

RESSOURCES MINERALES, PRESENT ET AVENIR

PAR

Jacques THIBIEROZ*

Le pic de production annoncé pour le pétrole dans les années qui viennent, donc la perspective d'une raréfaction de la ressource, pourrait trouver aujourd'hui un équivalent dans le secteur des minerais, objet d'importantes convulsions ces derniers temps. La réalité des évolutions des activités et des échanges dans le domaine des ressources minérales doit être mieux étudiée et les conséquences de ces évolutions sur la vie internationale examinées avec soin. Elles pourraient néanmoins réapparaître comme un facteur déterminant des stratégies internationales des Etats dans le siècle qui vient.

L'EXEMPLE DES COMBUSTIBLES FOSSILES : EN AVANT VERS LE *PEAK OIL*

Aujourd'hui, l'exemple des combustibles fossiles peut être utilement pris comme référence. Face au réchauffement climatique et à la part de la combustion des énergies fossiles dans l'élévation du taux de CO₂ atmosphérique, l'avenir du pétrole est discuté : non seulement son rôle parmi les combustibles émetteurs de gaz à effet de serre, mais aussi son avenir comme ressource énergétique – la conversion de ces combustibles en électricité produit, pour le charbon, 246 g/KWhe de CO₂ (1123 kg/tep), pour le pétrole, 175 g/KWhe (830 kg/tep) et, pour le gaz, 138 g (651 kg/tep)¹.

En tonnage, les combustibles fossiles progressent – + 1,2 % en 2007, davantage les années précédentes –, principalement du fait du charbon, qui compense la relative stagnation du pétrole : leur part se maintient autour de 88-90 % de l'ensemble des énergies primaires, même si elle devrait reculer du fait de la croissance des énergies renouvelables.

**Tableau 1 : production mondiale d'énergie primaire
(en millions de tonnes équivalent pétrole)**

	Charbon, lignite	Pétrole, GNL	Gaz naturel	Hydroélectricité, nucléaire	Total
1990	2 200	3 100	1 700	740	7 800
2000	2 137	3 590	2 181	899	8 807
2006	3 080	3 914	2 586	1 324	10 904
2007	3 136	3 906	2 654	1 331	11 027

Sources : site Internet du Comité professionnel du pétrole, cpdp.org ; Ann. Mines, janv. 1992.

* Maître de conférences en Géologie à l'Université Pierre et Marie Curie (Paris VI, France).

¹ B. DURAND, *Energie et environnement. Les risques et les enjeux d'une crise annoncée*, EDP Sciences éd., Grenoble, 324 p. Cf. également le site Internet ademe.fr.

