

Économie et matières premières minérales¹

Jacques Varet²

Résumé

Nous retiendrons l'hypothèse de travail, sur laquelle nous apporterons les illustrations nécessaires, selon laquelle l'essor tout à fait exceptionnel de l'humanité, tant au plan démographique qu'économique au sens le plus général, depuis bientôt 2 siècles, tient pour l'essentiel à l'exploitation des ressources minérales. Parmi celles-ci, les ressources énergétiques – charbon, pétrole et gaz – ont joué un rôle déterminant, et continuent à assurer cette fonction. Pour autant elles présentent la particularité d'être fossiles, c'est-à-dire liées à une activité biologique passée. Cette spécificité – une vaste entreprise de « déstockage » du carbone atmosphérique jusque-là « minéralisé » dans la lithosphère - détermine aussi leurs limites. Cantonnées dans la partie superficielle de la lithosphère, la mise en place et la préservation de tels gisements résultent de la conjugaison de phénomènes géologiques bien spécifiques.

Malgré les progrès des sciences et des technologies, on atteint aujourd'hui, du fait de la croissance de la demande, les limites physiques dans les possibilités d'exploiter ces ressources, notamment pétrolières et gazières. Le charbon offre des perspectives un peu plus vastes. Les « crises » actuelles trouvent certainement aussi leurs origines – certes liées aussi et avant tout à la très mauvaise gestion des finances mondiales ! – dans la limitation de ces ressources atteinte aujourd'hui. D'autant que viennent s'ajouter deux particularités :

- L'impact climatique de leur combustion : le rejet dans l'atmosphère des composés carbonés jusque-là stockés dans l'enveloppe solide de la terre entraîne des perturbations climatiques majeures, dont on a pu mesurer les effets sur l'évolution de la biodiversité au cours des aires géologiques³.
- Ce sont les seules ressources minérales dont l'usage (du moins l'usage énergétique) équivaut à une destruction⁴, ce qui interdit toute perspective de recyclage, à la différence des métaux ou des autres ressources issues du sous-sol (minéraux industriels et matériaux de construction).

Les difficultés rencontrées dans les négociations internationales – comme l'application de la Convention des Nations Unies sur le Climat et du protocole de Kyoto

¹ lue par Gaston Soulier, membre titulaire de l'Académie

² SARL Géo2D (*ressources géologiques pour le développement durable*), membre correspondant de l'Académie.

³ Evolution souvent dramatique, avec disparition massive d'espèces, ce qui constitue -sans qu'on en connaisse toujours l'origine- le marqueur des changements d'aires géologiques.

⁴ D'autres usages, comme la fabrication des matières plastiques, constituent des applications plus durables (d'autant plus qu'il s'agit de matériaux souvent non biodégradables), et de ce fait recyclables.

– montrent bien que nous ne sommes pas parvenus au niveau de maturité nécessaire, en termes de gouvernance, pour assurer correctement la résolution de ces problèmes, et en définitive une gestion correcte de la planète.

Le cas des autres substances minérales est sans doute un peu moins complexe, et moins « tendu », dans la mesure où les limitations physiques sont moins fortes, du fait d'une abondance généralement mieux répartie dans toute l'épaisseur de la lithosphère, mais aussi du fait des possibilités de recyclage. L'anthroposphère recèle un gisement éventuellement accessible à moindre coût. Même si certains éléments sont rares, et que les meilleurs gisements actuellement découverts sont réduits à quelques pays ou régions, les limites ne sont pas tant géologiques qu'humaines. Les capacités minières mondiales se sont concentrées dans quelques entreprises gigantesques de dimensions mondiales, par rachats successifs des divers exploitants, entraînant une réduction des travaux d'exploration géologique et minière – et plus généralement des recherches minéralurgiques et métallurgiques – au cours des vingt années (1986-2006).

Un scénario qui s'est déroulé dans une ambiance de cours très bas, découlant eux-mêmes de découvertes exceptionnelles effectuées années 1970 (du fait des avancées obtenues grâce aux guides de la tectonique globale et des avancées technologiques notamment géophysiques). Pour autant, la prise de conscience récente par les entreprises des risques de tensions – et les emballements réels observés sur certaines substances – ont attiré l'attention des politiques – notamment européennes bien absentes au cours des dernières décennies – sur la nécessité de se doter d'instruments de régulation concernant les substances minérales stratégiques... Qu'elles soient nécessaires à l'électronique, à la maîtrise de l'énergie, aux énergies renouvelables, au stockage (batteries p.ex.) et plus généralement à la transition écologique. La « révolution verte » ne se fera pas en effet sans recourir à des matières premières minérales, toujours plus diversifiées.

En conclusion, nous chercherons à identifier des pistes visant à assurer une meilleure gestion des ressources minérales de la planète, ce qui passera par une meilleure prise en compte de leurs caractéristiques spécifiques par les politiques, l'économie, et les acteurs concernés, notamment les entreprises et les organisations citoyennes, car il s'agit d'un enjeu crucial pour le développement, à la fois local et planétaire.

Introduction

Dans ce colloque organisé par l'Académie d'Orléans et consacré aux défis économiques du 21^{ème} siècle, il nous a semblé utile d'apporter la voix d'une discipline quelque peu éloignée des sciences humaines et sociales et de l'économie, la géologie ou comme on le dit depuis peu - tant elle s'est au fil du temps diversifiée en un grand nombre de spécialités - : « les géosciences ». En outre, Orléans hébergeant depuis un demi-siècle l'établissement public national spécialisé dans ce domaine, il nous fallait faire l'effort de montrer en quoi notre sous-sol apporte sa pierre à l'économie, et plus spécifiquement comment ces quelques dernières années de développement accéléré sont riches d'enseignement et nous amènent à porter un nouveau regard sur la contribution que pourrait apporter une vision géologique à l'économie future de l'humanité. Compte tenu du temps imparti, et afin d'éviter une approche par trop philosophique, nous concentrerons notre propos sur une composante limitée des géosciences et de leurs

applications : les ressources minérales. C'est déjà en soi un sujet suffisamment complexe pour que nous tentions de démontrer à la fois son impact majeur sur l'économie et en quoi les pratiques économiques actuelles font peser sur ce domaine des distorsions qui atteignent aujourd'hui une dimension critique, et en définitive que de nouvelles voies devraient pouvoir être explorées. Ce faisant, peut-être pourrions-nous entrevoir en quoi nous pourrions contribuer, par une meilleure gestion – notamment économique - de ces ressources, à une « sortie de crise », ou pour employer un vocabulaire plus politiquement correct aujourd'hui, à la « transition écologique » qui s'impose désormais à l'humanité.

