouvelles ressources sous-marines ou extraterrestres...

Sources :

Science & Vie de mai 2012 ; Des articles de journaux et en particulier du Monde en ont fait l'écho en citant un ouvrage de référence « Quel futur pour les métaux ? » de Philippe Bihouix et Benoît de Guillebon.

Internet, en particulier le site Wikipédia et les données USGS.