2. Les ressources minérales

2.1. Ressources et réserves, complexité de notions géologiques et économiques 2
2.2. Classification des ressources minérales et enjeux de durabilité 5
2.2.1. Les matériaux de construction 5
2.2.2. Les minéraux industriels 5
2.2.3. Les ressources minérales utilisées pour l'agriculture 5
2.2.4. Les métaux 6
2.2.5. Les métaux rares 6
2.3. Le renchérissement de l'extraction et de l'accès aux ressources dans le cadre d'une croissance de la demande mondiale en matières premières 8
2.3.1. Diversité de la demande et de l'offre correspondante 8
2.3.2. Une demande durable ? 10
2.3.3. L'offre pourra-t-elle suivre ? 12
2.3.4. La flambée des cours (2005-2008) : une crise de ressources ? 14
2.4. Atteindre un équilibre offre/demande : les freins à la connaissance et au développement des ressources 17
2.5. Une gouvernance inadaptée à l'enjeu 18
2.5.2. Un champ d'action à réinvestir pour les politiques publiques 20
2.5.3. Le retour d'une géopolitique des matières premières 20
2.6. CONCLUSION : résumé des controverses concernant les ressources minérales 21

Parmi les substances extraites du sous-sol, les matériaux de construction (la pierre de taille, la lauze, la brique, le ciment, le plâtre, les sables et granulats…), les minéraux utiles pour l'artisanat et l'industrie (de l'obsidienne ou du silex à la chaux ou la silice) et les métaux (du cuivre ou du fer au zinc ou au titane…) ont pris très tôt une place importante. Il faut dès à présent bien distinguer les ressources minérales constitutives de la composition même de la planète solide et les combustibles fossiles d'origine organique, qui découlent du vivant et qui ne sont présents que dans la partie superficielle de la croute terrestre. Ainsi, les ressources énergétiques fossiles doivent-elles faire l'objet d'une approche spécifique concernant la relation de l'homme à la géosphère. Dans ce travail, nous avons opté pour que l'ensemble des ressources énergétiques (fossiles, nucléaires et renouvelables) fassent l'objet d'un traitement spécifique (chapitre 3).

D'une manière générale, l'augmentation de la production des substances minérales terrestres a suivi au cours du dernier siècle une croissance quasi-exponentielle, par étape, chaque phase de croissance étant toutefois suivie par un palier.

- La première correspond à la période du début du 20e siècle jusqu'à la seconde guerre mondiale : sur cette période de 40 ans, le total extrait du sous-sol passe de 200 à 800 millions de tonnes.
- Les « 30 glorieuses » marquent un second pallier de croissance – en occident et en URSS – pour atteindre 2.500 millions de tonnes au moment du premier choc pétrolier.
- Après une période de croissance modérée, liée à la chute du modèle soviétique et à la résorption des stocks devenus disponibles, la production repart en forte hausse à partir du milieu des années 2000, essentiellement tirée par les pays émergents (Chine, Inde, Brésil…).Il faut souligner que la croissance est à la fois quantitative et qualitative : on observe une diversification des substances utilisées dans l'industrie, au point de couvrir aujourd'hui la quasi-totalité du tableau de Mendeleïev[1].

Dès lors, devant cette reprise d'une demande exponentielle, en quantité et en diversité, on est en droit de se poser les questions de la faculté qu'aura la planète à répondre à ces sollicitations et de la façon dont ces ressources seront gérées.

2.1. Ressources et réserves, complexité de notions géologiques et économiques

Pour approcher la question de la limite des ressources, il convient de revenir sur quelques notions géologiques, notamment les questions de **potentiel**, de **ressources** et de **réserves**.

- Le *potentiel* correspond aux substances que l'on est susceptible de trouver au sein de la lithosphère[2] dans un contexte géologique donné.
- Les *ressources* correspondent à la fraction géologiquement identifiée de ce potentiel. Elles permettent de délimiter la zone dans laquelle se situe la substance recherchée, et de donner une première image quantitative en termes de volumes et de teneurs.

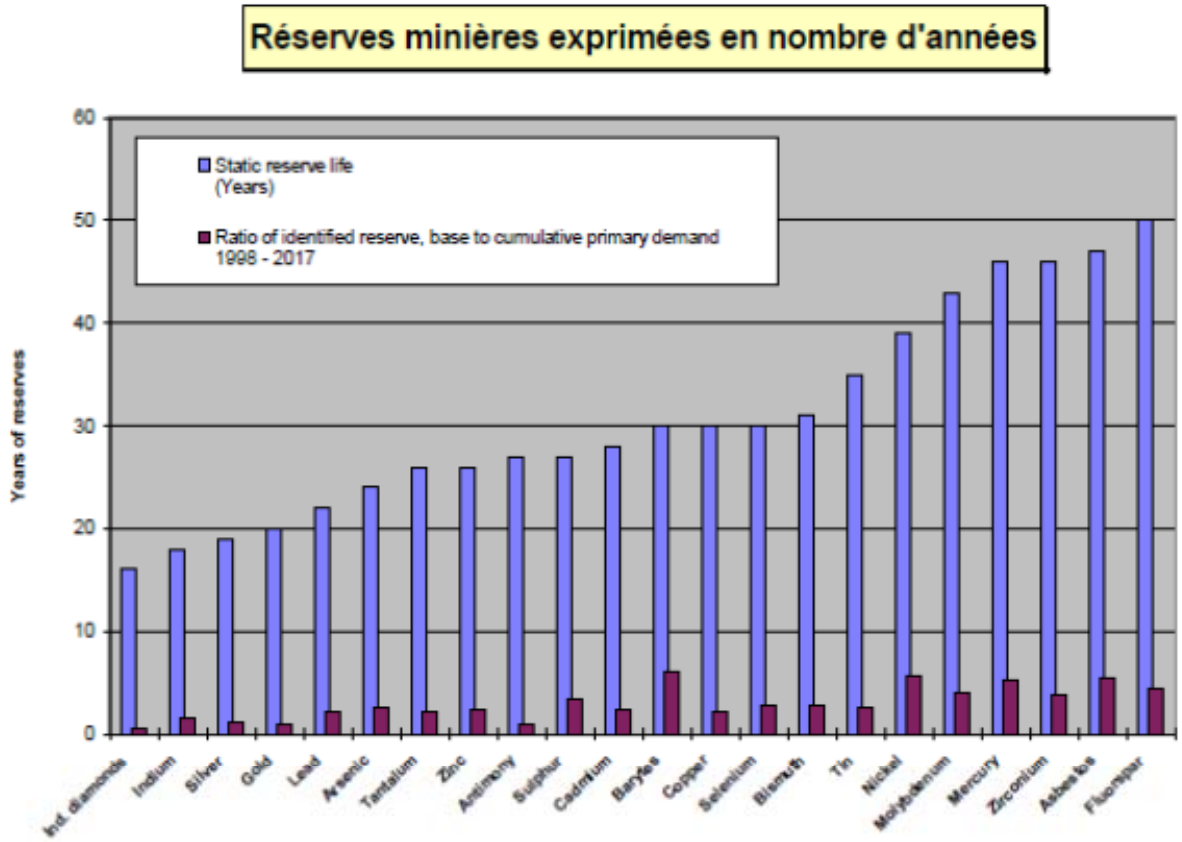
[1] Le tableau périodique des éléments, également appelé table de Mendeleïev, classification périodique des éléments (CPE) ou simplement tableau périodique, représente tous les éléments chimiques, ordonnés par numéro atomique croissant et organisés en fonction de leur configuration électronique, laquelle sous-tend leurs propriétés chimiques.