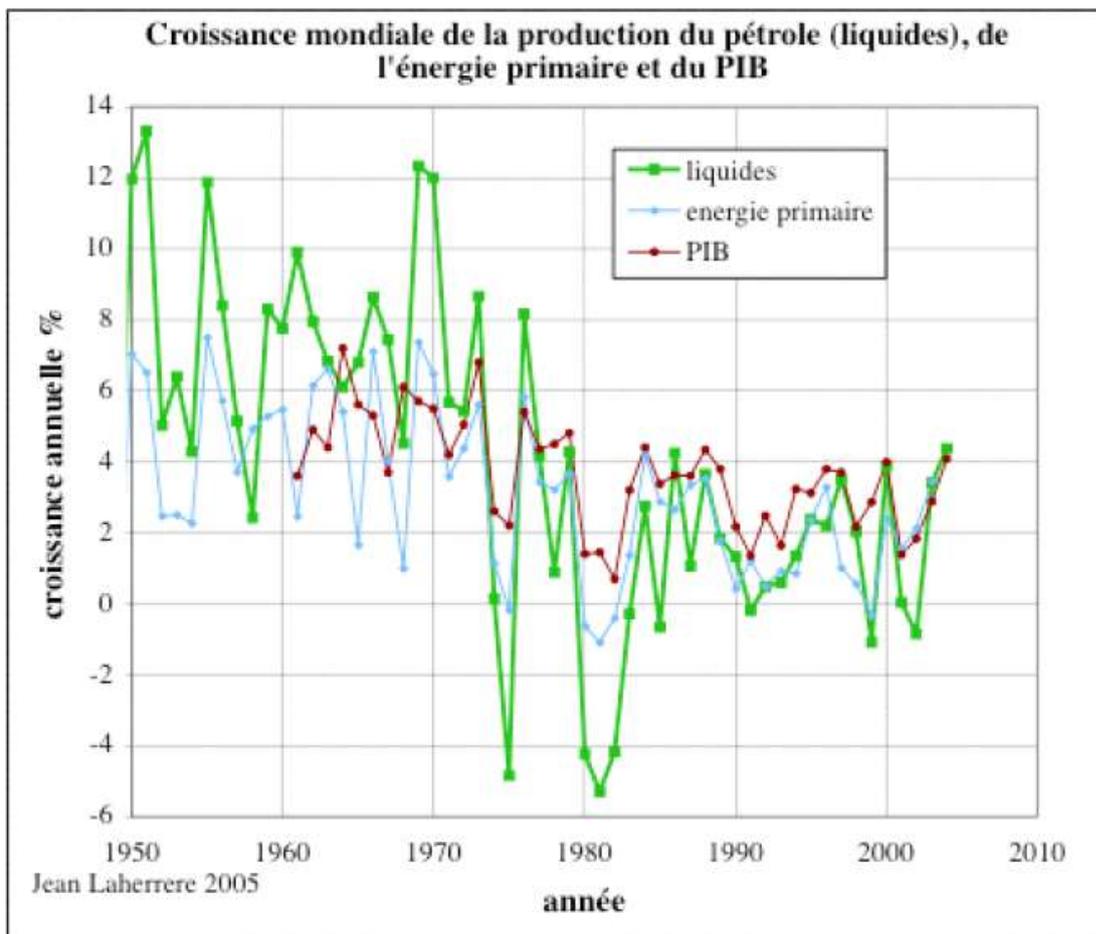


Figure 1 : Relation entre la croissance du PIB et celle de la production de pétrole au niveau mondial sur une cinquantaine d'années (Source : J.Laherrere, ASPO France, 2005)

Les ressources minérales comme carburant de la croissance économique

Il ne fait pas de doute que l'exploitation et la valorisation énergétique des énergies fossiles, le charbon puis le pétrole et le gaz ont joué un rôle déterminant dans la croissance économique au cours du siècle dernier (Figure 1). L'énergie jouant un rôle majeur dans l'essor de la production industrielle, des transports, de l'agriculture et de la qualité de l'habitat, on a même été amené à considérer que la croissance de la

consommation d'électricité pouvait être directement corrélée à celle du PIB⁵. Ce n'est qu'après les premiers chocs pétroliers des années 1970 que l'on a commencé à réaliser qu'il était possible de travailler au « découplage » de la croissance économique et de la consommation énergétique.

De même, la vitalité des économies s'est longtemps mesurée à la maîtrise des productions énergétiques et de minerais métalliques. Ainsi, on l'a bien oublié aujourd'hui du fait d'une approche centrée ces dernières années exclusivement sur le « marché unique », mais la construction européenne a été initiée le 9 mai 1950 (devenu depuis « jour de l'Europe ») par Robert Schuman et fondée pour 50 ans en 1951 par Jean Monnet sur la base de communauté économique du charbon et de l'acier (la CECA). Son objectif était de « soutenir massivement les industries européennes du charbon et de l'acier pour leur permettre de se moderniser... ». On sait que la politique européenne actuelle s'est éloignée de ces objectifs au point de manquer totalement de « vision du monde » en matière de ressources de la planète, et de politique commune dans le domaine de l'énergie et des matières premières minérales.

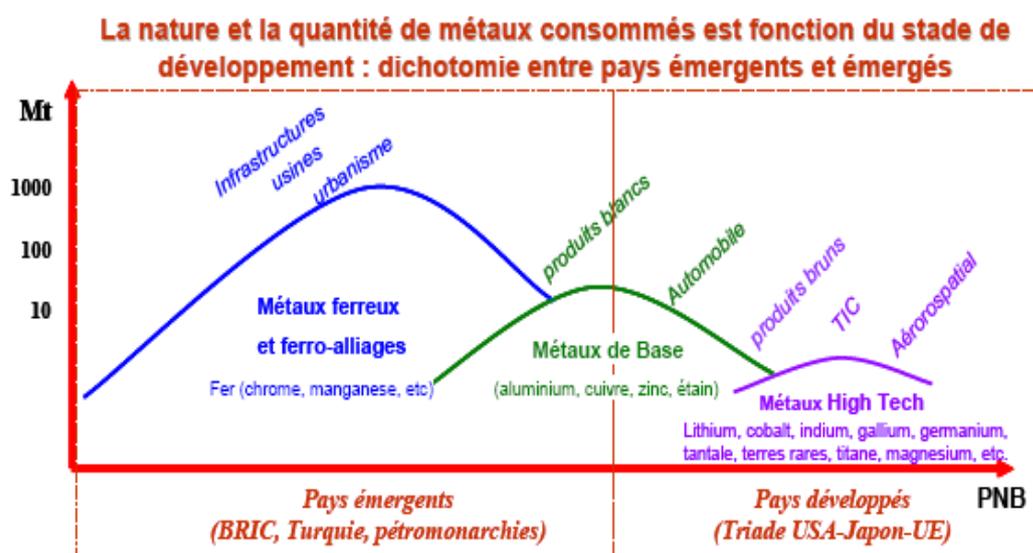


Figure 2 : matières premières minérales métalliques consommées selon de degré de développement des pays (sources BRGM).

Outre l'acier et le charbon, bien d'autres substances minérales ont en fait contribué « massivement » à la croissance économique, tant des pays occidentaux que de l'ex. URSS, avec – outre le pétrole et le gaz – les métaux de base associés aux grandes infrastructures de transport et d'habitat (acier, cuivre, zinc, plomb), suivi des métaux nécessaires à l'automobile et aux « produits blancs », puis aux appareils électroniques et des technologies de l'information et de la communication (Figure 2). Au fil du temps, grâce aux résultats des recherches effectuées sur un nombre croissant d'éléments, la gamme des applications s'est élargie, au point que la quasi-totalité du tableau de Mendeleïev soit aujourd'hui sollicitée, alors qu'une dizaine seulement étaient utilisés dans les années 80', une vingtaine dans les années 90', et une soixantaine au tournant du siècle

⁵ C'est sur la base de cette logique qu'a été conçu et engagé le programme électronucléaire français (de 3 tranches de 1000MW par an)

(Figure 3). Une véritable course mondiale à la maîtrise de planétaire de ces ressources s'est instaurée, d'abord avec la colonisation, puis avec le développement des entreprises multinationales dominantes sur ces marchés (les « 7 sœurs »⁶ pour le pétrole et le gaz, les groupes miniers géants plus récents).

