



N° 3880

---

# ASSEMBLÉE NATIONALE

CONSTITUTION DU 4 OCTOBRE 1958

TREIZIÈME LÉGISLATURE

---

---

Enregistré à la Présidence de l'Assemblée nationale le 26 octobre 2011

## RAPPORT D'INFORMATION

DÉPOSÉ

*en application de l'article 145 du Règlement*

PAR LA MISSION D'INFORMATION  
**sur la gestion durable des matières premières minérales**

AU NOM DE LA COMMISSION DU DÉVELOPPEMENT DURABLE  
ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

ET PRÉSENTÉ

PAR M. CHRISTOPHE BOUILLON  
ET M. MICHEL HAVARD

Députés.

---



## SOMMAIRE

	Pages
<b>SYNTHÈSE</b> .....	7
<b>INTRODUCTION</b> .....	11
<b>I.— TIRER LES LEÇONS DE L'EMPLOI DES MÉTAUX</b> .....	17
<b>A.— DES MATÉRIAUX AU CŒUR DE NOTRE ÉVOLUTION TECHNOLOGIQUE</b> .....	17
1. Les usages traditionnels des métaux .....	22
2. Les métaux au cœur des nouvelles technologies .....	24
<b>B.— LA CRAINTE CROISSANTE D'UNE RARÉFACTION DES RESSOURCES</b> .....	29
1. Les moteurs d'une forte augmentation de la consommation .....	30
<i>a) La croissance dans les pays occidentaux depuis 1945</i> .....	30
<i>b) Un premier essor : l'émergence des dragons asiatiques</i> .....	31
<i>c) Un second essor : la croissance chinoise</i> .....	32
2. Vers une pénurie de métaux ? .....	33
<i>a) Les ressources inégalement réparties</i> .....	34
<i>b) Les politiques de restrictions et de quotas</i> .....	35
<i>c) Les risques politiques et la fragilité des filières</i> .....	37
3. L'identification de matières premières critiques .....	38
<i>a) Une inscription récente sur les agendas internationaux</i> .....	39
<i>b) Le processus européen d'identification des matières premières critiques</i> .....	39
<i>c) Le COMES, une réponse française</i> .....	41
<b>II.— ASSURER LE PRÉSENT : SÉCURISER LES APPROVISIONNEMENTS</b> .....	45
<b>A.— LES FAIBLES ATOUTS DU TERRITOIRE</b> .....	46
1. Un espace métropolitain mal doté .....	46
<i>a) De faibles ressources déjà exploitées</i> .....	46
<i>b) Des compétences menacées</i> .....	46
2. Des conditions économiques non compétitives .....	47
3. Une contrainte environnementale d'importance .....	49
<i>a) Une activité très polluante</i> .....	49

<i>b) Une acceptabilité sociale disparue</i> .....	51
4. Une coopération européenne forcément limitée .....	52
<b>B. LA NÉCESSITÉ D'UNE STRATÉGIE D'ENSEMBLE</b> .....	54
1. Une fausse bonne idée : les stocks stratégiques .....	55
2. Prôner un commerce international libre et non faussé .....	57
3. Accompagner les acteurs européens d'excellence .....	60
4. Associer la diplomatie française pour accéder aux marchés .....	61
5. Valoriser les ressources du territoire .....	63
<i>a) Des richesses sous-marines à peine explorées</i> .....	65
<i>b) Des technologies encore immatures et intrusives</i> .....	68
<i>c) Une chance à saisir : les permis des eaux internationales</i> .....	70
6. Coopérations, partenariats et formations .....	72
<b>III.— PRÉVOIR L'AVENIR : COLLECTER ET RECYCLER, MIEUX PRODUIRE ET MIEUX CONSOMMER</b> .....	75
<b>A.— EXPLOITER LA MINE URBAINE</b> .....	76
1. Miser sur la matières premières secondaires .....	77
<i>a) Les métaux se recyclent</i> .....	78
<i>b) La construction d'un droit du recyclage</i> .....	82
2. Moderniser la filière française du recyclage .....	87
<i>a) Des filières organisées</i> .....	88
<i>b) Une multitude d'obstacles identifiés</i> .....	94
<i>c) Répondre aux enjeux de demain</i> .....	99
<b>B.— ÉCO-CONCEVOIR ET ÉCO-CONSOMMER</b> .....	104
1. Pour une industrie de production durable .....	105
<i>a) Anticiper le recyclage</i> .....	106
<i>b) Sortir de la culture du temps de vie programmé</i> .....	108
<i>c) Substituer des métaux courants aux métaux les plus critiques</i> .....	111
2. Pour une consommation soutenable .....	115
<i>a) Informer les consommateurs</i> .....	115
<i>b) Inciter à une consommation durable</i> .....	116
<i>c) Interdire les pratiques non vertueuses</i> .....	117
<b>PROPOSITIONS DES RAPPORTEURS</b> .....	119
<b>EXAMEN EN COMMISSION</b> .....	125
<b>LISTE DES PERSONNES AUDITIONNÉES</b> .....	143

<b>DÉPLACEMENTS</b> .....	149
<b>ANNEXES</b> .....	153
<b>ORIGINE DU NOM DES MÉTAUX</b> .....	154
<b>CLASSIFICATION PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS</b> .....	156
<b>MÉTAUX RARES : PRINCIPAUX USAGES</b> .....	157



## SYNTHÈSE

La gestion durable des matières premières minérales implique l'adoption d'une politique intégrée dédiée à deux exigences :

- sécuriser nos approvisionnements traditionnels, par la relance de l'exploration de notre sous-sol, et particulièrement des fonds marins, par la mise en place d'une diplomatie minière et par le soutien de nos champions nationaux et européens ;

- promouvoir une « écologie du métal » pour développer une industrie du recyclage des métaux efficiente, consacrer l'éco-conception et rechercher des matériaux de substitution afin de mettre en œuvre une production durable et une consommation soutenable.

Les métaux occupent une place essentielle dans notre économie. Longtemps parents pauvres des politiques publiques, ils sont à nouveau apparus sur le devant de la scène, lorsque des risques de pénurie ont été envisagés. D'une certaine manière, nous avons manqué d'anticipation sur ce sujet, bercés par la croyance de ressources inépuisables. Sur d'autres sujets pourtant nous avons déjà été avertis de la finitude des réserves de matières premières, ou de l'impossibilité pour la nature de répondre de manière infinie aux sollicitations des activités humaines. Phénomène étrange, alors que le mythe d'une économie dématérialisée persiste parfois, nos industries ont de plus en plus recours aux matières premières. Ainsi, alors que les métallurgistes des années 1980 employaient une vingtaine de métaux, une soixantaine sont d'usage courant aujourd'hui. Combien seront-ils demain ? Les métaux sont de plus en plus présents dans les objets de notre quotidien, et les technologies avancées doivent leur performance à leurs propriétés. Les terres rares, le lithium, l'indium, le gallium sont d'ores et déjà les métaux de demain ; le fer, l'aluminium, le manganèse, l'argent restent essentiels. Dans ces conditions, la sécurisation des approvisionnements n'est pas une lubie mais une condition du maintien des emplois, et à terme, de notre niveau de vie.

Le sous-sol européen, riche en métaux par endroits, demeure assez pauvre en ressources par comparaison avec les grands pays miniers comme la Chine, le Brésil, les pays africains mais aussi ceux de l'Asie centrale encore peu exploités. Dans ce contexte, la France doit promouvoir une action forte afin d'assurer aux industries encore implantées sur son territoire les matériaux nécessaires à leur production. Ceci passe notamment par la relance de l'exploration des fonds marins, puisque notre pays détient, faut-il le rappeler, la deuxième zone économique exclusive au monde et qu'il dispose d'entreprises ou d'organismes de recherches parmi les plus compétents au niveau international en la matière ; il faut les soutenir et s'engager dès à présent dans cette voie. Au-delà, le maintien d'un engagement dans les mines physiques terrestres reste primordial.

Dans ce contexte, l'émergence d'une diplomatie minière, assurée tant au plus au niveau de l'État que par les services des ambassades et des missions

économiques à l'étranger, permettra de nouer des partenariats respectueux des intérêts de chacun. Pour les pays partenaires, la France doit s'assurer que les retombées financières de l'extraction des matières premières bénéficient aux populations locales. Ainsi, il est de la responsabilité des industriels de s'engager dans une démarche aboutie de responsabilité sociale sur place, tandis que les revenus perçus par les États financeront des programmes de développement des pays du sud lorsque les mines y sont implantées. Dans cette optique, les initiatives internationales en faveur de la transparence des industries extractives méritent d'être soutenues de la manière la plus active possible.

Nous touchons là à l'un des points centraux que vos Rapporteurs voudraient souligner. La sécurisation des approvisionnements en matières premières métalliques ne peut s'opérer au seul niveau national. L'Union européenne, qui a lancé sur le sujet une initiative dont il faut se réjouir, doit absolument réinvestir le domaine minier. Il ne s'agit pas de constituer des stocks stratégiques, idée à laquelle vos Rapporteurs sont opposés, mais de dépasser le simple constat de « matières premières critiques » émis jusqu'à présent, afin de lancer un véritable plan d'action sur les métaux, orienté tant vers le soutien aux industries extractives implantées sur le territoire européen que vers les partenariats avec nos partenaires internationaux.

Au-delà, vos Rapporteurs soulignent l'indispensable exigence d'agir également sur nos modes de production et de consommations afin de s'affranchir de ce « risque métal ». En effet, la sécurisation des approvisionnements depuis les mines physiques ne peut constituer la seule réponse à un enjeu dont certains aspects sont culturels. Il est nécessaire qu'une écologie du métal émerge afin de concrétiser l'idée de gérer durablement ces ressources.

D'abord, à côté de la mine physique, la mine urbaine mérite d'être exploitée. Nos déchets constituent des réserves exploitables à proprement parler, que nous préférons ignorer la plupart du temps, à peine valoriser dans le meilleur des cas. L'industrie du recyclage des métaux rares et précieux existe, c'est indéniable, elle souffre néanmoins de certaines limites. Vos Rapporteurs sont ainsi convaincus de la nécessité d'orienter cette industrie vers des matériaux stratégiques pour l'instant délaissés faute de rentabilité économique immédiate. Par ailleurs, il est urgent de permettre à ces recycleurs de se développer, en mettant fin à la fuite de nos matières premières recyclables. Ceci relève d'une double exigence. En premier lieu, nous ne pouvons accepter que nos déchets, parfois dangereux, soient traités dans des conditions sociales et sanitaires désastreuses dans les pays du sud. En second lieu, il s'agit d'une fuite de valeur économique qui pourrait, maintenue sur notre territoire, créer de la richesse et des emplois.

Ensuite, la quantité de matières utilisées doit être réduite, ou du moins facilement récupérable. Il s'agit donc d'agir sur les modes de production afin de favoriser l'éco-conception qui permet d'atteindre ces deux objectifs. La réglementation actuelle touche essentiellement l'aval, en imposant un taux de recyclage aux industriels. Le renforcement des obligations en amont, sur l'incorporation de matières premières recyclées, la limitation de l'usage de



matières premières vierges par exemple, peut contribuer à l'émergence de processus de production plus vertueux. Celle-ci passe également par la recherche de produits de substitution, dans la limite des possibilités techniques, afin de privilégier les métaux abondants à la surface de la Terre ou d'endiguer le recours à des métaux non essentiels au fonctionnement des produits qui les contiennent. De plus, l'action doit également porter sur l'allongement de la durée de vie des produits, en mettant un terme à la culture de l'obsolescence programmée qui conduit au renouvellement rapide des produits plutôt qu'à leur réparabilité et leur résistance.

Enfin, l'écologie du métal implique un changement des modes de consommation. Au cours des prochaines années, la consommation de matières premières, et en particulier métalliques, va continuer de fortement croître. Encourager la consommation de métaux recyclés, de même que la disparition de nos étalages de certains produits n'est pas liberticide, mais relève simplement d'un choix politique. Le législateur ne peut à lui seul provoquer un changement soudain des modes de consommation, mais il peut y contribuer par l'information, l'incitation et l'interdiction. Le concept du développement durable a peu à peu pénétré la conscience collective et il faut s'appuyer sur ce terreau afin de rendre effective la gestion durable des matières premières métalliques.



MESDAMES, MESSIEURS,

Les enjeux les plus médiatisés du développement durable, qui sont, à bien des égards, les plus cruciaux, se concentrent autour des interrogations relatives à la lutte contre le changement climatique, à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, à la composition du bouquet énergétique. Ces thèmes figurent depuis plusieurs années en bonne place dans l'agenda politique international, parmi les préoccupations des nations, dans la vie quotidienne de nos concitoyens.

Toutefois, l'inflexion de nos sociétés en direction d'une gestion plus raisonnée des ressources naturelles ne peut se limiter aux questions du carbone et de l'énergie. D'autres éléments fondamentaux se rappellent parfois à l'actualité. L'idée selon laquelle l'eau se trouvera au cœur des conflits futurs suscite la crainte, mais aussi l'adhésion de la majorité des spécialistes des relations internationales. Les émeutes récentes du Moyen-Orient, dont on ne retient aujourd'hui que la composante démocratique, ont commencé sur fond de flambée des denrées alimentaires, sous la menace d'une famine sur les rives méridionales et orientales de la Méditerranée. Sur ces sujets également, de nombreuses études existent. De surcroît, la France semble très peu exposée à un manque d'eau potable. Quant au risque d'une famine, il a disparu à la fin de l'Ancien Régime – du moins dans son acception de pénurie physique et générale de ressources alimentaires. Les politiques visent à permettre l'exploitation raisonnée, par exemple en édictant des quotas de pêche permettant le renouvellement des ressources halieutiques, non à prévenir une quelconque disette.

Notre pays demeure toutefois extrêmement vulnérable du fait de sa dépendance à un autre type de matières premières, indispensables à l'économie d'un pays développé, industrialisé et manufacturier : le métal. Un approvisionnement sûr et pérenne constitue une condition *sine qua non* pour le bon fonctionnement de la structure de production. Ce qui s'applique à la France s'applique à l'Europe et, plus largement, à toutes les nations développées : pour délivrer un produit fini à forte valeur ajoutée, il faut disposer au préalable de matériaux bruts ou semi-finis.

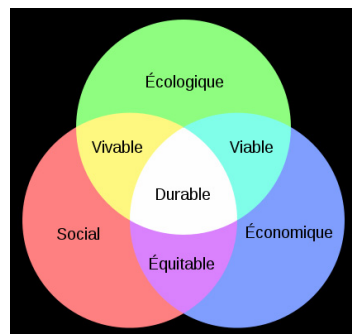
Cette première conclusion pourrait sembler évidente. Elle est à la fois particulièrement vénérable et tout à fait contemporaine. D'une part, la nécessité de

contrôler la production des ressources nécessaires à la vie de la cité apparaît de tout temps dans les réflexions des stratèges : c'est l'occupation, par les Spartiates, des mines d'argent et de plomb du Laurion qui fit rendre les armes aux Athéniens dans la Guerre du Péloponnèse ; c'est par l'expédition de Narvik, censée couper la route du fer de Kiruna, que les Alliés répliquèrent à l'invasion hitlérienne de la Pologne. D'autre part, la mondialisation et l'effacement des frontières qui ont fait suite à la Guerre froide avaient laissé, un temps, présumer de la libre-circulation absolue des marchandises, allouées de façon optimale par les lois du marché suivant la demande des industriels ; l'expérience récente a fait litière de cette conception idéalisée des relations commerciales internationales, en montrant que les conditions d'une concurrence pure et parfaite ne sont que rarement réunies et que les aléas boursiers font peser de lourdes hypothèques sur l'économie réelle.

L'industrie française a besoin de métaux pour l'avenir comme elle en avait besoin par le passé. Alors que les matières premières minérales demeuraient le parent pauvre des perspectives publiques, la décision de la Chine de contrôler davantage sa production minière a attiré l'attention. La répartition géographique des ressources naturelles ne correspond nullement à la capacité industrielle des nations. Si le commerce mondial venait à souffrir de restrictions commerciales de la part des pays miniers, la production manufacturière de la Triade – États-Unis, Europe et Japon – serait gravement affectée. La décision du Président de la République d'inscrire le sujet des matières premières au programme du G20 s'explique par une volonté de faciliter les échanges, d'éviter l'imposition de quotas d'exportation, de perpétuer la liberté de circulation des marchandises.

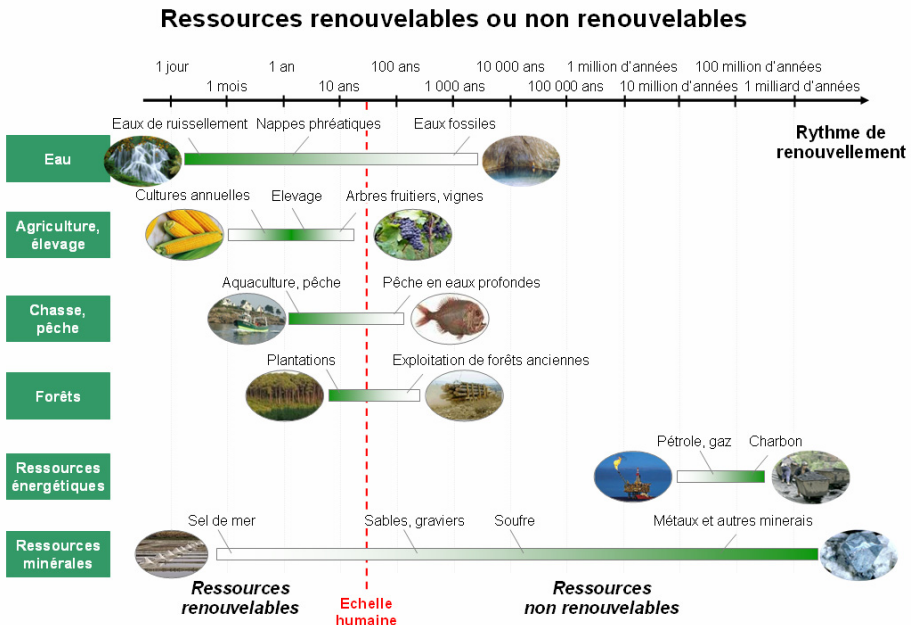
On parle donc de plus en plus des matières premières. De nombreux rapports institutionnels ont récemment été rendus sur le sujet, par la Commission européenne ou par la commission des affaires économiques de l'Assemblée nationale. Le 9 février 2011, la commission du développement durable a choisi de l'aborder également en constituant cette mission d'information. Par cette démarche, elle a affirmé la légitimité d'un regard particulier sur un thème qui n'est généralement abordé qu'à travers l'impact industriel d'une pénurie prochaine ou d'un dysfonctionnement des marchés.

Or l'approche fondée sur le développement durable dépasse cette approche uniquement économique. Il convient de rappeler que le développement durable s'attache à la satisfaction des intérêts de l'économie, de l'environnement et de la société. Approvisionner la France, c'est faire en sorte que ses entreprises se développent et que sa population bénéficie d'une production suffisante à des prix raisonnables, dans le respect du milieu environnant.



Dans cette optique, vos Rapporteurs ont circonscrit leur étude à la gestion durable des matières premières minérales.

En premier lieu, il n'était pas utile d'étudier en profondeur les mécanismes de marché qui expliquent – ou qui causent – la volatilité des prix sur les marchés de matières premières. La commission des affaires économiques a diligenté une mission d'information pour éclaircir ces variations de cours, dont les conclusions ont été remises il y a peu. Chacun pourra y trouver la réponse à ses interrogations <sup>(1)</sup>.



Source : Ph. Bihouix et B. de Guillebon.

En second lieu, toutes les matières premières ne sont pas soumises à la problématique d'une gestion durable dans une perspective de production. La protection de la ressource en eau, notamment au regard des intrants agricoles, passe par l'interdiction de pratiques néfastes plutôt que par la résolution de difficultés d'approvisionnement. Les ressources alimentaires ont pour caractéristique de se renouveler à un rythme relativement rapide correspondant au temps des récoltes. Leur mauvaise allocation peut résulter d'une mauvaise utilisation des sols ou d'une imperfection de la structure agraire, mais il s'agit là de questions agricoles et juridiques. Seule la préservation des ressources halieutiques pourrait s'inscrire dans une logique de long terme ; néanmoins l'enjeu

(1) Rapport d'information n° 3863 de M<sup>mes</sup> Pascale Got, Catherine Vautrin et M. François Loos du 19 octobre 2011 sur le prix des matières premières.

consiste alors à protéger la biodiversité, qui a déjà fait l'objet d'un rapport de la commission du développement durable <sup>(1)</sup>.

En troisième lieu, il n'est pas apparu opportun d'inclure, dans cette réflexion sur les matières premières, les ressources que sont les hydrocarbures et l'uranium. La question du bouquet énergétique national suscite fréquemment un débat d'envergure et passionné, dont on aurait pu craindre qu'il jette une ombre sur des enjeux plus techniques et moins souvent abordés. De surcroît, les questions posées ne sont en aucune façon comparables.

Le pétrole et le gaz, comme l'uranium, sont consommés par leur utilisation, qui produit des déchets nuisibles à l'environnement. L'humanité ne dispose pas encore du savoir technique qui permettrait de les recréer artificiellement. Il en va tout autrement des métaux, dont l'utilisation par l'homme s'apparente à un stockage qu'il sera possible de réutiliser à l'avenir. Que l'on songe, ainsi, que 90 % des 160 000 tonnes d'or extraites par l'humanité depuis l'Antiquité est toujours à disposition immédiate aujourd'hui, les pertes se limitant au limage des pièces médiévales et aux galions engloutis de la Renaissance <sup>(2)</sup> ; que l'on songe, aussi, aux immenses réserves de cuivre que contiennent les infrastructures urbaines et électriques des pays développés, réserves d'autant plus accessibles que ce métal se recycle bien au moyen des techniques actuelles.

**Par conséquent, vos Rapporteurs ont pris la décision de limiter leurs investigations à la gestion durable des matières premières minérales, et plus précisément des métaux.**

Les travaux de la mission d'information ont rapidement fait apparaître deux axes de réflexion relativement indépendants.

D'une part, l'économie contemporaine fonctionne selon des principes qui, à court terme, ne sont pas substituables. Les procédés de production ne peuvent être révolutionnés à court terme. Il convient, par conséquent, pour assurer le bon fonctionnement de l'économie française et gérer intelligemment ses besoins, de sanctuariser ses voies d'approvisionnement. Cette interrogation constitue un premier temps : apprécier l'état de préparation de la France face à d'éventuelles défaillances de ses fournisseurs, déterminer les matières premières stratégiques nécessaires à la continuité de l'activité économique, identifier de nouvelles sources et forger de nouveaux partenariats.

D'autre part, un développement durable à long terme permet une adaptation progressive aux contraintes liées aux matières premières. Si un matériau se négocie à des prix élevés, si sa production est soumise à des aléas économiques et politiques, sans doute est-il opportun d'envisager une nouvelle

---

(1) *Rapport d'information n° 3313 de M<sup>me</sup> Geneviève Gaillard du 6 avril 2011 sur les enjeux et les outils d'une politique intégrée de conservation et de reconquête de la biodiversité.*

(2) *Toutefois, il existe des usages dispersifs des métaux qui, sans les anéantir, réduisent tant leur concentration que les recomposer exigerait une quantité excessive d'énergie.*

conception moins exigeante ; sans doute est-il nécessaire de renforcer les filières de recyclage dans un objectif d'économie circulaire ; sans doute est-il cohérent de privilégier des productions alternatives, peut-être un peu moins performantes mais à coup sûr moins exposées. Le futur de la France s'inscrit ainsi résolument dans le développement de l'éco-conception et dans une meilleure valorisation des déchets. Il ne pourra longtemps accepter de fonctionner selon les règles commerciales de « l'obsolescence programmée », qui poussent certains concepteurs à imaginer volontairement des produits peu fiables ou voués à se trouver technologiquement dépassés, dans l'espérance de mettre rapidement sur le marché une version « 2.0 ».

Quelles sont, alors, les matières premières minérales dont notre industrie a besoin et qui, si survenait une situation de pénurie, ébranlerait l'économie nationale et européenne ? Comment organiser une réponse d'abord, prévenir cette situation ensuite ? Quels sont les atouts dont dispose la France pour protéger ses intérêts tout en restant fidèle aux valeurs qui sont les siennes dans les relations internationales ?

La mission d'information a procédé à de très nombreuses auditions, recueillant le témoignage et l'expertise des représentants des entreprises, des chercheurs et des spécialistes du secteur public, des opérateurs présents sur le terrain, des autorités européennes à Bruxelles. Elle a enrichi ses investigations de déplacements en France et à l'étranger.

Ainsi, vos Rapporteurs ont visité deux pays miniers susceptibles d'approvisionner l'économie française : la Suède, pour s'inscrire dans un cadre de pensée à l'échelle de l'Europe, et le Brésil, pour appréhender la stratégie d'une nation émergente au sous-sol richement doté.<sup>(1)</sup>

Vos Rapporteurs se sont également rendus auprès de professionnels du recyclage pour observer leurs activités et solliciter leurs appréciations sur le cadre législatif en vigueur. Les entreprises Terranova, dans le département du Pas-de-Calais, et Umicore, à Anvers, ont fait l'objet d'une visite, tandis que la descente dans la mine suédoise a procuré l'occasion d'observer l'usine de recyclage de Boliden sis à proximité immédiate.

Ces travaux ont permis de consigner une série de recommandations pour l'avenir, dont l'application conduirait à éloigner l'hypothèque d'une rupture d'approvisionnement qui pèse sur notre économie, ainsi que le danger – plus périlleux encore – d'une consommation déraisonnable des matières premières minérales, moins par une sobriété quantitative comparable à celle prônée dans le domaine énergétique que par des usages qualitatifs réfléchis.

---

(1) Vos Rapporteurs ont privilégié le Brésil à la Chine pour deux raisons. D'abord, une délégation de la commission des affaires économiques s'est rendue en Chine dans le cadre d'une mission d'information sur le prix des matières premières au printemps dernier. Ensuite, la politique minière de la Chine est régulièrement analysée par les experts du secteur et il a semblé plus pertinent de se rendre dans un pays mal connu en France sur le sujet, et pourtant tout aussi stratégique compte tenu des réserves qu'il abrite.





## I.— TIRER LES LEÇONS DE L'EMPLOI DES MÉTAUX

Avant de s'interroger sur les meilleures options politiques pour une gestion durable des matières premières minérales, il est utile de définir avec une plus grande précision leur objet.

Les métaux tiennent une place importante dans l'histoire de l'humanité, tant et si bien que leur apparition suffit à caractériser la période de l'évolution située entre la fin de la préhistoire et l'apparition de l'écriture : on parle de « protohistoire » subdivisée en âge du cuivre (ou *Chalcolithique*), âge du bronze et âge du fer. Si cette division était encore pertinente, l'époque actuelle correspondrait à l'âge de l'indium, du tantale ou des terres rares.

En effet, l'histoire des métaux ne cesse de s'écrire : dans la connaissance scientifique pure d'abord, où de nouveaux éléments n'ont cessé d'enrichir la classification périodique de Mendeleïev <sup>(1)</sup> ; dans l'application pratique ensuite, lorsque les spécificités de ces matériaux permettent d'améliorer les caractéristiques de produits industriels ; dans l'usage commun enfin, à mesure que des produits de plus en plus technologiques deviennent accessibles au consommateur.