[2] La lithosphère est la partie supérieure, rigide, des enveloppes constituant la terre solide ; son épaisseur atteint plusieurs dizaines de kilomètres dans les continents ; elle est plus ordinairement appelée « croute continentale »

- Par contre, la notion de *réserve* est de nature économique et correspond à la fraction des ressources exploitable économiquement. Bien entendu, cette notion est sujette à fluctuation en fonction de l'évolution du prix de la matière première et des coûts d'extraction et de traitement, eux-mêmes dépendant des coûts de l'énergie et des évolutions technologiques. Néanmoins, on distingue communément les **ressources prouvées** (ou démontrées), les **ressources probables** (ou inférées) et les **ressources possibles** (ou accessibles).

On peut ainsi établir, pour les différentes catégories de ressources minérales – métaux, minéraux industriels et matériaux de construction – des données quantitatives concernant les tonnages disponibles au niveau d'un pays, d'une région, et éventuellement de la planète. A partir de ces données, on peut exprimer les réserves en nombre d'années de production.

Figure 1 : Réserves minières exprimées en nombre d'années de production pour quelques métaux sélectionnés



Source : USGS

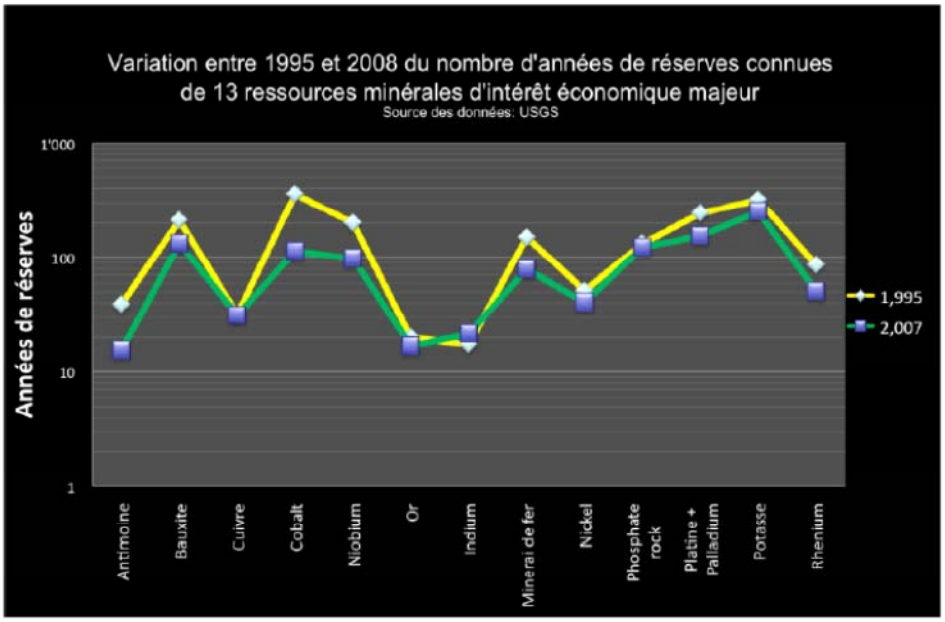
(dans l'ordre : diamant, Indium, Argent, Or, Plomb, Arsenic, Zinc, Antimoine, Soufre, Baryte, cuivre, Selenium, Bismuth, Etain, Molybdène, Mercure, Zircon, Asbeste, Fluorine)

Mais bien entendu, au fur et à mesure que l'on développe ce raisonnement, on en mesure les limites. Outre la forte dépendance des cours de ces substances, les chiffres varient également en fonction du taux de croissance de la demande, qui amène à revoir complètement la notion « d'années de réserves ». Mais surtout, c'est le degré de connaissance géologique d'un territoire – on est encore loin d'avoir une image exacte de la géologie de la planète ! - qui est déterminant dans l'établissement

des données de potentiels et de ressources, elles-mêmes spécifiques aux réserves. Les conditions économiques, technologiques et d'accessibilité influent sur le niveau en matière première (tonnage et teneur du gisement notamment) jugée acceptable pour envisager une exploitation. En outre, la mise en œuvre des politiques de développement durable – qui devrait s'imposer systématiquement aussi dans le secteur minier – implique la prise en compte des dimensions environnementales et sociales dès l'amont des projets, ce qui modifie complètement la donne pour l'exploitant. En effet, **la « rente minière » ne peut plus aujourd'hui être considérée du seul point de vue de l'entreprise exploitante (dans sa seule relation avec l'Etat qui lui en concède l'exploitation), mais au niveau de toute la chaîne des parties prenantes du projet, qu'il s'agisse des populations locales, de la préservation de la qualité de leur environnement et de l'amélioration de leur qualité de vie, ou d'un point de vue global** (par exemple la compensation de l'effet de serre induit).

Au cours de ces dernières années de forte croissance de la demande, le nombre d'années de réserves semble avoir baissé pour la plupart des ressources minérales, comme en témoigne la figure 11 ci-dessous. Mais ce phénomène peut être expliqué par la relative faiblesse des investissements d'exploration sur la même période ; celle-ci découle de la faiblesse des cours des matières premières sur 20 ans (1986-2006) ; la reprise des travaux d'exploration est relativement récente – moins de 5 ans – qui découle de la récente hausse des cours et n'a pas encore fait ressentir ses effets.