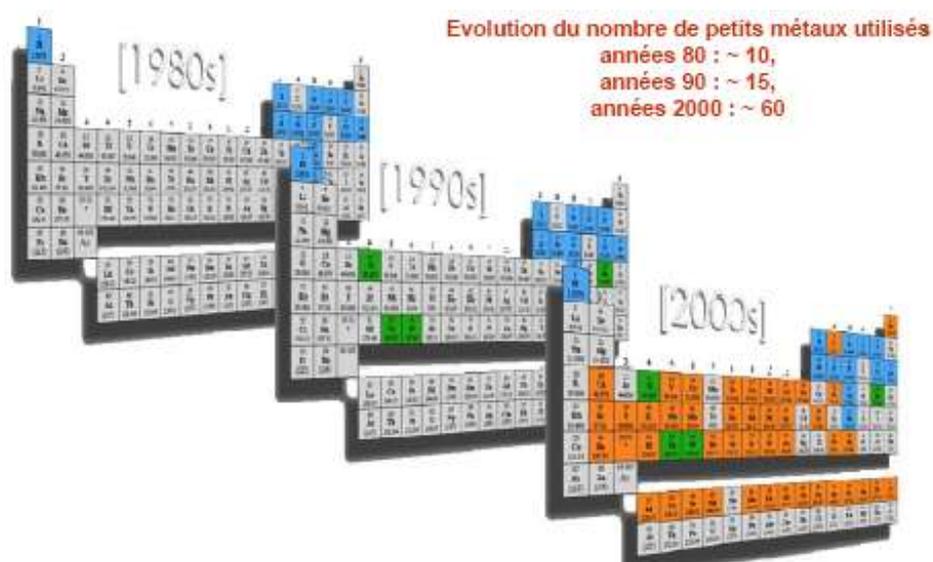


Figure 3 : évolution du nombre de métaux utilisés dans l'industrie au cours des 40 dernières années (sources BRGM)

Après les concentrations observées dans le domaine du pétrole et du gaz, des concentrations analogues se sont développées dans le domaine des mines métalliques ces dernières années. En effet, les progrès des sciences et des technologies géologiques ont permis de développer des approches globales des ressources de la planète (avec notamment la tectonique des plaques, les méthodes d'observations spatiales, les méthodes géophysiques et de forages, les procédés de traitement, notamment les procédés bio-hydro-métallurgiques...) et d'abaisser les coûts de production. Il en a découlé un sentiment d'abondance. Les prix de ces substances restant relativement bas sur une période de plus de 20 ans (Figure 4), les entreprises minières ont préféré assurer leur croissance par rachat d'autres entreprises que par l'engagement de nouveaux travaux d'exploration⁷. Les écoles des mines se sont tournées vers d'autres métiers (le management des entreprises, la banque), et les universités ont déplacé les spécialités des géosciences vers les problématiques environnementales et spatiales. Entre 1986 et 2006, des disciplines comme la métallogénie, la minéralurgie ou même la minéralogie ont progressivement disparu de l'enseignement supérieur français, de même que les recherches dans ces domaines, (J.Varet, 2009).

Cette situation a perduré jusqu'aux années 2004-2006, lorsque le prix des matières premières minérales s'est mis à flamber pour la quasi-totalité des substances. Les compagnies multinationales occidentales ont négligé le fait que la Chine – devenue

⁶ Réduites à 5 : Esso, BP, Shell, Chevron, Mobil à la suite de fusions

⁷ Avec pour résultat que les découvertes minières métalliques n'ont pratiquement plus augmenté.

l'atelier du monde du fait de sa main d'œuvre bon marché – était également parvenue à solliciter la production de son propre sous-sol de manière telle que, avec une croissance à 2 chiffres continue sur plus de 20 ans, devenue importatrice de nombre de substances, elle bouleversait les équilibres antérieurs (J.Varet, 2005), au point de devenir le premier et le principal consommateur mondial de la plupart des métaux (Figure 5).

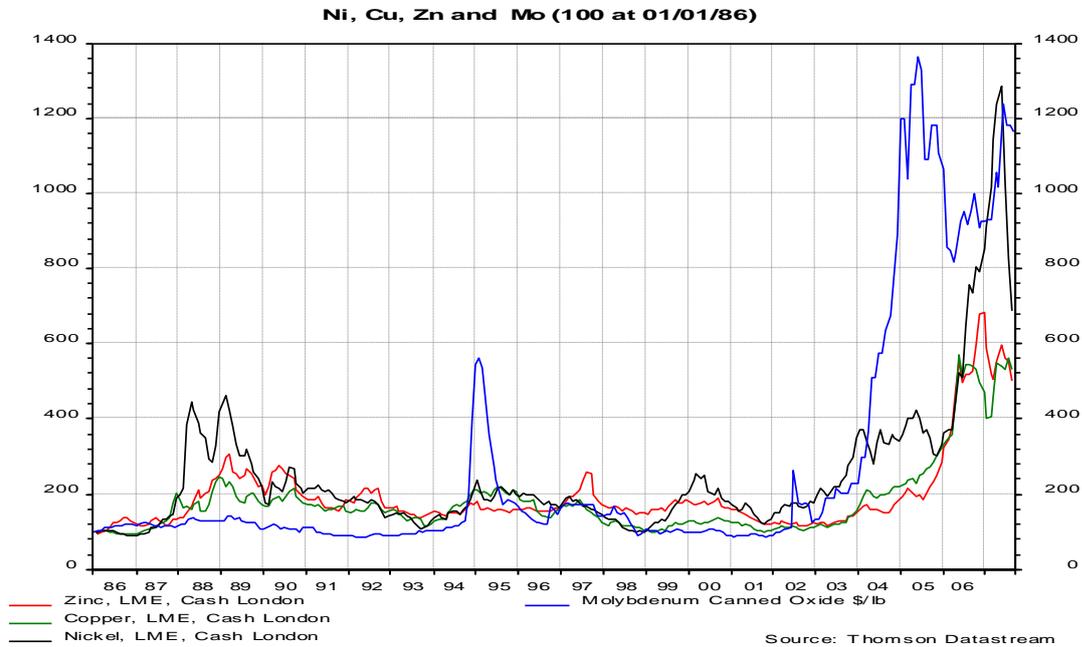


Figure 4 : Evolution des prix sur les marchés mondiaux de quelques-unes matières premières métalliques, sur une période de 20 ans (1986-2006).

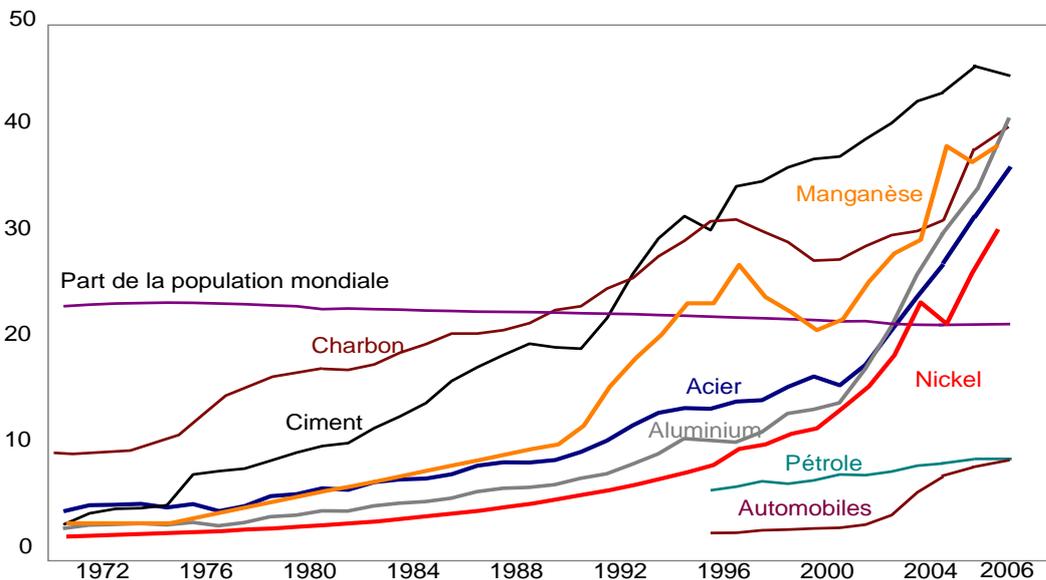


Figure 5 : part croissante de la Chine dans la consommation de matières premières minérales Source: IISI, Organisation Internationale des Constructeurs Automobiles, International Aluminum Institute, Coal Institute, Wikipedia, China Metals, BP, Eramet, China Geological Survey, International Mn Institute, Source : Laplace Conseil