### A.— DES MATÉRIAUX AU CŒUR DE NOTRE ÉVOLUTION TECHNOLOGIQUE

Étymologiquement, le *metallum* correspond au produit qui est extrait d'une mine. Cette définition apporte un éclairage, mais elle ne saurait définir parfaitement les métaux dans la mesure où, pour les Romains de l'Antiquité, le terme désignait aussi bien le sel.

La classification périodique apporte une aide au profane. Elle recense dix séries chimiques aux propriétés physicochimiques homogènes. Sept d'entre elles – hormis donc les *gaz nobles*, les *halogènes* et les *non-métaux* – se rattachent à des métaux :

- les *métaux alcalins* (lithium, sodium, potassium, rubidium, césium et francium) ;
- les *métaux alcalino-terreux* (béryllium, magnésium, calcium, strontium, baryum et radium) ;

---

(1) Dimitri Ivanovitch Mendeleïev, né le 8 février 1834 à Tobolsk et mort le 2 février 1907 à Saint-Petersbourg, était un chimiste russe. Il est principalement connu pour son travail sur la classification périodique des éléments, publié en 1869 et également appelé « tableau de Mendeleïev », qui figure en annexe au présent rapport. Il déclara que les éléments chimiques pouvaient être arrangés selon un modèle qui permettait de prévoir les propriétés des éléments non encore découverts.

- les *métaux de transition* (scandium, titane, vanadium, chrome, manganèse, fer, cobalt, nickel, cuivre, zinc, yttrium, zirconium, niobium, molybdène, technétium, ruthénium, rhodium, palladium, argent, cadmium, hafnium, tantale, tungstène, rhénium, osmium, iridium, platine, or, mercure, rutherfordium, dubnium, seaborgium, bohrium, hassium, meitnerium, darmstadtium, roentgenium et copernicium) ;
- les *métaux pauvres* (aluminium, gallium, indium, étain, thallium, plomb et bismuth) ;
- les *métalloïdes* (bore, silicium, germanium, arsenic, antimoine, tellure et polonium) ;
- les *lanthanides* (lanthane, cérium, praséodyme, néodyme, prométhium, samarium, europium, gadolinium, terbium, dysprosium, holmium, erbium, thulium, ytterbium et lutécium) ;
- les *actinides* (actinium, thorium, protactinium, uranium, neptunium, plutonium, américium, curium, berkelium, californium, einsteinium, fermium, mendelevium, nobelium et lawrencium).

Mais toutes ces séries ne correspondent pas exactement ce qui est communément désigné comme des « métaux ». Les actinides, par exemple, présentent pour caractéristique d'être tous des éléments radioactifs, dont l'uranium et le plutonium sont évidemment les plus connus. Or la mission d'information a décidé d'écarter de ses investigations les matières premières énergétiques, considérant qu'il s'agissait d'une thématique spécifique. Par ailleurs, les métalloïdes ne peuvent normalement être classés ni parmi les métaux ni parmi les non-métaux, du fait de propriétés physiques et chimiques réputées intermédiaires entre ces deux groupes ; toutefois, l'antimoine et le tellure entrent pleinement dans les réflexions d'approvisionnement en matières premières minérales.

Les métaux conduisent généralement bien l'électricité et la chaleur, notamment l'argent, le cuivre et l'or.

Enfin, une définition physico-chimique s'attache à la liaison des métaux avec d'autres éléments, en particulier l'oxygène et le soufre. Ils ont la particularité de perdre un ou plusieurs électrons, ce que les chimistes nomment une oxydation. C'est dans cette forme oxydée que les éléments métalliques sont présents sur terre, dans le *minerai*. La présence de métal à l'état natif, c'est-à-dire indépendamment de toute liaison avec un corps non métallique, est particulièrement rare à l'état naturel.

### LES ÉLÉMENTS NATIFS

Un élément est dit « natif » lorsqu'il se trouve naturellement à l'état de corps simple, en l'absence de combinaison avec d'autres éléments. Les gaz rares (hélium, néon, argon, krypton, xénon, radon), qui saturent leur dernière couche électronique, n'admettent aucune combinaison et se présentent donc toujours à l'état natif. Dans la croûte terrestre, de nombreux éléments existent à l'état natif. Pour certains d'entre eux, cet état est la règle générale : c'est le cas de l'or et des métaux de la famille du platine. D'autres se trouvent fréquemment à l'état natif, bien qu'ils se combinent facilement avec d'autres éléments. Le carbone, par exemple, cristallise à l'état natif sous forme de diamant et de graphite. L'argent et le cuivre natifs ne sont pas rares, bien qu'ils participent beaucoup plus fréquemment à la formation de minéraux sulfurés ou oxydés. Le soufre non combiné est également capable de former dans la nature des concentrations importantes.

Pour ce qui concerne les métaux, quelques-uns sont connus à l'état natif, mais de façon plus exceptionnelle. La plupart du fer natif présent sur la planète est d'origine météoritique, où il apparaît en combinaison avec du nickel. Les autres métaux natifs se présentent plus rarement : on peut citer le mercure, l'antimoine, l'arsenic, le bismuth ou encore le cadmium.

Les éléments natifs sont caractérisés par une grande stabilité chimique, qui s'explique en partie par leur structure atomique. Cette inertie chimique plus ou moins complète détermine certaines propriétés de ces éléments, dont la plus importante est leur inaltérabilité (or, platine, diamant, etc.), une des raisons de leur valeur économique élevée.

Les métaux se sont fréquemment associés et oxydés sous forme de minerais qui attirent très tôt l'attention de l'homme par leur densité – ils sont plus lourds qu'une roche ordinaire – et par la couleur remarquable de leurs affleurements. Les technologies modernes détectent plus facilement encore leur présence : vos Rapporteurs ont visité la mine brésilienne de Carajás, découverte lors d'un survol en hélicoptère qui vit les instruments de bord s'affoler, perturbés par l'existence au sol d'un riche filon de fer, de cuivre et de manganèse.

Le métal oxydé doit retrouver ses électrons perdus dans son association avec un autre élément. Sa transformation prend le nom de réduction, opération qui transforme le minerai en métal sous la forme que nous connaissons le plus communément. Cette opération technique n'a été réalisable qu'à travers le feu et les fourneaux. Il y a plusieurs milliers d'années, une roche s'est trouvée dans un foyer, dans des conditions idéales de réduction – le charbon est un élément réducteur, la pauvreté de l'atmosphère en oxygène et la température élevée facilitent la transformation. C'est probablement ainsi qu'on a vu apparaître un premier métal, brillant et coloré, le cuivre. Les plus anciennes traces de fusion du cuivre dans des fours à vent ont été découvertes dans le plateau iranien, sur le site archéologique de Sialk III, daté de la première moitié du V<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. – il y a donc près de sept mille ans. Constitués de métal natif, les objets de cuivre les plus anciens sont, quant à eux, vieux de dix mille ans.

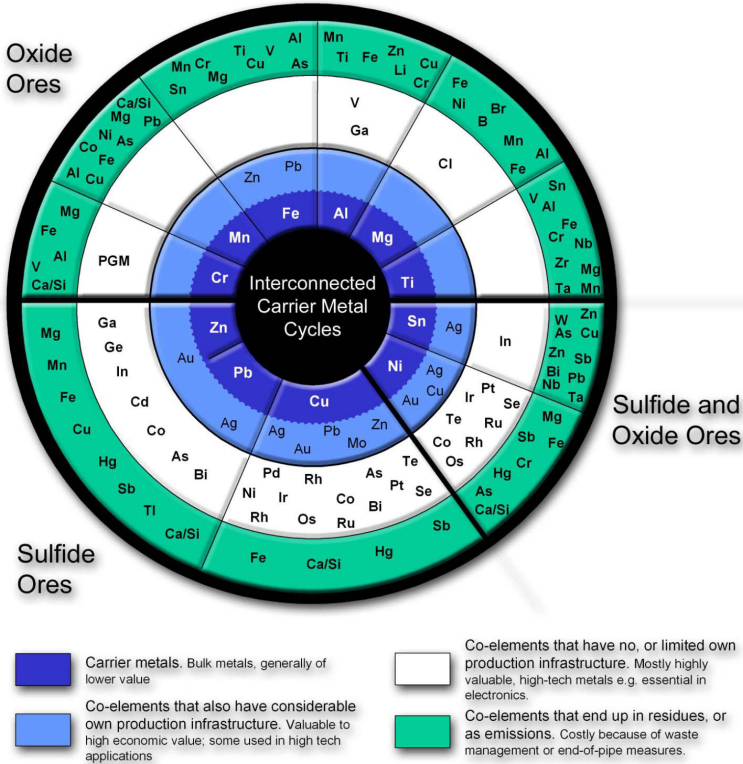
La maîtrise des autres métaux imposait de savoir dans quels minerais les rechercher et dans quelles conditions les extraire. C'était aussi l'occasion de déterminer des alliages, certains naturels comme l'electrum mêlant l'or et l'argent, d'autres sélectionnés par l'homme. L'alliage du cuivre avec le zinc – le laiton – et surtout avec l'étain – le bronze – marque l'apparition de la métallurgie.

Les progrès technologiques permettent, au cours de l'histoire, de maîtriser la production d'autres métaux. Le travail du fer requiert des fourneaux plus élaborés que ceux utilisés pour le travail du cuivre, car il n'apparaît qu'à une température plus élevée (1 500 °C contre 1 000 °C). Quant à l'aluminium, il faut attendre le XIX<sup>e</sup> siècle pour le voir découvert et travaillé : d'une part le minerai qui le recèle, la bauxite, présente un aspect relativement ordinaire ; d'autre part et surtout, sa très forte oxydation n'autorise pas une réduction par le carbone comme le cuivre ou le fer. Seul un réducteur plus puissant, comme le potassium ou le sodium, peuvent produire chimiquement cette réaction. L'autre possibilité pour faire apparaître le métal est d'utiliser un courant électrique : c'est la méthode actuelle, connue des chimistes sous le nom d'électrolyse ou *procédé Bayer*. Encore fallait-il maîtriser l'électricité...

Par ailleurs, un métal donné constitue rarement le seul élément d'un filon. On distingue traditionnellement les grands métaux industriels, extraits en quantité, et les petits métaux avoisinants, sous-produits de la production principale. Les propriétés physico-chimiques des éléments donnent, là encore des indications. L'illustration ci-dessous présente les différentes productions par famille. En bleu sombre figurent les principaux métaux industriels, de valeur généralement faible, qui font l'objet de mines dédiées : le fer, le cuivre, l'aluminium ou encore le nickel. En bleu clair se trouvent leurs éléments associés qui peuvent aussi faire l'objet de productions séparées : ainsi l'or, l'argent, le plomb. En blanc apparaissent les sous-produits faiblement présents et dépourvus d'infrastructures propres, mais dont l'utilisation dans les industries nouvelles a renchéri la valeur : l'indium, le germanium, le cobalt. Enfin, la zone verte périphérique indique les déchets miniers irrécupérables au terme du processus d'extraction.

Ainsi, une mine d'étain fournira fréquemment une production d'argent et une sous-production d'indium ainsi que des résidus de niobium et de tantale. L'antimoine illustre au mieux ce voisinage de certains métaux envers certains autres : *antimonos* signifie en effet « qui n'est pas seul ».

## La roue des métaux



Source : BRGM

### LES MÉTAUX RARES

Les métaux rares sont également appelés métaux mineurs – *minor metals* en anglais –, métaux high-tech, métaux verts, petits métaux, métaux exotiques, métaux technologiques ou stratégiques. Avec une palette riche d'environ quarante cinq éléments, ils sont à la base des nouveaux matériaux. Quatre critères permettent de les caractériser : quantitatif – il s'agit de petites productions, inférieures à deux cent mille tonnes, par rapport à celles des métaux industriels, qui dépassent très souvent le million de tonnes –, technique – il s'agit majoritairement de sous-produits de l'industrie minière ou métallurgique –, économique – ces produits ont une valeur élevée, voire très élevée, et connaissent, parfois, d'importantes fluctuations, ainsi que des crises –, enfin « criticalité » – malgré un chiffre d'affaires très faible, leur importance est vitale, en particulier pour les nouvelles filières industrielles.

Les sous-produits sont nombreux. Les produits principaux ou les co-produits ayant des mines propres, sont les terres rares, le lithium, le platine, le niobium. La production de certains autres, tel que le tantale, est artisanale, pour des raisons géopolitiques et environnementales.

Source : M.Christian Hocquart, BRGM, communication à l'OPECST.

## 1. Les usages traditionnels des métaux

L'histoire des métaux progresse et s'accélère. Jusqu'à la Renaissance, l'humanité n'a employé que sept métaux, sept éléments qui se trouvaient à la base de l'astrologie et de l'alchimie<sup>(1)</sup>. Il s'agit, par ordre d'apparition, de l'or (Au), du cuivre (Cu), de l'argent (Ag), du plomb (Pb), de l'étain (Sn), du fer (Fe) et du mercure (Hg) – ce dernier étant d'abord dénommé vif-argent. Ces métaux sont connus des civilisations antiques mésopotamienne, égyptienne, grecque et romaine.

**L'or** se trouve à l'état natif soit en filons, soit dans les rivières sous forme de pépites formées par l'érosion des filons. On le rencontre également amalgamé à l'argent sous forme d'electrum.

**Le cuivre** se présente également en petite quantité à l'état natif ; il est utilisé pour des outils dès le cinquième millénaire avant notre ère. Les hommes commencèrent probablement par le travailler par martelage, avant de constater que le recuire réduisait son caractère cassant. Les premiers objets de cuivre fondus date de 3 600 avant notre ère, en Égypte. Le premier minerai utilisé est une roche verte friable, la malachite. La température nécessaire à la réaction de réduction étant de 700 à 800 °C, il est probable que la découverte se soit produite dans des fours de potier (1 100 à 1 200 °C) plutôt que dans des feux de camp (600 à 650 °C). Le cuivre fut ainsi le premier à donner lieu à une métallurgie à la période chalcolithique, ou « âge de la pierre cuivre ». En fait, il n'est longtemps considéré que comme un type de bronze – son étymologie provient de l'île de Chypre et désignait l'airain qui y était produit à partir des premières carrières européennes.

**L'argent** se trouve parfois à l'état natif, mais peu fréquemment car, de tous les métaux nobles<sup>(2)</sup>, il est le plus actif chimiquement. Plus dur que l'or mais moins que le cuivre, son utilisation se limite rapidement à la joaillerie et à la monnaie.

**Le plomb** ne se rencontre jamais à l'état natif. Le sulfure de plomb d'aspect métallique, la galène, était utilisé comme fard par les Égyptiens. Relativement bas (327 °C), le point de fusion du plomb peut être atteint par un simple feu de camp. Néanmoins, excessivement ductile pour être utilisé comme outil, l'usage du plomb se limite aux récipients et aux conduits – alors que sa toxicité demeure longtemps inconnue.

---

(1) Le sept est un chiffre toujours recherché car légendaire. En réalité, de la même façon que les sept collines de Rome n'ont pas toujours été les mêmes, les anciens connaissaient l'existence d'autres métaux, comme l'antimoine qui servait de mascara aux élégantes de l'Empire romain et l'arsenic utilisé comme pigment. Toutefois, ces métalloïdes ne sont alors ni isolés, ni reliés aux métaux.

(2) Un métal résiste à la corrosion et à l'oxydation. Notamment, il ne peut être dissous par une solution d'un acide seul. Les métaux nobles sont l'or, l'argent et le platine. On y inclut aussi parfois le rhénium, l'osmium et l'iridium.

**L'étain** ne se trouve pas à l'état natif. Il était rarement utilisé seul, mais son alliage avec le cuivre permet d'abaisser le point de fusion et d'accroître la dureté du produit final – le bronze – ce qui en fait une ressource fondamentale de l'Antiquité. Les navires phéniciens franchirent ainsi les colonnes d'Hercule à la recherche des mythiques îles Cassitérides réputées produire l'étain et le plomb en quantité, tandis que la sécurisation de la route commerciale reliant Rome aux mines d'étain de Cornouailles constituait un axe stratégique majeur de la conquête des Gaules et de la Bretagne par Jules César.

Initialement trouvé en petites quantités dans des météorites, **le fer** a été extrait 1 200 ans avant notre ère en Europe. La réduction du minerai dans les bas fourneaux était imparfaite ; elle produisait un bloc d'aspect spongieux que l'on martelait pour le débarrasser de ses impuretés. L'adjonction de carbone a permis de produire les premiers aciers, plus résistants.

Enfin, **le mercure ou vif-argent** – du grec *hydrargyros*, argent liquide – a été retrouvé dans des tombes datant du deuxième millénaire avant notre ère. Présent à l'état natif, il se trouvait essentiellement sous forme de minerai de sulfure de mercure. Extrêmement toxique, c'est le seul métal liquide à température ambiante ; il présente la particularité d'amalgamer l'or et l'argent.

La connaissance humaine des métaux stagne alors jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle même si des alchimistes comme Paracelse<sup>(1)</sup> identifient le zinc utilisé de longue date sous forme du minerai de calamine sans toutefois imaginer les procédés de réduction. Seule la découverte du platine, extrait par les Espagnols des mines d'argent péruviennes, modifie le savoir métallurgique de l'époque.

Les recherches s'accroissent à compter du milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle. Le zinc, donc, mais aussi le cobalt, le nickel, le manganèse, le molybdène, le chrome sont identifiés avant que l'électrolyse permette de séparer les éléments chimiques dans leur forme pure.

#### LA DÉCOUVERTE DES NOUVEAUX MÉTAUX

7 métaux :

- >Or
- >Cuivre
- >Argent
- >Plomb
- >Etain
- >Fer
- >Mercure

25 métaux connus,

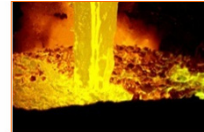
- dont :
- >Tungstène
  - >Cobalt
  - >Nickel
  - >Bismuth
  - >Zinc
  - >Manganèse

66 métaux connus,

- dont :
- >Potassium
  - >Lithium
  - >Silicium
  - >Aluminium
  - >Vanadium
  - >Germanium

86 métaux connus,

- dont :
- >Plutonium
  - >Rhénium
  - >Californium
  - >Nobelium
  - >Lawrencium



(1) Paracelse, né Philippus Theophrastus Aureolus Bombastus von Hohenheim (1493-1541) fut un alchimiste, astrologue et médecin suisse.

**L'analyse spectrographique est un des moyens de découverte des nouveaux métaux – ici, le mythique calystène.**



Source : Hergé, *L'étoile mystérieuse*

La qualité des chercheurs scandinaves puis français font que nombre de dénominations des nouveaux métaux empruntent à l'histoire nationale de ces deux pays : le terbium et l'yttrium tirent leur étymologie de cités suédoises, alors que le gallium, le lutécium et le francium laissent peu de doutes sur l'origine de leur nom. Les découvertes les plus récentes sont américaines, ainsi le berkélium ou le californium.

Les progrès industriels et scientifiques de la révolution industrielle bouleversent les connaissances classiques de la métallurgie alors que la chimie moderne prend le pas sur l'alchimie médiévale.

Il semble que l'enjeu d'aujourd'hui consiste moins à découvrir de nouveaux métaux qu'à concevoir de nouvelles applications avec les matériaux déjà connus. Les nouvelles technologies font un appel toujours croissant aux caractéristiques spécifiques des métaux, renforçant leur valeur économique et leur importance stratégique, tant pour les « vieux métaux » industriels que pour les « petits métaux » novateurs. On a pu constater récemment des tensions commerciales sur le marché international des terres rares autant que des pillages d'ouvrage de cuivre.

## **2. Les métaux au cœur des nouvelles technologies**

Le minerai de fer demeure, sans conteste, la ressource métallique la plus employée, avec une production annuelle qui dépasse les 1,7 milliard de tonnes. On distingue ainsi les métaux ferreux, qui font appel au fer dans leur composition, et les métaux non ferreux, tous les autres.

L'apparition sur la scène internationale de nouveaux acteurs économiques majeurs (Brésil, Russie, Inde, Chine, Afrique du Sud) suffit à faire croître la demande quantitative de métaux traditionnels. Les nouvelles applications technologiques, quant à elles, provoquent un intérêt accru pour les petits métaux jusque-là négligés. Si la première évolution apparaît logique et attendue, la seconde surprend : il ne s'agit pas de préserver des stocks déjà constitués et des approvisionnements déjà assurés, mais de créer de nouvelles relations commerciales avec de nouveaux acteurs, autour de nouveaux produits. L'industrie, autrefois assise sur le travail d'une dizaine de métaux, parvient désormais à en maîtriser plus de cinquante dont la production et l'accessibilité doivent être assurées.

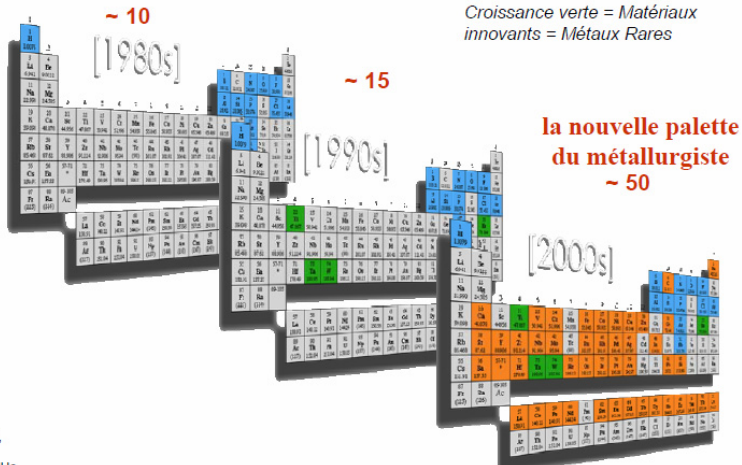


Comme le caractère stratégique d'un métal découle à la fois des caractéristiques de l'offre et de la demande ainsi que de ses propriétés propres <sup>(1)</sup>, il est envisageable que les métaux traditionnels fassent l'objet de tensions. Néanmoins, c'est avec les **terres rares** que les interrogations relatives aux métaux ont trouvé leur place dans les agendas internationaux.

## Les Métaux Rares, une palette riche d'environ 50 éléments

1. Antimony
2. Beryllium.
3. Bismuth
4. Cadmium,
5. Chromium
6. Cobalt,
7. Gallium,
8. Germanium,
9. Gold
10. Indium,
11. Lithium,
12. Magnesium,
13. Mercury
14. Molybdenum,
15. Niobium,
16. Osmium
17. Palladium
18. Platinum
19. Rhenium
20. Rhodium,
21. Ruthenium
22. Selenium,
23. Silicon,
24. Tantalum,
25. Tellurium
26. Titanium,
27. Tungsten
28. Uranium
29. Vanadium,

+ 17 Terres rares :  
LREE : Ce, La, Pr, Nd,  
Pm, Sm, Eu ;  
HREE : Y, Gd, Tb, Dy, Ho,  
Er, Tm, Lu, + Y, Sc



brgm

Les **terres rares** sont un groupe de métaux aux propriétés voisines, composé des deux métaux de transition (le scandium et l'yttrium) et des quinze lanthanides déjà cités (lanthane, cérium, praséodyme, néodyme, prométhium, samarium, europium, gadolinium, terbium, dysprosium, holmium, erbium, thulium, ytterbium et lutécium), classés en deux sous-groupes en fonction de leurs numéros atomiques (terres rares légères ou *cériques*, terres rares lourdes ou *yttriques*). Contrairement à ce que suggère leur dénomination, ces éléments peuvent être assez répandus dans l'écorce terrestre. L'abondance du cérium est ainsi comparable à celle du cuivre. Ils ne posent pas de difficulté géopolitique *a priori*. Si l'on veut de l'yttrium, du néodyme, du cérium, du lutécium, on en trouve au Brésil, en Afrique du Sud, en Australie, au Canada, en fait pratiquement sur l'ensemble de la planète.

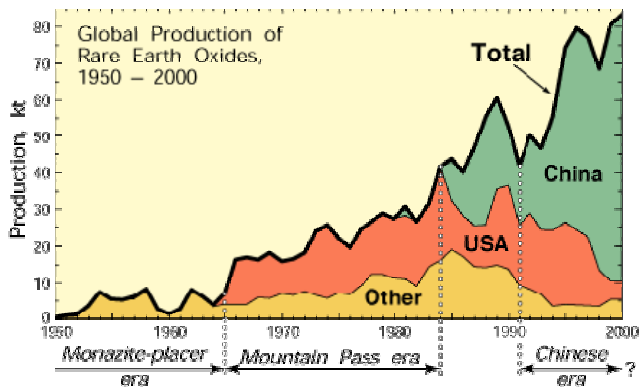
Les terres rares se caractérisent par des propriétés physiques individuelles très particulières, qui rendent leur utilisation attractive, et par des propriétés

---

(1) Une définition de la criticité des métaux sera formulée infra. On peut néanmoins, empiriquement, évoquer les trois questions suivantes : a-t-on besoin de ce métal ? Ce métal est-il facilement accessible ? Ce métal est-il substituable ? Si trois fois la réponse est négative, le caractère stratégique peut être fortement présumé.

chimiques très voisines, qui compliquent fortement leur séparation. Elles trouvent donc de larges applications dans les industries de haute technologie, mais les externalités environnementales que suppose leur production ont conduit les opérateurs à renoncer à leur extraction dans les pays historiquement producteurs afin de ménager les populations locales. C'est là le grand paradoxe actuel. Alors que les réserves sont réparties sur les cinq continents, et même au fond des océans comme tendent à le montrer les travaux de chercheurs japonais publiés en juillet 2011, la Chine bénéficie à ce jour d'un quasi-monopole : elle concentre 97 % de la production mondiale des terres rares, tous éléments confondus, alors même qu'elle n'est créditée que de 37 % des réserves prouvées.

### Évolution et localisation de la production de terres rares (1950-2000)



Source : Veolia

Avant 1965, l'extraction s'est déroulée en Afrique du Sud, au Brésil, en Inde, mais la production totale était marginale : moins de dix mille tonnes par an, toutes matières confondues. Lors de la deuxième phase, entre 1965 et 1985, les États-Unis ont été, de loin, les premiers exportateurs de terres rares. Sans qu'ils soient en situation de monopole, leur prépondérance est marquée, tandis que les quantités deviennent plus importantes, autour de cinquante mille tonnes par an. À partir de 1985 et alors qu'un accident écologique a conduit à l'arrêt des extractions américaines, on est passé à la prépondérance, puis au quasi-monopole, de la Chine, avec une offre dépassant les cent mille tonnes.

Les terres rares jouent un grand rôle dans les technologies du quotidien : si leurs premiers usages ont été la pierre à briquet et les céramiques, on les trouve maintenant, grâce à leurs propriétés réfractaires et à leur utilisation dans la fabrication des aimants, dans les télévisions en couleur, le son portatif, les turbines des jets, les pots catalytiques des automobiles, les batteries des téléphones portables, les alliages magnétiques, etc.