Figure 2 : Evolution du nombre d'années de réserves connues pour 13 ressources minérales entre 1995 et 2008



Source : USGS

Pour dresser une image quantitative des limites des ressources minérales, il faudrait disposer d'une connaissance un tant soit peu exhaustive de leur répartition sur la planète. Or on est loin de disposer d'une vision assez fine de la géologie pour avoir une image quantitative d'ensemble. On ne dispose d'études quelque peu exhaustives que pour quelques métaux ou éléments, et la connaissance des ressources est très inégale selon les régions du monde[3]. Tous les gisements potentiels ne sont pas

[3] Ainsi a-t-on cessé toute activité d'exploration minière en France depuis 40 ans alors que les modèles scientifiques et les technologies ont considérablement évolué ; l'exemple des pays scandinaves, où l'on observe actuellement une vive reprise de l'activité minière, nous montre l'efficacité d'une politique publique de développement des connaissances.

identifiés, et les études de faisabilité manquent sur de nombreux sites. En outre, tous les sites d'extraction sont loin de bénéficier des mêmes avancées technologiques et environnementales.

2.2. Classification des ressources minérales et enjeux de durabilité

Nous proposons de distinguer 5 types de ressources minérales, dont les caractéristiques varient considérablement en termes de durabilité.

2.2.1. Les matériaux de construction[4]

Il s'agit de **pondéreux**[5]. Compte tenu des coûts de transports, on a intérêt à les produire à proximité des sites de consommation. Ils sont souvent disponibles en abondance du point de vue de la ressource géologique (même si certains pays ou régions dépourvus de couches sédimentaires appropriées peuvent accuser un déficit en capacité de production de ciment ou de plâtre). Ces substances constituent néanmoins un paradoxe lié aux tendances de l'urbanisme. Les mégapoles sont des lieux de forte demande, qui repoussent mécaniquement les limites des zones de production à des distances toujours plus grandes. **C'est une question soluble par de nouvelles approches de l'usage de l'espace souterrain, qui combinerait création d'espace et production de matière première, et par le recyclage des matériaux de démolition** *(voir Revue Géosciences, Géologie urbaine, 2009).*

2.2.2. Les minéraux industriels[6]

Il s'agit de l'ensemble des minéraux naturels utilisés pour leurs propriétés physiques ou chimiques naturelles. Ces substances-là sont aussi issues de formations géologiques qui ne se caractérisent pas par leur rareté, mais par **des propriétés plus ou moins favorables à leur exploitation** : **accessibilité, géométrie du gisement, pureté** notamment. C'est un **domaine des ressources minérales ouvert aux innovations**, qu'elles soient technologiques et industrielles ou qu'elles portent sur la dimension géologique de la ressource. Comme dans le cas précédent, on ne se heurte pas généralement ici à des problèmes de finitude des ressources géologiques, mais plutôt à des questions d'accessibilité ou de coût de transport ou de traitement. Plus il faudra creuser profondément pour les obtenir, plus évidemment les coûts augmenteront. L'augmentation des coûts d'accès à ces ressources sera une préoccupation qui sera prégnante bien avant leur rareté.

2.2.3. Les ressources minérales utilisées pour l'agriculture

Cela porte essentiellement sur les adjuvants minéraux liés à la disponibilité de terres plus ou moins fertiles ou surexploitées. Il est nécessaire de distinguer cette catégorie, cruciale en termes de

---

[4] Pierre de taille, graviers, sables, argile, calcaire et marne pour le ciment et gypse pour le plâtre.

[5] C'est-à-dire de matériaux de faible valeur (le prix à la tonne est parmi les plus bas) mais qui sont utilisés en grande quantité (masses et volumes importants)

[6] Dans cette catégorie on trouve le quartz (pour la silice), le graphite (pour le carbone), la baryte (comme adjuvant pondéreux), le kaolin et les argiles (pour la céramique et les terres cuites), la calcite (pour le blanc ou la chaux), le sel gemme et la potasse, le feldspath (pour la verrerie), le talc, la fluorine, les zéolites, l'amiante, et bien d'autres minéraux moins répandus choisis pour leurs propriétés particulières. Il peut s'agir de roches, comme la ponce, l'obsidienne, la perlite, la craie, certains trachytes…

développement durable (H.F. Wellmer, 2010) dans la mesure où elle joue un grand rôle en matière de production agricole et d'alimentation humaine. **La disponibilité des terres est un élément essentiel à prendre en considération (cf. chapitre 4, partie 1)**. Avec l'accroissement de la population et le développement des villes, l'artificialisation des sols, on assiste à une **réduction régulière des espaces naturels et des surfaces agricoles**. Avec 11% des surfaces émergées consacrées à l'agriculture, il faut compter sur une intensification des cultures, de nouvelles pratiques d'agro-écologie et d'agroforesterie, et sur un usage plus répandu d'intrants nécessaires à la croissance des végétaux. Il s'agit essentiellement de l'azote, de la potasse et du phosphore (N, K, P). Ces minéraux très demandés sont relativement fréquents dans la croûte et les enveloppes externes de la terre.

- **L'azote**, disponible dans certains engrais minéraux d'origine biologique, est aussi un des principaux composants de l'air. Mais la fabrication des engrais azotés nécessite un apport important d'énergie. Les engrais azotés sont ainsi devenus une source majeure de préoccupation, actuellement disponibles qu'en très petite quantité, les prix mondiaux ayant plus que doublé au cours de la seule année passée.
- Le **potassium** est un des composants de l'eau de mer, et là encore, la production d'engrais de potasse renvoie à une question d'énergie. Néanmoins, il existe des gisements de sel de potasse (KCl ou sylvinite) qu'il est plus avantageux d'exploiter. Il s'agit de formations géologiques qui ne sont pas rares, mais les meilleurs gisements sont souvent situés à proximité des zones de consommation (c'est notamment le cas en Europe).
- Le **phosphore** est par contre un intrant agricole – également très demandé dans l'industrie, chimique notamment – dont l'approvisionnement repose sur des formations géologiques, assez abondantes et ne posant pas de problème de limitation des ressources à long terme, si ce n'est en termes de qualité, d'impact environnemental (substances chimiques indésirables en agriculture associées dans les gisements, comme l'uranium) et de coûts d'extraction et de traitement.

