



Michel Jébrak

Quels métaux pour demain ?

Les enjeux
des ressources minérales

DUNOD

Michel Jébrak

Quels métaux pour demain ?

Les enjeux
des ressources minérales

DUNOD

Concepteur de la maquette de couverture: Raphaël Tardif

Illustration de couverture: © i-stock/Olivier Lantzenorffer

Illustrations intérieures: Michèle Laithier

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée. Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, 2015

5 rue Laromiguière, 75005 Paris

www.dunod.com

ISBN : 978-2-10-074116-8

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Introduction

L'enjeu des ressources minérales est de retour... Pendant 30 ans, les ressources avaient disparu de l'actualité. 30 ans au cours desquels on avait cru que l'ouverture des marchés dans le monde rendrait les métaux disponibles tout de suite et n'importe où. On voit désormais brutalement resurgir des risques de pénurie, une flambée des cours, des tensions géopolitiques...

L'histoire nous enseigne que les ressources ont été un élément essentiel du commerce et des conflits internationaux. Au commencement, les métaux étaient les produits des premières cueillettes, le fruit de la curiosité humaine face à la Nature. Le cuivre de Chypre, le fer d'Anatolie, le lapis-lazuli d'Afghanistan étaient échangés au Moyen-Orient dix siècles avant J.-C. Les routes d'approvisionnement étaient aussi souvent des chemins de guerre. Au ^{xx}e siècle, la dernière crise remontait aux années 1970, et concernait surtout le pétrole. On a senti cette fois encore que les conflits n'étaient jamais loin des mines et des puits. Ces tensions sont-elles en train de revenir ?

Le problème est aussi plus généralisé aujourd'hui. L'augmentation de la population mondiale se combine à l'appétit individuel pour les ressources minérales : des briques de la maison à l'écran de la tablette, du chauffage au gaz à la boîte de thon, presque tout vient de la Terre : si ce que nous consommons n'a pas poussé ou

QUELS MÉTAUX POUR DEMAIN?

n'a pas vécu, c'est qu'il a été extrait d'une mine! Un Occidental consommera au cours de sa vie des tonnes de calcaire, de silice, et des centaines de kilogrammes de métaux (Figure 1)! Et le reste du monde aspire à l'imiter...

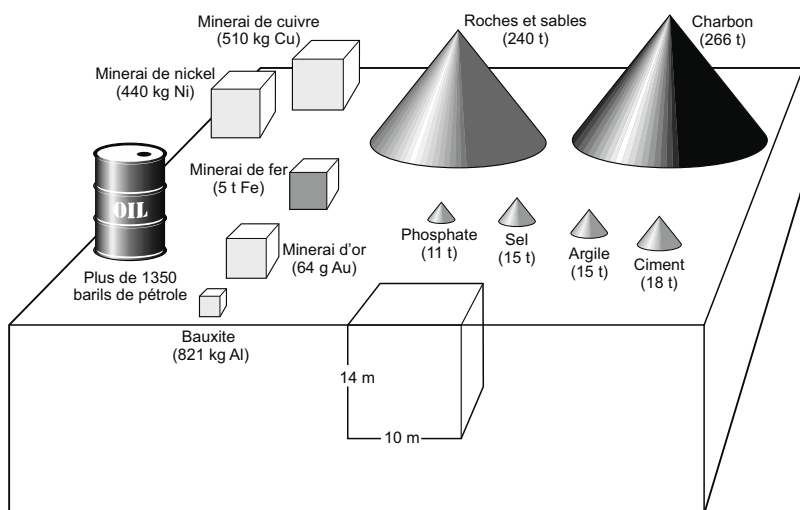


Figure 1

Consommation de produits minéraux d'un Occidental au cours de sa vie; le cube de 14 m sur 10 m sur 10 m représente le volume total extrait de minerai avec des teneurs actuelles moyennes d'exploitation.

L'économie internationale des ressources minérales est d'abord contrainte par la géologie, cause première de la distribution inégale des richesses de la Terre. Le deuxième facteur déterminant pour ce marché a été le développement technologique, qui a constamment fait augmenter le nombre des substances recherchées, de l'âge du bronze jusqu'à nos jours. Enfin, le troisième moteur de la demande en ressources naturelles est la croissance démographique.

Depuis la constitution des premiers empires, la production et le commerce de ces substances stratégiques oscillent entre mainmise politique, par le biais de l'État, et situation de laisser-faire économique, où le marché est juge des prix et quantités extraites.

Le marché des métaux suit étroitement le développement économique. Le modèle schématique de Kondratieff présente des cycles d'une cinquantaine d'années correspondant à l'introduction et la diffusion d'innovations de rupture : machine à vapeur/textile, moteur électrique/chemin de fer... Chaque innovation requiert de nouvelles ressources minérales.