Eu égard à l'importance d'un approvisionnement en terres rares pour l'économie française, chacun comprendra que les pouvoirs publics soient

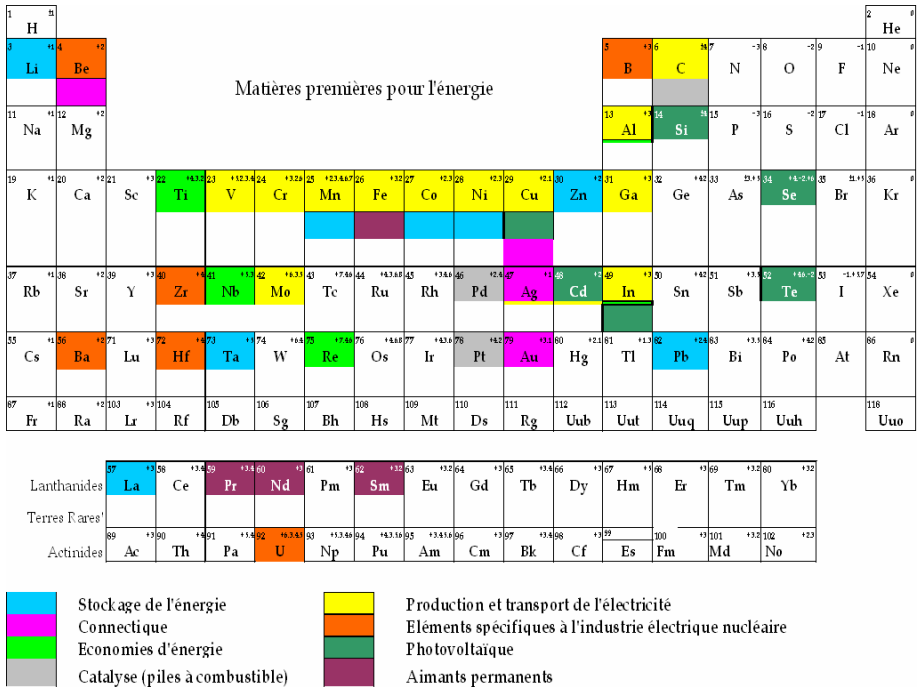
intéressés à la question<sup>(1)</sup>. Mais le débat ne saurait se focaliser sur ces seuls éléments, qui ne sont qu'une fraction des métaux rares, et qui ne comprennent pas des métaux indispensables à l'industrie française. Ce qui est vrai des terres rares l'est aussi du niobium, produit presque exclusivement par le Brésil, qui entre dans la composition des superalliages employés dans la conception des réacteurs nucléaires, et qui permet d'alléger le poids des véhicules – contribuant ainsi à réduire la consommation d'énergie. Industrie de l'atome, industrie automobile, autant de secteurs clefs pour l'économie française.

Cérium	Dysprosium	Erbium	Europium	Gadolinium
Céramiques, catalyse (exemple: filtres anti-particules de l'automobile), polissage du verre (optique), fabrication de verres absorbant les UV	Aimants permanents au néodyme-fer-bore: son addition permet d'augmenter la température d'application des aimants au néodyme, entre dans la composition de certains lasers	Lasers pour applications médicales, utilisé comme pigment rose pour les verres et céramiques	Luminophores pour écrans plats (couleur rouge) et ampoules à basse consommation d'énergie, protection des billets de banque	agent de contraste en imagerie médicale, réfrigération magnétique
Holmium	Lanthane	Lutétium	Néodyme	Praséodyme
Composants d'aimants à très haute intensité magnétique	Batteries NIMH (automobiles hybrides), catalyse du craquage des pétroles lourds	Peu d'applications: génération de rayons X, catalyse. La plus rare des terres rares, ce qui en limite l'usage	Aimants permanents (alliage néodyme-fer-cobalt pour fonctionnement à températures plutôt basses - Point de Curie: 310° C, indispensables à l'automobile électrique et hybride, aux éoliennes de haute performance)	Optique (avec Nd), colorant jaune du verre et des céramiques
Samarium	Terbium	Thulium	Ytterbium	
Aimants permanents (alliage samarium-cobalt pour fonctionnement à hautes températures, par exemple dans les TGV de dernière génération - Point de Curie: 700 à 800° C)	Luminophores pour écrans plats (couleur verte) et ampoules à basse consommation d'énergie; aimants permanents	Aimants ferritiques pour fours à micro-ondes	Fibre optique (amplification du signal), cellules photovoltaïques, sources de rayons X pour analyseurs portables	

Source : BRGM

Le tableau ci-dessous fait apparaître les éléments utilisés aujourd'hui dans la production et dans l'économie d'énergie. La plupart des métaux y figurent. Il ne s'agit donc pas de mettre à disposition de l'industrie française les plus rares, mais de l'assurer de la disponibilité des matériaux dont elle a effectivement besoin.

(1) On signalera avec intérêt les travaux de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques qui a tenu une table-ronde le 8 mars 2011 sur le thème « les enjeux des métaux stratégiques : le cas des terres rares ».



Source : BRGM

Enfin, le cas des terres rares illustre bien la difficulté d'appréhender le sujet des métaux à partir des méthodes de l'économie classique. Dans un marché conforme à la théorie économique, l'offre et la demande s'ajustent pour déterminer un prix ; une hausse de la demande entraîne une élévation du prix d'abord, un ajustement de l'offre ensuite. Ce n'est pas le cas pour le marché des matières premières, où la courbe de production se double d'une contrainte de stock. L'offre de métal peut s'avérer défailante du fait d'une demande supérieure au stock disponible sur la planète – auquel cas une modification des habitudes de consommation s'impose – ou en raison de l'extraction insuffisante d'une ressource suffisamment abondante, ce qui appelle une croissance du volume d'extraction.

Dans le cas des terres rares, il semble que la seconde hypothèse prévale, comme d'ailleurs pour un grand nombre de métaux rares : évoquer des sous-produits qui ne pas recherchés pour eux-mêmes, c'est disqualifier le rapport de la consommation et de la production actuelles. L'indium est aujourd'hui fortement demandé pour ses propriétés électroniques, mais sa production reste liée à l'extraction du zinc. Ceci ne signifie pas, pour autant, que le risque d'une pénurie doit être écarté.

## B.— LA CRAINTE CROISSANTE D'UNE RARÉFACTION DES RESSOURCES

Les métaux ont longtemps été les parents pauvres des réunions internationales et des stratégies nationales. D'une certaine manière, l'on peut se demander si nous n'avons pas simplement oublié peu à peu le rôle essentiel qu'ils jouent dans le processus de développement des civilisations. Les différents « âges » de la préhistoire font clairement référence au rôle essentiel des métaux : l'histoire de l'humanité franchit un cap certain lors du passage de l'âge de pierre aux âges métallurgiques. C'est d'abord l'âge du cuivre, le Chalcolithique, puis l'âge du bronze et ses différentes composantes – ancien, moyen, final – et enfin l'âge du fer, qui désignent des périodes de la Protohistoire. Même les mythes de l'âge d'or associent les métaux à l'apogée de la civilisation.

Pourtant, il semble que le rôle des métaux ait au fil du temps été peu à peu négligé, à tel point que l'on en a presque oublié leur importance dans notre vie quotidienne. Dans une période de croissance et d'approvisionnement *quasi* assurés, marquée également par la croyance de ressources infinies, les métaux sont sortis de nos stratégies nationales.

Leur retour sur le devant de la scène a donc été aussi soudain que surprenant. Brutalement, nous étions tous alertés sur le risque potentiel d'une pénurie, apprenant par là même que des métaux composaient pratiquement tous les produits que nous utilisons quotidiennement, et découvrant presque leur rôle essentiel dans le saut technologique de la fin du XX<sup>e</sup> siècle. C'est donc sous l'angle de la pénurie que les métaux sont traités depuis quelques années : alors que nul ne s'en inquiétait, les métaux encourent également le risque d'atteindre un « pic de Hubbert » <sup>(1)</sup>.

Soudainement, citoyens et politiques, en même temps qu'ils découvraient l'existence de « terres rares » ou apprenaient à prononcer les mots de « tungstène » ou de « niobium », s'inquiétaient de voir du jour au lendemain des métaux s'épuiser alors qu'ils n'avaient pas connaissance de leur existence quelques années auparavant. Parallèlement, les industriels ont été encouragés à identifier des procédés de substitution, à déterminer leur dépendance à certaines matières, parfois contenues en infimes quantités dans leurs produits. Cette possible raréfaction des ressources fait courir le risque d'un ralentissement de l'économie et d'une exigence de changement de nos modes de consommation. Cette peur de la pénurie, liée avant tout à l'explosion brutale de la demande, a souvent pris la forme d'un accaparement des zones d'extraction par la Chine, notamment en Afrique, et des menaces que l'épuisement annoncé des ressources fait peser sur nos industries stratégiques. Ainsi délaissés pendant des années, les métaux font aujourd'hui l'objet de politiques dédiées, tant au niveau national qu'à l'échelle internationale.

---

(1) Dans les années 1940, le géophysicien Marion King Hubbert détermina que la courbe de production d'une matière première donnée suivait une courbe en cloche, et connaissait donc un « pic » avant de décroître. C'est le fameux « peak oil » pour les hydrocarbures.

## 1. Les moteurs d'une forte augmentation de la consommation

Le recours massif aux métaux date réellement du milieu du XX<sup>e</sup> siècle, avec le déploiement d'une industrialisation fortement consommatrice de matériaux métalliques. D'une manière assez schématique, le développement des économies, l'essor de l'industrialisation et l'urbanisation expliquent la forte hausse de la demande de métaux ferreux, tandis que l'amélioration du niveau de vie (électroménager puis, dans un second temps, électronique), explique la hausse de la demande de métaux de base comme le cuivre ou l'aluminium, et de métaux plus rares comme le lithium, le tantale ou les terres rares.

Ainsi, si la croissance de la production de métaux s'explique d'abord par celle de l'économie occidentale, peu à peu rattrapée par les économies des pays émergents – effet mécanique – elle est également due aux innovations techniques fortement consommatrices de nouveaux métaux – effet technologique. D'une manière générale, l'extraction de minerais et de minéraux a suivi un rythme largement supérieur à celui du PIB mondial sur la même période. Comme le soulignent d'ailleurs Philippe Bihouix et Benoît de Guillebon dans leur ouvrage <sup>(1)</sup>, « *la période de croissance des vingt dernières années a conduit grosso modo à un doublement de la production des principaux métaux.* »

### a) La croissance dans les pays occidentaux depuis 1945

Au sortir de la Seconde Guerre Mondiale, les économies des pays occidentaux entrent dans une phase de croissance sans précédent pendant une trentaine d'années : les Trente Glorieuses. De 1 % par an en moyenne de 1860 à 1950, le taux de croissance passe ainsi à 5 % par an dans les pays industrialisés. Cette période faste trouve plusieurs explications économiques dont certaines impliquent une hausse de la consommation de métaux. La guerre a été très destructrice et il convient de relancer rapidement l'économie. Cette exigence de reconstruction liée à l'arrivée massive de capitaux au travers du Plan Marshall favorise l'instauration de politiques nationales de soutien à l'économie. Les travaux de reconstruction sont entrepris sur tous les territoires, alimentant une demande forte de matériaux, notamment métalliques. Par ailleurs, les Trente Glorieuses sont également les années du « baby-boom » : l'augmentation soudaine de la démographie crée une hausse mécanique et immédiate de la demande. Dans le même temps, la période est marquée par l'accélération du progrès technique. L'innovation a deux conséquences majeures : d'abord, les nouveaux produits exigent des métaux, notamment pour l'électroménager ; ensuite, l'amélioration du niveau de vie de la population généralise certains produits qui deviennent accessibles à un plus grand nombre de personnes. L'exemple de la voiture est à ce titre éclairant : entre 1965 et 2000, la production mondiale annuelle de voitures a presque triplé.

---

(1) *Quel futur pour les métaux ?* Benoît de Guillebon et Philippe Bihouix, EDP Sciences, octobre 2010.

Si le ralentissement de l'économie des pays industrialisés à partir de 1973 et du premier choc pétrolier est notable, la demande de métaux a continué de croître, ne serait-ce que du fait de la poursuite de l'innovation et de l'offre de produits quotidiens toujours plus consommateurs de matières premières. Ainsi, d'après les évaluations de l'Institut d'études géologiques des États-Unis (USGS), la production de métaux ferreux a connu un bref ralentissement au début des années 1970 avant de repartir très fortement à la hausse. La courbe exponentielle de la production des métaux ferreux montre bien l'accélération du phénomène à partir de la fin de la Seconde Guerre Mondiale.



Source : USGS

### ***b) Un premier essor : l'émergence des dragons asiatiques***

Les dragons asiatiques désignent quatre pays d'Asie orientale : la Corée du Sud, Hong-Kong, Singapour et Taiwan. La croissance économique de ces pays a été extrêmement rapide à partir des années 1960, grâce à plusieurs facteurs communs : leur ouverture sur la mer facilitant l'exportation, le soutien économique des pays industrialisés et surtout la proximité du Japon. Au départ, ces pays ont bénéficié d'une main d'œuvre à bas coût, rapidement spécialisée sur les produits à fort contenu technologique. Ces pays ont en fait suivi le modèle de développement du Japon, basé sur la théorie économique dite du vol d'oies sauvages, présentée par l'économiste japonais Kaname Akamatsu dès la fin des années Trente. Ce modèle de croissance repose sur trois phases : importation du produit, substitution d'une production locale aux produits importés, exportation de la production locale.

Les quatre dragons asiatiques ont rapidement suivi ce modèle, et compte tenu de la proximité du Japon, ont rejoint ce dernier comme chefs de file de la production haute technologie au cours des années 1990 : électronique, audiovisuel et téléphonie notamment. Or, la rapide spécialisation des dragons asiatiques dans les produits de haute technologie a fortement contribué à la progression de la

demande de métaux. Ainsi, l'indium et le gallium ont des applications en microélectronique dans les matériaux semi-conducteurs qui sont utilisés pour toute une série de produits : électronique, écrans plats, éclairage. De même, le tantale est un élément indispensable à la fabrication des circuits intégrés de téléphones portables : 68 % du tantale produit est destiné à l'électronique. L'amélioration du niveau de vie de ces nouveaux pays industrialisés (NPI) les a peu à peu rapprochés des standards occidentaux. Ainsi, le revenu par habitant de ces premiers NPI a presque quadruplé, augmentant de 5 % par an en moyenne au cours des vingt-cinq dernières années.

### *c) Un second essor : la croissance chinoise*

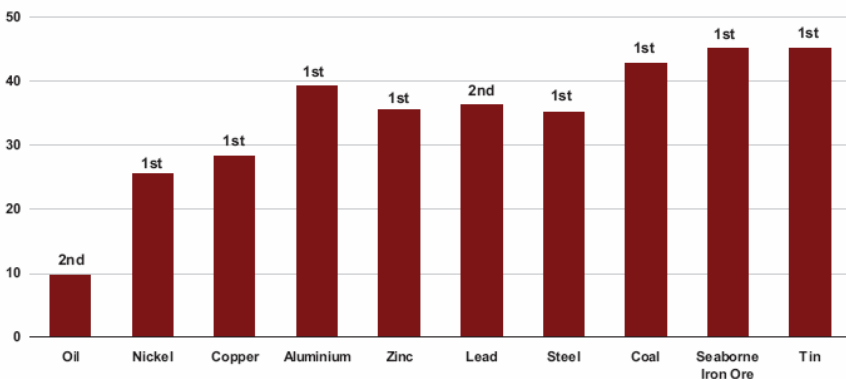
La croissance chinoise est fondée sur une industrialisation à outrance et l'exportation de produits manufacturés produits à bas coût. L'entrée dans l'économie internationale de la Chine a eu un effet majeur sur le marché des métaux. Nos collègues de la commission des affaires économiques se sont rendus en Chine au cours de leurs travaux sur le prix des matières premières :

**Extrait du rapport de Mme Catherine Vautrin et de M. François Loos présenté le 19 octobre 2011 au nom de la commission des affaires économiques**

La Chine consomme aujourd'hui plus de 50 % de l'acier mondial, alors que l'Union européenne en consomme 20 % et la France, seule, 5 %. Sur le marché du minerai de fer, les sociétés chinoises sont dépendantes de l'oligopole formé par BHP Billiton, Rio Tinto et Vale. M. Michael Han, Group Advisor de Rio Tinto, nous a fait part de chiffres révélateurs de l'emprise de ces groupes miniers ; en effet, les ventes du groupe anglo-australien à la Chine en fer, en aluminium, en cuivre et en autres métaux, sont passées de 0,4 milliard de dollars en 2000 à 16,7 milliards de dollars en 2010. Les ventes à la Chine représentent désormais 28 % des ventes globales de Rio Tinto.

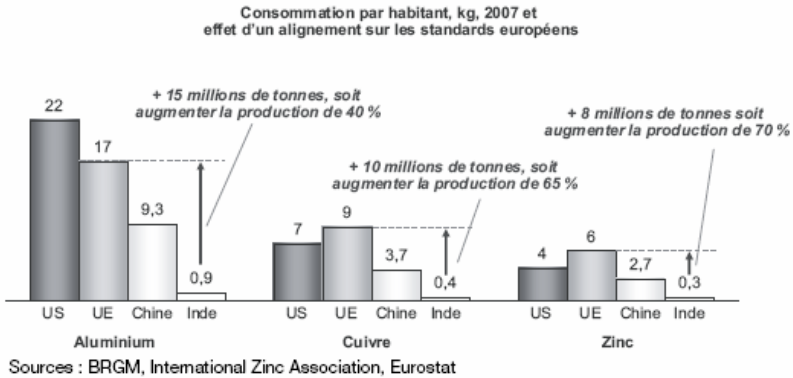
La Chine occupe aujourd'hui la première place mondiale pour la consommation des matières premières métalliques.

China's Consumption of Commodities as a Share of World Total (% , World Ranking, 2008)





À l'heure actuelle, l'influence de la Chine sur la demande de métaux s'explique avant tout par le besoin des industries productives. Or, d'après Philippe Bihouix et Benoît de Guillebon <sup>(1)</sup>, « un alignement de la Chine et de l'Inde sur les standards européens conduirait quasiment à un nouveau doublement » de la production. Dans les années à venir, la demande de métaux en provenance de la Chine, mais également de l'Inde, augmentera donc parallèlement à l'amélioration du niveau de vie des habitants de ces deux pays. À eux deux, ils représentent une population de 2,5 milliards d'habitants...



## 2. Vers une pénurie de métaux ?

Depuis quelques années, la notion de « risque métal » est apparue dans le débat sur l'approvisionnement en matières premières minérales des pays industrialisés. Pour ces derniers, nous l'avons vu, le risque métal est devenu plus concret avec l'essor de la mondialisation et l'arrivée sur le marché des pays émergents. L'apparition du risque métal date déjà de la décolonisation, les pays industrialisés ne pouvant plus être assurés de l'approvisionnement en matières premières depuis les États indépendants. La crainte d'une pénurie de métaux s'explique donc par plusieurs facteurs : l'inégalité géologique d'abord qui a privilégié certains territoires, le protectionnisme instauré par certains États vis-à-vis de leurs ressources ensuite, enfin l'instabilité politique de certains pays producteurs.

---

(1) *Quel futur pour les métaux ?* Benoît de Guillebon et Philippe Bihouix, EDP Sciences, octobre 2010.

**a) Les ressources inégalement réparties**

La question de la répartition des ressources peut s'étudier selon deux logiques : celle des réserves et celles de la production.

**QU'EST-CE QU'UNE RÉSERVE ?**

La notion de réserve recouvre des notions géologiques, techniques et économiques.

On distingue ainsi :

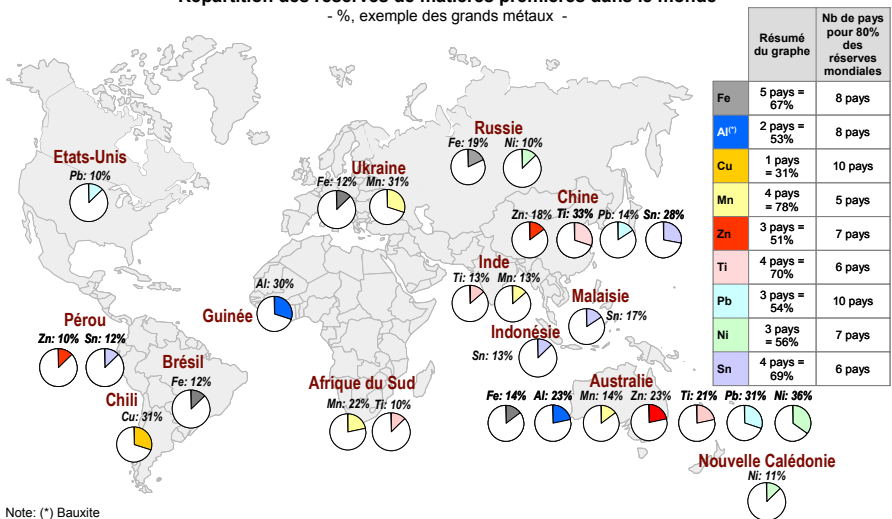
- réserve : ressource identifiée et explorée, que l'on peut effectivement extraire, légalement et techniquement, au prix actuel ;
- réserve base : réserve non encore exploitable économiquement, selon la technique et le prix actuel ;
- ressources potentielles : ressources identifiées mais non explorées, dont les quantités ont été estimées.

*Extrait du livre « Quel futur pour les métaux ? »*

Concernant les réserves, l'histoire géologique de la Terre a plus ou moins doté certaines zones. Même si d'une manière générale les réserves des principaux métaux semblent assez bien réparties, pour certains métaux, la concentration géographique des réserves est tout à fait notable. Ainsi, du fer, de l'aluminium, du cuivre, du manganèse, du zinc, du titane, du plomb, du nickel et de l'étain, pour lesquels moins de cinq pays disposent à chaque fois de plus de cinquante pourcents des réserves, jouissant ainsi d'une situation oligopolistique.

**Concentration des réserves mondiales (grands métaux)**

**Répartition des réserves de matières premières dans le monde**  
- %, exemple des grands métaux -



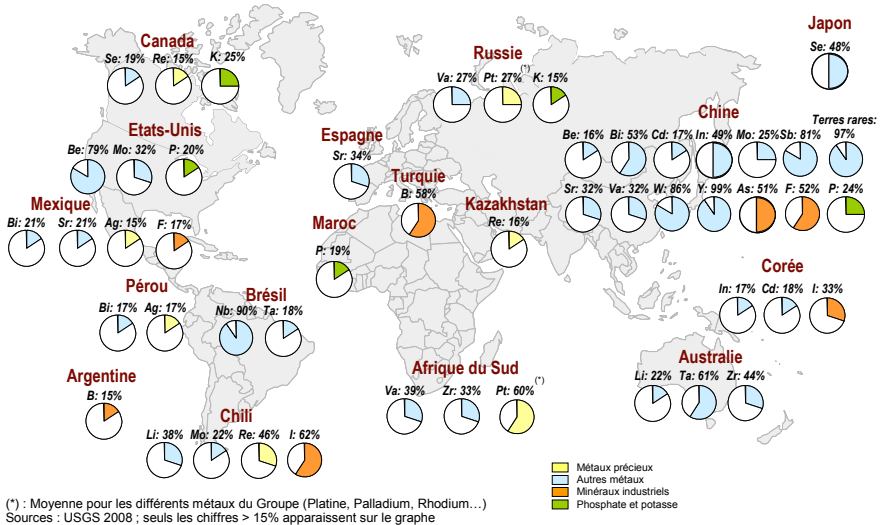
Note: (\*) Bauxite  
Sources : USGS 2008 ; seuls les chiffres > 10% apparaissent sur le grapho

*Carte reconstituée par Ph. Bihouix et B. de Guillebon*

Le phénomène est renforcé pour les petits métaux, sous-produits d'extraction des grands métaux : des États se trouvent en situation de *quasi* monopole. Ainsi du Brésil, qui détient 95 % des réserves de niobium, ou de l'Afrique du sud, dont le sous-sol abrite 89% des réserves de platinoïdes selon l'USGS.

La carte de la production est également riche d'enseignements. Ainsi, la prédominance de la Chine, déjà avantagée d'un point de vue géologique, est particulièrement marquée. La stratégie chinoise de concentration des capacités de production – on prête à Deng Xiaoping la phrase « *la Chine n'a pas de pétrole mais elle a des terres rares* » – est facilitée par des coûts de production très bas. Ainsi, la Chine produit 86 % du tungstène, 97 % des terres rares. Au-delà, d'autres pays bénéficient d'une position *quasi* monopolistique, comme le Japon pour la poudre de tantale, indispensable à la fabrication des condensateurs du même nom, ou le Brésil pour le lithium (90 % de la production).

### Concentration de la production (petits métaux et minéraux industriels)



### b) Les politiques de restrictions et de quotas

Au cours des dernières années, les mesures étatiques de restrictions aux exportations de matières premières se sont multipliées. Plusieurs types de mesures existent : taxes, quotas d'exportation, subventions d'exploitation, système de double tarification.

La politique de la Chine en la matière a été particulièrement pointée du doigt. Ainsi, en novembre 2009, les États-Unis, l'Union européenne et le Mexique ont déposé une plainte auprès de l'Organe de règlement des différends (ORD) de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) au sujet des restrictions à l'exportation de matières premières minérales stratégiques. La plainte concernait la bauxite, le coke, la fluorite, le magnésium, le manganèse, le silicium métallurgique, le carbure de silicium, le phosphore jaune et le zinc, considérés comme des éléments essentiels pour de nombreux procédés industriels : automobile, bâtiment et travaux publics, aéronautique entre autres. Selon la Commission européenne, « *les industries les plus affectées représentent environ 4 % de l'activité industrielle de l'UE, et environ 500 000 emplois* », tandis que l'administration américaine estimait que les exportations chinoises de bauxite étaient passées de 102 000 tonnes en 2005 à 40 000 tonnes en 2010. Le 5 juillet 2011, l'OMC a condamné la Chine, lui reprochant notamment de mettre en place des politiques de distorsion de la concurrence.

Cette plainte avait surtout pour objet de lancer un avertissement au Gouvernement chinois, soupçonné de vouloir interdire, ou du moins fortement réduire, le niveau d'exportation de terres rares dont la Chine détient 97 % de la production. À ce sujet, la Chine a décidé d'appliquer une politique de quotas à l'exportation de terres rares. Le volume de terres rares exportable a ainsi diminué de près de 70 % en 2010, passant de 29 000 tonnes à 8 000 tonnes.

L'inquiétude exprimée par les pays occidentaux se fonde notamment sur un rapport du gouvernement chinois relatif à l'interdiction de l'exportation de certains matériaux : « *en octobre 2009, le rapport interne du Ministry of Industry and Information Technology, portant sur l'évolution stratégique d'ici à 2015 pour le développement des terres rares, a fait état de la volonté de la Chine d'interdire l'exportation de cinq éléments (dysprosium, terbium, thulium, lutétium et yttrium) et de réduire les volumes exportables pour la douzaine d'autres. Même si les Chinois ont déclaré que ce n'était qu'un document de travail, il s'avère toutefois que deux éléments, le terbium et le dysprosium, allaient être bannis d'ici 2011. À partir de 2012, la Chine souhaiterait réserver la totalité de sa production pour son industrie propre. Alors que le pays exportait jusqu'à 75 % de sa production de terres rares au début des années 2000, le chiffre est maintenant de 25 %* » <sup>(1)</sup>.

Néanmoins, au-delà du cas particulier de la Chine, des mesures de restriction à l'exportation sont mises en place dans la plupart des pays producteurs. Ainsi, dans le cadre de « l'Initiative matières premières », la Commission européenne a dénombré en 2010 l'existence de plus de 450 restrictions à l'exportation concernant plus de 400 matières premières de toutes natures. En dehors de la Chine, les principaux pays concernés sont la Russie, l'Ukraine, l'Inde, l'Afrique du Sud et l'Argentine.

---

(1) Augustin Roch, chercheur associé à l'IRIS, *Terres rares, rareté relative et implications géoéconomiques*, 2 août 2010.