Ainsi se vérifie le lien étroit entre croissance économique et consommation de matière première minérale, et dans une période de croissance des cours, les difficultés qui en résultent pour les pays qui ne sont pas producteurs. Par voie de conséquence, l'abandon par de nombreux pays européens de toute activité extractive se traduit par des déséquilibres accrus de la balance des paiements, malgré le développement des activités de services. On mesure ainsi les limites des politiques, longtemps affichées par l'Europe, de « dématérialisation de l'économie ».

Comment nous sommes parvenus à percevoir les limites du « BAU »

Parmi les ressources minérales, le cas des énergies fossiles est particulièrement emblématique, dans la mesure où la croissance de la plupart des secteurs économiques – industrie, transports, agriculture, tourisme – ont reposé sur leur exploitation. Les prix sont restés relativement bas, sur de très longues périodes si l'on exclut les chocs pétroliers de 1973-1978 suivis du contre-choc de 1986, et en tout état de cause, sont restés très faibles dans la période 1986-2006 (Figure 6), comme d'autres substances minérales décrites ci-dessus. La remontée des cours, observée depuis 2006, traduit cette fois une réelle incapacité de la production physique mondiale à suivre la croissance de la demande. Se confirment ainsi les travaux de Campbell sur le pic du pétrole, et les considérations de l'ASPO, longtemps niées par les principaux producteurs et même

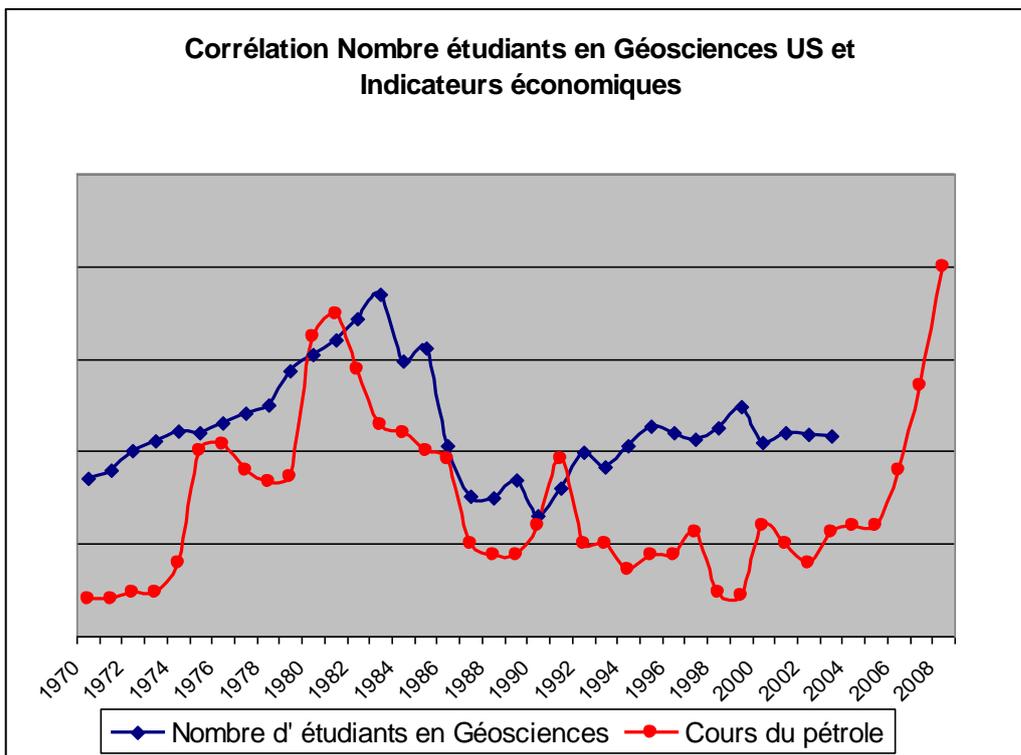


Figure 6 : évolution du cours du pétrole sur 40 ans, dans la période 1970-2010 (courbe rouge). La courbe en bleu indique le nombre d'étudiants en géosciences aux Etats-Unis dans la même période (source : AGI Geoscience Workforce, repris in J.Varet, 2008).

l'AIE. En effet, si les importantes découvertes des années 70 ont donné une illusion d'abondance, elles n'ont pu être relayées malgré l'importance des investissements consentis et les avancées technologiques développées en exploration pétrolières et gazières (Figure 7).

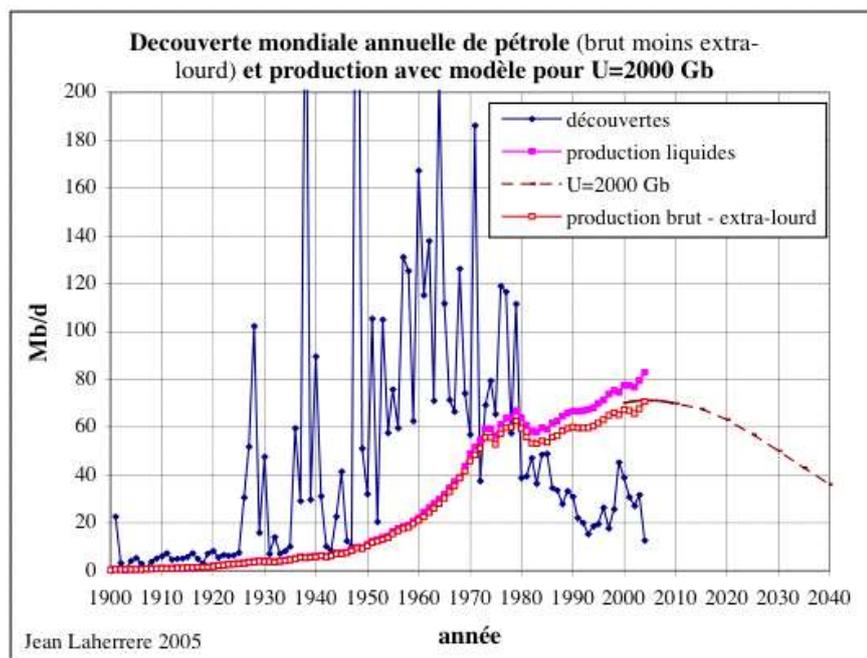


Figure 7 : évolution, sur un siècle, de la production pétrolière mondiale comparée à celle des découvertes (source : J.Laherrere, ASPO France, 2005)

Au total, nous atteignons actuellement – peut-être l'avons-nous déjà dépassé – le « pic » de la production mondiale de pétrole, qui sera suivi par celui du gaz, puis du charbon. Pour ce dernier à plus long terme, car les réserves charbonnières sont beaucoup plus importantes. Dans le même temps, comme l'ont démontré les travaux du GIEC, nous subissons les effets du changement climatique induit par les émissions de gaz à effet de serre résultant de la combustion de ces ressources fossiles (Figure 8). Ainsi sommes-nous « coincés des deux bouts », par la limitation de la production, comme par l'impact économique irrémédiable causé par l'usage même de cette ressource.