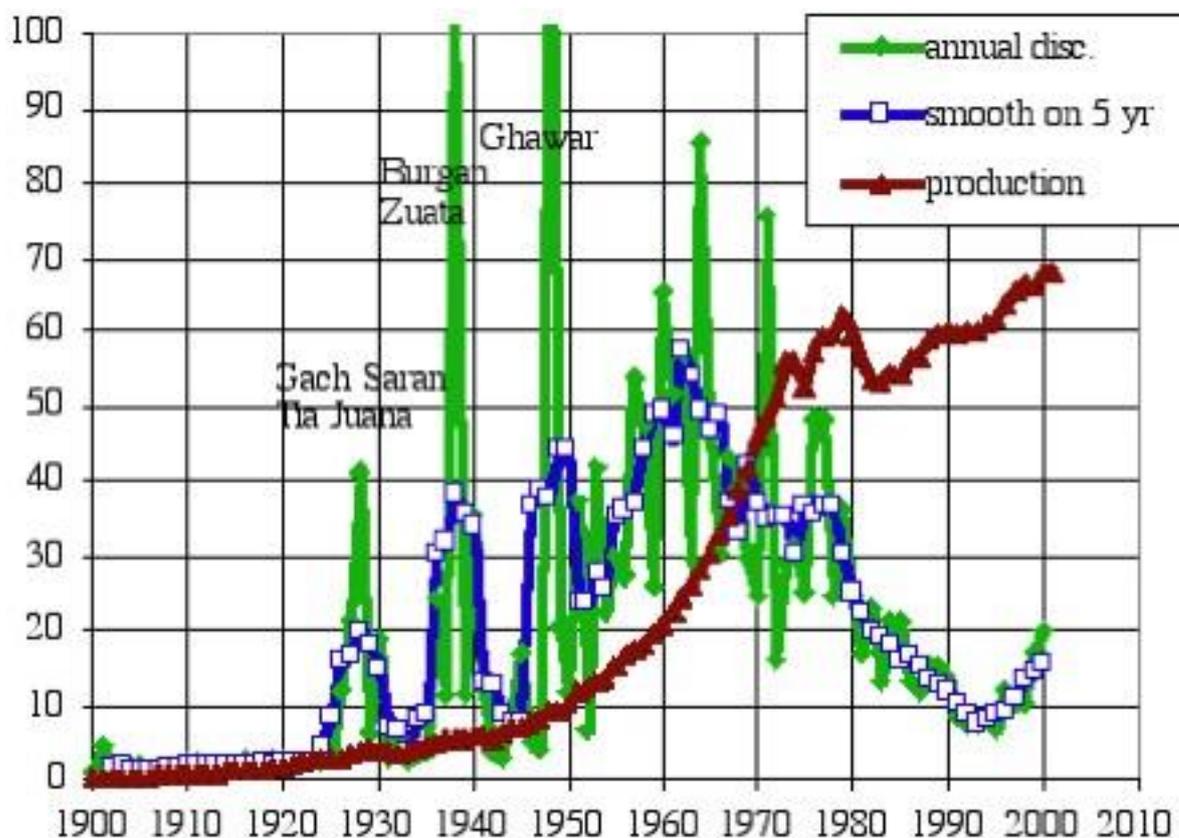
La diversité des usages peut aboutir à nuancer une simple péréquation de ces combustibles dans un bilan global. Cependant, la quantité de CO₂ émise continue de progresser et, depuis 2005, le charbon est à nouveau le premier émetteur mondial de CO₂.

Parmi les questions posées par la situation environnementale du monde, celle de la pérennité des ressources n'est pas la moins importante. Là encore, l'étude de l'évolution de la ressource pétrolière est intéressante. Ce cas a été particulièrement étudié depuis plus de 50 ans, à la suite des travaux de M. King Hubbert (1956), sur les découvertes pétrolières aux Etats-Unis : la courbe des tonnages mis en évidence au cours du temps montre une distribution en cloche avec une croissance, un maximum et une décroissance, qui annonçait une distribution analogue de la production, devant aller à un pic – le « *peak oil* » – que K. Hubbert prévoyait autour des années 1970 avant un déclin de la production. C'est sensiblement ce qui s'est produit.

La figure suivante est une généralisation mondiale des principes de M. K. Hubbert. Le lissage sur 5 ans de la courbe des découvertes annuelles (courbe verte irrégulière avec les noms des grands champs) donne une courbe (bleue à carrés blancs) à forme gaussienne qui culmine au début des années 1960. Les échelles en ordonnée sont, à gauche, en milliards de barils récupérables de réserves prouvées par an et, à droite, en millions de barils produits par jour – un baril est égal à 159 litres et il en faut en moyenne 7,3 pour faire une tonne. Aux échelles près (60 Mbl/j = 29 Gbl/an), la courbe des productions mondiales (triangles marrons), en Mbl/jour, recoupe celle des réserves : on comprend que nous sommes entrés depuis le début des années 1980 dans une période où les nouvelles découvertes ne compensent plus les quantités produites. Inévitablement, la courbe des productions répliquera celle des découvertes, avec un décalage dans le temps de quelques décennies, qui devrait conduire à un maximum de production dans les années qui viennent, puis à un déclin.

L'ensemble des réserves prouvées et des réserves à trouver définit les réserves ultimes, notion selon laquelle dans un gisement, dans une province ou mondialement, la quantité de pétrole est limitée.

Figure 1 : Décalage des courbes des découvertes mondiales et de productions



Source : Jean Laherrère, 2003 (in : J.M. Jankovici, 2007, www.manicore.com)

Les analystes discutent de la proximité de ce *peak oil*, dont l'identification pourrait être brouillée par l'ampleur de la récession économique ou qui pourrait être repoussé par une amélioration sensible de la récupération, par de nouvelles découvertes dans des territoires aujourd'hui protégés (Alaska, Pôle Nord, Antarctique) ou à grandes profondeurs ou par l'exploitation de ressources non conventionnelles (sables bitumineux, shales bitumineux, huiles lourdes...). Pour les uns, le pic interviendrait dès les années 2010, pour d'autres, dans l'hypothèse de prix très élevés du baril, le pic se produirait plus tard, après 2050.