Néanmoins, c'est un ensemble de substances minérales auxquelles il est prêté une attention insuffisante, en termes de développement durable, et sur lequel les tensions, en termes de prix et même de durabilité physique, pourraient s'avérer plus fortes que sur les métaux sur lesquels se concentrent aujourd'hui les réflexions stratégiques (J. Varet, Futuribles, 2012).

2.2.4. Les métaux

Ils font l'objet de l'essentiel du développement de ce chapitre. Comme nous le verrons, ils sont présents à toute profondeur dans la lithosphère de sorte que l'on ne se heurte pas à un problème de limite physique les concernant, mais à des difficultés géopolitiques d'accès concernant les gisements les meilleurs et de coût pour les gisements de qualité plus médiocre (teneur, profondeur, risques dans l'extraction, distance d'approvisionnement…). En outre, **les métaux sont tous recyclables, voire réutilisables**. Là encore, **la problématique pour l'avenir est davantage celle d'une augmentation des coûts que celle de la finitude.**

2.2.5. Les métaux rares

Une distinction des catégories de métaux considérés comme stratégiques et en particulier des terres rares ou des métaux du groupe du platine, est indispensable : ces métaux nécessités par

les hautes technologies, utilisés notamment dans les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) et l'aérospatiale permettent de nouvelles applications dans le bâtiment, les transports et les technologies requises par l'électronique, mais aussi par la plupart des technologies vertes. Ils sont déterminants pour l'évolution de secteurs structurants au regard de l'hypothèse posée d'avancée en termes de moyens de communication, de production d'énergie renouvelable, et des objectifs d'optimisation et d'efficacité recherchés.

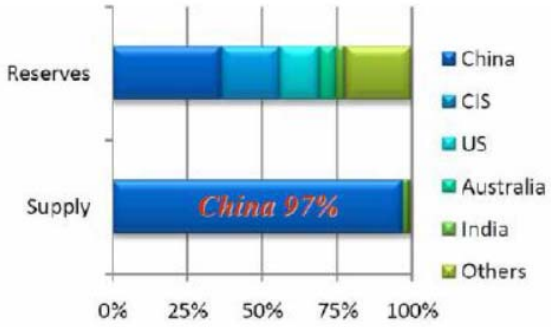
On peut dégager quatre problématiques distinctes (trop souvent mélangées) sur la question des métaux rares :

- La *disponibilité* des ressources elle-même,
- *L'accès* à ces ressources en fonction de leur localisation et de leur concentration (avec leur dimension géopolitique),
- *Les coûts,* en fonction des conditions d'extraction, de la structure des marchés, de la relation offre-demande,
- Les *processus spéculatifs* qui peuvent s'y ajouter.

Ces quatre paramètres sont en partie indépendants les uns des autres.

Ainsi, la production des terres rares est passée de moins de 30 000 tonnes en 1980 à plus de 120 000tonnes en 2010. Dans le même temps, la production initialement répartie dans plusieurs pays, dont les Etats-Unis, s'est progressivement concentrée en Chine qui produit aujourd'hui 97% du total mondial. (Une politique de prix bas a éliminé tout concurrent). Or la demande en terres rares (un ensemble de 15 éléments situés dans le milieu de la table de Mendeleïev) ne cesse de croître du fait du nombre et de la diversité des applications (métallurgie, chimie, catalyse, optique, électricité, batteries, ampoules de lampes, écrans cathodiques, aimants permanents, pour moteurs, dynamos…). **La demande est notamment très forte pour de nombreuses « technologies vertes »** : éoliennes, voitures hybrides, éclairage basse consommation, supraconducteurs, et applications militaires (vision nocturne, lasers, radars, satellites…) ; **on estime qu'elle croitra de 8 à 11% par an d'ici 2014.**

Figure 3 : Répartition géographique des réserves mondiales de terres rares comparées à la production actuelle



Source : USGS

La position quasi-monopolistique de la Chine en termes de production (plus de 90%), mais aussi de consommation (plus de 60%) des terres rares, et le contrôle qu'elle a introduit sur ses exportations en 2010, avec la forte croissance des cours qui s'en est suivie, ont conduit à une **reprise des travaux d'exploration et de développements miniers dans le monde**. Les projets les plus avancés se situent

aux Etats-Unis, en Australie, au Canada et en CEI[7], et la répartition estimée des réserves qui en découlent montre que celles-ci seront suffisantes pour couvrir les besoins du XXIème siècle, avec un faible risque de pénurie d'origine géopolitique, la Chine ne disposant pas de plus de 37% des ressources mondiales.

2.3. Le renchérissement de l'extraction et de l'accès aux ressources dans le cadre d'une croissance de la demande mondiale en matières premières

2.3.1. Diversité de la demande et de l'offre correspondante

- ***Les matériaux de construction***

La demande en ressources minérales quantitativement la plus importante porte sur les **matériaux de construction** : sable, granulats, ciment, chaux, plâtre. Il s'agit de matériaux pondéreux, que l'on a intérêt **à extraire à proximité des sites de consommation**. Ce sont aussi des matières premières très répandues qui ne posent pas de réel problème de limite de la ressource, si ce n'est localement, du fait de la superposition des contraintes pouvant surgir, notamment à proximité immédiate des grandes mégapoles. En effet, dans un environnement urbain dense, tenant compte des surfaces interdites à l'exploitation du fait de l'urbanisme, des voies de transports, des espaces naturels protégés, ou autres raisons à caractère social ou politique (notamment le fameux réflexe NIMBY), **il peut s'avérer qu'une ressource géologique abondante et de qualité soit inexploitable**. Les tendances actuelles aboutissent souvent encore à des aberrations économiques et environnementales, comme l'usage de revêtements de granite d'importation chinoise dans la construction des lignes de tramways urbains en France, alors même que l'on dispose à proximité de ressources de qualité.