Le moment est donc venu de constater la limite du mode de développement économique actuel, basé sur l'exploitation d'une ressource qui a certes assuré des années de bien-être exceptionnel (pour la partie de la population de la planète qui a bénéficié de cette « manne ») mais s'avère non seulement limitée, et en outre impactant à long terme pour l'économie même de la planète. Ce constat concernant les hydrocarbures fossiles nous amène non seulement à devoir engager sans tarder⁸ la « transition écologique », mais encore à porter un nouveau regard sur l'ensemble des ressources minérales. En

⁸ Les perspectives ouvertes par les productions alternatives d'hydrocarbures, comme celles résultant de la fracturation des roches-mères, offrent des possibilités à court terme (la durée de production des puits est très faible et la poursuite des exploitations n'est possible qu'en continuant à forer en permanence !). En tout état de cause, cette nouvelle « bulle » ne doit pas donner l'illusion qu'il est possible de différer la nécessité de se tourner vers les énergies renouvelables. Tout au plus, si l'économie en était réelle, elle devrait être utilisée à financer cette transition.

effet celles-ci sont sollicitées aussi pour assurer le développement de « l'économie vert », notamment la production d'énergies alternatives, le stockage de l'énergie, ou les technologies de l'information et de la communication.

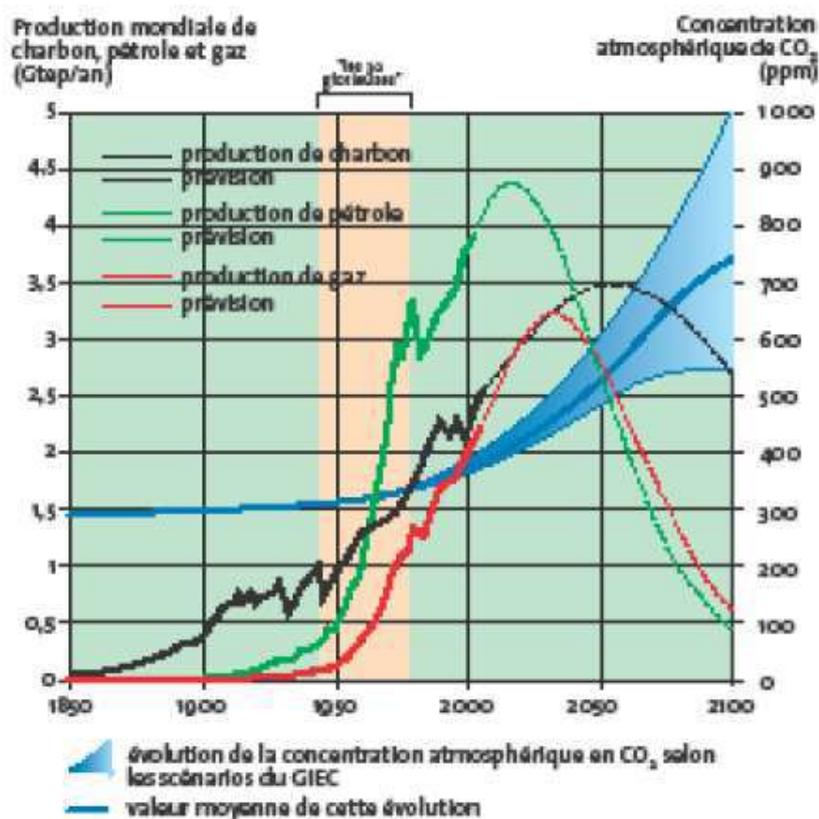


Figure 8 : Schéma illustrant le bilan du carbone fossile dans la période 1850-2100. On observe les pics successifs de production des énergies fossiles : pétrole (vert), gaz naturel (rouge) puis charbon, et la croissance des émissions de CO₂ résultant de leur combustion dans l'enveloppe (en bleu) des divers scénarios du GIEC. (Source : J.Varet, 2005)

Les limites très diversifiées et changeantes des ressources minérales

L'économie réelle des ressources minérales est complexe, et à mon sens particulièrement mal maîtrisée par les outils financiers actuellement déployés. Alors que la valeur des substances est déterminée par la relation de court terme entre la demande et la production, celle-ci devrait en effet prendre en compte, entre autres, les éléments suivants :

- L'abondance réelle des ressources, à partir de la connaissance de la composition, de la structure géologique de la planète, et des caractéristiques des gisements et de leur mode d'exploitation. Il s'agit par exemple de la rareté relative d'un élément dans la croûte terrestre, mais aussi de sa capacité à se concentrer dans des gisements, ou encore de la disposition de ces gisements en surface ou en profondeur.

- Le fait que la substance minérale extraite soit conservée ou détruite par son usage dans la technosphère. En d'autres termes, les possibilités offertes en matière de recyclage.
- L'impact environnemental et sanitaire de l'exploitation de cette substance, qu'il s'agisse d'un effet local (émissions de proximité) ou global (cas du changement climatique par exemple).
- Le temps long de l'industrie minière et métallurgique, comparé au temps court des politiques et de la finance. Ainsi faut-il une dizaine d'années entre la découverte d'un gisement et sa mise en production, et un temps aussi long pour la mise au point et l'installation des procédés de traitement minéralurgiques et métallurgiques.

Si l'on applique ces quelques considérations, il est possible de distinguer les 6 catégories suivantes :

- 1) Les substances carbonées fossiles, résultant de l'accumulation de biomasse ancienne, qui ne se trouvent que dans la partie supérieure de la croûte terrestre (victimes du « craquage » des hydrocarbures par le gradient géothermique). Ainsi limitées en volume, elles sont également détruites par leur production (sauf le cas notable des matières plastiques et des produits de chimie fine⁹). En outre, l'impact climatique de leur combustion doit être pris en compte¹⁰.
- 2) Les substances dont l'usage se traduit par une dispersion dans l'environnement, de sorte qu'elles ne sont plus ni récupérables, ni recyclables une fois extraites du sous-sol. Si en outre leur dispersion entraîne des incidences environnementales ou sanitaires nuisibles, comme la pollution des eaux ou des proliférations algales toxiques, ces externalités doivent également être prises en compte dans l'économie réelle. Les intrants minéraux agricoles (Phosphates, Potasse et Nitrates) entrent notamment dans cette catégorie.
- 3) Les métaux de base, et plus encore les métaux précieux présentent les caractéristiques d'être d'une part présents à toute profondeur dans l'écorce terrestre, et donc moins sujets à rareté que les produits carbonés fossiles, et d'autre part d'être incorporés dans des objets eux même à disposition de l'humanité. Leur extraction de la technosphère est même éventuellement moins coûteuse qu'à partir de la lithosphère (c'est notamment le cas de l'aluminium – Figure 9 - ou de l'or). Le recyclage peut alors prendre une part significative de la couverture des besoins. D'autant que la densité en métaux des objets est susceptible de diminuer avec les innovations technologiques ou les optimisations énergétiques et environnementales (cas des automobiles p.ex.).
- 4) Les « petits métaux » ou « métaux verts » sont utilisés en faible proportion dans divers matériaux nouveaux (énergies renouvelables, stockage et maîtrise de l'énergie, technologies de l'information et de la communication, aéronautique et spatial...) dont plusieurs sont considérés comme « stratégiques » du fait de sa rareté ou de la dépendance d'un seul fournisseur étranger (entreprise ou pays). Ils sont souvent, dans les gisements géologiques, associés des métaux majeurs. Longtemps négligés, on peut en conséquence les extraire de scories

⁹ Et de ce fait à considérer de manière distincte des carburants.