Les études faites sur le gaz montrent que la même démarche peut être suivie et aboutit aux mêmes limites, mais décalées, dans la mesure où l'exploration du gaz s'est développée plus tardivement que celle du pétrole. Un raisonnement identique sur le charbon peut être fait, mais les réserves prouvées sont beaucoup plus importantes et les échéances critiques plus éloignées.

Que peut nous enseigner cette expérience particulière dans le domaine des combustibles fossiles pour l'avenir mondial des ressources minérales ?

LES RESSOURCES MINÉRALES : ÉVOLUTIONS MARQUANTES

L'enjeu des substances utiles

En premier lieu, il ne faut pas sous-estimer l'importance, dans l'activité économique mondiale, de substances minérales utiles telles que granulats, pierres de construction,

calcaires, argiles..., matériaux très utilisés dans le bâtiment et les travaux publics, dont les besoins sont considérables : plusieurs tonnes de matériaux/habitant/an.

Le souci des exploitants est de répondre à la demande d'un bassin industriel – les produits ont une faible valeur nominale et ne peuvent être transportés loin des lieux de production – et de se conformer aux règles environnementales et aux directives des pouvoirs publics. Si les ressources ne manquent pas, les industries qui les mettent en valeur sont consommatrices d'énergie, voire fortement émettrices de CO₂ (*cf.* l'exemple du ciment : une tonne de clinker produite correspond à l'émission d'environ une tonne de CO₂).

Les minerais métalliques

L'industrie minière

En premier lieu, l'activité minière métallurgique doit être bien comprise pour analyser les enjeux de l'accès aux ressources. L'industrie minière travaille à l'élaboration de produits particuliers, en exploitant deux ensembles de caractères fondamentaux.

Les éléments chimiques utiles apparaissent au sein de minéraux constituants de roches – les minerais – accumulées au sein de grands volumes, les gisements qui sont exploités. Après la mise en évidence du gisement par l'exploration minière, les mineurs s'attachent à éliminer les stériles pour extraire les minerais, puis à les fragmenter de manière à séparer les constituants sans valeur des minéraux utiles. A l'issue de ces processus physiques ou chimiques réalisés dans des laveries, l'exploitant élabore des concentrés qui sont transportés dans des usines métallurgiques où sont produits les métaux.

Les métaux sont alors les produits de base des industries mécanique, électrique, chimique, du bâtiment, du transport, voire de l'armement ou de l'orfèvrerie..., où, purs ou alliés, ils conservent leur nature chimique, incorruptible. Par tri et affinage, il est possible de fabriquer d'importantes quantités de métaux, qui ont conservé leurs propriétés de base – ils peuvent même être de meilleure qualité pour un coût de production inférieur. On parle du cycle de vie des métaux.

Cependant, ces généralités doivent être nuancées. Dans certaines exploitations, on récupère directement l'or après amalgamation ou cyanuration et la métallurgie se réduit à un affinage. Au contraire, dans le cycle de l'uranium, le métal est en partie consommé par la fission : on récupère des sous-produits, dont certains sont recyclables (plutonium), et de très nombreux éléments chimiques radioactifs qu'il faut éliminer (déchets nucléaires de haute activité).

Toutefois, il est légitime de noter que, d'un point de vue stratégique, même si un métal peut être substitué à un autre – l'aluminium peut remplacer le cuivre comme conducteur électrique –, les métaux, à l'instar des ressources énergétiques, sont des produits de base de l'activité économique. L'accès à ces ressources est vital pour une entreprise consommatrice ou pour un pays..., d'autant que les ressources en métaux sont irrégulièrement distribuées sur le globe. Cette nécessité de contrôler leurs approvisionnements en matières premières a pu amener certains pays consommateurs à des actions « non diplomatiques ». Elle a conduit, dans les périodes de tensions politiques et/ou commerciales, à la constitution de stocks stratégiques. Pendant la Guerre froide, l'administration américaine a ainsi entreposé des quantités de tungstène, d'étain..., représentant plus d'une année de consommation ; la forte tension récente sur les marchés des métaux a conduit la Defense Logistics Agency à

envisager de nouveaux stocks pour plusieurs « petits métaux » tels que le cobalt, le lithium ou le tantale...