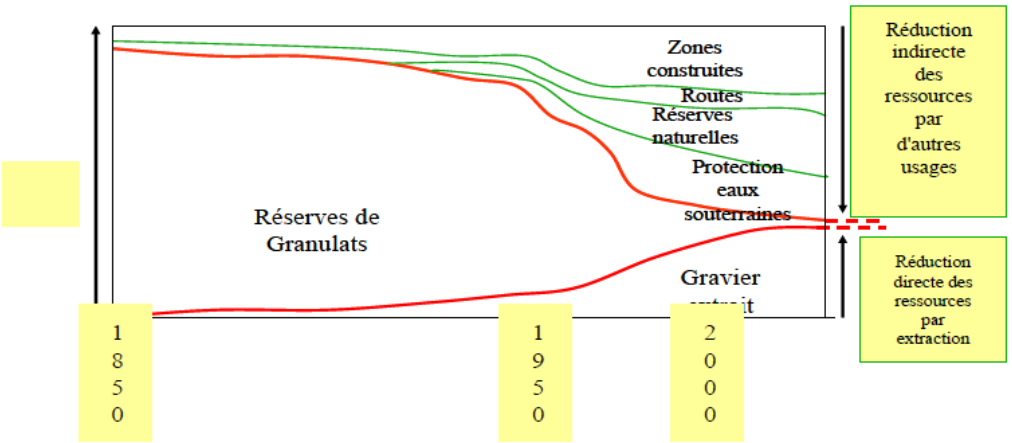
En la matière, outre la lutte contre le gaspillage et la **promotion du recyclage des déchets de construction** et de démolition, de nouvelles formes de développement durable doivent voir le jour combinant la création d'espaces souterrains urbanisables (transports, espaces de stockage, commerces, industries…) et la production de matières premières[8] grâce à l'extraction réalisée pour ces infrastructures. Il en va de même pour de nombreux minéraux industriels, qu'il s'agisse des carbonates, des argiles, du feldspath ou du quartz relativement abondants et dont on ne connaît pas de limite en termes de réserve de production à proprement parler.

Figure 4 : Diverses contraintes pesant sur les ressources extractibles dans le cas des granulats en France

[7] Communauté des États indépendants

[8] J.Varet, Geosciences, 2009.

Plus que l 'énergie ou les transports, c 'est l'espace qui contraint la ressource extractible



Source : BRGM

Concernant les métaux, on peut en distinguer trois catégories en fonction du degré de développement des pays consommateurs.

- ***Les métaux ferreux et ferro-alliages (Fer, Manganèse, Chrome)***

Ils sont massivement consommés, au même rythme que les matériaux de construction, dans les pays émergents au stade initial de développement, pour fournir les infrastructures de transports, l'habitat urbain et la construction des usines.

- ***Les métaux de base (Aluminium, Cuivre, Zinc, Etain)***

Ils sont également consommés dans ces infrastructures, mais aussi les produits blancs et l'industrie du transport, notamment automobile. Ces consommations caractérisent les pays de niveau de développement intermédiaire, comme la Corée et la Chine.

- ***Enfin, les métaux de hautes technologies (Lithium, Cobalt, Indium, Germanium, Tantale, terres rares, Titane, Germanium…)***

Ils entrent dans la composition des produits électroniques et informatiques et sont utilisés dans l'industrie spatiale, les énergies renouvelables et les technologies de dépollution. Ils sont jugés stratégiques par les pays concernés (Amérique du Nord, Europe, Japon).

Ces dernières années, l'attention des pays développés s'est focalisée sur cette **question de « criticité » des substances minérales pour l'industrie** (autrement qualifiées de « stratégiques », en France notamment). Le département américain de l'énergie notamment publié en 2010 une stratégie relative aux matières premières critiques (« clean energy demand »)[9], qui a l'intérêt de mettre

[9] Critical Mineral Strategy. US DOE, 170p. Dec. 2010. materialstrategy@energy.gov
Elle met notamment l'accent sur les éléments suivants:
· lanthane, cérium, praséodyme, néodyme, cobalt et lithium pour les batteries des véhicules électriques ;
· néodyme, dysprosium, praséodyme et samarium pour les aimants permanents des véhicules électriques et des éoliennes ;
· lanthane, cérium, europium, terbium et yttrium pour l'éclairage à basse énergie (substances luminophores) ;
· indium, gallium et tellure pour les cellules photovoltaïques.

l'accent sur l'incidence du développement – aux Etats-Unis et dans le monde – des technologies vertes. L'étude conclut sur le caractère critique de plusieurs terres rares sur le court et moyen termes concernant l'approvisionnement des Etats-Unis : Dysprosium, Néodyme, Europium, Yttrium, Indium et Terbium, et la nécessité de développer une politique fédérale à cet égard. La DG Entreprise de l'Union européenne a pris en 2009 une initiative dans ce domaine, et la France a suivi avec la création du Comité des métaux stratégiques (COMES[10]) en 2011.

En 2012, l'enjeu de souveraineté nationale a été réaffirmé, ainsi que la volonté de relancer l'exploitation des mines. La France cherche à améliorer sa connaissance du sous-sol et souhaite réviser le code minier, faire évoluer le cadre réglementaire pour favoriser la concertation et la transparence autour de ces activités.

Nous avons noté précédemment que la croissance de la demande particulièrement forte de ces dernières années était essentiellement tirée par la Chine et les nouveaux pays industriels. Le résultat de cette évolution est que la part de la Chine dans la consommation mondiale de matières premières minérales était en 2006 en passe d'absorber la moitié de la production mondiale de ciment, 40% de celle d'aluminium, de manganèse, de charbon et d'acier, et 30% du nickel alors que la Chine représente à peine plus de 20% de la population mondiale.

Quelle que soit la substance considérée, en comparaison des niveaux de consommation par grande région du monde, on observe cette place croissante prise par la Chine ces toutes dernières années.

2.3.2. Une demande durable ?

Après les chocs pétroliers des années 70 et la baisse consécutive pendant 15 ans des prix du pétrole autour de 30 $ le baril, on assiste à une très forte remontée depuis 2003. Il en va de même depuis 2006 pour la plupart des métaux. En effet, se sont ajoutés au milliard d'habitants des pays développés de la fin du XXe siècle (Europe, Amérique du Nord, Japon et ex-URSS), environ 3 milliards d'habitants des pays émergents qui accèdent maintenant à de meilleures conditions de vie et donc consomment davantage d'énergie, de matières premières et de produits alimentaires. Si cela ne touche pas encore toute la population de la Chine, de l'Inde et du Brésil, cela concerne également des parts croissantes de populations d'autres pays en développement.