¹⁰ Ce que pourrait assurer une taxe sur les émissions de carbone, si elle était établie à un niveau correct, et qui tarde à se mettre en place, même à un niveau modeste !

métallurgiques et de stériles miniers (Figure 10). Ils font actuellement l'objet de réflexions, aux niveaux national et européen¹¹.

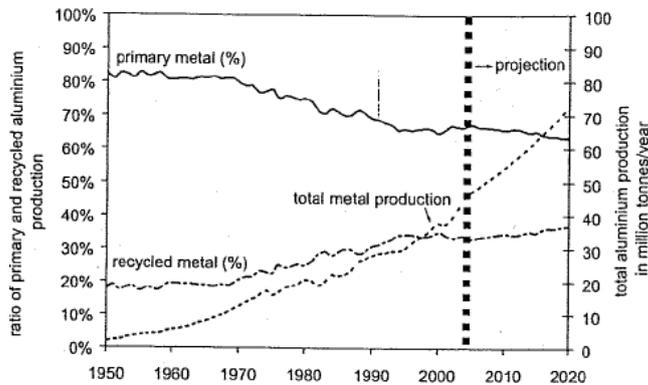


Figure 9 : évolution de la part du recyclage et des métaux primaires dans la production totale de l'Aluminium (source : FarHorizon, 2011)

Les minéraux industriels sont également très nombreux et diversifiés. Ils entrent dans la composition de nombreux produits (papier, plastiques, peintures, revêtements, machines...). Ils ne sont généralement pas rares (le silicium est par exemple l'élément le plus répandu dans la lithosphère), et ne posent pas de problème de limite de production. Ils sont également souvent recyclables, et de plus en plus recyclés. Néanmoins, ils partagent avec les suivants les difficultés inhérentes à toute opération extractive : celle de la limitation progressive des sites (mines et carrières) du fait de la croissance de l'urbanisme et de diverses contraintes d'aménagement du territoire. La diatomite, les argiles, le talc, la baryte, la perlite, les feldspath apparaissent logiquement parmi les substances les moins critiques (Figure 11).

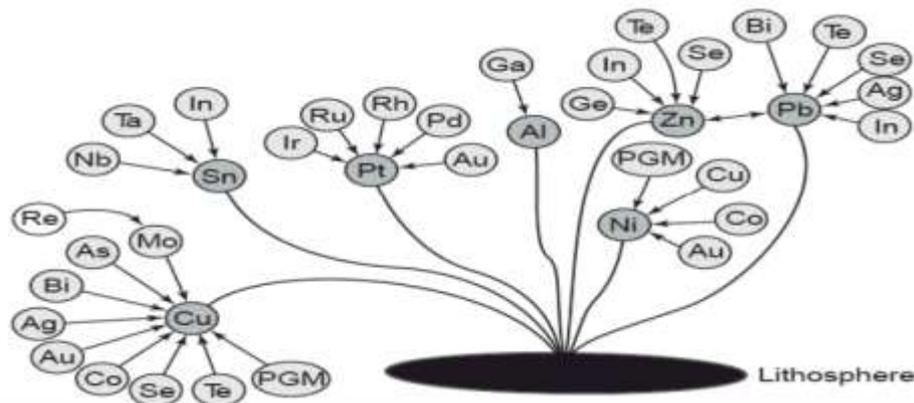


Figure 10 : Les petits métaux sont souvent associés dans les gisements à des métaux majeurs. Source : Strümgmann Forum Report, 2010

¹¹ Avec la création du COMES (Comité national des métaux stratégiques) en 2011 et l'engagement de l'initiative européenne sur les matières premières en 2009

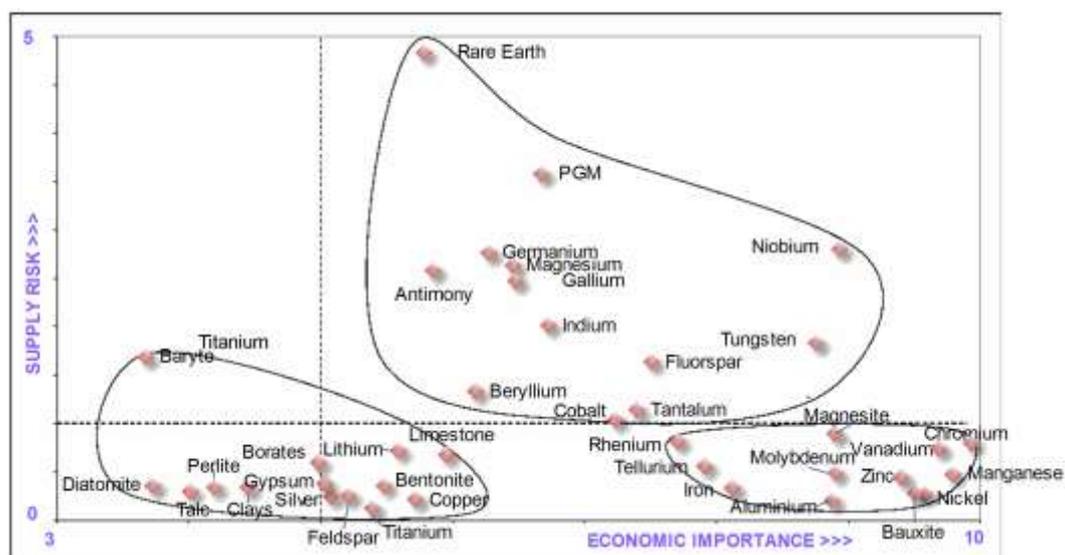


Figure 11 : classification des métaux stratégiques en fonction du risque d'approvisionnement et de leur importance économique. Les terres rares, les minéraux du groupe du platine, le niobium et le tungstène apparaissent particulièrement critiques.

- 5) Les matériaux de construction sont en volume les substances minérales les plus utilisées, au point que le volume des matériaux déplacés par l'humanité dépasse désormais largement celui de l'érosion. Néanmoins, s'agissant de matériaux pondéreux, il est préférable de pouvoir en disposer à proximité immédiate des sites de consommation, pour réduire les coûts de transports et la facture énergétique. L'expérience montre néanmoins que des substances très ordinaires peuvent être transportées sur de très grandes distances tout en compromettant les productions locales (cas des revêtements de granite importés de Chine utilisés pour le tramway d'Orléans !). Comme dans le cas précédent, ce sont souvent les considérations environnementales qui priment sur toute logique économique (Figure 12). On pourrait néanmoins concevoir un urbanisme plus intelligent dans lequel l'extraction des matériaux en sous-sol servirait à développer l'usage de l'espace souterrain (transports, stockage, notamment ; J.Varet, revue Géosciences N°, 2010)

Progresser vers une meilleure économie des ressources minérales demain... et dès aujourd'hui : créer les conditions d'une meilleure gouvernance

En conclusion, basé sur le constat qui précède, nous chercherons à élaborer des propositions visant à remettre les géosciences au cœur d'un système économique revisité, basé sur une réelle prise en compte de la « valeur » des ressources minérales. Selon ces considérations, la valeur réelle des ressources minérales, que devraient refléter leur prix payés par les usagers (qu'il s'agisse des individus ou des entreprises), devraient être établis non pas sur la base d'une comparaison offre-demande instantanée, comme c'est le cas actuellement, mais en prenant en compte essentiellement les paramètres suivants :