Depuis la fin 2001, la production minière mondiale est en forte croissance, tirée par la demande des pays émergents. Parallèlement, cette forte croissance de la production, donc de la demande, a été amplifiée au niveau des cours des métaux : entre fin 2001 et fin 2007, l'indice Coe-Rexecode pour l'ensemble des métaux a été multiplié par 3,7². Cette explosion des prix, comparable à celle du pétrole, s'accompagne en revanche d'une forte croissance de la production.

Tableau 2 : productions mondiales des métaux de base

En kt	1990	2000	2005	2006	2006/1990 %	2006/2000 %
Aluminium	19 351	24 422	31 938	33 945	175	139
Cuivre	10 736	14 770	16 575	17 357	162	118
Nickel	936	1 111	1 283	1 344	144	121
Plomb	5 500	6 675	7 670	7 974	145	119
Etain	238	269	362	363	153	135
Zinc	6 690	9 054	10 193	10 824	162	120

Source : Ecomine, *Annuaire statistique mondial des minerais et métaux 2006*, SIM/BRGM/DGEMP, 2008, 284 p. Les chiffres intègrent le recyclage.

Les gisements

Le tableau ci-dessous présente les données de base sur les gisements de quelques métaux. Les prix notés fin 2007 sont indicatifs. Les cours des bourses des métaux ont en effet continué à monter au premier semestre 2008 et subissent depuis l'été une très forte baisse.

Tableau 3 : production et prix des principaux métaux et minéraux

	Teneur croûte	Minéral	Teneur des minerais dans les gisements	Production minière mondiale ¹	Prix (métal), fin 2007
Al	8,23 %	Gibbsite Al(OH) ₃ Bauxites	25-40 % Al ₂ O ₃	38 Mt Al	1 780 €/t
Fe	5,63 %	Hématite Fe ₂ O ₃ Magnétite Fe ₃ O ₄	50-65 % Fe ₂ O ₃ Recyclage : Ferrailles Acier	1 530 Mt (minerai) > 500 Mt 1 345,5 Mt	56 €/t 250 €/t 410 €/t
Ti	5 700 g/t	Rutile TiO ₂ Ilménite FeTiO ₃	2-10 % TiO ₂ alluvion, 15-30 % en roche	5,6 kt	4,8 €/kg (éponge)
Cr	950 g/t	Chromite Fe Cr ₂ O ₄	40-55 % Cr ₂ O ₃	19,7 Mt (minerai, 2006)	6 500 €/t
Mn	950 g/t	Pyrolusite MnO ₂ Diagénite MnCO ₃	35-60 % Mn	30,2 Mt (2006)	2 050 €/t

² P. CHALMIN (dir.), *Les Marchés mondiaux. Cyclope 2008*, Economica, Paris, 2008, 676 p.

Ni	75 g/t	Gersdorffite NiAsS Garnièrite	1,7 % Ni	1,464 Mt (réserves : 50 Mt)	19 000 €/t
Zn	70 g/t	Blende ZnS	3-12 % Zn	11 230 Mt	1 700 €/t
Cu	55 g/t	Chalcopirite CuFeS ₂	0,6-5 % Cu	15,3 Mt	4 500 €/t
Co	25 g /t	Cobaltite CoAsS Carrollite Co ₂ CuS ₄	0,1-2,6 % ou sous-produit	53,9 kt (réserves : 5 Mt)	60 €/kg
Pb	12,5 g/t	Galène PbS	3-12 % Pb Recyclage	3,848 Mt Raffiné secondaire : 4,317 MT	1 850 €/t
U	2,7 g/t	Pechblende U ₃ O ₈	0,25-15 % U	39,43 kt + recyclage et retraitement (réserves 2006 : 4 820 kt)	125 €/kg
Sn	2 g/t	Cassitérite SnO ₂	0,2-1 % Sn	351 kt	11 500 €/t
W	1,5 g/t	Wolframite (Fe,Mn)WO ₄	0,2-1 % WO ₃	89,6 kt (concentrés) Chine : 86 %	113 €/t (WO ₃)
Au	0,004 g/t	Au ^o	1g/t alluvion >10g/t en roche	2 444 t (réserves : 48 000 t)	18 500 €/kg

¹ Sans le recyclage, en métal contenu (2007).