### ***c) Les risques politiques et la fragilité des filières***

L'une des sources d'inquiétude les plus marquées sur la sécurité des approvisionnements en matières premières est le risque géopolitique des pays d'extraction. En effet, alors que les États africains disposent de réserves parmi les plus importantes au monde, la question est posée de la sécurité des approvisionnements. La fragilité politique des pays producteurs peut faire courir le risque d'un arrêt brutal de la production de certains matériaux, entraînant un arrêt de toute une filière industrielle. Ainsi, au début des années 2000, la production du tantale, qui s'est brutalement arrêtée en raison de la guerre du Kivu en République Démocratique du Congo.

#### **LE CAS DU TANTALE : « LA GUERRE DU COLTAN »**

Le tantale est un élément essentiel des produits électroniques portables (téléphones, caméras vidéo, ordinateurs, ...). Le tantale est extrait d'un minéral mixte de tantale et de niobium : le coltan, exploité de manière marginale en République démocratique du Congo, dans la province du Kivu, avant la crise des années 2000.

L'expansion massive du marché des téléphones portables à la fin des années 1990 a fait exploser le prix de ce métal. La croissance de la demande mondiale en tantale est passée de 5 % par an à 35 %. En conséquence, les mines artisanales se sont immédiatement développées dans la région des Grands Lacs, les ressortissants congolais, rwandais et ougandais étant soudainement attirés par la hausse brutale des prix. Comme le relève Christian Hocquard et Philippe Le Billon dans un article consacré à la question<sup>(1)</sup>, « *un artisan mineur (creuseur) pouvait gagner en quinze jours plus de 100 dollars, soit plus que son revenu annuel de cultivateur* ». Mais l'éclatement de la bulle internet en 2001 a provoqué un retournement de la situation, avec notamment une chute brutale des prix et la contraction tout aussi brutale de la filière. De prime abord, cette crise du tantale a été relativement atténuée par l'apport des ressources africaines, et semble avoir permis aux populations locales d'améliorer sensiblement leur niveau de vie. Les conséquences de cette crise ont pourtant été dévastatrices.

La zone du Kivu, est située au cœur du conflit. Les groupes paramilitaires ont profité de cette crise du coltan pour rançonner les exploitants. Un rapport des Nations Unies, présenté en 2001, a dénoncé l'exportation illégale de ce minerai, transporté en contrebande par les armées de l'Ouganda, du Rwanda, du Burundi et de la RDC. Selon le rapport, les groupes armés auraient ainsi perçu une rente minière de 20 millions de dollars par mois, l'armée rwandaise retirant 250 millions de dollars du trafic de 1998 à 2000. L'argent ainsi « rançonné » permettait d'acheter des armes, prolongeant le conflit. 3,8 millions de personnes sont mortes des conséquences du conflit entre 1996 et le début des années 2000. Au-delà, cette « guerre du coltan » a eu des conséquences environnementales et sociales désastreuses, les terres étant ravagées tandis que les populations locales ont souvent été forcées de travailler, dans des conditions plus que condamnables. Par ailleurs, l'afflux soudain d'argent a provoqué une inflation importante qui ne s'est pas résorbée avec la fin de l'exploitation du tantale.

En réaction aux protestations internationales qui ont suivi la publication du rapport de l'ONU, la plupart des industriels de la filière ont décidé de boycotter le coltan extrait en Afrique centrale, développant de nouvelles filières d'approvisionnement, notamment en Australie.

---

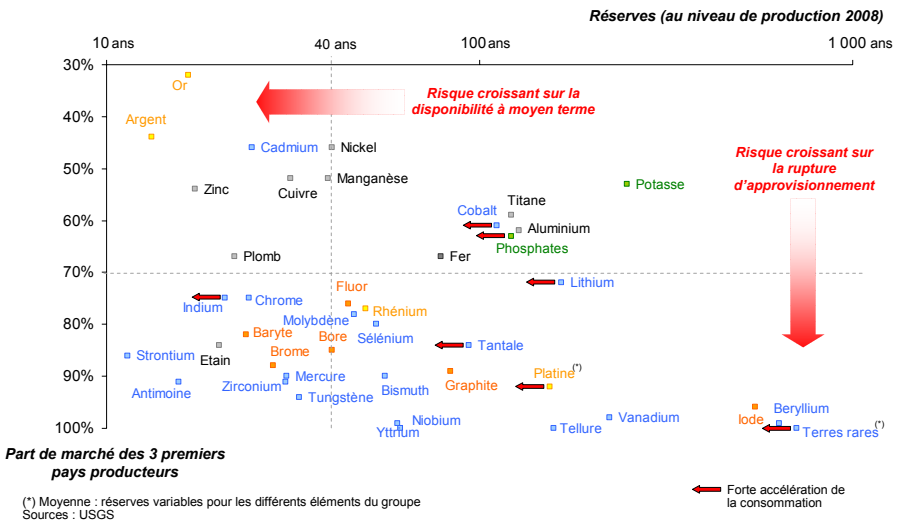
(1) *Filières industrielles et conflits armés : le cas du tantale dans la régions des Grands Lacs. Ph. Le Billon et Ch. Hocquard*

### 3. L'identification de matières premières critiques

Après avoir longtemps considéré que les ressources naturelles étaient inépuisables, les instances internationales, les organisations régionales et les États ont lancé des initiatives afin de déterminer leur dépendance à certaines matières premières et donc d'identifier des matériaux critiques ou stratégiques. Aux États-Unis, la criticité se réfère plutôt à l'importance économique d'un métal pour l'économie nationale et au risque d'approvisionnement, tandis que la notion de stratégique porte une connotation « défense ». Au niveau de l'Union européenne, le terme « critiques » est employé alors que la France privilégie celui de « stratégiques ».

La criticité des métaux peut dépendre de plusieurs facteurs. En se fondant sur les seuls critères de l'état des réserves et de concentration de la production, les auteurs du livre « *Quel futur pour les métaux ?* » ont tenté de dresser un panorama objectif des métaux critiques :

#### Criticité potentielle des ressources minérales (visibilité sur les réserves et concentration de la production)



Cet aperçu ne tient pourtant pas compte d'autres éléments susceptibles d'affecter l'approvisionnement de tel ou tel métal, comme l'évolution géopolitique d'un pays, ou l'influence de la technologie et la fluctuation des prix des matières premières. L'identification des matières premières critiques est par essence en partie subjective, en ce qu'elle tient compte de paramètres propres à chaque économie : la France risque d'être plus dépendante au niobium utilisé dans les réacteurs nucléaires ou au lithium employé dans les batteries électriques qu'à d'autres métaux que notre industrie ne consomme pas.

Les métaux ont longtemps été absents des réflexions sur les matières premières. Alors que les matières premières énergétiques et les matières premières agricoles ont été l'objet de nombreuses réunions internationales, qu'il s'agisse de la sécurité des approvisionnements, de la transition vers des produits de substitution ou de la volatilité des prix. La situation a changé récemment, principalement au niveau des États et de la Commission européenne, les Nations Unies demeurant en léger retrait sur la question.

**a) Une inscription récente sur les agendas internationaux**

L'Organisation des Nations Unies a annoncé le lancement de six études relatives aux métaux entre 2010 et 2012. La gestion de la question des matières premières minérale a été confiée au Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), dont le siège est à Nairobi. Le mandat du PNUE étant « de montrer la voie et d'encourager la coopération pour protéger l'environnement », le traitement des métaux se fait plutôt sous l'angle du recyclage que celui de la sécurisation des approvisionnements. Jusqu'à présent, le PNUE a publié deux études, l'une consacrée aux *Taux de recyclage actuels des métaux spéciaux* et l'autre relative aux *Stocks de métaux dans les produits d'usage*. Pour l'heure, il semble qu'il s'agisse des seuls signes de l'intérêt des Nations Unies sur les métaux.

**b) Le processus européen d'identification des matières premières critiques**

Dans le cadre de la Stratégie Europe 2020, sept initiatives phares ont été identifiées. L'initiative « matières premières » a été lancée par la Commission européenne en 2008 afin de garantir un approvisionnement en matières premières aux industries et entreprises européennes alors que le sous-sol des États membres, hors quelques exceptions en Scandinavie, est plutôt pauvre.

Le 17 juin 2010, la Commission européenne a publié un rapport identifiant quatorze matières premières critiques pour l'Union européenne. Ce rapport a été rédigé par un groupe de travail *ad hoc* : « *Critical raw materials for the EU* », qui avait examiné 41 minéraux et métaux.

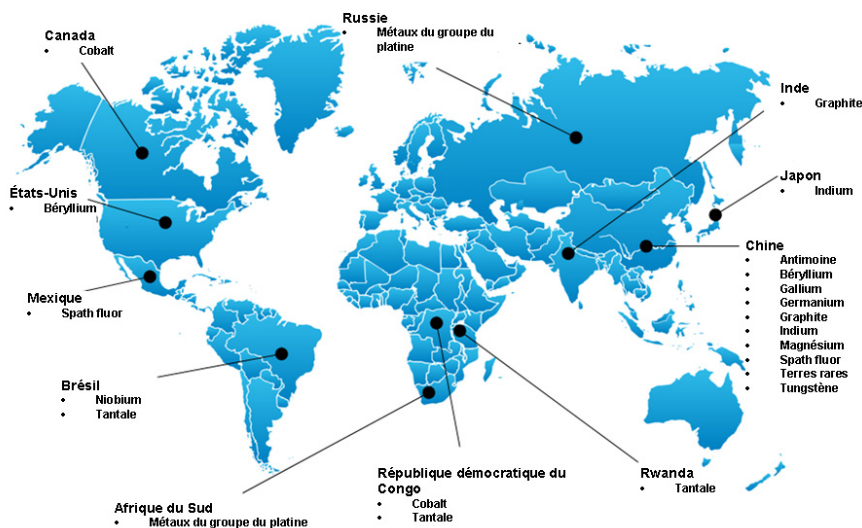
Antimoine	Béryllium	Cobalt	Spath fluor	Gallium	Germanium	Graphite
Indium	Magnésium	Niobium	Platinoïdes	Tantale	Terres rares	Tungstène

Il faut souligner que cette liste comprend notamment les Terres rares, qui constituent à elles seules un groupe de 17 éléments.

Le groupe de travail a considéré que constituaient des conditions de criticité d'une matière première le niveau de risque d'approvisionnement au cours des dix prochaines années et les conséquences économiques et sociales importantes engendrées sur le territoire de l'Union européenne en cas de pénurie.

La carte ci-dessous identifie les lieux de production de ces quatorze éléments jugés critiques.

### Concentration de la production des matières premières minérales critiques



La Commission européenne appelle à mettre à jour la liste des matières premières critiques de l'UE tous les cinq ans, dans la mesure où de multiples facteurs peuvent faire évoluer la position de tel ou tel matériau (évolution géopolitique, fluctuation des prix, etc.) Par ailleurs, la Commission européenne a dévoilé un embryon de stratégie, comprenant plusieurs volets :

- adopter des mesures stratégiques pour améliorer l'accès aux ressources primaires;
- adopter des mesures stratégiques pour accroître l'efficacité du recyclage des matières premières ou des produits contenant des matières premières;
- encourager la substitution de certaines matières premières, notamment en favorisant la recherche sur les produits de substitution des matières premières critiques;
- améliorer l'efficacité matérielle globale des matières premières critiques.

Le 2 février 2011, une nouvelle stratégie présentant des mesures ciblées a été rendue publique par la Commission. Trois piliers d'actions ont ainsi été identifiés :

- Premier pilier : garantir un accès équitable et durable aux matières premières sur les marchés mondiaux



La Commission identifie plusieurs moyens pour atteindre cet objectif. Il s'agit notamment de renforcer le dialogue et les actions avec les États africains et les économies émergentes (Chine et Russie notamment) concernant l'accès aux matières premières afin d'améliorer la gestion des sites d'extraction ou de réduire les distorsions sur les marchés. Par ailleurs, la Commission entend élaborer des positions communes avec les pays qui dépendent également de ces ressources tels que le Japon et les États-Unis.

- Deuxième pilier : favoriser un approvisionnement durable au sein de l'Union européenne

La Commission entend définir une politique d'approvisionnement interne à l'Union européenne, respectueuse des exigences du développement durable. Cela passe notamment par l'élaboration d'une politique d'aménagement du territoire concernant les minéraux, de recensement et de préservation des ressources minérales et par la mise en place d'un processus régissant l'autorisation de l'exploration et de l'extraction minières. Enfin, il s'agit de développer les connaissances sur les matières premières pour accroître l'efficacité des stratégies dans ce domaine. L'initiative EraNet s'inscrit dans ce cadre (*cf. infra*).

- Troisième pilier : promouvoir le recyclage et l'utilisation efficace des ressources

Le recyclage des métaux constitue une voie alternative d'approvisionnement en métaux, intéressante tant au niveau du coût environnemental que du potentiel économique. La Commission encourage donc les États membres à mettre en place des stratégies afin d'exploiter les mines urbaines. Au niveau communautaire, il s'agit notamment d'harmoniser les législations applicables aux déchets, et de procéder au réexamen du plan d'action pour une production et une consommation durables en 2012.

Néanmoins, l'Initiative « matières premières » semble pour l'instant plus relever du simple constat que de la proposition opérationnelle. Il s'agit donc d'encourager la Commission à poursuivre ses travaux en ce sens afin de proposer rapidement une stratégie d'action concrète. Par ailleurs, le processus d'identification mené par la Commission, s'il reste à souligner, souffre de plusieurs écueils. D'abord, il ne tient pas compte des matières premières secondaires, qui constituent pourtant déjà un marché. Ensuite, l'identification des matières premières semble avoir été l'objet d'un certain marchandage, la France ne parvenant pas à imposer sa position. Ainsi, le chrome métal n'a pas été considéré comme critique, alors qu'il constitue, en France mais également aux États-Unis, un matériau stratégique.

### ***c) Le COMES, une réponse française***

Le Comité des métaux stratégiques (COMES) a été créé par décret le 24 janvier 2011. Auparavant, plusieurs initiatives avaient été lancées en France sur les métaux : Jean-Louis Borloo, alors ministre d'État en charge de

l'environnement, avait ainsi annoncé le 27 avril 2010 en conseil des ministres le lancement d'un plan d'action sur les métaux stratégiques, visant à améliorer la connaissance de notre sous-sol, à développer de nouveaux procédés d'extraction et à encourager le recyclage des métaux.

Le Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies (CGIET) s'est vu confier un rapport, confidentiel, sur la constitution de stocks stratégiques. Parallèlement, le BRGM a été chargé par le Gouvernement de réaliser neuf études stratégiques sur les marchés mondiaux et les facteurs de criticité de certains métaux : Béryllium, Gallium, Germanium, Molybdène, Niobium, Rhénium, Sélénium, Tellure, Terres rares. Enfin, l'Ademe a été missionnée pour réaliser une étude sur le potentiel de recyclage de certains métaux, rendue publique en juillet 2010.

La création du COMES s'inscrit donc dans la continuité de l'action française sur les métaux. Le COMES rassemble des représentants de l'administration, des organismes publics, comme le BRGM, l'IFREMER, l'ADEME, l'AFD, les entreprises concernées ainsi que des membres invités. Selon François Bersani, secrétaire général du COMES, il ne s'agit pas d'une nouvelle structure à proprement parler mais d'un organe ayant pour mission de mettre en cohérence les actions des différents acteurs, publics comme privés.

Né du « *constat de la dépendance extrême de la France* » selon les mots de son secrétaire général, le COMES a pour mission d'améliorer la connaissance des besoins industriels en métaux stratégiques, d'identifier les ressources les plus critiques, d'actualiser l'inventaire minier, de relancer la prospection minière, d'accélérer les projets de recyclage, d'accroître les efforts de recherche et de développement, notamment dans le sens de la substitution, et de développer une action de coopération internationale.

**Si vos Rapporteurs se réjouissent de voir un tel comité mis en place, ils ne peuvent néanmoins que s'interroger sur les ambitions affichées.** En effet, quels moyens financiers et techniques seront mis à disposition du COMES, et à travers lui du BRGM et de l'IFREMER, pour actualiser l'inventaire minier national, réalisé entre 1975 et 1992 ? De même, en l'état actuel de la législation minière, il ne semble pas pertinent de confier la responsabilité à cet organe de relancer la prospection minière. Vos Rapporteurs encourageraient plutôt le COMES à se tourner vers une actualisation de la législation minière.

Les premiers travaux du COMES s'affranchissent quelque peu de ces premières missions annoncées, ce qui semble plutôt positif. Le COMES a créé quatre groupes de travail.

Le premier groupe de travail est consacré à l'évaluation des besoins de l'économie française, afin de remédier à l'imprécision en ce domaine. D'abord, les statistiques douanières ne permettent pas d'avoir une connaissance fiable et précise de notre importation de métaux, sous forme brute ou de produits finis.

Ensuite, il convient de mener un travail sur la vulnérabilité cachée de nos entreprises nationales. Ainsi, les grands groupes n'ont pas forcément conscience de leur dépendance aux métaux, celle-ci ne touchant directement que les sous-traitants de rang 1 et 2.

Le deuxième groupe de travail s'attache aux conditions d'accès aux ressources primaires. Ainsi, le groupe de travail mène une réflexion en partenariat avec les acteurs français (Areva, Eramet) et européen (Umicore, Boliden).

Le troisième groupe de travail étudie les possibilités de recyclage, de récupération et de substitution. Une réflexion sur le soutien à la recherche et au développement est notamment menée.

Le quatrième groupe de travail se penche sur les aspects de coopération internationale et de diplomatie minière.

#### LES AUTRES INITIATIVES NATIONALES

L'Allemagne a annoncé la création fin 2010 d'une agence pour les matières premières : « *Rohstoffagentur* ».

Le Japon a créé le JOGMEC : *Japan Oil, Gas and Metal Corporation*, chargé d'assurer l'approvisionnement des industries japonaises en matières premières.

Les États-Unis ont lancé un processus d'identification des matières premières stratégiques et ont constitué des stocks de minéraux indispensables à leur industrie d'armement depuis 1939 (*National Defense Stockpile Center*). En 2010, les États-Unis ont proposé d'introduire des limites permanentes sur plus d'une vingtaine de marchés, dont ceux des métaux. Cette proposition, examinée par l'agence fédérale américaine chargée de la régulation du marché des matières premières <sup>(1)</sup> devrait entrer en vigueur en 2012.

---

(1) *Commodity Futures Trading Commission*.



## II.— ASSURER LE PRÉSENT : SÉCURISER LES APPROVISIONNEMENTS

Les progrès en direction d'une industrie plus économe des ressources naturelles seront forcément lents et délicats, qu'ils procèdent d'une prise de conscience collective ou d'une incitation législative. Entre-temps, il convient de se comporter selon les règles du commerce international et dans l'intérêt de l'économie française.

Dans un monde idéal respectant les conditions de la concurrence pure et parfaite<sup>(1)</sup>, les entreprises françaises et européennes se trouveraient dans une compétition juste et équilibrée avec leurs concurrentes pour l'accès aux matières premières, sous le regard neutre et objectif de l'État minier. La réalité diffère sensiblement. Les barrières à l'entrée existent pour les opérateurs miniers, les restrictions quantitatives et les chantages à l'exportation frappent les métallurgistes. L'activité d'extraction et de raffinage des métaux comme leur mise à disposition des industriels se déroule plus facilement avec le concours d'une puissance publique organisée, informée et stratège.

La France ne se présente pas dans les meilleures conditions pour prétendre à une position privilégiée dans le secteur métallurgique, si l'on considère que le raffinage des métaux découle naturellement de l'extraction du minerai. Pays au sous-sol réputé pauvre, à la réglementation environnementale drastique et aux coûts de travail élevés, elle cumule des handicaps que ne compensent que peu ses partenaires européens : les dotations du continent en ressources minérales sont en effet limitées ou, plus exactement, leur sollicitation depuis l'Antiquité les ont aujourd'hui épuisées. La France métropolitaine n'a plus aucune production minière métallique et l'Europe est très fortement déficitaire en minerais métalliques (en moyenne quelques pourcents de la production mondiale contre 20 à 30 % de la consommation).

Comment demeurer une puissance économique alors que toutes les matières premières dont l'industrie a besoin sont extraites en dehors de nos frontières ? Comment assurer les approvisionnements nécessaires au fonctionnement des usines quand la logique d'une transformation des matériaux sur site gagne en force et que les nations minières réclament, à bon droit et en toute légitimité, une part des revenus produits à partir de leur sol ?

La France et l'Europe disposent encore d'arguments à faire valoir dans la compétition internationale pour l'accès aux ressources rares. Il est encore temps

---

(1) Les cinq conditions formalisées par les économistes Kenneth Arrow et Gérard Debreu consistent en l'atomicité du marché, l'homogénéité des produits, la transparence du marché, la libre entrée et sortie, et enfin la libre circulation des facteurs de production.

d'accomplir le grand œuvre <sup>(1)</sup> et de toucher le pactole <sup>(2)</sup>, de prendre les initiatives nécessaires pour assurer les entreprises françaises de leurs approvisionnements dans les conditions du marché.

## A.— LES FAIBLES ATOUTS DU TERRITOIRE

Des dimensions géologiques, sociales et environnementales se combinent pour aboutir au constat d'une France de plus en plus fermée à l'industrie minière. Les mêmes facteurs sont à l'œuvre à l'échelle européenne, continent qui, à l'exception des régions périphériques pratiquement vierges de population, ne produit pratiquement rien de ce qu'il transforme.

### 1. Un espace métropolitain mal doté

#### *a) De faibles ressources déjà exploitées*

Si la plupart des régions de France ont accueilli une activité minière dans leur histoire, la plupart de ces activités ne concernaient pas l'extraction de minerais. Les principaux gisements étaient de nature énergétique. Les mines de charbon s'étendaient dans le Nord-Pas-de-Calais, en Lorraine, dans le Massif central, en Provence, dans le sud-ouest et autour de Saint-Étienne. Le gisement gazier de Lacq a contribué à l'essor industriel de la France pendant les Trente Glorieuses. Quant à l'extraction de l'uranium, elle était liée au choix nucléaire effectué au cours des années 1970. On mentionnera, pour mémoire, les différentes carrières qui produisent les matériaux de construction.

L'histoire nationale des mines métalliques ne comprend aucune industrie dont l'envergure fût comparable. Après la fermeture des mines de fer de Lorraine (1998), de potasse, d'or (2004), les infrastructures de production de fluorine du Tarn ont, à leur tour, disparu au milieu des années 2000. Ne subsistent en métropole que des mines de bauxite dont une petite exploitation à ciel ouvert subsiste à Villeveyrac (Hérault) dont le minerai n'est pas destiné à la production d'alumine. Les dernières mines réellement actives de l'Hexagone produisent du sel et des hydrocarbures, qui n'entrent pas dans le champ de la mission d'information.

#### *b) Des compétences menacées*

L'absence d'investissement et de réalisation dans un domaine technique entraîne inmanquablement une perte de savoir-faire préjudiciable <sup>(3)</sup>, notamment

---

(1) *Le grand œuvre est, en alchimie, la réalisation de la pierre philosophale susceptible de transmuter les métaux (et notamment de changer le plomb en or), de guérir tous les maux, et d'apporter l'immortalité.*

(2) *Le Pactole était un fleuve du royaume de Lydie, réputé pour charrier des paillettes d'or. Le souverain, Crésus, tirait sa richesse de ses sables aurifères. Le gisement s'est épuisé dès le I<sup>er</sup> siècle.*

(3) *Lors de son audition, le représentant d'Areva a indiqué que la diversification de la société dans la production aurifère avait pour but premier de maintenir la compétence technique des géologues lorsque les cours de l'uranium étaient si bas qu'ils ne permettaient pas d'ouvrir de nouveaux gisements.*

en cas de relance de l'activité. Les budgets revus à la baisse appauvrissent les compétences du BRGM et de l'IFREMER. La Suède et la Finlande sont les seuls pays européens qui aient consenti des dépenses significatives dans la prospection géologique ces dernières années – les seuls aussi, il est vrai, à envisager de nouvelles exploitations.

La France dispose d'une compétence géologique internationalement reconnue dans le domaine minier, avec un millier de chercheurs, un millier d'ingénieurs et cinq cents doctorants. La diminution des incitations à la recherche a cependant conduit un certain nombre d'entre eux à s'orienter vers des domaines plus porteurs, si bien qu'on peut estimer à six cents le nombre de personnes aujourd'hui actives dans le secteur de la minéralogie.

## 2. Des conditions économiques non compétitives

Les quelques gisements français identifiés par le BRGM présentent des concentrations que les prix élevés des matières premières pourraient porter au seuil de rentabilité. Néanmoins, la faible concentration des minerais imposerait de supporter des coûts importants. Un économiste de Rio Tinto a montré qu'entre le début de 2003 et la fin de 2007, l'indice des coûts d'exploitation de l'or a augmenté de 100 %, et celui du cuivre de 180 %. Ce coût devrait continuer à croître, car les mines du futur seront de plus en plus souterraines – *a fortiori* si elles se trouvent localisées dans des pays développés.

À ce désavantage géologique s'ajoutent les conditions de travail dans un pays démocratique développé, bien plus favorables pour les mineurs que celles qui peuvent régner dans un pays en développement ou sous l'empire d'un gouvernement autoritaire. On soulignera également l'impact du système ETS de quotas d'émissions de gaz à effet de serre, auquel les installations minières sont assujetties <sup>(1)</sup>.

Une autre question se pose quant à la poursuite de l'activité minière dans un contexte général de lutte contre le changement climatique : sa consommation d'énergie. Aujourd'hui, **entre 8 et 10 % de l'énergie primaire mondiale est consacrée à l'extraction et au raffinage des ressources métalliques**, principalement pour la production de l'acier et de l'aluminium.

Or les hommes ont toujours commencé par exploiter les ressources les plus riches et les plus facilement accessibles. Après les métaux natifs, la métallurgie s'est emparée du minerai fortement concentré. En toute logique, les

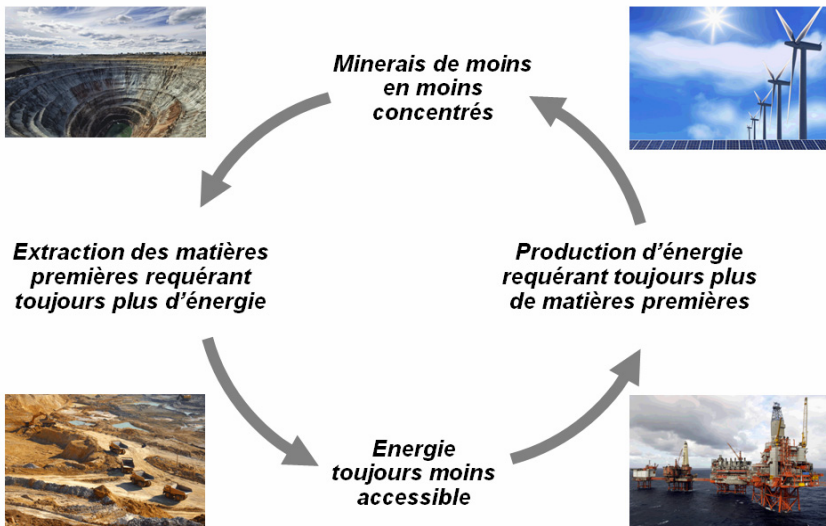
---

(1) Ce système témoigne du volontarisme de l'Union européenne dans sa lutte contre le changement climatique, mais il n'est pas exempt d'effets pervers. Les mines européennes en supportent le surcoût alors qu'elles comptent parmi les plus respectueuses de l'environnement au monde, tandis que les exploitations excessivement polluantes des pays émergents, qui y échappent, bénéficient ainsi d'un surcroît de compétitivité. L'instauration d'un mécanisme d'inclusion carbone aux frontières de l'Europe permettrait de rééquilibrer la compétition commerciale. Pour plus d'information sur cette question des « fuites de carbone », on consultera le rapport n° 2638 remis à la commission du développement durable le 18 juin 2010 par les députés François-Michel Gonnot et Philippe Martin.

filons exploités aujourd’hui sont de plus en plus pauvres, et il faut traiter toujours plus de matière pour obtenir une quantité donnée de métal. La dépense énergétique augmente donc de façon inversement proportionnelle à la concentration. À partir d’un plancher de concentration, la rentabilité économique d’une mine disparaît. Les conditions d’exploitation agissent pareillement. Le stock de métaux sur la planète est virtuellement inépuisable, mais il faudrait courir de trop grands risques et consommer une trop importante quantité d’énergie à cette fin, par exemple, en lançant une exploitation minière des terres australes et antarctiques françaises ou en filtrant les ions dissous dans l’eau de mer.