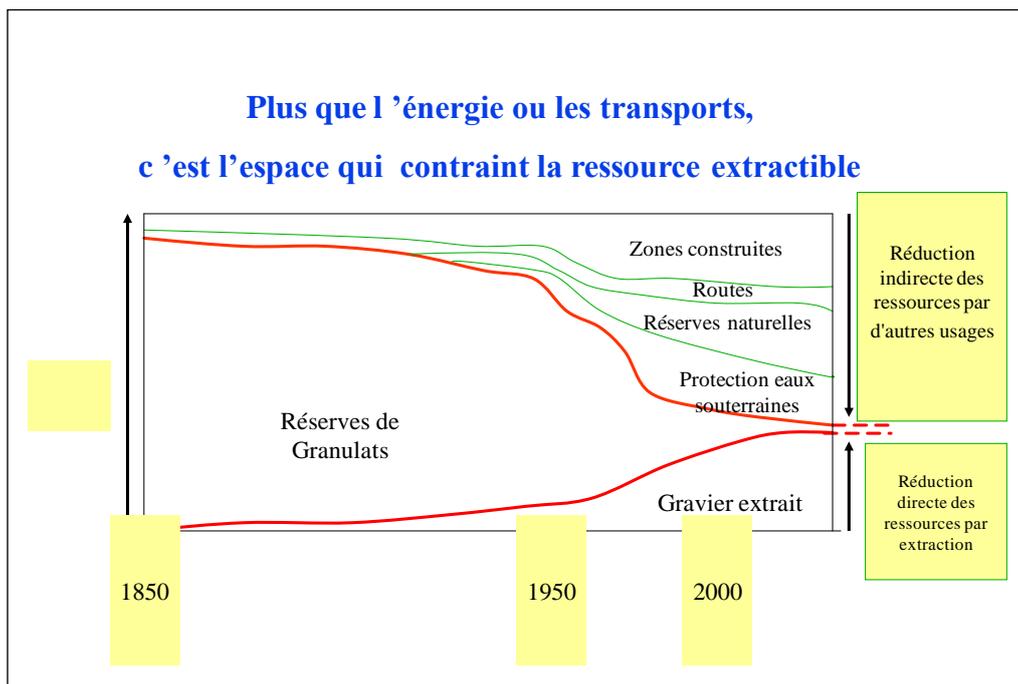


Figure 12 : Evolution au cours du temps des principales contraintes pesant sur l'industrie extractive en France (sources BRGM).

- Ce que l'on peut connaître de la rareté réelle de ces ressources ;
- La connaissance de leur répartition spatiale – que l'on sait très inégale – sur la planète (grandes régions, pays, off-shore...)
- Les stocks déjà « partis en fumée », et ceux encore mobilisés (et mobilisables par recyclage) dans la technosphère (ceci concerne bien entendu surtout les pays développés) ;
- L'impact des systèmes de productions concernés (miniers, minéralurgiques et métallurgiques) sur l'environnement (physique – eau, air, sols – et biologique – biodiversité notamment) ;

On est loin aujourd'hui de disposer de ces outils avec assez de robustesse pour les utiliser correctement. Pourtant rien n'indique qu'ils soient hors de portée. En effet, nous commençons à avoir une idée plus précise de la réalité de notre monde fini (la planète terre) et avant de se livrer à une vaine course spatiale vers des horizons meilleurs, il nous revient d'assurer d'abord une bonne gestion de ce qui est mis à notre disposition « ici-bas ». Tentons d'esquisser quelques éléments de réponses :

- La connaissance des ressources minières devrait pouvoir être établie sur une base scientifique et technologique « ouverte », à la manière des travaux du GIEC, en faisant travailler ensemble, au niveau planétaire (dans le cadre d'une organisation multinationale à définir sous les auspices des Nations Unies) les services géologiques et miniers nationaux, les entreprises minières et les états. Ce « GIER » (Groupe international d'Etude des Ressources Minérales) établirait,

comme le fait el GIEC¹², des rapports révisés tous les 4 ans, comportant des constats physiques, des études environnementales et sociales, des calculs économiques, et un « résumé pour décideurs ». Une telle initiative permettrait d'établir, compte tenu des perspectives en termes de demandes, des prix de référence par substances qui seraient plus proches de leur rareté réelle. Bien entendu, cela nécessiterait aussi d'établir des scénarios en matière de demande, au niveau mondial et régional. A cet égard, on sait que la Chine déploie actuellement une politique de présence géostratégique (Figure 13) fondée sur une connaissance des gisements de la planète établie par ses services géologiques. Une capacité dont dispose également les Etats-Unis¹³, mais qui fait encore défaut au niveau de l'Europe, qui manque totalement de « vision du monde » face aux autres « géants »¹⁴.

- La répartition des ressources sur la planète, selon leurs caractéristiques géologiques, minéralogiques et géochimiques, est désormais mieux connue. Les géologues savent où se localisent les substances, selon leurs caractéristiques (p.ex. le pétrole et le gaz dans les bassins sédimentaires ayant dépassé une certaine épaisseur, le diamant dans des systèmes volcaniques très anciens, le cuivre dans des dorsales océaniques remontées vers la surface, etc...), et peuvent en déduire les régions et les pays dans lesquels telle ou telle ressource est présente, qu'elle ait été déjà découverte ou non. D'une manière générale, l'Afrique constitue ainsi un eldorado pour les métaux, comme le Moyen-Orient pour les hydrocarbures. La question qui en découle est celle de la répartition de la rente minière. D'une part le prix des matières premières doit être fixé à un niveau suffisant pour dégager cette rente, et d'autre part son allocation doit être correctement assurée, vers les populations concernées. Or c'est loin d'être le cas aujourd'hui, lorsque l'on voit que certains pays très riches en ressources (comme le Congo Kinshasa) comptent parmi les plus pauvres, au point que certains auteurs font état de « la malédiction des matières premières » pour décrire de phénomène, comme s'il était inéluctable.
- La question de la bonne gestion des ressources minérales – notamment métalliques - déjà extraites du sous-sol constitue à l'évidence un des piliers d'une bonne gestion des ressources, comme l'a souligné l'Union Européenne dans son initiative précitée. Il est possible d'établir, pour chaque substance, une véritable carte d'identité de leur devenir « du berceau à la tombe », depuis leur extraction des minerais jusqu'au retour des déchets après en avoir valorisé tous les sous-produits, notamment les « petits métaux ». A chaque étape : traitement des minerais, métallurgie, fabrication et usage des produits, puis leur récupération pour un nouvel usage, il est possible d'optimiser les flux de matières en gérant au mieux les « boucles », comme schématisé en Figure 14. Dans l'analyse de ces processus, il est essentiel de prendre en compte les coûts – notamment

¹² Il est en effet paradoxal que l'on connaisse mieux le stock de carbone émis dans l'atmosphère que celui présent sous nos pieds !

¹³ Avec l'USGS, services géologique américain, qui emploie 10.000 personnes avec un budget annuel de 1 milliard de dollars.

¹⁴ Ainsi, l'établissement du GIER pourrait résulter soit d'une action volontariste des états, au niveau multilatéral, soit d'une agrégation des données – concernant les ressources et la demande – au niveau des grands régions du monde, en inventant un mécanisme permettant aux régions qui n'en ont pas les moyens de se doter en priorité des moyens – notamment humains - nécessaires.