Sources : *Cyclope 2008* ; divers sites Internet (2005-2008) ; *Les Echos* (2008). On notera la forte concentration des teneurs des minerais par rapport à la teneur moyenne de la croûte terrestre : les gisements sont des anomalies où les processus géologiques ont abouti à un enrichissement en métal très important (x 5 pour Al, jusqu'à x plusieurs milliers pour l'or ou le plomb).

La notion fluctuante de « réserves »

Sur ce tableau, des réserves minières sont indiquées. En extrapolant les productions d'aujourd'hui, on lit : 50 millions de tonnes de réserves mondiales de nickel représentent « encore » 34 années de production. Sur les mêmes bases, il « resterait » 93 ans de cobalt, 122 ans d'uranium et 20 ans d'or !

En fait, la notion même de réserves doit être discutée.

Les différentes « réserves »

Pour un gisement, les réserves calculées découlent de la recherche minière et trois catégories sont distinguées : les réserves prouvées (*measured*), les réserves probables (*indicated*) et les réserves possibles (*inferred*).

Les réserves prouvées sont établies en délimitant des volumes minéralisés encadrés par des travaux d'exploration, sondage, galerie... : on estime que les tonnages et teneurs prouvés sont définis avec une marge d'erreur de 10 %. Les réserves probables s'appuient sur une ligne d'information extrapolée et l'erreur pourrait être supérieure à 20 %. Les réserves possibles correspondent à des corps minéralisés dont l'extension est extrapolée dans toutes les directions à partir d'une indication et l'erreur peut dépasser 50 %. L'estimation de l'espace d'interpolation ou d'extrapolation est fonction de la connaissance générale des minéralisations explorées.

On voit donc que le niveau de réserves est directement sous la dépendance des travaux de prospection réalisés et, pour l'entreprise qui voudrait vendre son gisement ou qui

souhaiterait lever des capitaux pour son exploitation, les réserves annoncées seront déterminantes – mais on ne connaîtra réellement le tonnage contenu dans un gisement, donc sa valeur, que lorsque son exploitation sera achevée.

Pour définir les investissements à engager pour exploiter une mine, on se base sur les réserves prouvées et probables.

Les fluctuations de la notion

Parallèlement, l'investissement dans l'exploration minière est lié au prix des métaux. Ainsi, au Canada, après des années de prospection réduite du fait de cours très bas, les budgets s'envolent, d'un peu plus de 400 M\$ en 2002 à 2 milliards de \$ en 2007³. Les dizaines d'années à faible prospection se sont traduites par une diminution des réserves canadiennes (– 59 % pour le cuivre, – 49 % pour le nickel, – 92 % pour le plomb, – 78 % pour le zinc) et la reprise de l'exploration n'a pas encore porté ses effets.

Les réserves mondiales correspondent à l'addition de toutes ces réserves élémentaires. Les chiffres publiés peuvent être sujets à discussion, sans qu'il soit possible d'accéder aux éléments qui ont servi aux calculs. De plus, l'extrapolation des consommations est difficile. Les réserves annoncées seront utilisées plus rapidement si la consommation mondiale croît. Toutefois, il peut aussi y avoir des soubresauts pour une raison ou pour une autre : prenons l'exemple du plomb ou de l'amiante, dont les effets sur la santé publique ont été reconnus, ou bien celui du lithium, dont on attend une explosion de la consommation pour les batteries. Ces soubresauts se trouvent amplifiés au niveau des bourses de métaux par des mouvements à caractère spéculatif. En d'autres termes, l'activité minière peut être stratégique pour les Etats, mais elle reste à risque pour les exploitants, lesquels s'en prémunissent par la concentration des entreprises, par la constitution de provisions de garantie et par des réactions rapides en fonction des cours des bourses. Ainsi, depuis l'été 2008, la revue spécialisée *Mining Journal* fait état de réductions de production de 10 à 40 % pour le diamant, de nouveaux contrats d'approvisionnement en minerai de fer négociés à 46 \$/t quand les précédents contrats étaient à 93 \$, de gel de projets miniers, d'annulation de programmes d'exploration...