Comme l’indique le schéma ci-dessous, il semble ainsi exister une relation entre l’énergie et les métaux. Il faut plus d’énergie pour une quantité donnée de métaux, tandis que cette production d’énergie requiert, à son tour, des équipements toujours plus consommateurs de métaux. **Un vingtième de l’acier mondial est employé dans le secteur pétrogazier.** Les turbines et les coques des réacteurs nucléaires sont construites à partir de superalliages qui incluent des métaux stratégiques. Et les sources renouvelables, loin de compenser cette boulimie métallique, consomment davantage encore<sup>(1)</sup>. Elles suscitent également des besoins en matériaux rares jusque-là ignorés : super-aimants au néodyme pour les éoliennes, tellure ou indium pour les couches minces photovoltaïques.

## Energie et métaux... le cercle vicieux



Source : Ph. Bihouix et B. de Guillebon

(1) Un éolienne d’une puissance égale à 1 MW consomme dix fois plus d’acier et de béton par kWh produit qu’une centrale thermique, et elle contient quelques trois tonnes de cuivre.



### 3. Une contrainte environnementale d'importance

Les considérations économiques débouchent sur des préoccupations environnementales. Alors que les nouvelles technologies qui équipent désormais les biens de consommation les plus courants permettent de réduire peu à peu leur consommation énergétique, ce gain n'est-il pas anéanti par les dépenses initialement consenties pour l'extraction des matières premières qui leur permettent de fonctionner ? Est-il écologiquement raisonnable d'inclure du platine dans les pots catalytiques d'automobiles bourrées par ailleurs d'électronique et, donc, de semi-conducteurs ?

#### *a) Une activité très polluante*

L'image de la mine de charbon décrite par Émile Zola dans *Germinal* n'est plus d'actualité. Vos Rapporteurs ont pu le constater lors de leur visite de la mine souterraine opérée par la société Boliden à Skellefteå (Suède) et de la mine à ciel ouvert exploitée par l'entreprise Vale à Carajás (Brésil). Les précautions mises en œuvre semblent de nature à limiter les impacts, même s'il est plus facile de respecter un paysage qui, tant dans le Grand Nord que dans l'Amazonie, n'accueille qu'une faible population animée d'un esprit de pionnier.

Dans toute la chaîne de production métallurgique, c'est l'exploitation minière qui occasionne le plus de dégâts environnementaux. L'extraction nécessite une déforestation du terrain, la perte de surfaces agricoles et la disparition de la faune et de la flore<sup>(1)</sup>. Le fonctionnement des installations exige aussi une grande quantité d'eau, ce qui peut provoquer un assèchement des nappes phréatiques<sup>(2)</sup>. Les métaux mis au jour peuvent contaminer les eaux de façon dramatique, dans la mesure où leurs propriétés rendent une dépollution extrêmement délicate.

Les mines à ciel ouvert génèrent une pollution sonore importante du fait des explosifs employés pour creuser la roche<sup>(3)</sup>, doublée d'une libération de poussières dans l'atmosphère qui peuvent incommoder les cités environnantes. Certaines techniques minières reposent sur l'utilisation de solutions chimiques particulièrement agressives – mercure, cyanure, acides – qui peuvent à leur tour aboutir dans le système hydrologique.

Enfin, l'arrêt de l'activité minière n'équivaut pas à l'arrêt de la pollution. La roche initialement compacte a été fracturée durant les opérations d'extraction, ce qui accroît les interactions des minéraux avec l'eau et l'air environnants. Pour les minerais contenant des sulfures, il en résulte une production d'acide sulfurique

---

(1) Vos Rapporteurs ont pu constater combien la situation géographique et climatique atténue l'impact sur l'environnement. En Amazonie, la végétation proliférante aurait tôt fait de reprendre les sites défrichés s'ils n'étaient régulièrement entretenus. De plus, l'immensité du territoire a permis à l'entreprise Vale de préserver les espèces animales dans un petit zoo situé à proximité immédiate de la mine de Carajás.

(2) La mine d'or de Sadiola, au Mali, a pompé en une année 5,6 millions de mètres cubes d'eau, soit la consommation annuelle de 800 000 personnes.

(3) A San Pedro, au Mexique, la mine emploie chaque jour 25 tonnes d'explosifs.

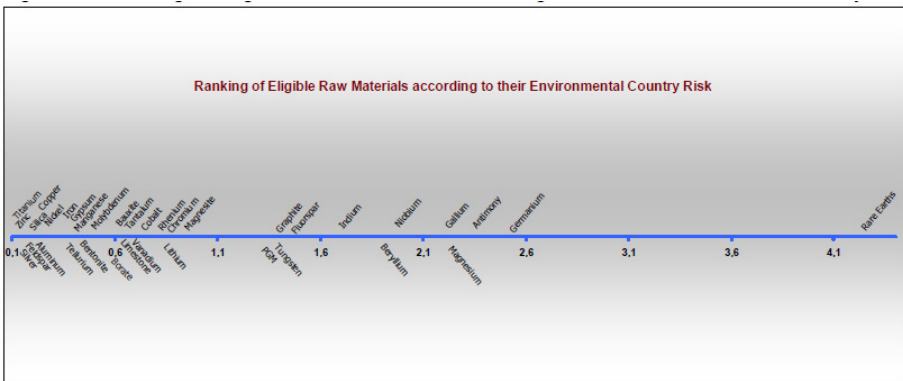
et un « drainage acide », c'est-à-dire un écoulement d'acide accompagné de métaux solubilisés. L'impact sur l'écosystème est évidemment dévastateur.

Les accidents les plus graves proviennent pour l'essentiel d'installations anciennes. Les sites observés par vos Rapporteurs, malgré leur gigantisme – Carajás est la plus grande mine de fer au monde et la seconde tous métaux confondus, la mine de Boliden visitée est la plus profonde d'Europe – fonctionnent dans de bonnes conditions de sécurité. Il n'en demeure pas moins que, de toutes les activités industrielles, l'extraction minière a l'un des impacts les plus négatifs sur l'environnement.

L'Organisation mondiale du commerce reconnaît d'ailleurs le droit souverain de chaque État de réguler, limiter ou prohiber l'exploitation de ses ressources naturelles. L'article XX de l'Accord général sur les tarifs douaniers stipule ainsi : « *Sous réserve que ces mesures ne soient pas appliquées de façon à constituer soit un moyen de discrimination arbitraire ou injustifiable entre les pays où les mêmes conditions existent, soit une restriction déguisée au commerce international, rien dans le présent Accord ne sera interprété comme empêchant l'adoption ou l'application par toute partie contractante des mesures (...) nécessaires à la protection de la santé et de la vie des personnes et des animaux ou à la préservation des végétaux [ou] se rapportant à la conservation des ressources naturelles épuisables, si de telles mesures sont appliquées conjointement avec des restrictions à la production ou à la consommation nationales.* » Il est donc parfaitement loisible à un gouvernement d'apporter une limitation drastique à l'extraction minière s'il poursuit un objectif de protection de l'environnement ou, sans justification, s'il applique ces mesures aussi bien aux investisseurs étrangers qu'à ses propres entreprises.

L'Union européenne a établi un classement des matières premières susceptible d'encourir un risque environnemental, c'est-à-dire une réduction de l'offre justifiée par la protection de l'environnement.

### Classement des matières premières en fonction du risque environnemental



Source : Commission européenne

Sans surprise, ce classement souligne le caractère extrêmement polluant de la production des terres rares, ce qui avait justifié la fermeture des mines dans les pays occidentaux à la fin du XX<sup>e</sup> siècle. Toutefois, cette analyse ne bouleverse pas l'identification des matières premières critiques dans la mesure où les éléments facteurs de risque environnemental sont aussi ceux dont les marchés fonctionnent imparfaitement. On a également vu, par ailleurs, que cet argumentaire n'avait pas permis à la Chine de convaincre l'Organisation mondiale du commerce du bien-fondé de la réduction de ses exportations.

### ***b) Une acceptabilité sociale disparue***

Plus que la faiblesse des ressources naturelles, c'est probablement la mauvaise image de l'activité minière parmi les populations qui conduit à écarter la relance d'une industrie d'extraction en France.

L'actualité récente de la commission du développement durable a livré un exemple patent de cette hostilité qui imprègne les territoires, leurs habitants et leurs élus. La découverte d'importantes ressources d'hydrocarbures de schiste dans le bassin parisien et dans le sud-est de la France offrait une opportunité de développement économique en contrepartie de sacrifices environnementaux majeurs. Sur le terrain, les populations concernées ont fait montre d'une opposition sans faille, relayée par leurs élus jusqu'à l'Assemblée nationale.

La France est devenue, à l'été 2011, la première nation au monde à interdire la technique minière de la fracturation hydraulique, pourtant pratiquée communément par l'industrie pétrogazière. À l'automne, le Gouvernement a décidé l'abrogation de trois permis exclusifs de recherches dont la logique économique était conditionnée à l'emploi de cette technique. Depuis, les manifestations n'ont pas cessé pour réclamer l'abrogation de tous les permis, bien que leurs détenteurs aient affirmé n'envisager qu'une exploitation sur la base de techniques traditionnelles.

Il semble que la transition énergétique en cours vers les sources alternatives et renouvelables diminue l'acceptabilité des populations, laissant penser que le recours aux énergies fossiles appartient au passé. C'est sans doute plus probable à long terme qu'à brève échéance. Surtout, on a vu que l'utilisation de l'énergie du vent ou du soleil repose sur l'emploi de métaux rares dont l'extraction consomme énormément d'énergie et, du surcroît et du fait de l'activité minière, principalement du pétrole.

Quoi qu'il en soit, il est exclu de contester aux populations le droit de protéger leur cadre de vie, fût-ce au prix du développement industriel de leur territoire. Plus qu'un principe démocratique, il s'agit d'une exigence juridique depuis que le Conseil constitutionnel a indiqué que les décisions relatives à l'environnement ne pouvaient être admises en l'absence de consultation locale <sup>(1)</sup>.

---

(1) *Décision n° 2011-183/184 QPC du 14 octobre 2011.*

#### 4. Une coopération européenne forcément limitée

Au-delà du seul horizon national, la construction européenne a institué le Marché commun dont les principes garantissent la libre circulation des marchandises à l'intérieur des frontières de l'Union européenne. Il suffirait donc que quelques États membres disposent de ressources naturelles pour alimenter les industries de ceux qui en sont dépourvus. En réalité, la coopération européenne sur les matières premières non énergétiques semble embryonnaire <sup>(1)</sup>, le sujet n'ayant émergé que très récemment sur les agendas.

Pour sa plus grande part, le sol européen est comparable au sol français : densément occupé de longue date par des civilisations techniquement avancées, il a fait l'objet de maintes exploitations qui ont épuisé de longue date ses filons les plus prometteurs. À l'époque romaine, l'Espagne regorgeait d'or, le Rhône de cuivre et l'Angleterre d'étain ; ce temps est révolu. Il ne subsiste désormais sur le sol européen que des productions limitées incapables de satisfaire la demande des industries de transformation.

##### **Une très forte dépendance aux importations**

Antimoine	100 %	Or	96%
Beryllium	100 %	Uranium	94 %
Bore	100%	Chrome	94 %
Cobalt	100 %	Phosphate	93 %
Molybdène	100 %	Aluminium	86 %
Niobium	100 %	Fer	82 %
Platinoïdes	100 %	Zinc	82 %
Terres Rares	100 %	Nickel	74 %
Rhénium	100 %	Cuivre	65 %
Tantale	100 %	Plomb	56 %
Etain	100 %	Tungstène	48 %
Titane	100 %		
Vanadium	100 %		

Sources : the European Minerals Yearbook (1997),  
World Mining and Metals Yearbook (2007)

La production de métaux traditionnels (fer, cuivre, plomb, aluminium) est la mieux assurée. Elle correspond, en moyenne, à un cinquième des besoins de l'économie.

En revanche, la disponibilité des métaux rares nécessaires aux applications de haute technologie s'avère tout à fait limitée. L'Europe est ici tributaire de ses partenaires étrangers quant à son approvisionnement.

Ces chiffres ne doivent cependant pas susciter un effroi irraisonné. La vocation de l'Europe n'a jamais été l'autarcie, et cette dépendance ne génère pas de difficulté dès lors que la fiabilité des partenaires est avérée.

Pour faiblement dotée qu'elle soit, l'Europe doit mettre ses atouts en valeur. Vos Rapporteurs se sont rendus dans un pays minier de l'Union européenne, la Suède, pour comprendre sa stratégie commerciale et ses attentes

(1) Ceci ne signifie pas une absence totale d'expérience. Les politiques engagées pour l'approvisionnement du continent en gaz naturel, dans le cadre de la « géopolitique des tubes », fournissent un référentiel utile quant aux mesures à édicter et aux erreurs à ne pas reproduire..

envers les autres États membres. Il en ressort une volonté affirmée de travailler ensemble et de soulager la contrainte extérieure, qui n'est conditionnée qu'à l'engagement d'investisseurs privés pour renforcer la compétitivité de la production locale face aux minerais extraits à l'étranger. Fait remarquable : sur 241 demandes de permis de prospection géologique en Suède en 2009, environ la moitié provenaient d'entreprises étrangères.

### LA RELANCE MINIÈRE EN SUÈDE

Le Gouvernement suédois a demandé à l'Institut suédois de recherche géologique (SGU) d'établir un projet de « *nouvelle stratégie nationale pour le développement du secteur minier* » pour le printemps 2011. Le 31 mars 2011, SGU a remis un rapport définissant les grands axes de cette nouvelle stratégie, qui pourrait constituer prochainement la base d'un projet de loi. Les conclusions de ce rapport, qui n'avaient pas été endossées par le Gouvernement lors du déplacement de la mission d'information à l'été, sont les suivantes :

- SGU recommande la création d'un programme de recherche pour « l'extraction minière future », pour la compétitivité du secteur minier suédois afin de moderniser les techniques d'extraction et soutenir l'innovation pour les gisements profonds (1 500 à 2 000 mètres).

- Le programme visera à améliorer l'efficacité des procédés industriels et la sécurité sur les lieux d'extraction, ainsi qu'à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de 30 %. Le programme sera financé conjointement par l'Agence suédoise de protection de l'environnement, l'Agence suédoise pour l'Innovation, SGU et l'industrie.

- 15 nouveaux sites d'exploitation minière seront en activité en Suède d'ici dix ans selon SGU, ce qui correspond à un doublement du nombre de mines. SGU œuvre également pour simplifier les procédures pour les nouvelles exploitations, notamment en matière de législation environnementale, par la création d'un tribunal du secteur minier pour permettre l'obtention accélérée des permis.

- SGU recommande des soutiens financiers supplémentaires pour la cartographie et l'exploration géologique, en particulier pour la collecte d'information sur les gisements profonds en coopération avec la Norvège et la Finlande. SGU propose d'allouer un financement de 10,5 millions d'euros sur une période de quatre ans pour renforcer les programmes d'exploration géologique et la cartographie dans la région de Barents.

- SGU recommande la création du programme de recherche *MinBaS Innov*. Sur la période 2007-2011, l'État suédois a soutenu le programme de recherche *MinBaS II* à hauteur de 2,7 millions d'euros, l'industrie minière à hauteur de 3 millions d'euros. Le nouveau programme *MinBaS Innov* devra permettre, durant les quatre prochaines années, des avancées sur l'exploitation des gisements profonds et sur l'extraction des métaux stratégiques, dont les terres rares.

- SGU souhaite soutenir le développement des compétences et de la formation sur les techniques minières. Il appuie l'introduction de l'enseignement de la géologie dès l'enseignement secondaire et le renforcement des programmes universitaires.

- SGU propose de poursuivre les efforts pour développer les infrastructures, notamment pour l'acheminement dans le nord de la Suède. Le Gouvernement a demandé à l'Agence suédoise des Transports de mettre en place un comité pour soutenir le fret minier (projet de double voie ferrée entre Luleå et Narvik). Les conclusions de l'Agence suédoise des Transports sont attendues pour décembre. Des financements européens pourraient être sollicités.

Pour mieux organiser leurs approvisionnements, les entreprises d'Allemagne se sont constituées en centrales d'achat de fait. C'est le patronat qui assure la liaison entre les intérêts industriels et la sphère politique.

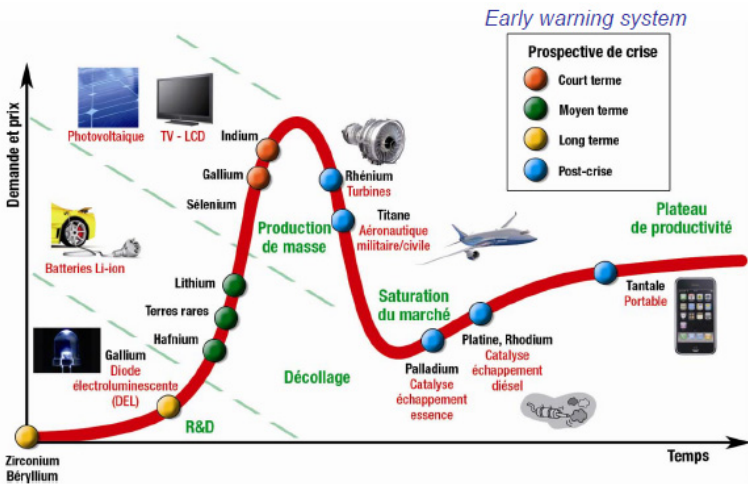
La coopération continentale en matière minière apparaît extrêmement restreinte. Il ne serait pourtant pas illogique que l'Union européenne se saisisse de ce sujet, notamment dans le secteur des transports, pour permettre aux productions métalliques du nord de rallier les espaces plus méridionaux dans les meilleures conditions.

### **Proposition**

**Inviter la Commission européenne à s'investir dans le secteur minier.**

## **B. LA NÉCESSITÉ D'UNE STRATÉGIE D'ENSEMBLE**

L'industrie minière mondiale subit une concentration de plus en plus forte au fur et à mesure qu'augmentent coûts et risques. L'influence des pays occidentaux sur les marchés mondiaux se réduit au fur et à mesure de la montée en puissance de géants industriels issus des pays émergents. Une veille prospective efficace permet généralement d'anticiper les fortes variations de marché en fonction de la phase de production dans laquelle se trouvent les biens les plus consommateurs du métal en question.



**Les crises de la demande sont prévisibles, importance de la veille prospective**

brgm

Si les premiers travaux menés par la direction générale de l'Entreprise de la Commission européenne ont permis d'identifier les matériaux stratégiques parmi lesquels 17 terres rares, 6 platinoïdes et 12 métaux, beaucoup reste à

accomplir. Il est indispensable de dresser une cartographie exhaustive des matières premières stratégiques pour lesquelles des problèmes de disponibilité ne manqueront pas de se poser à court ou moyen terme, puis de la confronter aux besoins des filières industrielles nationales – et non au simple niveau de l'entreprise, qui ne dispose pas des connaissances suffisantes pour analyser en toute rigueur les difficultés d'approvisionnement en amont et en aval de sa position sur la chaîne de valeur.

### **1. Une fausse bonne idée : les stocks stratégiques**

Les stocks stratégiques de métaux ont existé en France par le passé, durant la Guerre froide, dans le but d'assurer aux industries de défense les matières premières nécessaires à la confection d'armes en cas de conflagration. Lorsque le conflit s'est achevé sur l'effondrement du bloc de l'Est face aux principes libéraux portés par l'Occident, ces réserves de précaution sont devenues doublement inutiles : d'abord parce que l'ennemi avait disparu, ensuite parce que la foi dans le marché libre postulait une circulation sans entrave des marchandises dans un monde globalisé. Constitués dans les années 1970, les stocks stratégiques ont été dispersés dans les années 1990. Cette attitude générale, constatée des deux côtés de l'ancien Rideau de fer, a provoqué un surplus d'offre et, par conséquent, une baisse sensible du prix des métaux.

Dans les années 2000, le décollage économique de l'Asie a conduit certaines puissances à reprendre une politique de stockage préventif. Le Japon a constitué une structure dédiée, le *Japanese Oil, Gas and Metals National Cooperation* (JOGMEC), qui détient la compétence de gestion des réserves économiques de métaux rares en liaison avec les entreprises privées. Sept métaux stratégiques ont été déterminés : le chrome, le cobalt, le manganèse, le molybdène, le nickel, le tungstène et le vanadium. La Corée du Sud s'est dotée d'un organisme similaire.

Les États-Unis disposent toujours d'un *Defense National Stockpile* (DNS) dont la mission consiste à acquérir et à conserver des matières premières pour parer à des situations d'urgence nationale. Son fonctionnement est durement critiqué, en 2007, par un rapport des académies américaines des sciences et des technologies. Ce dernier révèle que les métaux entreposés n'ont pas évolué depuis des années, sans considération de l'extension de la palette du métallurgiste. Le rapport conclut sur l'impérieuse nécessité de déterminer quels sont les éléments aujourd'hui stratégiques pour la défense et l'économie américaines, au lieu d'accumuler des stocks de matériaux communs dont l'importance avait drastiquement décliné avec le temps. Le fonctionnement du DNS a été révisé en 2008.

La présence de la Chine, grand producteur de métaux, parmi les nations qui mettent en œuvre une politique de stockage peut surprendre l'observateur. En réalité, Pékin poursuit des objectifs très différents : s'il s'agit officiellement d'alimenter des réserves pour réaliser des objectifs de production, l'annonce d'un

achat massif de métal par les autorités chinoises provoque immédiatement une flambée des cours boursiers dont profitent les entreprises chinoises productrices.

**Une politique de stockage : trois pays asiatiques et six métaux**

2009		Cobalt (Co)	Ferro - Vanadium	Molybdène (Mo)	Indium (In)	Gallium (Ga)	Lithium (Li)
<b>Japon</b> (Via Jogmeo)	Couverture pour 42 jours de conso	130 t en 2009	319t en 2009 (en V contenu)	60t en 2009 (Mo contenu)	1 t en 2009 total : 60-80t	0,5 t en 2009	
<b>Corée du Sud *</b> (Via Public Procurement Service ou PPS)	La couverture passera à <u>60 jours de conso en 2012</u> , (contre 40 actuel) <i>Achat de métaux rares x 6 en 2009</i>		200t en 2009		5 t de Korea Zinc		80 t en 2009
<b>Chine</b> (Via le Strategic Reserve Board ou SRB)	Achats en soutien aux producteurs affectés par la crise.				30 t Huludao		

\* Corée du Sud : 259 M\$ pour technologie visant à l'autosuffisance en métaux rares en 2018 (lithium et magnésium)

brgm

En France, le Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies (CGIET) a publié, en 2010, un rapport sur les stocks stratégiques de matières premières minérales non combustibles. Ce document souligne en premier lieu que la France a perdu son influence dans les matières premières en même temps que ses champions nationaux du secteur (Peñarroya, Péchiney ou encore le Comptoir Lyon-Alemand, Louyot et C<sup>ie</sup>). Il critique ensuite la mauvaise connaissance de ses propres faiblesses qui caractérise l'industrie française, trop souvent convaincue qu'une clause pénale suffit à garantir l'exécution d'un contrat.

Quant à la question des stocks proprement dite, le rapport s'inscrit dans la foulée de la réflexion américaine précédemment exposée : rien ne sert de stocker tant que les entreprises et les filières industrielles n'ont pas identifié les métaux critiques qui pourraient mettre leur activité en péril. Il conclut sur la possibilité, pour l'État, de susciter cette démarche à travers un « comité de surveillance des matières critiques ». Chacun aura reconnu une des missions du COMES créé quelques mois plus tard, et à laquelle s'attache son premier groupe de travail.

Vos Rapporteurs ne sont pas convaincus de l'opportunité de la constitution de stocks de métaux sur le modèle des réserves stratégiques de pétrole. Rien ne permet à la puissance publique d'établir leur composition adéquate et moins encore leur volume idéal. De plus, si la défaillance de l'offre est durable, quelques semaines de provisions ne protègent en rien l'économie ; *a contrario*, localisée dans le temps et l'espace, elle est substituable par le marché. Enfin et surtout, il ne revient pas aux pouvoirs publics d'établir des réserves de matières premières destinées à l'activité privée : les contraintes budgétaires actuelles ne permettent pas de se substituer à l'industrie dans ses responsabilités.



### **Proposition**

**Signifier aux entreprises qu'il leur revient de s'organiser, à l'échelle de la filière, pour prévenir une éventuelle pénurie de métaux par la constitution de provisions, par la recherche de fournisseurs alternatifs, ou par tout autre moyen qu'elles jugeront adéquat.**

## **2. Prôner un commerce international libre et non faussé**

Le Gouvernement chinois, dont le Premier ministre est un géologue spécialiste des ressources minérales, mène une politique particulièrement agressive dans le secteur des matières premières. Il dispose à cette fin d'une puissance politique conférée par la forme centralisée de l'État, et de colossales réserves de change (3 400 milliards de dollars à la fin de l'année 2009).

### **LE CAS RIO TINTO ILLUSTRE LES ENJEUX GÉOPOLITIQUES DES MÉTAUX**

En juillet 2009, le gouvernement chinois a arrêté quatre cadres de la multinationale anglo-australienne Rio Tinto, un des trios grands producteurs mondiaux de fer. Ces cadres sont accusés d'espionnage industriel chez les sidérurgistes chinois.

Cette arrestation se déroule alors que se tient la négociation annuelle sur le prix du fer dont la Chine a terriblement besoin et que le projet de prise de participation par la Chine au capital de Rio Tinto envisagée pour protéger l'entreprise de l'offre publique d'achat hostile d'un autre important fournisseur (BHP) est dénoncée. Or, dans la discussion avec les trois principaux producteurs de minerai de fer (qui représentent 70 % de la production), la Chine n'a pas obtenu la baisse de tarif qu'elle demandait (alors qu'elle avait subi une hausse de 70 % en 2008). En effet, alors que le dirigeant de l'association des sidérurgistes chinois demandait 40 % de réduction, les principaux producteurs proposaient les 33 % obtenus par les Japonais.

Rappelons que les discussions pour que l'industriel chinois Chinalco rentre à hauteur de 18 % dans le capital de Rio Tinto auraient sans doute permis à la Chine d'être en position plus favorable dans la négociation annuelle sur le prix du fer. Or, quand en juin 2009, Rio Tinto a rompu les accords avec Chinalco, les rapports entre les deux parties ont été brusquement modifiés.