énergétiques - de transformation, qui dépendent largement la conception même des produits (éco-conception) et des modalités de distribution (développement de l'innovation dans les services¹⁵)

Prises de participations chinoises dans l'industrie minière mondiale

(D'après Bateman Beijing Axis)

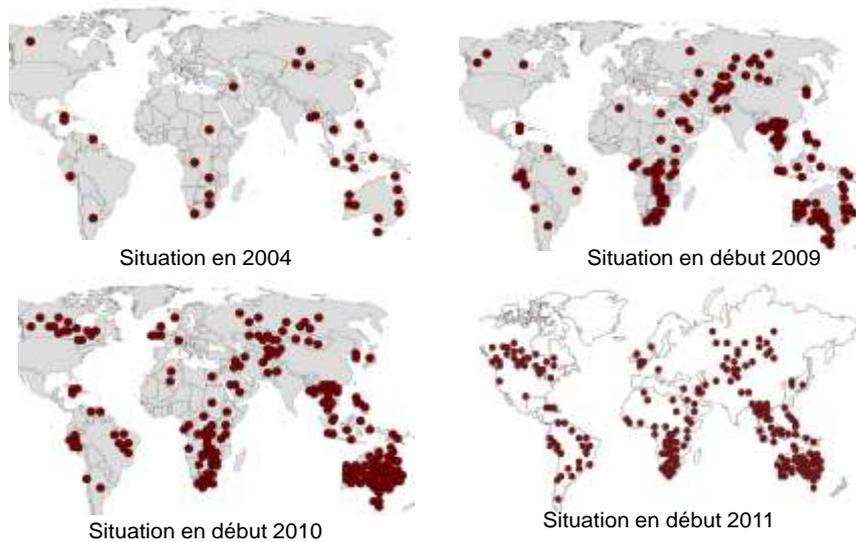


Figure 13 : cartes montrant l'extension des prises de participation chinoises dans l'industrie minière mondiale entre 2004 et 2011.

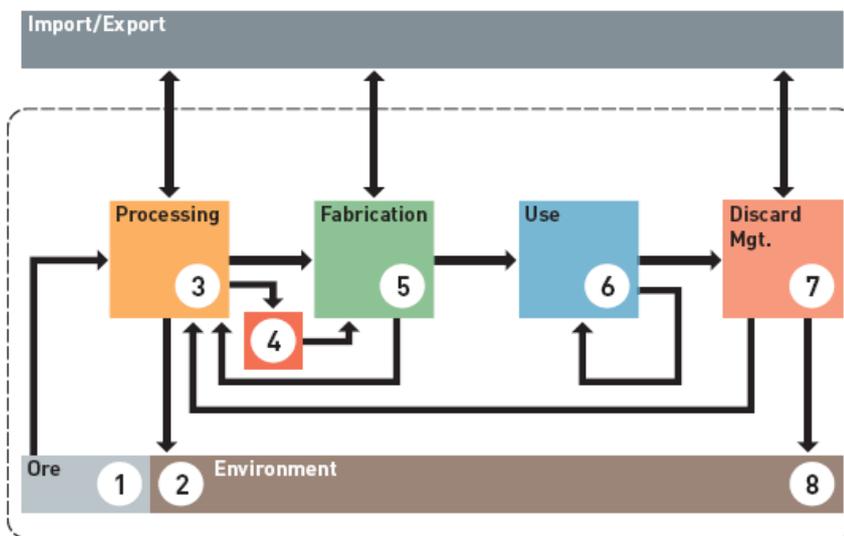


Figure 14 : cycle générique des métaux (source PNUE)

¹⁵ Un domaine dans lequel Orléans Technopole s'est justement positionné avec la création du pôle Nékoé.

- L'impact des systèmes miniers sur l'environnement doit bien entendu être pris en compte à l'amont de tous les projets en prenant en considération l'ensemble du cycle. Nous n'avons que trop souffert, en Europe, de l'image négative de l'activité minière, développée aux 18^{ème} et 19^{ème} siècles avec les technologies et les règles sociales de l'époque. Zola reste d'autant plus présent dans les esprits que les séquelles de « l'après mine » ne sont pas encore résorbées. On trouve encore de terrils fumants, des cavités qui s'effondrent, et des effluents pollués par les eaux d'exhaure¹⁶. Or on sait aujourd'hui développer des activités minières bien différentes, robotisées et permettant des interventions « chirurgicales » permettant d'extraire le minerai sans présence humaine. Les pays scandinaves, Suède et Finlande notamment, apportent la preuve qu'une industrie minière à la fois propre, à haute valeur sociale (métiers valorisants) et de haute technologie est possible dans des conditions économiques. Un véritable retournement de l'opinion – aujourd'hui très négative – à l'égard de ces activités est nécessaire pour permettre un redémarrage d'une activité industrielle aujourd'hui totalement disparue dans notre pays. Cela passe par la formation des spécialistes, ce qu'il est juste encore temps de faire car les experts seniors, recrutés dans les années 70, ne sont pas encore tous partis à la retraite. Tel est notamment l'enjeu de la nouvelle école¹⁷ créée au BRGM il y a 3 ans.

Conclusion

Il est juste temps de reconsidérer, de fond en comble, la question de l'économie des matières premières minérales. Nous avons esquissé ici quelques pistes de réflexions, et élaboré des propositions, qui restent à mettre en œuvre dans le cadre d'initiatives nationale, européenne et multilatérale. Celles-ci ne pourront se faire sans une forte mobilisation citoyenne, compte tenu de la solidité des liens établis aujourd'hui entre les acteurs du domaine, qu'ils s'agisse des entreprises minières multinationales ou des états concernés souvent corrompus. Cette petite révolution passera aussi par l'émergence de nouveaux spécialistes de ces questions, à la fois géologues, ingénieurs, économistes et politiques, qu'un intense effort de formation devra préparer.

¹⁶ L'oxydation des sulfures contenus dans les roches, à l'origine à l'état réduit dans le sous-sol, entraîne une sulfatation des eaux après ennoiment des galeries souterraines abandonnées

¹⁷ Ecole Nationale d'Application des Géosciences, créée en 2010 à la suite du rapport établi par J.Varet à la demande de la Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (J.Varet, 2009).

Bibliographie

Christman, P., Audion, A-S., Barthelemy, F. et Varet J. (2012) : Vers une gouvernance des matières premières minérales. *Revue Géosciences* N°15

Bloodworth, A. & Gunn, G. (2012): The future of the global minerals and mineral sector; issues and challenges out of 2050. *Géosciences*, N°15.

Georghiou L., Larédo Ph., Varet J. (2011) Breakthrough technologies for the security of supply of critical minerals and metals in the EU economy *EFP Brief* No. 181, p.1-5

OCDE (2011): Productivité des ressources dans les pays su G8 et de l'OCDE. *OCDE*, Paris.

PNUE (2012): International resources Panel

SERI (2012): Green Economies around the world. Implication of resource use for development and the environment. *SERI*, Vienne.

Varet J. (2007) Ressources minérales et développement durable – *Encyclopédie du Développement Durable*, N°43

Varet J. (2007) Les ressources minérales, ressources énergétiques et autres - *Encyclopédie du Développement Durable, Faits et chiffres* N°43

Varet J. (2011) - Il faut créer un groupe intergouvernemental d'étude des ressources minérales *.La Revue Durable*, N° 41, p. 22-26

Varet J. (2012) – Ressources minérales: un état des lieux. *Futuribles* N°381, p.1-26.

Varet, J. (2012) : Rio, 2012, Vingt ans après. *Ressources Minérales Géosciences* N°15