De la décision d'exploiter

Les gisements de métaux et ceux d'hydrocarbures diffèrent pour des raisons plus fondamentales. Dans le cas des hydrocarbures, l'exploitation récupère de l'huile ou du gaz. Dans le cas des métaux, un minerai sera extrait, c'est-à-dire une roche où le métal recherché (les métaux) est présent dans un tonnage déterminé et à une teneur connue. Or, teneurs et tonnages entrent directement en compte dans la décision d'exploiter, comme le montre l'exemple du gisement Augusta (Arizona), un « porphyry copper » – gisement dans des roches magmatiques acides où le minerai occupe de très fines veinules – découvert récemment.

L'exploration de ce gisement a permis de déterminer des réserves prouvées et des réserves probables⁴. Le projet de carrière a montré que, pour accéder à ce tonnage de 559 Mt de minerai, il était nécessaire de déplacer 1 115 Mt de roches stériles. L'investissement industriel pour l'exploitation et l'enrichissement du minerai a été évalué à 797 M\$. La société

³ G. TROLY, « Survol de l'exploration minière canadienne. Mines et Carrières », *Revue de la SIM*, n° 153, 2008, pp. 35-37.

⁴ *Mining Journal*, 21 nov. 2008.

prévoit une production annuelle de 100 à 110 000 t de cuivre, 2 300 à 2 870 t de molybdène, 93 t d'argent.

Quel est le paramètre qui a fixé ces teneurs moyennes retenues ? La question n'a de sens que si on s'interroge sur la distribution des teneurs des métaux dans le gisement : réponse habituelle, distribution « irrégulière » ! Cependant, il existe une relation globale entre tonnage et teneur : lorsque la teneur diminue, le tonnage augmente et la quantité de métal contenue également, mais dans une moindre mesure.

Cela est vrai dans une gamme de teneur : dans la mesure où les gisements résultent de processus surimposés aux roches encaissantes, il existe autour du gisement exploitable un volume avec des teneurs inférieures à celles des minerais englobés par le calcul de réserves et, encore au-delà, des domaines non affectés par la minéralisation. La limite entre roches à faibles teneurs et roches non minéralisées n'est habituellement pas connue, l'entreprise consacrant ses efforts à la limite des parties exploitables plus riches : ce n'est pas la limite d'extension du processus minéralisateur que l'entreprise détermine.

Les teneurs retenues à partir des données d'exploration par la société Augusta Resource Corporation résultent de compromis entre la réalité métallogénique qui pourrait englober des volumes rocheux beaucoup plus importants, les dépenses pour accéder au minerai et le concentrer, le prix de l'énergie, les cours des métaux, aujourd'hui et au cours de l'exploitation. Résultat : l'entreprise définit une teneur de coupure entre des parties que le mineur abandonnera et celles qu'il extraira, notion sans réalité géologique intrinsèque, mais fondée sur une seule analyse économique. C'est dire qu'il existe des réserves possibles – et qui deviendront prouvées – à des conditions économiques différentes. Or, ce qui est vrai dans l'Arizona est vrai ailleurs.

Pour s'en convaincre, il faut observer l'évolution des teneurs des gisements américains de type « porphyry copper », depuis 5,2 % en cuivre en 1880 à 0,6 % en 1975. Une projection pour 2000 donne une teneur entre 0,35 et 0,40 %⁵. En 2006, pour les Etats-Unis, cette teneur moyenne était tombée à 0,33 %⁶.

En résumé, les réserves métalliques publiées sont fonction de l'exploration minérale et des conditions économiques. Quand les prix des métaux flambent, elles augmentent en s'étendant aux minerais à basse teneur : en période de récession, elles diminueront en se concentrant sur les minerais les plus riches. Dans ces conditions, il est difficile de fixer une limite ultime aux réserves de métaux et d'envisager un avenir assuré ou des risques de pénurie.

La part du recyclage

La France, qui n'a plus de mines sur son territoire, est néanmoins un producteur important de métaux, issus des déchets de la métallurgie ou collectés par les ferrailleurs et toutes les entreprises qui œuvrent dans les filières spécifiques de collecte des déchets (piles, DEEE, véhicules usagés...) ou récupérés dans les déchets. La métallurgie de ces métaux aboutit à des produits de grandes qualités, avec des consommations d'énergie et des coûts métallurgiques beaucoup plus faibles.

⁵ P. ROUTHIER, *Where are the Metals for the Future ?*, BRGM, Orléans, 1983, 400 p.