La crise financière mondiale ne va-t-elle pas bouleverser la demande ? L'évolution des prix montre en 2007 une nette inversion des tendances haussières. Mais dès fin 2008, *Le Monde Economie* du 8 décembre note que, malgré la crise, le secteur minier australien, certes moins bénéficiaire, se prépare néanmoins à la reprise : *« lorsque la demande reprendra, les prix des matières premières pourraient atteindre de nouveaux sommets ».* Concernant le charbon au niveau mondial, E. Marris, journaliste, montre au même moment, dans *Nature*, sous le titre *« Old fuels new wealth »*[11], que malgré la crise et l'essor des renouvelables, le boom de la demande se maintiendra. Sous le titre *« Uranium appauvri »,* le journal *Le Monde* du 5 janvier 2009 montre que les cours, après avoir grimpé comme les autres, ont diminué de moitié entre octobre 2007 et décembre 2008. Malgré cela, la production des mines ne couvre que 55% des besoins. Ceux-ci devraient augmenter de 18% d'ici 2013 et bien davantage à l'horizon 2020. A la fin du premier semestre 2009, si les groupes miniers

[10] Comité pour les métaux stratégiques, une instance de réflexion et de proposition située auprès du ministre chargé de l'industrie

[11] E. Marris, « Old Fuels New Wealth ». Nature, n° 456, 10 décembre 2008, pp. 832-834

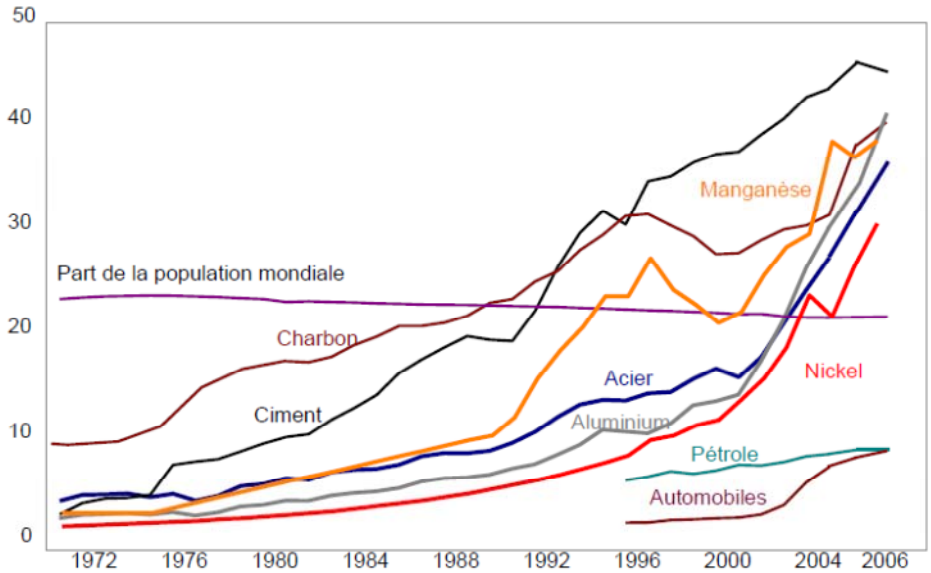
sont encore en difficulté, suppriment beaucoup d'emplois et ferment des mines, les efforts en exploration restent soutenus. En effet :

- les cours des métaux de base sont tous revenus à un niveau équivalent à l'avant-crise (les cours du nickel et du cuivre par exemple), portés par la demande chinoise ;
- les Chinois ont plus que jamais besoin de matières et investissent tous-azimuts ;
- certains minerais ont particulièrement le vent en poupe (uranium, lithium, ...).

Il se confirme dès mi-2009 que les groupes miniers australiens investissent dans de nouveaux projets. Le nickel est au plus haut depuis le 3 octobre 2008, et BHP Biliton prévoit d'ouvrir une nouvelle mine d'uranium dans l'ouest de l'Australie. Au cours de ces trois dernières années, la crise financière n'a pas facilité de réelle reprise. Les groupes miniers occidentaux sont dans l'expectative. Par contre, les groupes miniers chinois, et plus généralement des pays émergents, restent très actifs. Ils profitent de la conjoncture pour étendre et accroître leurs portefeuilles minier, en se tournant notamment vers les pays du Sud, mais sans négliger des opportunités dans les pays du Nord (Canada, Groenland, p.ex.)

Tout indique aujourd'hui que cette demande sera durable, malgré la crise financière secouant les pays occidentaux*. En effet, si la part de la Chine dans la demande mondiale parait d'ores et déjà très forte, force est de constater que le niveau de consommation par habitant reste très bas, notamment du fait d'un PIB chinois par habitant encore très inférieur à celui des pays occidentaux.* ***Ces données traduisent un potentiel de croissance qui reste important****. Mais le développement à venir pourrait ne pas être le fait principalement des groupes occidentaux, mais de la croissance sur ce marché de la part des opérateurs des pays émergents, notamment chinois.*

Figure 5 : Part de marché de la Chine dans la consommation mondiale de métaux, minéraux et biens intermédiaires (%)



Source: IISI, Organisation Internationale des Constructeurs Automobiles, International Aluminum Institute, Coal Institute, Wikipedia, China Metals, BP, Eramet, China Geological Survey, International Mn Institute, Source : Laplace Conseil

Même si des mesures sont prises par les pays européens pour inverser la tendance à la délocalisation vers la Chine de l'industrie consommatrice de main d'œuvre et de matières premières, la demande

restera globalement forte dans la mesure où aux besoins propres des Nouveaux Pays Industrialisés (NPI) – et des PED en général – viennent s'ajouter les besoins de l'industrie de pointe, qu'il s'agisse des TIC et de l'aérospatial, ou des « technologies vertes » (pour la protection de l'environnement ou les énergies renouvelables). Ainsi, au total :

- Les NPI (Chine et Inde) resteront les principaux moteurs de la croissance de la consommation de ressources minérales ces prochaines années, qu'il s'agisse de métaux de base ou de « nouveaux métaux ».
- C'est pour les pays développés que l'évolution sera la plus significative, par exemple le nickel, pour l'aéronautique et l'énergie, mais également de nouveaux marchés tels que les batteries (énergie portable, véhicules hybrides, catalyseurs…).
- La croissance de la consommation des métaux de base restera très forte : de 5 à 6 % pour l'acier inox et l'aluminium ; de 4 à 5 % pour le cuivre, le zinc et le nickel.

2.3.3. L'offre pourra-telle suivre ?

Dans un tel climat de croissance et de diversification de la demande mondiale en matières premières minérales, les capacités humaines seront-elles à même de mener à bien le développement de la production sur le long terme ? Au-delà de l'intelligence et de la technique, le problème n'est-il pas du coté des milieux naturels : le système terre sera-t-il en mesure de répondre à la demande ?