Les cadres de Rio Tinto ont-ils profité de la période de négociation avec Chinalco pour collecter des données considérées comme confidentielles sur la sidérurgie chinoise ?

Cet exemple illustre la complexité des relations contractuelles dans des périodes de fortes variations de prix, une production de métaux assurée par un oligopole, et un client ayant une économie très contrôlée politiquement.

*Source : Ph. Bihoux et B. de Guillebon*

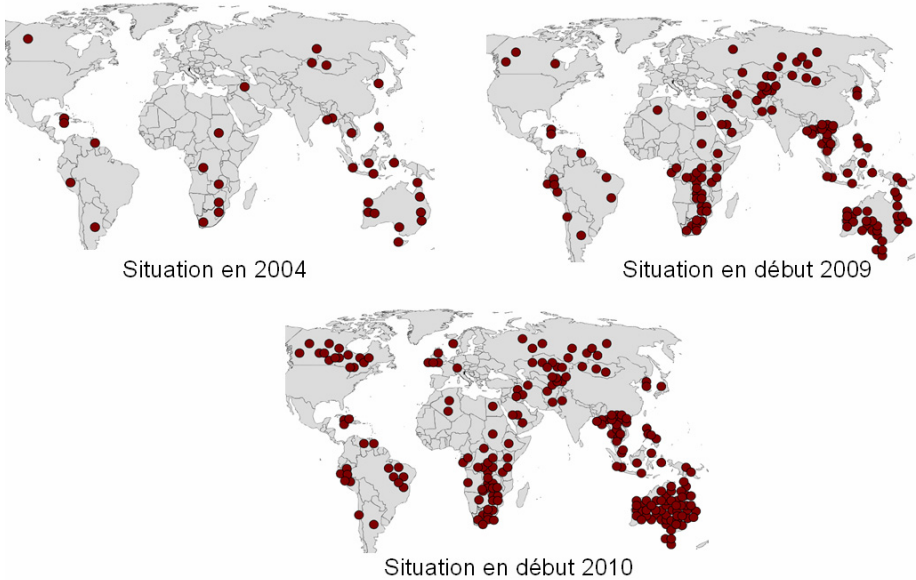
Cet activisme n'est ni sans soulever des interrogations ni sans susciter parfois des réactions irritées. La brusque restriction des exportations de minerais chinois en 2008 et la condamnation subséquente par l'organe de règlement des différends de l'Organisation mondiale du commerce ont déjà été évoquées.

La carte ci-dessous fait apparaître la progression rapide et tous azimuts de la présence chinoise dans l'industrie minérale mondiale. Les trois-quarts des investissements chinois en Afrique ont été à destination des pays riches en

matières premières. Certes, cette proportion atteint 85 % dans les pays membres de l'OCDE, mais le poids d'une histoire commune explique fortement les intérêts européens sur le continent africain.

### Prises de participations chinoises dans l'industrie minière mondiale

(D'après Van der Wath, Bateman Beijing Axis, « China and Africa: A Global Natural Resources Alliance? »)



Source : BRGM

En République démocratique du Congo, la Chine s'est engagée en 2007 à investir 6,3 milliards d'euros, deux tiers de la somme étant consacrés aux infrastructures et le tiers restant à la relance du secteur minier. En contrepartie, le Gouvernement congolais a promis l'accès à 10 millions de tonnes de cuivre, 200 000 tonnes de cobalt et 372 tonnes d'or.

Toutefois, il semble que les populations africaines s'irritent de plus en plus de voir travailler sur leur sol des entreprises étrangères employant exclusivement des ouvriers étrangers, sans association de la population locale.

Vos Rapporteurs ont profité de leur déplacement au Brésil pour approfondir leur connaissance sur le commerce du niobium. Ce métal est intéressant puisque sa production constitue un quasi-monopole du Brésil et de la société CBMM.

## CBMM

Dédiée exclusivement à l'extraction, au raffinage et à la commercialisation de produits composés de niobium, la *Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração* (CBMM) détient 82 % du marché mondial de ce minerai, avec un chiffre d'affaires de 2,9 milliards de réaux en 2010.

Les deux mines d'Araxá, dans l'État brésilien de Minas Gérais, assurent 75 % du volume de la production mondiale de niobium. Les principaux concurrents de la CBMM sont le canadien Lamgold et le russe Severstal, qui produisent respectivement 10 % et 1 % du niobium mondial. Cet élément est utilisé pour rendre l'acier plus résistant et, en même temps, plus souple.

En 2010, le Brésil a produit 80 mil tonnes de niobium sur un total mondial de 83 mil tonnes (96 %). Les principaux clients se trouvent en Chine (30 %), en Europe (27 %), au Japon (12 %) et en Corée du Sud (6 %). Le Brésil consomme 5 % de la production.

Fondée en 1955, la CBMM est une entreprise à capital fermé, détenue par le groupe brésilien Moreira Salles. Le 3 mars 2011, un consortium asiatique a acheté 15 % de l'entreprise. Il est composé de deux entreprises sud-coréennes, de quatre entreprises japonaises et de l'agence de financement du gouvernement japonais Sojitz. Le 1<sup>er</sup> septembre, trois entreprises chinoises ont, à leur tour, conjointement acquis 15 % de la CBMM.

**Sous le contrôle de son actionnaire historique, l'entreprise a toujours satisfait la demande internationale de niobium. Ses dirigeants ont assuré que leur stratégie commerciale resterait la même. En tout état de cause, il eût été préférable qu'un opérateur de l'Union européenne s'assure également d'une participation dans la société pour mieux sécuriser les approvisionnements continentaux.**

Le Brésil apparaît comme un modèle d'intégration au commerce international. Volontaire pour accueillir des investissements étrangers et pour octroyer des concessions minières, il constitue un partenaire fiable dans les relations économiques <sup>(1)</sup>. Un **Plan National Minier** <sup>(2)</sup> publié en novembre 2010 détaille les politiques publiques et la planification des actions gouvernementales dans les domaines de la géologie, des mines et de la transformation minière à horizon 2030. Son code minier – par ailleurs en cours de réforme – ne discrimine aucunement les opérateurs étrangers du moment qu'ils sont établis sur le territoire <sup>(3)</sup>.

### **Proposition**

**Prôner un commerce libre et non faussé des matières premières et ne pas hésiter à porter une action contentieuse devant l'OMC en présence de mesures protectionnistes.**

**Inciter les entreprises à commercer préférentiellement avec les États qui acceptent les règles de l'économie de marché.**

---

(1) La seule limite que pose le droit brésilien en termes de prospection minière concerne l'uranium, qui ne peut être exploité que par la puissance publique.

(2) *Plano Nacional de Mineração*

(3) La France bénéficie d'une bonne image dans le secteur minier brésilien, Rhône Poulenc (Rhodia) ayant longtemps exploité le gisement d'étain de Pitanga et ses sous-produits terres rares.

### **3. Accompagner les acteurs européens d'excellence**

Une des fonctions du COMES consiste à collecter les informations qui font défaut à l'industrie française dans sa préparation à une éventuelle pénurie de matières premières. La puissance publique détient en effet toute légitimité pour préparer les acteurs industriels de façon à éviter une défaillance de leurs fournisseurs, défaillance qui pénaliserait l'économie nationale.

Les entreprises agissent déjà pour sécuriser leurs approvisionnements. Les matières premières stratégiques font l'objet de contrats de long terme afin d'éviter les variations de politique commerciale des opérateurs privés et des États partenaires. Cependant, si les fournitures immédiates sont assurées, il en va rarement de même de l'ensemble de la chaîne de valeur. Or les engagements d'un fournisseur n'engagent pas ses propres fournisseurs et si, en amont du processus de fabrication, l'un d'eux venait à faire défaut, l'opérateur final se trouverait dans l'impossibilité de poursuivre sa production.

Un recensement des filières stratégiques s'impose pour vérifier la solidité et la cohérence de chaque maillon de la chaîne de fabrication. C'est tout au long de celle-ci que les matières premières nécessaires doivent être disponibles et, surtout, que la probabilité d'une difficulté d'approvisionnement soit communiquée pour laisser aux opérateurs en aval la chance de rechercher une source alternative.

En outre, il est bon que les choix stratégiques des entreprises fassent l'objet d'une consultation auprès des pouvoirs publics afin d'enclencher une démarche d'accompagnement. L'Agence des participations de l'État (APE) a récemment pris un siège au conseil d'administration d'Eramet. Au Japon, le JOGMEC, précédemment cité, souscrit des participations dans de petites entreprises de prospection : en cas de succès, les concessions obtenues alimentent l'industrie nipponne en matières premières.

Par ailleurs, une concentration européenne peut faire émerger des entreprises d'envergure mondiale, armées pour se confronter à la compétition internationale. Dès lors que les fusions s'opèrent dans la recherche des bénéfices mutuels et dans le respect des acquis des salariés, il y a lieu de les encourager. L'offre publique d'achat amicale lancée, au printemps 2011, par Solvay sur Rhodia correspond à un volet industriel de la construction européenne.

#### **Proposition**

**Lancer, aux niveaux européen et français, des travaux de recensement des matières premières dont la problématique d'accès présente ou future déterminera les actions à entreprendre aussi bien par les industriels que par les pouvoirs publics.**

**Faciliter le dialogue entre l'État et les grands acteurs industriels pour sécuriser autant que possible les contrats d'approvisionnement et la définition des partenariats commerciaux stratégiques.**

**Créer un Fonds Stratégique de Développement (public et privé), à l'image du fond japonais JOGMEC, destiné à soutenir la prospection minière en terre et en mer partout dans le monde. Ce fonds serait le bras armé de notre stratégie dans le domaine des matières premières minérales.**

#### **4. Associer la diplomatie française pour accéder aux marchés**

Il n'est pas question de revenir sur la rupture du lien entre aide au développement et concession de matières premières, pratique qui remonte aux premiers temps de la politique de coopération <sup>(1)</sup>. La pratique la plus intéressante consiste à associer les populations locales aux travaux du site et à profiter de l'activité industrielle pour apporter l'instruction et le progrès technique. C'est le sens de la politique suivie par Areva pour les mines d'uranium nigériennes, même s'il s'agit ici d'une matière première extérieure au champ de la mission d'information. C'est aussi l'image dont bénéficie le Brésil qui s'est implanté au Mozambique lusophone à travers l'entreprise Vale <sup>(2)</sup>, dans le respect des populations locales et de l'environnement, sur la base des travaux du centre des investissements internationaux durables de l'Université de Columbia.

La France peut s'inscrire dans cette logique de codéveloppement. L'Agence française de développement (AFD) intervient en soutien du secteur privé dans des activités économiques identifiées comme porteuses, consacrant un budget annuel de 4,7 milliards d'euros à l'action à l'étranger – essentiellement en Afrique. Ces dépenses de terrain, qui accompagnent celles de l'opérateur titulaire des titres miniers, garantissent une incidence positive pour l'État d'accueil.

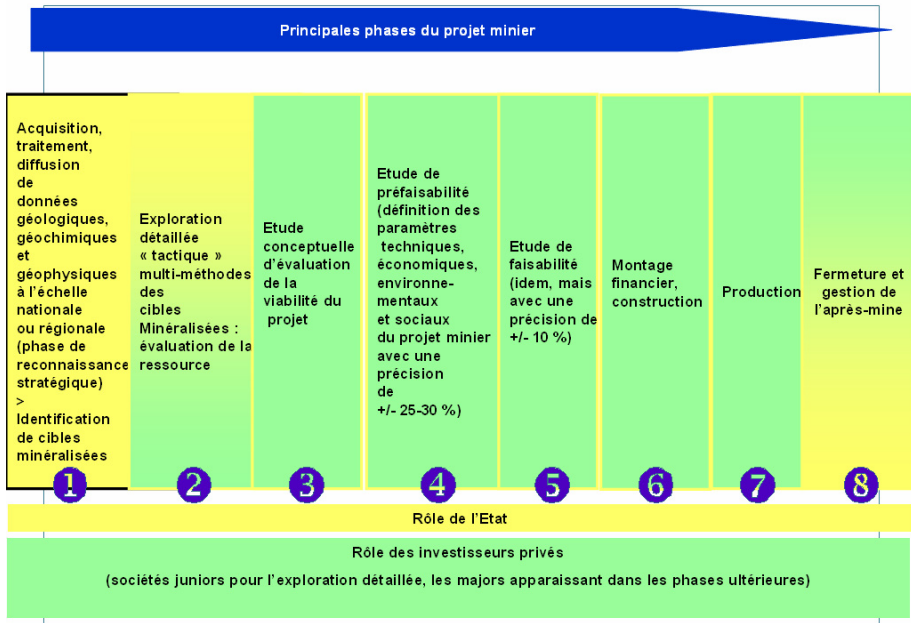
On a parfois parlé, pour le continent africain, d'une « malédiction des matières premières ». Un sous-sol richement doté attise les convoitises des grandes puissances et des entreprises multinationales prêtes à octroyer une rente pour s'assurer une concession pérenne. Cette manne désorganise le pays qui la reçoit sur les plans économique et politique, ralentissant l'industrialisation et provoquant des soubresauts à la tête de l'État. Pourtant, de nombreux pays avancés développent une politique minière d'envergure – Norvège, Australie ou encore Canada – sans subir les effets pervers de la malédiction. La qualité de ses institutions et la pertinence de sa politique économique ont permis au Chili de s'industrialiser de telle sorte que sa production de cuivre, qui représentait 90 % de

---

(1) *L'accord de défense de 1961 entre la France, la Côte d'Ivoire, le Niger et le Dahomey mentionne que les pays africains signataires « réservent par priorité leur vente à la République française après satisfaction des besoins de leur consommation intérieure » et que « lorsque les intérêts de la Défense l'exigent, [ils] limitent ou interdisent leur exportation à destination d'autres pays ».*

(2) *Vos Rapporteurs doivent remercier l'entreprise Vale pour les informations communiquées et l'accueil réservé lors de la visite des installations minières de Carajás. Fondée en 1942 par le gouvernement brésilien pour exploiter à la fois des bassins de minerai de fer et une voie de chemin de fer, VALE est actuellement le plus grand propriétaire de concessions minières du Brésil, et le deuxième groupe minier diversifié au monde. Il s'agit du premier producteur et exportateur mondial de minerai de fer, et du second producteur mondial de nickel, de manganèse et de ferroalliages. Le groupe exploite également des gisements d'or, de kaolin, de potassium, de bauxite et, depuis 2004, de cuivre et de charbon. Il opère également en France depuis 2007 et le rachat du canadien Inco qui exploite le nickel néo-calédonien.*

ses exportations dans les années 1970, ne concourt plus que pour 40 % de celles-ci dans les années 2000. Le rôle de l'État est donc fondamental pour encadrer l'activité minière et les revenus qu'elle génère. Un partenariat bien conçu doit également accompagner le pays minier dans la formation de ses cadres et le renforcement de ses institutions.



Source : BRGM

Une manifestation d'intérêt d'un représentant de l'État, haut fonctionnaire ou titulaire de fonctions politiques, peut aider à ouvrir un marché aux entreprises françaises. La diplomatie minière a d'ailleurs été le thème de la conférence des ambassadeurs de l'année 2010.

Au Brésil comme en Suède, vos Rapporteurs ont pu constater l'influence très positive que produit, auprès des représentants des pouvoirs publics comme des dirigeants des entreprises, la visite d'une délégation parlementaire. L'un des interlocuteurs rencontrés lors du déplacement à Brasilia, en août 2011, a repris contact deux mois plus tard : titulaire de titres miniers qui lui permettaient d'exploiter des filons de minerai de fer et de lithium, il s'enquerra d'un éventuel intérêt des entreprises françaises pour prendre des parts dans son entreprise. Malheureusement, ces bons offices n'ont produit aucun résultat tangible, comme

aucune des entreprises françaises alertées n'a jugé bon de s'informer plus avant sur les conditions de l'opération <sup>(1)</sup>.

### **Proposition**

**En lien avec le COMES, sensibiliser chaque année le personnel des ambassades aux besoins en matières premières minérales des filières industrielles afin d'établir une stratégie française dynamique.**

## **5. Valoriser les ressources du territoire**

Du fait de l'insuffisance des exportations chinoises et de l'augmentation forte des prix, les pays autrefois producteurs ont décidé de remettre en activité leurs gisements de terres rares fermés à la fin du XX<sup>e</sup> siècle. Les États-Unis ont décidé la réouverture de l'ancienne mine de Mountain Pass, en Californie, qui était la première au monde dans les années 1960 et 1970. L'extraction a également redémarré en Europe, plus précisément en Estonie ; la production estonienne représente 2 % des exportations mondiales. Il convient aussi de mentionner l'exploration et le développement de nouveaux gisements, qui concernent en particulier l'Australie, le Groenland, les États-Unis, le Canada, l'Asie centrale et le Vietnam – avec lequel le Japon a signé un accord à la suite des incidents commerciaux rencontrés avec la Chine. Mais il faudra quelques années avant que ces coûteux investissements portent leurs fruits – surtout en ce qui concerne les terres rares lourdes. De plus, Pékin bénéficie de conditions géologiques favorables <sup>(2)</sup> qui permettent une production à bas coût et, donc, de juguler les ambitions de ses concurrents en faisant varier les prix de vente.

Au-delà du seul exemple des terres rares, les sous-sols français et européen, terrestres et maritimes, ne sont pas exempts de matières premières stratégiques pour l'industrie continentale. Les obstacles sociaux et les impératifs de protection de l'environnement préviennent un développement excessif, mais une hausse des prix durable, couplée à un développement des technologies extractives, pourrait donner une rentabilité à des gisements jusque-là négligés.

L'État détient ici un important rôle à jouer à travers le cadre législatif et réglementaire qu'il édicte et par la précision de la connaissance du sous-sol qu'il met à la disposition des usagers. Une politique minière réussie associe nécessairement les autorités publiques et les opérateurs privés.

Il est donc nécessaire de parfaire la connaissance du sous-sol national. L'inventaire minier national, dressé entre 1975 et 1992, s'est limité aux métaux

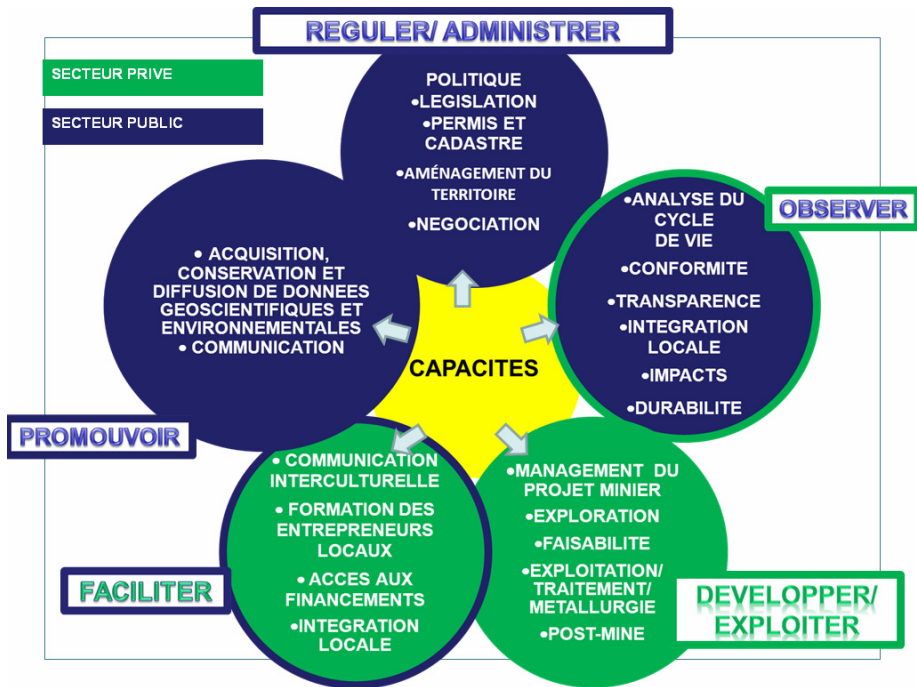
---

*(1) Il est certain que toutes les démarches d'accompagnement de l'État sont inutiles si les opérateurs industriels ne s'engagent pas. Mais ce n'est pas spécifique à l'activité diplomatique : les 35 millions d'euros engagés par le COMES sur cinq ans pour améliorer la connaissance du sous-sol français seront dépensés en pure perte si nul investisseur ne se présente pour utiliser ces informations.*

*(2) Les terres rares lourdes chinoises reposent dans un gisement exceptionnellement pur. Quant aux terres rares légères, elles sont coproduites dans les mines de fer, ce qui permet de diluer les coûts.*

industriels classiques, quand l'industrie a diversifié ses besoins en utilisant désormais trois à quatre fois plus de matières premières minérales. Des gisements pourraient être découverts, même si le fait que les petits métaux soient des coproduits des mines traditionnelles incite à un enthousiasme modéré en ce qui concerne le territoire européen <sup>(1)</sup>. En revanche, des actions sont probablement à mener outre-mer, alors que l'inventaire des richesses minérales de Guyane et de Nouvelle-Calédonie <sup>(2)</sup> – d'où sont respectivement extraits de l'or et du nickel – reste à accomplir.

### Les rôles des secteurs public et privé dans le domaine minier



Source : BRGM

#### **Proposition**

**Développer la connaissance du patrimoine national en minerais stratégiques, en complétant l'inventaire national des ressources par une étude sur la composition des sols en petits métaux.**

(1) Il n'en demeure pas moins que la connaissance du sous-sol métropolitain est particulièrement lacunaire, à la fois en termes de profondeurs et en termes de métaux inventoriés.

(2) Il convient toutefois de préciser que les compétences constitutionnelles de la Nouvelle-Calédonie lui confèrent une large autonomie dans la définition de sa politique minière.



Surtout, la France exerce sa juridiction sur de vastes espaces marins potentiellement très riches. C'est dans l'exploration sous-marine que résident les plus belles promesses pour l'avenir.

### **a) Des richesses sous-marines à peine explorées**

Les explorations scientifiques menées dans les grands fonds depuis une trentaine d'années ont permis d'identifier plusieurs processus géologiques et géochimiques conduisant à la concentration des métaux. Ce sont les nodules polymétalliques, les encroûtements cobaltifères et les sulfures hydrothermaux. Dans quelques dizaines d'années<sup>(1)</sup>, les fonds océaniques pourraient éventuellement fournir un complément important aux ressources terrestres.

En conséquence, l'industrie minière s'intéresse aux minéralisations hydrothermales sous-marines. Des permis d'exploration ont été déposés sur de nombreux champs hydrothermaux dans l'ouest du Pacifique par les sociétés Nautilus Minerals (230 000 km<sup>2</sup>) et Neptune Minerals (264 000 km<sup>2</sup>). Nautilus prépare l'exploitation de dépôts hydrothermaux en Papouasie, ce qui constituera la première extraction de ressources minérales par 1 800 mètres de profondeur. La société française d'ingénierie pétrolière Technip est au premier rang auprès de Nautilus et de Neptune pour réaliser les équipements nécessaires à une activité minière dans ces conditions extrêmes. Au plan international, la Russie soutient un important programme d'exploration et d'inventaire des ressources minérales hydrothermales le long de la dorsale atlantique où elle vient de déposer une demande de permis auprès de l'ISA. Le Japon, les États-Unis et l'Allemagne prennent en compte les métaux dans leurs priorités à moyen terme. Enfin, la Chine, l'Inde et la Corée du Sud lancent d'ambitieux programmes d'exploration centrés sur l'accès aux ressources des grands fonds.

La France, mal dotée sur terre, ne manque pas d'atouts pour la valorisation des fonds marins. Elle dispose d'une zone économique exclusive (ZEE) de près de 11 millions de km<sup>2</sup>, soit le second domaine maritime du monde après les États-Unis, dont 95 % se situe à plus de 500 mètres de profondeur et pourrait donc receler quantité de matières premières. L'outre-mer représente 97 % de cette zone économique exclusive.

Lors du Comité interministériel de la mer (CIMER) du 10 juin 2011, le Premier ministre a souligné les enjeux des matières premières minérales dans la stratégie énergétique de la France. Il a notamment mis l'accent sur la volonté de promouvoir l'exploitation des grands fonds marins : « *les ressources minérales profondes vont devenir un enjeu majeur. La France et l'Europe doivent se positionner rapidement* ». Une stratégie nationale devrait être fixée arrêtée avant la fin de l'année 2011 pour préciser les orientations en termes de gestion,

---

(1) Vos Rapporteurs insistent sur le fait que les ressources marines ne pourront être éventuellement exploitées que dans un horizon de long terme, de plusieurs décennies.

d'exploitation durable des ressources dans les eaux sous juridiction nationale et dans la zone internationale.

Dans un contexte de concurrence internationale, notamment de la part de la Chine et de l'Inde, la France se doit en effet de mettre en œuvre une politique minière de long terme dans sa zone économique exclusive.

Actuellement, les permis de recherche portent essentiellement sur des gisements d'hydrocarbures – parfois avec succès, comme en Guyane. Toutefois, des campagnes d'exploration sont en cours afin de rechercher sur le plateau continental des minerais stratégiques pour le futur.

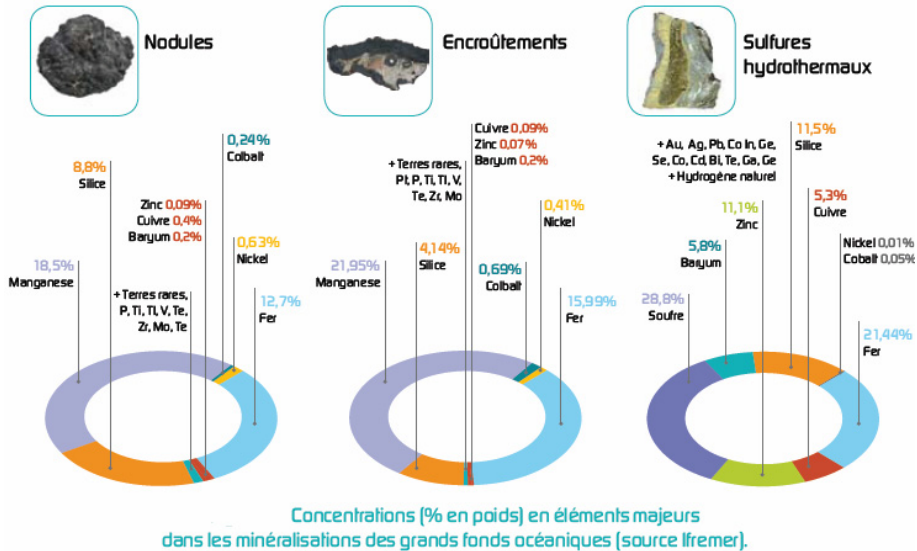
### LES RICHESSES MÉTALLIQUES DES FONDS MARINS

Les principaux métaux susceptibles d'être extraits des fonds marins se répartissent ainsi :

- ▶ **TYPE A** : métaux de base en tension économique probable : zinc, cuivre, manganèse, cobalt, nickel, plomb, baryum, argent et métaux précieux à forte valeur patrimoniale : or, argent.
- ▶ **TYPE B** : quelques métaux critiques à potentiel technologique élevé et risques d'approvisionnement majeurs : indium, germanium, cadmium, antimoine, mercure (liés au zinc) et sélénium, molybdène, bismuth (liés au cuivre) sur les

sites à sulfures hydrothermaux, Terres rares dans les encroûtements et les nodules.