⁶ P. CROWSON, « The availability of minerals », *Mining Journal*, 21 nov. 2008, pp. 17-19.

Ce recyclage, là encore, est évidemment favorisé par des cours élevés des métaux permettant une amélioration des collectes, le point toujours le plus faible dans l'économie des matières premières secondaires.

Cette ressource de métaux secondaires est presque spécifique des pays développés – ou émergents dans le cas de l'Inde ou de la Turquie pour la déconstruction de navires – : il y a un réel potentiel d'extension des productions au plan mondial.

Tableau 4 : consommation française de métaux de base et recyclage

Métaux (kt)	Année	Total consommé	Issu du recyclage	Recyclage %
Fer (Mt)	1980	26,7 Mt	10,7 Mt	40 %
	2000	24,4 Mt	12,7 Mt	52 %
	2005	19,5 Mt	9,9 Mt	50 %
Aluminium	1980	790 kt	200 kt	25 %
	2000	1390	415	31 %
	2005	1309	422	32 %
Cuivre	1980	630 kt	175 kt	28 %
	2000	800	170	21 %
	2005	689	87	13 %
Plomb	1980	230 kt	130 kt	57 %
	2000	275	185	67 %
	2005	255	111	44 %
Zinc	1980	400 kt	70 kt	18 %
	2000	460	110	24 %
	2005	381	78	20 %

Source : Fédération des minerais, minéraux industriels et métaux non ferreux (site Internet fedem.fr)

QUELLES CONCLUSIONS TIRER DE CES PHENOMENES POUR L'AVENIR DE L'APPROVISIONNEMENT EN METAUX ?

La consommation des métaux ne cesse de croître : elle augmente avec la population mondiale, elle augmente avec le niveau de vie, elle augmente avec l'accession de pays sous-développés à des niveaux de consommations de pays riches. Ce qui est vrai pour la consommation d'essence d'un Texan vis-à-vis de celle d'un habitant d'Afrique sahélienne, l'est aussi pour les métaux : la consommation en cuivre par habitant du Japon dépasse 10 kg, celle moyenne en Afrique se situe autour de 100 g/hab./an⁷. Cependant, la règle change lorsque la Chine devient le premier consommateur d'acier, d'aluminium, de cuivre, d'étain, de nickel, de plomb, de zinc..., avec une part comprise entre 23 et 37 % de la consommation mondiale.

Ce qui était une hypothèse d'école – quelles ressources faudra-t-il pour répondre à une demande des pays sous-développés au niveau de consommation des pays riches ? – est en passe de se rapprocher d'une certaine réalité. Si les producteurs de métaux ont satisfait la demande explosive des années 2002-2007, au prix d'une augmentation des cours qui a apporté des ressources aux grandes sociétés minières du niveau de celles des majors pétrolières, pourront-ils maintenir la croissance de ces dernières années et à quel prix ? Le court terme paraît assuré, d'autant que la récession contracte la demande, mais la réponse à cette question ne peut être différée longtemps.

C'est d'autant plus le cas si on considère que la marche vers les basses teneurs – ou pour le pétrole, vers les ressources non conventionnelles – est dévoreuse d'énergie. Les données des tableaux suivants montrent une industrie des matières premières qui reste une grande émettrice de gaz à effet de serre et dont le niveau de production est encore peu affecté par le processus engagé à Kyoto.

Tableaux 5 : productions mondiales de ciment, de charbon, d'acier
Sources d'importantes émissions de CO₂

Production de ciment (en millions de tonnes)

	2000	2003	2004	2005	2006	2006/2006 %
Chine (n+1/n, %)	586 (+ 2,3 %)	813 (+ 15,5)	930 (+ 14,4)	1 027,5 (+ 10,5)	1 204 (+ 17,2)	205 %
Inde	98,8	120,4	128,6	142,7	158,8	161
Etats-Unis	87,9	92,8	95	99,4	99,5	112
Japon	83,3	69	67,4	69,5	69,9	84
Russie	32,3	42,2	45	48,7	54,7	169
Espagne	38,1	44,7	46,6	50,3	54	142
Corée	51,3	59,7	54,4	47,2	49,2	96
Italie	38,9	43,5	46	46,4	47,8	123
Turquie	36,3	35,1	38,8	42,8	47,4	131
Brésil	39,5	34	34,4	36,7	41,8	106
Monde (n+1/n, %)	1 645 (+ 2,7%)	1 964 (+ 8,3)	2 146 (+ 9,3)	2 289 (+ 6,7)	2 565 (+ 12,1)	156

⁷ D. GOETZ, « Panorama de l'entreprise minière et de ses besoins », Séminaire de l'Ecole doctorale Géosciences et ressources naturelles, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), 6 nov. 2008.