Avant d'entrer dans le sujet, il faut rappeler que si l'humanité s'est dotée ces dernières années d'une capacité de connaissance assez approfondie de l'espace et du système solaire, **elle ne dispose que d'une connaissance tout à fait pelliculaire de la planète terre**. Les capacités d'investigation ne dépassent pas quelques kilomètres, et encore de manière très ponctuelle. Si l'on commence à peine à avoir une vue d'ensemble de la géologie de surface (avec néanmoins d'énormes lacunes), on est loin d'avoir une connaissance en trois dimensions, même de la partie la plus superficielle de la croute terrestre. Les premières centaines de mètres les plus accessibles n'ont été investiguées que très ponctuellement à la faveur de travaux urbains, d'infrastructures de transports ou de quelques mines ou forages de production pétroliers, gaziers ou géothermiques.

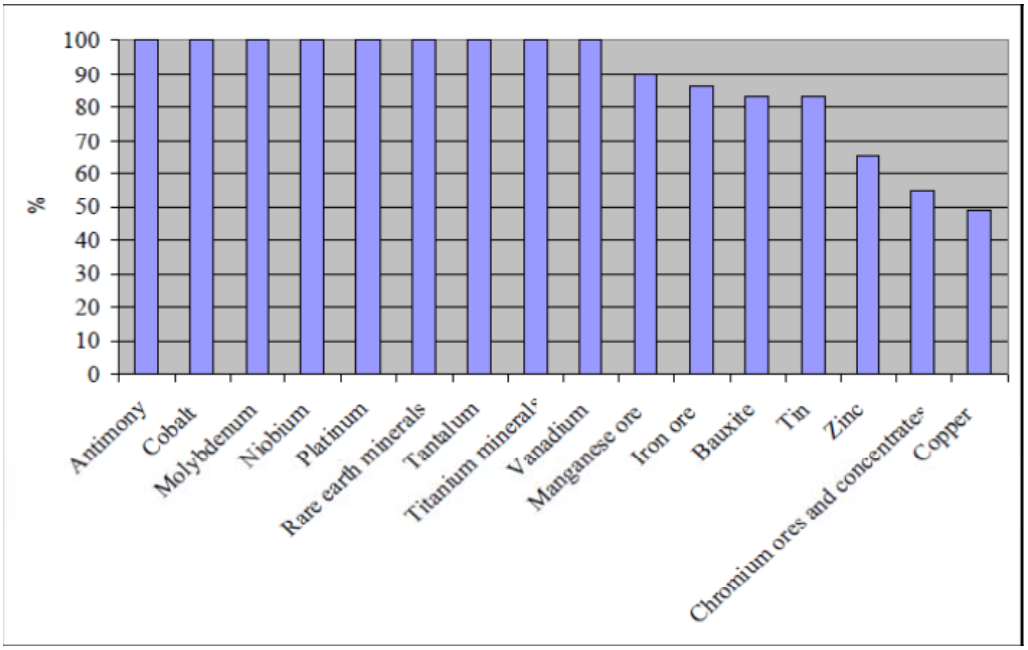
Figure 6 : Carte de la répartition mondiale des principales réserves identifiées en métaux

Source: BRGM

Compte tenu de l'extrême hétérogénéité des formations géologiques, en termes d'âge, de composition, de disposition géométrique et de conditions physiques (comme la température ou la présence d'eau), **la répartition des ressources minérales sur la planète est très hétérogène**. Et si l'Europe a été un foyer de développement au XIXème sur la base de l'exploitation de ressources locales, il s'avère que les meilleurs gisements mondiaux sont situés sur d'autres continents. C'est notamment le cas pour les métaux « high tech » ou nécessaires aux « technologies vertes ».

Figure 7 : La dépendance de l'Europe pour quelques substances minérales

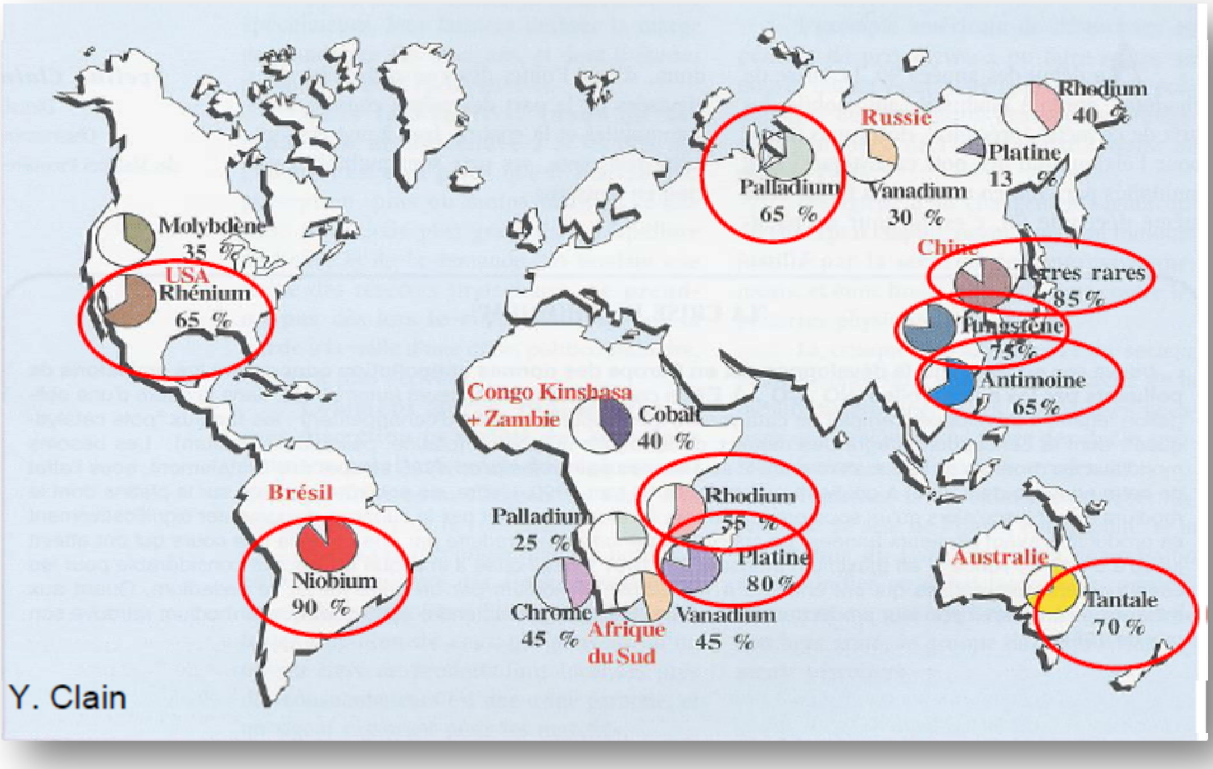
(dans l'ordre : Antimoine, Cobalt, Molybdène, Platine, Terres rares, Tantale, Titane, Vanadium, Manganèse, Fer, Bauxite, Etain, Zinc, Chrome, et Cuivre).