- ▶ **platine et platinoïdes** sur les sites à encroûtements, avec des incertitudes sur les risques de substitution dans les usages car on compte encore 200 ans de consommation possible par les moyens d'approvisionnement actuels.
- ▶ **autre ressource** : **hydrogène naturel** dans les fluides hydrothermaux des cheminées sulfurées des sites hydrothermaux associés aux roches du manteau.



Source : IFREMER

La campagne d'exploration de Wallis et Futuna constitue actuellement la recherche marine la plus avancée et la plus prometteuse que mène la France. Une campagne d'exploration des fonds marins y a été lancée du 3 août au

23 septembre 2010. La recherche se concentre sur les nodules polymétalliques renfermant notamment du manganèse, du cuivre, du nickel et du cobalt.

La campagne Futuna est conduite par l'IFREMER dans le cadre d'un partenariat réunissant le ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement, le BRGM, l'Agence des aires maritimes protégées ainsi que les entreprises Areva, Eramet et Tecnip. L'objectif de cette campagne menée à bord de l'*Atalante* – navire de l'IFREMER – est la localisation et la cartographie des champs hydrothermaux et de dépôts sulfurés, le prélèvement d'échantillons et l'étude de la biodiversité.

La campagne a permis de découvrir les premières minéralisations hydrothermales actives et inactives dans une zone économique exclusive française. Elle élargit considérablement le domaine du volcanisme récent mis en évidence en 2000 par l'*Atalante*. Sur les zones cartographiées, 57 % des surfaces sont couvertes par des formations volcaniques récentes, qui sont autant de zones potentielles pour la formation de minéralisations hydrothermales. On soulignera ici les découvertes d'une nouvelle dorsale active au sud-est de Futuna, nommée Alofi pour faire le parallèle avec la dorsale Futuna connue avant la campagne à l'ouest de l'île, et d'un volcan majeur (20 km), actif, comportant en son centre une immense caldera <sup>(1)</sup> de 5 km de diamètre. Ce volcan a été nommé *Kulolasi*, soit *grand chaudron* en Futunien.

À la suite de cette campagne prometteuse, il a été déposé au ministère chargé de l'écologie, le 20 juin 2011, une demande d'autorisation de prospection préalable de substances minérales dans la zone économique exclusive de Wallis et Futuna par la société australienne Nautilus pour une durée de deux ans. La société recherche de l'or, de l'argent, du nickel, du cobalt, du soufre, de l'arsenic et du cuivre.

Les explorations se poursuivent. Les données acquises permettront de réaliser des cartes géologiques des zones minéralisées, des cartes préliminaires de la biodiversité et des échantillonnages de fluides hydrothermaux et d'échantillons minéralisés. D'ores et déjà, la direction des moyens navals de l'IFREMER envisage une première campagne d'une quarantaine de jours, en novembre 2011. L'envoi de l'*Atalante* dans le Pacifique permettrait de réaliser la deuxième campagne d'une durée d'une trentaine de jours au printemps 2012.

Le coût de la campagne 2011 est évalué à 5,7 millions d'euros, dont une contribution de l'IFREMER de l'ordre de 1 million d'euros, avec mise en oeuvre de la sismique 3D et prise en compte du transit limité au trajet Mexique – Wallis et Futuna.

---

(1) Une caldera est une vaste dépression, circulaire ou elliptique, généralement d'ordre kilométrique, souvent à fond plat, située au cœur de certains grands édifices volcaniques et résultant d'une éruption qui vide la chambre magmatique sous-jacente.

Le budget de la campagne 2012 s'élèverait pour sa part à environ 6,9 millions d'euros (dont une contribution de l'IFREMER de 1,1 million d'euros). À ce stade, le programme de la flotte n'étant pas encore arrêté pour 2012, ces montants sont basés sur des estimations et seront susceptibles de varier selon les évolutions du coût du pétrole ainsi que des options qui pourraient se présenter suite aux résultats des deux précédentes campagnes, Futuna 2010 et 2011.

Dans l'optique d'une exploitation à venir, il conviendra de prendre les dispositions légales et réglementaires propres à éviter la captation des ressources naturelles du territoire national sans que la population française et les collectivités territoriales y trouvent un avantage. Pour l'heure, le code minier s'avère particulièrement évasif quand aux règles applicables à l'exploitation minière *offshore*. Il ne prévoit aucune redevance sur la production comme il s'en trouve à terre.

### **Proposition**

**Approfondir la connaissance scientifique des fonds marins et la protection de la biodiversité en concertation avec la recherche nationale et européenne sur les ressources minérales, à travers un programme national de recherche géologique et biologique des fonds marins.**

**Développer un *Pôle minier France* sur les ressources marines profondes dans la logique d'un partenariat public-privé.**

**Rechercher les métaux stratégiques dans les collections existantes, les métaux rares n'ayant pas toujours été dosés dans les échantillons récoltés au cours des dernières décennies.**

**Mettre en œuvre une politique de gestion patrimoniale de la zone économique exclusive française, à travers un inventaire général des ressources potentielles et de leur localisation.**

**Profiter de la réforme prochaine du code minier pour préciser le cadre législatif et fiscal de l'activité minière en mer.**

### ***b) Des technologies encore immatures et intrusives***

De manière générale, les activités minières en milieu profond auraient différents niveaux d'impact sur l'environnement et sur la biodiversité, dont la destruction locale des habitats et des écosystèmes associés, mais aussi la perturbation du milieu – tant dans la colonne d'eau que sur les fonds marins – et de la diversité biologique, sur une surface plus étendue et pour une durée bien supérieure à celles de l'exploitation proprement dite.

Le niveau de connaissances sur les différents habitats potentiellement menacés est inégal, mais généralement insuffisant pour définir *a priori* les plans

de préservation de l'environnement et de la biodiversité nécessaires en cas d'exploitation des ressources. En particulier, il est important de comprendre la variabilité naturelle d'un écosystème afin d'évaluer le niveau d'impact des activités d'exploitation ; or les informations sur ces aspects dans les milieux profonds sont rares. Il est donc indispensable de promouvoir la recherche afin de mieux comprendre la diversité biologique et la dynamique de ces écosystèmes.

Dans la perspective d'une exploitation des ressources minérales dans les grands fonds, une approche générale théorique visant à proposer des solutions respectueuses pour l'environnement peut déjà être discutée. Pendant la phase d'exploration destinée à identifier la ressource et à cartographier les gisements, la première étape consiste à caractériser le milieu environnant et la diversité biologique qu'il abrite. Dans la colonne d'eau, les paramètres hydrodynamiques, chimiques et trophiques sont les plus pertinents. En ce qui concerne les fonds, il conviendra de cartographier les habitats, définis en premier lieu par la profondeur, le substrat et la source trophique, de caractériser l'environnement propre à chaque habitat et de décrire les communautés animales associées.

Après l'identification des sites à exploiter et des techniques d'extraction de la ressource, il sera nécessaire d'évaluer les conséquences directes et indirectes de l'exploitation sur le milieu et sur la biodiversité par des approches expérimentales ou en milieu naturel, ainsi que la capacité de restauration ou de résilience de l'écosystème après destruction ou perturbation. Un suivi à long terme en parallèle sur une zone impactée et sur une zone naturelle présentant les mêmes caractéristiques permettra de discriminer les conséquences des activités minières de la variabilité naturelle du milieu sur la biodiversité.

L'ensemble des connaissances acquises au cours de ces différentes phases constituera la base indispensable à la définition et à la mise en place de zones protégées pour la préservation de la biodiversité.

Par ailleurs, les technologies ne semblent pas assez avancées pour permettre une exploitation rentable des fonds marins. Alors que les nodules polymétalliques sont maintenant connus depuis plus de 140 ans, les conditions de leur récupération n'ont jamais pu être réunies <sup>(1)</sup>.

L'exploitation potentielle des ressources minérales des grands fonds fait apparaître des enjeux technologiques forts. Comme il s'agit d'une nouvelle industrie, les pays et les sociétés industrielles qui sauront anticiper et maîtriser les technologies d'exploration, d'extraction et de remontée des minerais pourront tirer des bénéfices de leur savoir faire au niveau international.

---

(1) Ironiquement, la plus célèbre tentative d'exploration constituait en fait une couverture visant à dissimuler une opération d'espionnage. Le projet Azorian, mieux connu du public sous le nom de projet Jennifer, était le nom de code d'un projet de la Central Intelligence Agency dont le but était la récupération de l'épave d'un sous-marin de la marine soviétique armé de têtes nucléaires, le K-129, qui avait coulé dans le Pacifique en 1968. Le milliardaire Howard Hughes affréta en 1972 le Glomar Explorer, officiellement pour prospecter les nodules polymétalliques. L'affaire a été révélée en 1975. Des informations substantielles ont été déclassifiées en 2010

Dans un contexte de volatilité des prix des matières premières, il convient de conforter et de fédérer les intérêts industriels, technologiques et scientifiques de la France, qui a été pionnière pour la technologie et la connaissance des grands fonds depuis les années 1970. La France dispose en effet d'un ensemble cohérent d'expertise scientifique et de compétences technologiques en matière de grands fonds sous-marins ou d'exploitation minière : l'IFREMER, le BRGM, le CNRS et les universités pour les établissements publics ; Technip, Areva et Eramet pour le secteur privé.

La France dispose ainsi du potentiel pour mener à bien les recherches scientifiques et développer les technologies innovantes pour l'accès aux ressources minières marines à moyen ou à long terme. Ce délai doit permettre au législateur d'adapter les règles en vigueur dans la zone économique exclusive, dans le respect du droit international, pour protéger efficacement l'environnement.

### **Proposition**

**Prévoir la mise en place d'un certain nombre d'aires marines protégées en ZEE pour prévenir les conséquences environnementales d'une éventuelle activité minière.**

#### ***c) Une chance à saisir : les permis des eaux internationales***

Les ressources minérales des fonds marins reposent soit sur le plateau continental, soit sur les fonds marins internationaux.

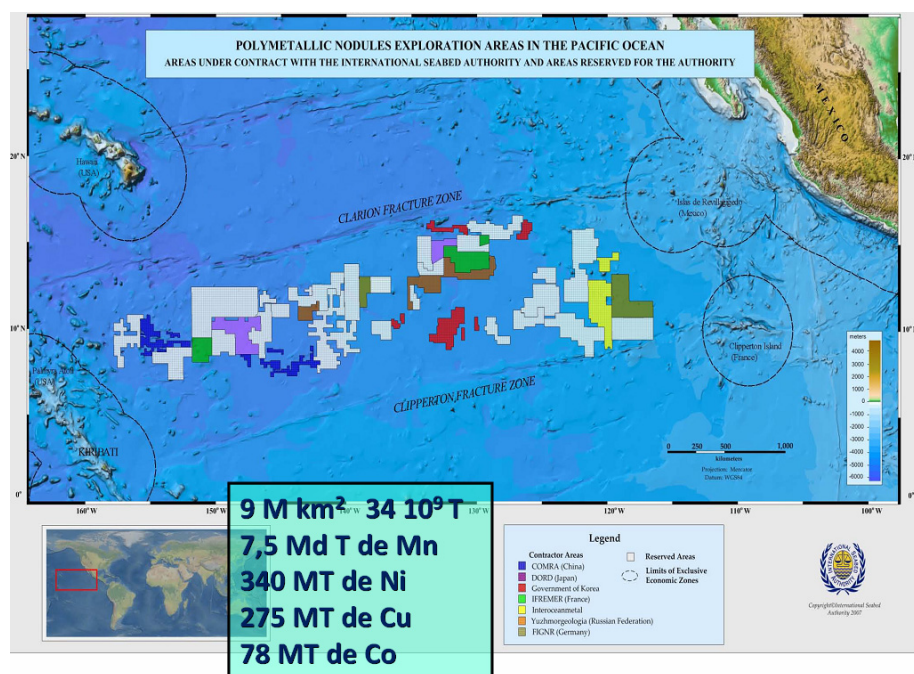
Celles situées sur le plateau continental français ne soulèvent pas de difficulté d'accès dans la mesure où le droit international reconnaît les prérogatives souveraines de l'État côtier qui dispose du droit exclusif d'autoriser les explorations et les exploitations. Le programme national d'extension du plateau continental français – mission *Extraplaque* – contribue, de plus, à élargir l'assiette des droits souverains de la France. La campagne d'exploration scientifique de Wallis et Futuna entre dans ce cadre juridique.

La zone excédant les limites de la zone économique exclusive est soumise à une organisation internationale, l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) compétente pour les grands fonds marins situés au-delà des juridictions des États. Instituée par la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer de Montego Bay, l'AIFM siège à Kingston (Jamaïque). La gestion de l'accès aux ressources minérales entre dans ses prérogatives. Nul État et nul opérateur ne peuvent entreprendre des activités de prospection, d'exploration ou d'exploitation dans la Zone sans l'accord de l'AIFM, dans des conditions définies par une réglementation particulière selon les objectifs visés.

C'est ainsi que l'entrée en vigueur du règlement consacré aux nodules polymétalliques, adopté en 2000, a permis à la France – à travers l'IFREMER – de disposer d'un contrat depuis 2001, et pour une durée de quinze ans, en vue de l'exploration des nodules dans la région de Clarion Clipperton (Pacifique).

Le Conseil de l'AIFM a adopté en mai 2010 un règlement applicable aux amas sulfurés et on peut prévoir la prochaine adoption de celui consacré aux encroûtements cobaltifères. Les tensions constatées sur les marchés de matières premières ont conféré à ces décisions un intérêt majeur parmi les grandes puissances. Dès l'adoption du règlement relatif aux amas sulfurés, la Chine a déposé une demande de permis d'exploration d'un site de l'océan indien. Début janvier 2011, la Russie a fait de même pour une zone de l'Atlantique. Il est très vraisemblable que ces permis seront accordés en l'absence de sollicitation concurrente.

### EXPLORATION DES NODULES POLYMÉTALLIQUES DANS LES EAUX INTERNATIONALES DU PACIFIQUE



Source : IFREMER – En vert foncé, les permis français

Il n'est pas envisageable que la France néglige cette opportunité. La dernière session de la commission juridique et technique de l'AIFM s'est tenue du 4 au 11 juillet 2011. Elle a été l'occasion, pour Paris, de déposer une demande de permis exclusif d'exploration sur les amas sulfurés. Le Premier ministre a affirmé qu'il s'agissait d'une priorité de la politique maritime française à l'occasion de la réunion d'un comité interministériel de la mer, à Guérande, le 10 juin 2011.

L'aspect financier, au stade de la demande déposée, se présente sous l'option d'un acquittement d'un droit forfaitaire de 500 000 dollars ou d'un montant fixe de 50 000 dollars à compléter par une offre de participation faite à

l'AIFM lors du passage à l'exploitation, selon des modalités que le règlement a prévues.

### **Proposition**

**Solliciter des permis de recherche dans les eaux internationales et justifier de l'effectivité des travaux scientifiques réalisés, pour maintenir l'avance technologique dont dispose la France dans ce domaine.**

**Assurer une présence française renforcée à l'Autorité internationale des fonds marins, notamment à la commission juridique et technique compétente pour les questions de gouvernance environnementale, de zones marines à protéger et de suivi des permis.**

## **6. Coopérations, partenariats et formations**

Dans une situation internationale marquée par les tensions sur les marchés, il est illusoire d'imaginer la France affronter efficacement ses concurrents sans recourir à des partenariats financiers, industriels et universitaires. Des positions sont à prendre pour tisser des liens plus résistants que la seule force de frappe financière des nations émergentes.

Ces coopérations peuvent d'ailleurs se limiter à des acteurs français et à un État étranger. Le projet Maboumine, au Gabon, associe les terres rares, le niobium, le tantale et l'uranium. Il est piloté par Eramet en association avec Rhodia et Areva. Sa réussite permettrait à ses promoteurs d'assurer une position mondiale de premier plan.

L'aspect le plus important de la coopération consiste à préserver en France les opérations industrielles les plus importantes en termes de valeur ajoutée. Il est normal que les pays miniers souhaitent bénéficier d'une partie des retombées économiques issues de leurs ressources naturelles <sup>(1)</sup>. Mais il est tout aussi légitime que les pays industrialisés préservent leur avantage compétitif en refusant de consentir des transferts de technologie excessifs, alors même que l'objectif stratégique de l'accueillant consisterait à maîtriser, à terme, la totalité du processus de production. Les relations de la société Rhodia avec Pékin à propos de l'exploitation des terres rares constituent un modèle à suivre : si un premier traitement est désormais réalisé en Asie, l'étape principale demeure assurée par l'usine de La Rochelle.

Les recherches française et européenne sont un levier important pour développer, à terme, la sécurité des approvisionnements en ressources minérales de l'économie française et réduire l'empreinte environnementale de nos modes de

---

*(1) Le niobium brésilien n'est ainsi jamais vendu sous forme de minerai. La transformation a lieu à proximité de la mine d'Araxá, sous le contrôle de la CBMM qui maîtrise donc la totalité de la chaîne de production. Ce n'est pas le cas pour le minerai de fer : l'administration a indiqué avoir calculé que le fer brésilien équivalait à 600 000 emplois dans la sidérurgie japonaise.*



vie. Dans ce cadre, le 8 novembre 2011 verra le lancement officiel de l'ERA-NET « Ressources Minérales » fédérant des organismes de programmation de la recherche de onze États membres de l'Union européenne<sup>(1)</sup>. Pour la France, le CNRS-INSU sera le coordinateur du projet programmé pour une durée de quatre ans. ERAMIN marque un tournant important : ce domaine de recherche a jusqu'ici été traité dans le cadre national quand il faisait l'objet d'une attention programmatique.

Enfin, parmi les plus grands atouts de la France, il faut souligner la qualité de la formation du système éducatif. Les grands acteurs miniers sont à la recherche de personnels hautement qualifiés qu'il est difficile d'attirer dans un secteur qui nécessite un esprit pionnier et de nombreux déplacements. La plupart ont indiqué avoir signé des conventions de partenariat avec des établissements de formation, en France ou à l'étranger. L'administration brésilienne des mines a estimé que le système éducatif local ne fournit que le tiers des ingénieurs dont l'industrie extractive a besoin. Cette situation peut générer un double bénéfice :

- un secteur porteur de débouchés professionnels pour les étudiants qui s'y engagent ;
- un argument supplémentaire dans la négociation d'un contrat d'approvisionnement avec un État minier dépourvu de personnels compétents et qui souhaiterait s'assurer d'une exploitation dans les règles de l'art, respectueuse des populations et des territoires.

Des établissements de formation organisent des stages ouverts aux ingénieurs étrangers qui souhaitent perfectionner leur savoir-faire dans le secteur minier. On citera l'ENAG, dont les locaux sont abrités par le BRGM, mais d'autres cursus sont accessibles dans les écoles des mines.

Vos Rapporteurs ont ainsi eu l'heureuse surprise de visiter le site minier de Carajás en compagnie d'un opérateur francophone car autrefois étudiant dans un établissement français.

---

(1) Le système ERA NET (European Research Area Network), est un volet du 6<sup>ème</sup> programme-cadre pour la recherche et le développement technologique dont il permet de conforter les objectifs (7<sup>ème</sup> PCRD aujourd'hui). Il vise à soutenir durablement la mise en réseau et la coordination des programmes de recherche européens à l'échelon transnational. Les ERA NET ont en effet pour objectif de permettre aux États d'exploiter au mieux le potentiel européen par la création d'un cadre à l'intérieur duquel ces derniers peuvent coordonner leurs efforts en matière de recherche et d'innovations, et aussi de coopérer sur des thèmes prioritaires (biotechnologies, nanotechnologies par exemple).

### **L'école nationale d'application des géosciences (ENAG)**

Dans un contexte international de demande croissante en matières premières minérales et en ressources énergétiques, mais également de contraintes liées aux politiques climatiques, les industriels et les États ont un besoin accru en spécialistes des géosciences appliquées.

L'ENAG a pour vocation de former des spécialistes en géosciences de haut niveau, aptes à intégrer les grands groupes miniers et à aider les États à définir des stratégies nationales de gestion des ressources minérales. L'originalité de cette formation, sur 16 mois dont 6 mois en entreprise, est de mettre l'accent à la fois sur la gouvernance des ressources (droit, économie, gestion) et sur l'excellence en géosciences (géologie, géotechnologies).

L'ENAG vise in fine le développement d'une géologie appliquée respectueuse de l'environnement et des peuples des pays où sont concentrées les ressources.

Source : <http://www.enag-brgm.fr>

### **Proposition**

**Développer une connaissance minérale européenne construite sur un fonctionnement en réseau de capacités nationales.**

**Renforcer les échanges et les partenariats entre les établissements français de formation et les entreprises minières étrangères, de façon à conserver un savoir-faire français et à profiter des besoins de main d'œuvre des industries d'extraction.**

### III.— PRÉVOIR L'AVENIR : COLLECTER ET RECYCLER, MIEUX PRODUIRE ET MIEUX CONSOMMER

Nos modes de consommation ne sont pas réellement en conformité avec les exigences d'une gestion durable des matières premières. À l'heure du tout jetable, les taux de recyclage des métaux sont encore trop faibles pour la plupart d'entre eux. Ceci s'explique tant par les habitudes des consommateurs, mal informés ou peu soucieux de la politique de tri et de l'exigence que nécessite une collecte efficace, que par les procédés industriels qui conduisent trop souvent à laisser de côté l'éco-conception et à fabriquer des produits à durée de vie très limitée.

Pourtant, la mise en place d'une économie *quasi* circulaire représente un certain nombre d'avantages sociaux, économiques et environnementaux. La gestion durable des matières premières minérales passe ainsi par l'invention d'une écologie du métal à même de respecter les trois volets du développement durable.

D'abord, l'écologie du métal respecte l'exigence sociale du développement durable. En effet, le recyclage ou la réparabilité des produits représente une source importante d'emploi local car non délocalisable. Ainsi, selon les estimations du groupe Sita, filiale « déchets » de Suez Environnement, près de deux millions d'emplois sont liés à l'industrie du déchet au sein de l'Union européenne, dont cinq cent mille pour le seul recyclage. Au-delà du nombre d'emplois susceptibles d'être créés par ce changement de paradigme, c'est la variété de ceux-ci qui importe d'être soulignée. En effet, de la simple collecte à l'affinage complexe, du métier de rétameur à celui de chimiste, l'échelle des métiers s'étend des emplois peu qualifiés à ceux d'ingénieur très spécialisé.

Ensuite, l'écologie du métal permet de respecter les exigences environnementales du développement durable. En effet, dans un contexte énergétique contraint, l'extraction des matières premières secondaires<sup>(1)</sup> est fortement moins consommatrice d'énergie que celle des matières premières vierges. Ainsi, pour l'aluminium, la consommation énergétique est réduite de 95 %, pour le plomb de 50 % à 80 %. Le recyclage peut également représenter un avantage en matière d'émissions de gaz à effet de serre tout au long de la chaîne d'approvisionnement : on observe un facteur de 2,5 à 3,5 entre un produit brut et un produit recyclé.

---

(1) On utilise indifféremment la notion de matières premières secondaires (MPS) et celle de matières premières recyclées (MPR). Par convention, l'appellation MPS sera privilégiée dans ce rapport.

**Émissions de gaz à effet de serre (en kg équivalent CO<sub>2</sub> par unité)**

	Brut	Recyclé
Acier	3 190	1 100
Aluminium	10 596	4 247

*Données Gifas*

De plus, la réflexion sur l'éco-conception des produits manufacturés doit permettre de garantir des procédés industriels plus respectueux de l'environnement, par l'utilisation de matières premières secondaires ou par un processus de fabrication plus économe en énergie et moins consommateur de matières.

Enfin, l'écologie du métal garantit l'aspect économique du développement durable, dans le sens où elle comporte un potentiel de croissance non négligeable. En effet, au-delà de l'aspect purement stratégique que représente l'approvisionnement de certains métaux, d'autres présentent un intérêt économique certain, comme le cuivre ou le molybdène. De plus, l'industrie du recyclage est relativement nouvelle pour les métaux, et de nombreuses parts de marchés restent à conquérir. Ainsi des terres rares, qui pour l'instant sont simplement stockées mais nullement recyclées. Au-delà, il s'agit d'introduire de nouveaux modes de production qui doivent favoriser la recherche et le développement et l'innovation, éléments essentiels de la croissance.

Au final, nous avons l'opportunité de faire d'un gâchis phénoménal l'un des moteurs de la croissance française, et plus largement mondiale. Pour ce faire, il est nécessaire de susciter les comportements des citoyens et des industriels. C'est le rôle des politiques publiques de trouver les moyens d'informer, d'inciter et d'interdire afin d'initier un changement de mode de vie. Selon Achim Steiner, secrétaire général adjoint des Nations Unies et directeur de PNUE : *« il faut maintenant agir vite pour gérer durablement les réserves et l'écoulement de ces métaux spéciaux, étant donné leur rôle important pour la santé, la pénétration et la compétitivité futures d'une économie moderne technologiquement avancée et économe en ressources »*. La France doit porter cette exigence, en mettant en œuvre les politiques adéquates dans la continuité du Grenelle de l'environnement, et en poursuivant son action auprès de la Commission européenne, et plus largement des Nations Unies, afin d'occuper une place de premier plan sur les modalités d'une écologie des métaux.

**A.— EXPLOITER LA MINE URBAINE**

L'industrie du recyclage est ancienne, notamment au sein des filières de la métallurgie et de la sidérurgie, qui ont très tôt développé des processus de récupération et de retraitement des chutes de production. D'une certaine manière, l'on pourrait même convenir que le recyclage des métaux a débuté dès l'âge du bronze, puisque les objets métalliques usagés étaient refondus afin de récupérer le métal et de le réemployer pour la fabrication de nouveaux biens. À la fin des

Trentes Glorieuses, alors que le premier choc pétrolier a provoqué des tensions sur les marchés de matières premières, l'industrie du recyclage s'est mise timidement en place en réponse à la crainte d'une pénurie. Ce n'est qu'au début des années 1990 que sont apparues les motivations écologiques du recyclage, soit près de vingt ans après la Conférence de Stockholm, acte fondateur de la prise en compte des questions environnementales aux Nations Unies.

Le recyclage des métaux dispose d'un potentiel de développement de grande ampleur. En effet, à l'heure actuelle, le PNUE estime que seulement 1 % des métaux de haute technologie est recyclé, alors que le résidu est abandonné, mis en décharge ou incinéré faute de capacité de traitement ou de système de collecte efficace. En France, l'industrie du recyclage des métaux pourrait se développer rapidement, en s'appuyant sur une base d'acteurs de premier plan, à toutes les phases des opérations de traitement : Véolia, Sita, Rhodia, Aubert et Duval, Eramet notamment.

Mais afin de bénéficier de ce potentiel économique que représente le recyclage des métaux, la filière a besoin de poursuivre son développement et de se moderniser. D'après Thomas Graedel, président du groupe d'experts sur les métaux de l'ONU, « *une des caractéristiques de notre ère moderne et industrielle, c'est qu'une quantité croissante de métal se trouve "hors sol" dans des structures telles que des bâtiments, des navires, ou encore des produits comme les téléphones cellulaires et les ordinateurs personnels* ». Il nous faut exploiter ces ressources.

### 1. Miser sur la matières premières secondaires

Le recyclage des métaux est d'autant plus intéressant économiquement que la concentration des métaux est beaucoup plus importante dans les mines urbaines que dans les mines traditionnelles.