Production de charbon et lignite (en millions de tonnes)

	2000	2003	2004	2005	2006	2006/2000 %
Chine (n+1 /n, %)	1 231 (- 0,6 %)	1 670 (+ 19,5)	1 960 (+ 17,4)	2 154 (+ 9,9)	2 482 (+15,2)	202 %
Etats-Unis	976	972	1009	1028	1066	109
Inde	329	386	413	429	457	139
Australie	307	343	354	371	381	124
Russie	242	258	260	297	309	128
Afr. du Sud	224	239	243	240	244	109
Allemagne	205	208	211	206	200	98
Pologne	163	164	162	160	156	96
Indonésie	77	115	132	140	169	219
Grèce	64	68	70	71	66	103
Monde (n+1/n, %)	4 577 (+ 0,3%)	5 071 (+ 5,4)	5 524 (+ 8,9)	5865 (+ 6,2)	6 284 (+ 7,1)	137

Production d'acier (en millions de tonnes)

	2000	2003	2004	2005	2006	2007	2007/2000%
Chine (n+1/n, %)	127,2 (+ 2,6 %)	222,4 (+ 22,1)	280,5 (+ 26,1)	355,8 (+ 26,8)	422,7 (+ 18,8)	489 (+ 15,7)	384 %
Japon	106,4	110,5	112,7	112,5	116,2	120,2	113
Etats-Unis	101,8	93,7	99,7	94,9	98,6	97,2	95
Russie	59,1	61,5	65,6	66,1	70,8	72,2	122
Inde	26,9	31,8	32,6	45,8	49,5	53,1	197
Corée du S	43,1	46,3	47,5	47,8	48,5	51,4	119
Allemagne	46,4	44,8	46,4	44,5	47,2	48,5	105
Ukraine	31,8	36,9	3,8,7	38,6	40,9	42,8	135
Brésil	27,9	31,1	32,9	31,6	30,9	33,8	121
Italie	26,8	27,1	28,6	29,3	31,6	32	119
Monde (n+1/n, %)	847,4 (+ 7,4)	970 (+ 7,3)	1 068,9 (+ 10,2)	1 146,5 (+ 7,3)	1 250,2 (+ 9,0)	1 343,3 (7,5)	159

Sources : sites Internet infociments.fr et cembureau.eu ; P. CHALMIN (dir.), *Les Marchés mondiaux. Cyclope 2008*, Economica, Paris, 2008, 676 p.

En entrant dans une période de tension sur les matières premières, indispensables au développement économique d'un pays, on pénètre dans un monde où les Etats auront le souci de contrôler leurs approvisionnements, ce dont leur politique tiendra certainement compte. La forte demande en métaux a entraîné une croissance de la production et des prix. L'exploration minérale a repris et les sociétés minières paraissent en mesure de répondre à une reprise de la croissance. Cette réponse sera-t-elle durable ? Sans doute, mais en exploitant des ressources à plus basse teneur, à plus grande profondeur, en développant le recyclage... Si les ressources existent à moyen terme, le coût énergétique et environnemental de leur exploitation va être croissant. Rappelons à ce stade que l'exploitation actuelle des combustibles fossiles suscite les mêmes inquiétudes. La forte demande des pays développés et des pays émergents en la matière se traduit par une croissance continue des émissions de CO₂, la stagnation du pétrole se trouvant relayée par une forte progression du charbon

encore plus générateur de gaz carbonique et de polluants. Les programmes de réduction de gaz à effet de serre montrent aujourd'hui une efficacité toute limitée.

Dès lors, l'exploitation en croissance des sources d'énergie fossiles et des ressources minérales, conjuguée à une régulation délicate des stratégies industrielles et étatiques pour accéder à ces ressources dans un contexte de forte demande, préfigure à moyen terme le retour des politiques d'accès aux matières premières stratégiques comme facteur majeur des relations internationales.