Source : DG entreprises

Figure 8 : Les risques d'approvisionnement sur les petits métaux stratégiques contraints par la géologie

Production de + de 50% du total mondial: Nb (90%), REE (85%), Pt (80%), Tu (75%), Ta (70%), Pd (65%), Sb (65%), Re (65%), Rh (55%)



Source : Y. Clain

On dispose aujourd'hui de modèles géologiques globaux permettant de délimiter les zones dans lesquelles telle ou telle substance est susceptible de constituer des gisements de quantité et qualité exploitable. Ce « potentiel », généralement très important, va bien au-delà de toute capacité humaine de développement. Mais la connaissance des gisements est inégale, car selon l'importance des besoins, les travaux de reconnaissance géologique ont été plus ou moins poussés au niveau mondial. **C'est de ce fait dans le domaine des hydrocarbures que les connaissances sont les meilleures du fait des investissements publics et privés consentis**. C'est aussi une catégorie de substances pour lesquelles on perçoit d'ores et déjà des limites (cf. Chapitre 3, sur les ressources énergétiques). Mais il faut rappeler ici que les composés carbonés sont des produits fossiles résultant de productions de biomasse passées et que les gisements correspondants sont cantonnés à la fraction superficielle de la lithosphère. Ce n'est pas le cas de la plupart des autres ressources minérales, notamment métalliques, dont les concentrations peuvent se produire ou se retrouver à toute profondeur.

2.3.4. La flambée des cours (2005-2008) : une crise de ressources ?

Les sources de la flambée des cours en 2005-2008 - certes atténuée par la crise financière mais en claire reprise depuis - ont été analysées[12]. Les pays occidentaux, Etats- Unis et Europe, ont rivalisé dans une compétition basée sur un transfert massif des productions industrielles vers des pays à coût

[12] J.Varet, Futuribles, 2004

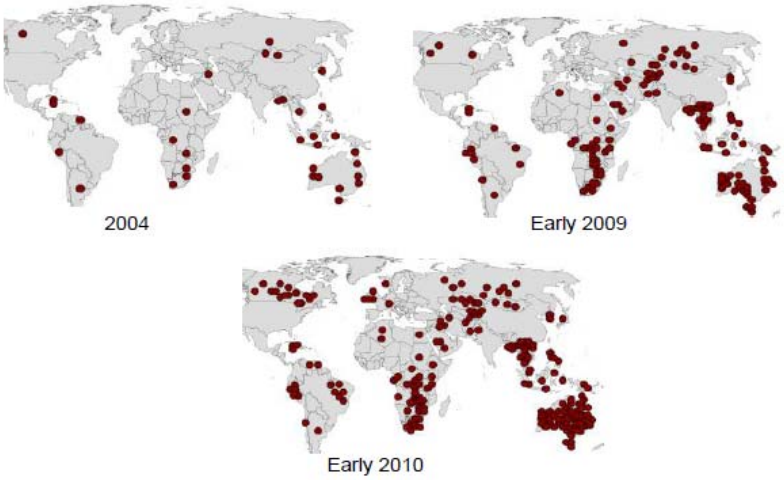
de main d'œuvre toujours plus bas, aboutissant à une concentration de ces activités en Chine. Cependant, **la question des matières premières a été négligée**. On n'a pas vu venir leur raréfaction, leurs cours restaient bas du fait que, *pendant des années la Chine a puisé dans ses propres ressources énergétiques et minières.* Et quand la Chine s'est mise à importer, les stocks importants de l'ex. URSS ayant été absorbés, avec une croissance à deux chiffres, c'était déjà trop tard.

D'autres paramètres tiennent aux **découvertes exceptionnelles effectuées dans les années 70-80**, qui ont amené sur le marché une grande abondance de pratiquement toutes les matières premières. Pour la première fois dans l'histoire de l'humanité, on disposait à la fin des années 70, avec la théorie de la tectonique des plaques, d'un modèle géologique global très puissant : la géodynamique globale explique en effet autant la répartition des ressources que les phénomènes métallo-génétiques et fournit des guides pour l'exploration et l'exploitation. En outre, les techniques spatiales et géophysiques, et l'information numérique ont multiplié la puissance des découvreurs. Dans la même période, les importants efforts de R&D entrepris après le choc de 1973 ont permis de mettre sur le marché de nouveaux procédés plus performants et plus économes. Il en a résulté **des découvertes et des capacités de production sans précédent, dans un contexte favorable aux concentrations industrielles**.

Ces concentrations, d'une ampleur particulière dans le secteur minier, ont entrainé – les cours étant stabilisés par l'importance des découvertes – une **réduction progressive des travaux d'exploration et de production, au profit de politiques d'acquisitions d'entreprises, de mines ou de découvertes**. On vient donc de traverser une période de 20 ans pendant laquelle le renouvellement des découvertes n'a plus été assuré. Dans le même temps, n'embauchant plus, cette industrie à l'échelle nationale a vu vieillir ses cadres, sans perspective de renouvellement du fait que les enseignements eux-mêmes se sont largement taris.

Ainsi, au moment où la remontée des cours traduit un tarissement physique des ressources identifiées, l'industrie n'a plus les capacités de rebondir en engageant de nouveaux travaux d'exploration, faute de ressources humaines pour les mener. Et le contexte financier ne favorise de toute façon pas l'investissement ou la reprise de l'emploi, notamment en Europe. **Le résultat de ce contexte est clair : il se traduit par les avancées spectaculaires des investissements des nouveaux pays industrialisés (Chine, Inde, Brésil) dont les entreprises rivalisent désormais avec les quelques « majors » américano-australo-canadiens dans les travaux d'exploration minière et d'acquisition de nouveaux gisements, notamment en Afrique et en Amérique latine**.

Figure 9 : Accélération des investissements miniers chinois dans le monde : comparaison entre les années 2004, 2009 et 2010



Source : BBA (Bateman Beijing Axis)