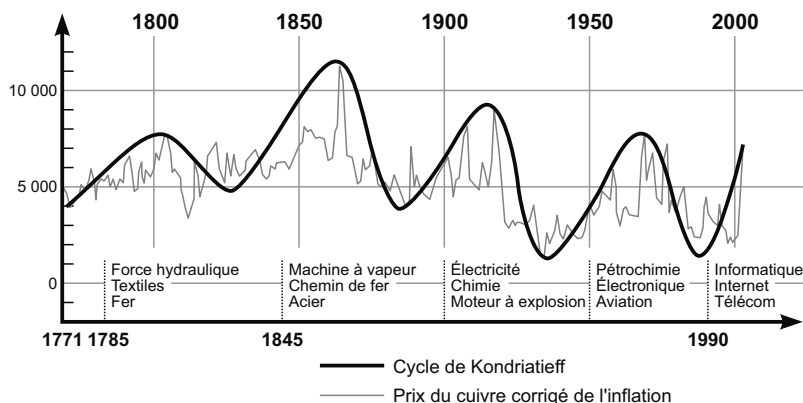


Figure 2

Variation du prix du cuivre et cycles de Kondratieff depuis 1770 ; chaque cycle s'accompagne d'une révolution technologique (d'après Crowdon, 2008, complété).

Sommes-nous revenus au temps des guerres de ressources ? Le retour d'une Asie continentale puissante menace-t-elle nos approvisionnements, et donc notre économie ? Est-ce les citoyens ou bien les consommateurs qui doivent gérer les ressources

naturelles? Allons-nous vers un épuisement des ressources de la Terre? L'activité minière est-elle incompatible avec le développement durable? Voici quelques-unes des questions explorées par ce livre.

La mine est l'objet de plusieurs représentations mythiques : à la fois lieu de richesses matérielles infinies, lieu maternel d'où sont sortis les peuples premiers et enfer fréquenté par les elfes et les korrigans. C'est donc un espace largement imaginaire (Terrin, 2008)... Mais nous resterons ici dans les enjeux concrets, ceux qui concernent l'économie, le politique, le social et l'environnemental. Nous analyserons le rôle des marchés des matières premières dans un contexte de changements technologiques, sociaux et géopolitiques. Les exemples seront pris dans le domaine des ressources minières, les hydrocarbures ayant déjà été largement traités dans de nombreux ouvrages (Chalmin, 2009; Inkpen et Moffett, 2011; Reithman et Mongrenier, 2012). Le recyclage concerne l'ensemble de la chaîne industrielle; il mériterait un ouvrage en entier et ne sera pas traité ici. Comme dans tous les sujets à connotation politique, il existe une grande variété de positions idéologiques. Nous tenterons de rester au plus près des réalités documentées par les différentes disciplines scientifiques.

Après un panorama sommaire de ce que sont les ressources minérales, le texte s'organisera autour des cinq enjeux principaux : les enjeux scientifiques et techniques, les enjeux du marché, ceux de l'État, les enjeux géostratégiques et enfin les enjeux environnements et sociaux, en particulier ceux de la disponibilité des métaux et de leur exploitation durable.

La matière est vaste et touche à de nombreux domaines, de la technologie à la société : nous ne pourrions donc prétendre à l'exhaustivité, mais l'ambition de cet ouvrage est aussi de donner au lecteur l'envie d'en savoir plus!

I

Un panorama des ressources minérales

Resources are not; they become

Erich Zimmerman.

World resources and industries, 1951.

Nous sommes entrés dans l'ère des minéraux en quittant l'ère de la biomasse : nos liseuses électroniques contiennent plus d'une vingtaine de métaux tandis qu'un livre se contentait d'un peu de bois et d'encre organique. Nous faisons donc de plus en plus appel aux ressources minérales, l'ensemble des substances extraites du sous-sol. On appelle gisements les zones où la concentration est plus forte et où elle est exploitable économiquement.

Les commodités sont des produits standardisés de consommation courante : on y distingue commodités dures (les ressources minérales) et commodités molles (les produits agricoles). Les substances minérales exploitées varient avec la demande. Le fer et les métaux de base sont exploités depuis la préhistoire ; les terres rares ne sont utilisées séparément que depuis le développement de l'électronique. À l'inverse, certains minéraux ont été utiles à un moment donné mais ne le sont plus aujourd'hui : c'est le cas du

mica, un minéral transparent qui était utilisé pour les fenêtres et a été remplacé par le verre à vitre; c'est aussi le cas du minerai de radium, un élément très radioactif dont on croyait au début du ^{xx} siècle qu'il avait la propriété de guérir toutes les maladies mais dont le caractère cancérigène est bien connu maintenant. Ainsi, les mines d'hier ne sont plus les mines d'aujourd'hui, et celles-ci ne seront sans doute pas les mines de demain.

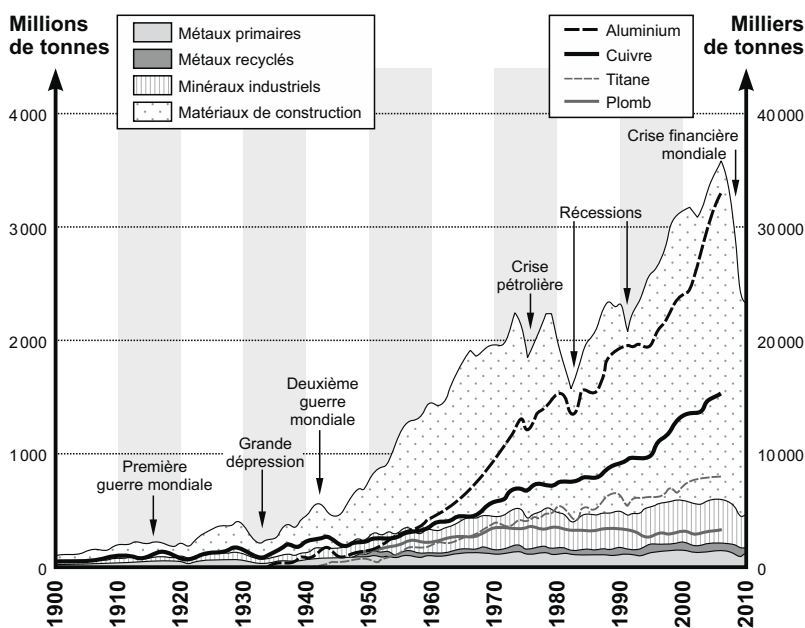


Figure I.1

Croissance de la production en ressources minérales depuis 1900 (Kausmann et al., 2009 ; Bouillon et Havard, 2011).

Les besoins minéraux varient selon les pays: tandis que les nations en développement ont besoin de métaux ferreux, de

métaux de base pour construire leurs villes et leurs routes, les sociétés technologiques ont besoin de produits de plus en plus sophistiqués (Figure 1.2).

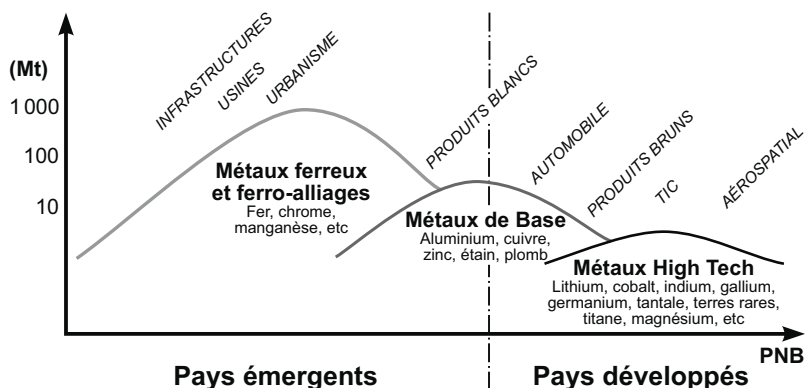


Figure 1.2

Développement économique et grands groupes de substances métalliques (d'après Hocquard, 2009). Les produits blancs correspondent à l'électroménager de la cuisine et de la salle de bain, tandis que les produits bruns correspondent à l'électroménager de loisir.

On utilise aujourd'hui plus de la moitié des 94 éléments chimiques naturels. En 2003, l'humanité consommait 35 milliards de tonnes de ressources minérales pour une valeur de 800 Geuros (G pour Giga, soit un milliard). Le poids total des ressources matérielles extraites ou récoltées, y compris agricoles dans le monde atteignait près de 60 milliards de tonnes (Gt) en 2007, soit huit fois ce que l'on consommait au début du xx^e siècle. C'est plus que tout le sable que transportent tous les fleuves du monde.

Les grands groupes de produits minéraux

On peut reconnaître cinq groupes de produits minéraux, chacun de valeurs différentes :

- les métaux ferreux et légers, correspondant à l'industrie sidérurgique : le fer, mais aussi le manganèse, l'aluminium et le magnésium, auxquels s'ajoutent les métaux utilisés dans les alliages avec le fer : chrome, titane, cobalt, vanadium, et molybdène ;
- les métaux de base, d'utilisation courante : cuivre, zinc, plomb, nickel, étain ;
- les métaux technologiques : arsenic, antimoine, béryllium, bismuth, cadmium, gallium, lithium, mercure, niobium, tantale, terres rares, tungstène, yttrium, zirconium... ; les produits radioactifs, notamment l'uranium, peuvent leur être rattachés ;
- les métaux précieux et les gemmes : or, argent, platine, diamant, rubis...
- les minéraux industriels : quartz, talc, andalousite, fluorine...

Plusieurs autres substances minérales sont extraites du sol et du sous-sol : l'eau minérale et le sol lui-même, les combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz), et les matériaux de carrière (granite, sables). Ces substances ne seront pas traitées dans cet ouvrage car il s'agit de marchés très différents.

Les métaux ferreux et légers

Ces métaux, surtout le fer et l'aluminium, représentent la principale production métallique à la fois en volume et en valeur. Plus de 1,7 milliard de tonnes de minerai de fer sont exploitées par an, ce qui fait, avec le fer issu du recyclage, plus de 200 kg consommés par an et par personne. En incluant le charbon utilisé pour fabriquer de l'acier, cela représentait 31 % des revenus de l'industrie minière mondiale en 2012, tandis que l'aluminium et le magnésium constituent ensemble 10 % des revenus (Figure 1.3). Ces métaux servent à