Mine traditionnelle	Mine urbaine
~5 g d'or / tonne de minerais	~200-250 g d'or / tonne de cartes mères ~300-350 g d'or / tonne de téléphone portable
~5 g de platinoïdes / tonne de minerais	2 000 g de platinoïdes / tonne de catalyse automobiles

De plus, compte tenu de l'essor de la consommation de produits de haute technologie depuis une vingtaine d'années, le stock de métaux en circulation est des plus importants. Ainsi, les téléphones et les ordinateurs représentent 3 % de la consommation d'argent et 19 % de celle du cobalt. De même, l'Institut de la science des matériaux du Japon a estimé que les centres de stockage des déchets du Japon renfermeraient 6 800 tonnes d'or (soit 16 % de l'ensemble des réserves exploitables dans le monde), 60 000 tonnes d'argent et 1 600 tonnes d'iridium.

**a) Les métaux se recyclent**

De par leurs caractéristiques physico-chimiques, les métaux ne peuvent être détruits. Ils bénéficient donc d’une durabilité exceptionnelle et sont en théorie susceptibles d’être recyclés à l’infini, en conservant leurs propriétés intrinsèques. La seule limite est celle de la perte irrémédiable de quantité à chaque phase de recyclage. En effet il existe une « perte au feu » qui correspond à la part du métal récupéré qui disparaît lors du traitement visant à le recycler.

**• Le potentiel de recyclage des métaux**

En juillet 2010, l’Ademe publiait une étude relative au potentiel de recyclage de certains métaux. Cette enquête a comporté deux phases. Dans un premier temps, il s’agissait de réaliser un panorama général sur les gisements de 35 métaux rares dans les déchets et sur l’état actuel du recyclage. Dans un second temps, l’Ademe a procédé à une analyse approfondie de dix applications particulières contenant des métaux rares.

**LES TRENTE-CINQ MÉTAUX ÉTUDIÉS PAR L’ADEME**

Familles	Métaux étudiés	
Platinoïdes	Platine	Ruthénium
	Palladium	Iridium
	Rhodium	Osmium
Terres Rares	Lanthane	Terbium
	Cérium	Dysprosium
	Praséodyme	Holmium
	Néodyme	Erbium
	Prométhium	Thulium
	Samarium	Ytterbium
	Europium	Lutétium
	Gadolinium	Scandium
	Yttrium	-
	Autres métaux	Cobalt
Titane		Indium
Tungstène		Tantale
Rhénium		Germanium
Béryllium		Lithium
	Vanadium	Argent

Les résultats de cette étude sont encourageants pour l’avenir. En effet, après avoir étudié les propriétés de chaque métal, leurs applications, la situation du marché et les procédés de recyclage connus ou en cours d’expérimentation, l’Ademe conclut que « *pour chaque métal, au moins une application offre un potentiel de recyclage* ».

## LE CAS DU TUNGSTÈNE

Le tungstène illustre bien la capacité des métaux à être recyclés. Selon l'Association internationale des industriels du tungstène<sup>(1)</sup>, 34 % de la consommation mondiale de tungstène est issue du recyclage, dont 10 % des chutes de production et 20 % des produits hors d'usage, comme les filaments des ampoules électriques, les fils électriques, les quilles de bateau ou encore les catalyseurs ou carbure de tungstène.

Le recyclage des métaux peut s'opérer selon plusieurs procédés distincts dont les deux plus aboutis sont les suivants :

➤ l'hydrométallurgie

L'hydrométallurgie est une technique d'extraction des métaux qui comporte une étape où le métal est solubilisé pour permettre sa purification. Une opération hydro-métallurgique comporte trois phases. D'abord, une phase de lixiviation ou dissolution qui consiste en une mise en solution des différents métaux. Ensuite, une phase de purification qui consiste à séparer les différents métaux entre eux. Enfin, l'électrolyse qui permet de récupérer le métal voulu sous forme métallique

➤ la pyrométallurgie

La pyrométallurgie est une technique thermique employée pour séparer et récupérer des métaux. Comme pour l'hydrométallurgie, l'opération comprend trois phases distinctes : d'abord un traitement thermique pour homogénéiser les matériaux à traiter, ensuite une phase d'oxydation visant la séparation des métaux grâce à une réaction chimique, enfin, une phase d'affinage permettant de purifier le métal récupéré.

Au-delà de ces procédés, il est possible de recycler des métaux de manière directe, en réinjectant la matière dans le circuit de production telle quelle ou sous une autre forme sans que sa composition de base ait été modifiée, mais également par un simple traitement thermique ou une opération de fusion qui consiste notamment à utiliser les déchets métalliques afin de réaliser des alliages.

---

(1) *International Tungsten Industry Association*

## LE TRAITEMENT DES MÉTAUX : EXEMPLE DES ACCUMULATEURS LITHIUM-ION

*Extraits de l'enquête de l'Ademe sur le potentiel de recyclage des métaux*

Il existe trois voies de traitement pour les accumulateurs Li-ion : pyrométallurgique, hydrométallurgique, et thermique. La première n'est pas mise en oeuvre en France.

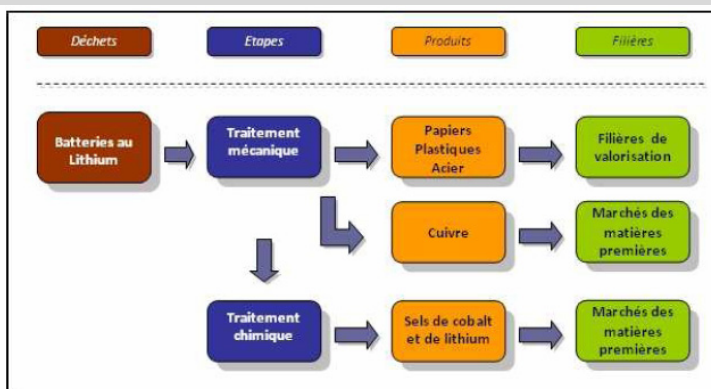
### - Procédé Euro Dieuze

Euro Dieuze Industrie effectue le tri puis le broyage des accumulateurs et sépare les plastiques et la fraction métallique, qui subit un traitement hydrométallurgique. La matière ainsi extraite, contenant la quasi-totalité du cobalt et du cuivre, est envoyée vers l'industrie magnétique pour la production d'aimants. Un procédé d'extraction et de séparation Co/Cu a été développé. Le lithium se retrouve actuellement dans les scories qui ne sont pas valorisées, mais des études sont en cours pour développer un procédé permettant de le récupérer.

### - Procédé Recupyl

Recupyl, pionnier dans le domaine du recyclage des accumulateurs Li-ion, a développé un procédé de traitement des accumulateurs Li-ion qui permet de récupérer à la fois le cobalt et le lithium. Ce procédé a été développé à Domène (Isère), où a été construit le pilote préindustriel. Aujourd'hui, cette installation permet de traiter quelques dizaines de tonnes d'accumulateurs Li-ion par an mais n'a pas vocation à traiter de gros volumes. Le premier site industriel de traitement, d'une capacité de 320 tonnes par an, a ensuite été ouvert à Singapour en avril 2007. Aujourd'hui, d'autres usines similaires ont été construites ou sont en construction en Espagne, en Angleterre, en Pologne, en Italie et aux États-Unis.

Le procédé utilisé, breveté dès 2005, a une efficacité de l'ordre de 99 % pour la récupération des métaux rares. Après traitement mécanique (broyage) et une étape de séparation, le broyat subit un traitement chimique en deux étapes : dissolution puis concentration. Le cobalt et le lithium sont récupérés sous forme de sels de cobalt et de lithium, qui sont ensuite vendus en tant que matières premières. Ils peuvent servir à la fabrication de nouveaux accumulateurs mais sont en général utilisés par d'autres industries.



### - Procédé SNAM

La SNAM utilise un traitement thermique, et peut actuellement traiter jusqu'à 300 tonnes même si les volumes effectivement traités sont bien plus faibles. Par pyrolyse avec inertage, les accumulateurs sont chauffés sous atmosphère confinée sans dioxygène afin d'éviter une combustion. Les matières organiques sont ainsi décomposées et l'électrolyte évaporé. Lors de cette étape, des gaz s'échappent contenant notamment des composés organiques volatiles qui sont filtrés. Pour le lithium, qui est très lié à l'électrolyte, la majorité se retrouve dans ces gaz, puis, après filtration, dans les poussières de filtration. Le lithium contenu dans ces poussières peut ensuite être récupéré par voie chimique pour obtenir du carbonate de lithium, utilisable par exemple pour la fabrication de nouveaux accumulateurs. Après pyrolyse, on récupère de la ferraille, du carbone quasi-pur, et de la cobaltite. C'est cette cobaltite qui contient le cobalt, et qui est actuellement vendue.

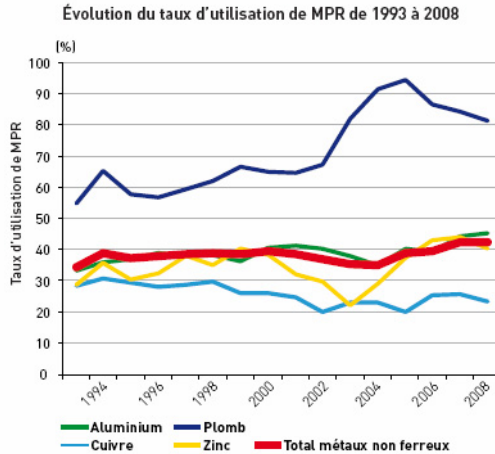


• *L'usage des métaux recyclés*

Les métaux recyclés sont réinjectés dans le processus productif, mais souvent pour un usage différent de leur destination première. Hormis les chutes de production, qui peuvent être directement réemployées au cours du même processus industriel, les métaux récupérés des produits de consommation subissent ainsi une dégradation qualitative. Ceci s'explique notamment par la complexité croissante des produits manufacturés. En effet, alors qu'un ordinateur comprend plus de trente métaux différents, son recyclage débouchera nécessairement sur l'extraction d'alliages impropres à l'intégration dans un appareil électronique. Les métaux précieux contenus dans ce type de bien sont donc réutilisés pour des usages moins nobles comme le ferrailage pour le bâtiment – les ronds à béton – ou la réalisation d'infrastructures diverses. Comme vos Rapporteurs l'ont entendu au cours de leurs auditions, « *les métaux souffrent du syndrome de la bouteille en plastique recyclée en chaise de jardin* ».

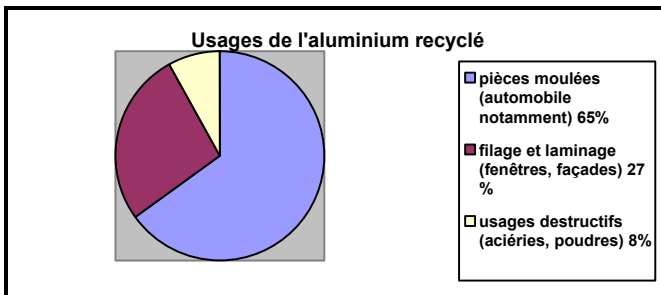
En France, le titane contenu dans les avions subit ce sort de dégradation de valeur. On compte deux plateformes de démantèlement d'avions sur le territoire (Châteauroux et Tarbes). Les avions en fin de vie sont d'abord traités sommairement afin de récupérer et de revendre des pièces. Ensuite, ils sont démantelés afin de récupérer l'aluminium. Dans la mesure où les pièces en titane sont majoritairement des rivets, dispersés dans les coques d'aluminium, la récupération de ce métal est trop coûteuse et nulle séparation n'est opérée. Le titane est donc traité avec les déchets d'aluminium. Une fois fondu, ce mélange est utilisé dans des domaines d'application moins nobles que l'aviation, tels que le sport (fabrication de vélos notamment).

Néanmoins, il ne faut pas négliger le niveau d'utilisation des matières premières secondaires, assez important depuis le milieu des années 1990. En revanche, le niveau de matières premières issues du recyclage (MPR) utilisé semble stagner et il conviendrait d'encourager les industriels à avoir plus recours à ces matériaux.



Source : ADEME, le recyclage en France, données 2008

Ainsi, pour les métaux ferreux, l'acier recyclé représente environ un tiers de la production mondiale. Les usages de ces ferrailles sont divers selon la qualité du matériau recyclé. Pour les métaux non ferreux, le volume des matières premières secondaires est voué à augmenter de façon significative au fur et à mesure que de nouvelles techniques de récupération des petits métaux précieux seront développées. L'aluminium récupéré représente près de 20 % de la production mondiale et connaît une utilisation diverse, dominée par l'industrie automobile. L'aluminium contenu dans les lampes, de même que le cuivre, composant notamment les contacts et culots de lampes, sont réutilisés dans la fabrication de produits neufs. Pour le cuivre, on estime que 35 % à 40 % du cuivre utilisé dans les pays occidentaux provient des industries de recyclage.



### b) La construction d'un droit du recyclage

L'industrie du recyclage trouve son origine dans le secteur social. Initialement, l'activité de tri est assurée par des associations, dont le but était avant tout de récupérer des produits délaissés par leurs propriétaires. Peu à peu, compte tenu de l'essor de cette industrie, il a fallu réglementer ce marché par l'instauration de normes au niveau international, européen et national.

Aujourd'hui, le renforcement de cette réglementation est un préalable à la consolidation des filières.

• ***Au niveau international***

La réglementation internationale concernant le recyclage des métaux est assez limitée. Elle est principalement régie par la Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontaliers de déchets dangereux et de leur élimination de 1989. L'objectif premier de ce traité est avant tout d'empêcher les pays industrialisés d'exporter leurs déchets vers les pays en voie de développement, dont les populations seraient amenées à les traiter hors de toute réglementation sanitaire, environnementale et sociale acceptable. La Convention de Bâle est entrée en vigueur en 1992. Son Annexe 1 dresse la liste des déchets à contrôler et inclut les métaux.

Au terme de la Convention de Bâle, des procédures de déclaration et d'autorisation permettent d'exporter les déchets dangereux en dehors de l'OCDE. Depuis 1995, un amendement à la Convention prévoit l'interdiction de l'exportation de tous déchets dangereux vers les pays qui ne disposent pas des capacités techniques pour traiter ce type de substances nocives de façon sûre à la fois pour l'environnement et pour la santé humaine. Si cette disposition supplémentaire n'est pas encore en vigueur faute d'avoir été ratifiée par suffisamment d'États parties, elle s'applique en revanche aux membres de l'Union européenne depuis une décision du Conseil européen du 22 septembre 1997.

Par ailleurs, sans qu'une réglementation internationale n'ait encore vu le jour au sujet des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE), les Nations Unies ont mis en place au milieu des années 2000 l'initiative *Solving the E-waste Problem* (StEP). L'initiative rassemble plusieurs agences onusiennes, ainsi que des représentants de l'industrie – producteurs d'équipements électriques et électroniques et recycleurs – afin de « *trouver des lignes directrices globales pour le traitement des déchets électroniques et la promotion de méthodes durables de récupération* ». L'objectif final est de parvenir à identifier des standards de gestion des déchets applicables au niveau international.

• ***Au niveau communautaire***

L'Union européenne s'est dotée au fil des années d'un arsenal juridique relatif au traitement des déchets et au développement du recyclage. Un certain nombre de directives concernent notamment les métaux.

➤ La directive déchets

Il s'agit d'une directive d'ordre général qui ne traite pas spécifiquement des métaux. La gestion des déchets par les États membres est régie par la directive 2008/98/CE, qui établit une hiérarchie des actions que les membres de l'Union européenne doivent entreprendre afin de traiter les déchets : prévention ;

préparation en vue du réemploi ; recyclage ; autre valorisation, notamment énergétique ; élimination.

La directive souligne l'obligation pour le producteur ou le détenteur de déchets de procéder à son traitement ou de confier cette opération et invite également les États membres à mettre en place un plan national de gestion des déchets couvrant l'ensemble du territoire national.

➤ La directive VHU

Le traitement des véhicules hors d'usage (VHU) est régi par la directive 2000/53/CE. Elle s'applique aux véhicules hors d'usage, y compris leurs composants et matériaux, qu'il s'agisse de véhicules de transport de marchandises ou de personnes (d'une capacité de moins de neuf personnes).

La directive énonce un triple objectif. Elle vise d'abord à encourager les constructeurs à employer moins de matières dangereuses pour la production de nouveaux véhicules. Ensuite, elle invite les constructeurs à développer l'éco-conception afin de faciliter les opérations de démantèlement et de recyclage. Enfin, elle les incite à recourir à des matières premières secondaires pour la fabrication des nouveaux produits.

Les États membres doivent également créer des filières de collecte et de traitement dédiées aux VHU. Elle prévoit notamment une obligation de reprise de la part des constructeurs. Cette mesure a été transcrite en droit français assez tardivement, par un décret du 6 février 2011 à la suite d'une condamnation de la Cour de Justice des Communautés européennes (CJCE).

Enfin, la directive fixe des objectifs très ambitieux pour le recyclage des VHU et l'emploi de MPS :

<i>(en poids moyen/ véhicule et /an)</i>	1 <sup>er</sup> janvier 2006	1 <sup>er</sup> janvier 2015
taux de réutilisation et de valorisation	85 %	95 %
taux de réutilisation et de recyclage	80 %	85 %

➤ La directive D3E

Un D3E, ou DEEE, est un déchet d'équipement électrique ou électronique. Selon l'Ademe, « *un EEE est un équipement fonctionnant grâce à un courant électrique ou à un champ électromagnétique, ou un équipement de production, de transfert ou de mesure de ces courants et champs, conçu pour être utilisé à une tension ne dépassant 1 000 volts en courant alternatifs et 1 500 volts en courant continu* ».

La directive 2002/96/CE fixe le cadre réglementaire européen selon lequel chaque État membre doit mettre en place une filière de collecte sélective et de traitement des déchets d'équipements électriques et électroniques.

La directive « DEEE » fixe un objectif de collecte pour valorisation et une obligation de reprise gratuite de l'ancien appareil lors de la vente d'un nouvel appareil similaire. En précisant par ailleurs que le financement de la collecte doit à terme être assuré par les producteurs, la directive pose le principe de la responsabilité élargie du producteur (REP) et de l'éco-contribution.

Par ailleurs, la directive fixe des objectifs ambitieux pour le recyclage et le réemploi des D3E :

<i>Objectif pour 2006</i>	<b>taux de valorisation en poids moyen par appareil</b>	<b>taux de réutilisation et de recyclage en poids moyen par appareil</b>
<b>gros appareils ménagers</b>	80 %	75 %
<b>petits appareils ménagers, le matériel d'éclairage, les outils électriques et électroniques</b>	70 %	50 %
<b>équipements informatiques et de télécommunications</b>	75 %	65 %
<b>matériel grand public</b>	75 %	65 %
<b>lampes à décharge</b>	?	80 %

Par ailleurs, la directive impose le traitement systématique de certains composants comme les condensateurs au PCB, les cartes de circuits imprimés, ou les lampes à décharge. Les normes fixées par la directive européenne apparaissent parfois sous-optimales. Ainsi, elle n'impose le traitement que pour les écrans à cristaux liquides (LCD) d'une surface supérieure à 100 cm<sup>2</sup>, ce qui est source d'une importante fuite de matière potentiellement recyclable.

La directive D3E est en cours de révision depuis 2008. La nouvelle mouture visera notamment à accroître la responsabilité environnementale des producteurs (objectif de collecte à atteindre, augmentation du taux de recyclage et de revalorisation...), à harmoniser les règles d'enregistrement et de déclaration des producteurs auprès des registres des États membres et à introduire des exigences minimales en terme de contrôle (transferts transfrontaliers de D3E...). La directive impose un taux de collecte de 4kg/an/hab en 2010, puis de 8kg/an/hab en 2012 et 10kg/an/hab en 2014. Le vote de cette réforme est prévu en janvier 2012.

➤ La directive Piles et accumulateurs usagés

La directive 2006/66/CE fixe trois objectifs. D'abord, elle prévoit l'interdiction de la mise sur le marché de certains types de piles et d'accumulateurs contenant du mercure ou du cadmium au-delà d'un certain seuil. Ensuite, elle incite à atteindre un niveau élevé de collecte et de recyclage des déchets de piles et d'accumulateurs. Enfin, elle vise à améliorer la performance environnementale de tous les acteurs du secteur, de la production au recyclage.

Aux termes de la directive, les taux de collecte devront atteindre au minimum 25 % au plus tard le 26 septembre 2012 et 45 % au plus tard quatre ans après. La directive fixe également les taux de recyclage attendus.

Taux de recyclage précis pour l'automne 2011 % du poids moyen	
piles et des accumulateurs plomb-acide	65 %
piles et des accumulateurs nickel-cadmium	75 %
autres déchets de piles et d'accumulateurs	50 %

• *Au niveau national*

La première loi relative au traitement des déchets est la loi du 15 juillet 1975 relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux. Elle portait principalement une vision hygiéniste de gestion sanitaire du territoire et était dénuée de tout objectif environnemental. Depuis, la réglementation n'a cessé de s'affiner, franchissant un nouveau pas avec le Grenelle de l'environnement. Par exemple, un objectif de valorisation matière de 35 % pour les déchets ménagers en 2012 et de 45 % en 2015 a été établi. La France, plus que d'autres membres de l'Union européenne, a privilégié la voie de la responsabilité élargie du producteur (REP).

Le concept de la REP trouve ses origines dans la législation allemande (décret *Topfer, 1991*) et les réflexions menées par l'OCDE au cours des années 1980. D'un point de vue économique, il s'agit d'internaliser les externalités négatives dans le coût d'un produit, et de faire contribuer le producteur d'un bien à son traitement lorsque ce dernier est devenu un déchet. La REP est ainsi une forme d'application du principe du pollueur-payeur.

La REP poursuit deux principes. D'abord, soulager les collectivités territoriales d'une partie des coûts de gestion des déchets et transférer ces coûts du contribuable au consommateur. Ensuite, internaliser dans le prix de vente d'un produit neuf le coût de son traitement à venir. En France, la REP a réellement pris son essor avec le décret du 1<sup>er</sup> avril 1992 sur les emballages ménagers.

En droit français, la REP est régie par l'article L. 541-10 du code de l'environnement, complété par la loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite Grenelle 2. La REP fait entrer en jeu toute une série d'acteurs dont le rôle est bien identifié :

Détenteurs	Distributeurs	Collectivités	Producteurs	Prestataires du déchet	Pouvoirs publics
Trier et déposer	Reprendre	Collecter	Financer/Traiter	Gérer le déchet	Réglementer et contrôler

La prise en charge du déchet peut se faire de plusieurs manières. La première solution pour le producteur est de prendre en charge lui-même la collecte

et le traitement des déchets, à hauteur de ses parts de marché. La seconde solution consiste à mutualiser la collecte et le traitement à un prestataire privé, non agréé, avec d'autres producteurs. Enfin, la dernière solution consiste à transférer la responsabilité de la collecte et du traitement à un éco-organisme, en contrepartie d'une éco-contribution qui permet de financer le recyclage.

#### **LE FONCTIONNEMENT DES ÉCO-ORGANISMES**

Un éco-organisme est une structure de droit privé qui peut prendre toute forme juridique : association, SA, SARL, SAS, GIE. Sa gouvernance doit obligatoirement être le fait des producteurs, actionnaires et/ou adhérents.

Dans le cas d'une filière REP réglementaire, il est agréé par les pouvoirs publics sur la base d'un cahier des charges qui fixe l'ensemble de ses obligations de moyens, de résultats et de gestion des relations avec les différents acteurs, en général pour une période pouvant aller au maximum jusqu'à 6 ans.

Le dispositif repose sur des partenariats entre les différents acteurs du cycle de vie du produit et il suppose l'animation d'une concertation.

Dans la plupart des cas, pour atteindre les objectifs de valorisation, l'éco-organisme peut signer avec les collectivités territoriales qui le souhaitent, un contrat dans lequel elles s'engagent à mettre en oeuvre la collecte sélective et le tri des produits usagés suivant des prescriptions techniques et à communiquer auprès de leurs administrés. L'éco-organisme garantit la reprise des produits usagés collectés quelles que soient les conditions du marché des matières premières. Le plus souvent ce dispositif s'accompagne d'un soutien financier à la collecte et/ou à la communication. Les éco-organismes organisateurs peuvent également contractualiser avec les distributeurs dans le cas où ils ont une obligation de reprise des produits usagés, notamment lors de l'achat d'un produit neuf (le principe du « un pour un »). Pour garantir les débouchés des produits ainsi collectés et s'assurer de leur pérennité, l'éco-organisme signe des contrats de partenariat ou de sous-traitance avec les industries utilisatrices des matériaux. De plus, il finance des programmes de recherche et développement pour augmenter les performances des filières de matériaux ou de dépollution.

La place des éco-organismes dans la filière du recyclage fait parfois débat en raison de leur situation de monopole de captage. Il convient donc de s'assurer de l'existence d'une concurrence saine et réelle afin de ne pas pénaliser les industriels spécialistes du recyclage. En France, trois filières REP concernent les métaux : la filière D3E, la filière VHU et la filière Piles et accumulateurs.

## **2. Moderniser la filière française du recyclage**

Le marché du recyclage est un marché encore jeune qui poursuit son déploiement. Soumise à de nombreux obstacles clairement identifiés, la filière est fragile et a besoin d'être soutenue afin d'assurer la pérennité de son développement. Pour cela, des mesures doivent être prises, dont certaines sont des plus urgentes. Il convient par exemple de combattre les exportations illégales de produits en fin de vie contenant des matières premières jugées critiques. De même, il faut que les pouvoirs publics parviennent à stimuler la demande de matières premières recyclées et soutiennent l'industrialisation de la filière.

La réflexion doit être menée par filière. En effet quel rapport entre le recyclage des métaux contenus dans les bâtiments, dont la durée de vie est de l'ordre de plusieurs dizaines d'années, et celui des matériaux présents dans les produits au cycle de vie beaucoup plus court comme l'électronique ?

**a) Des filières organisées**

**• les déchets d'équipements électriques et électroniques**

La filière de collecte et de traitement des déchets d'équipements électriques et électroniques existe depuis 2005. On distingue la filière des déchets ménagers de celles des professionnels. En théorie, les différences sont des plus minimes : dans les deux cas, les producteurs peuvent soit décider d'endosser individuellement les opérations de collecte et de traitement, soit adhérer à un éco-organisme auquel il transfère sa responsabilité. En pratique toutefois, les différences sont notables puisque qu'aucun système individuel n'a été approuvé pour les déchets ménagers, et qu'aucun éco-organisme n'a été agréé pour traiter les D3E professionnels.

À ce jour, quatre éco-organismes opèrent sur le secteur des D3E. Il s'agit de Ecologic, de Eco-systèmes, de ERP France et de Recylum, dont l'activité est dédiée aux lampes.



Ecologic se concentre principalement sur le recyclage des matières premières métalliques classiques (fer, aluminium, cuivre) et reconnaît devoir mener une réflexion approfondie sur le traitement des métaux précieux. Il représente 16,5 % des parts de marché.

Ecosystème rassemble 73 % des parts de marché et s'est lancé directement dans le traitement industriel des matériaux récupérés, estimant que le marché était assez grand pour être rentable.

ERP France est une filiale d'un organisme européen implanté dans douze pays de l'UE. Il opère un travail d'affinage par lui-même.

D'une manière générale, le fonctionnement du système est plutôt satisfaisant : alors que la directive communautaire impose une collecte de 4kg/an/hab, la France se situe à un niveau de collecte de 6,5kg/an/hab. Le



gisement potentiel se situe toutefois autour de 16kg/an/hab. Néanmoins, on distingue des centaines de D3E qui exigent tous un suivi particulier, complexe à mettre en œuvre.

➤ Le recyclage des D3E et l’affinage des métaux précieux

Le recyclage ultime des métaux précieux contenus dans les D3E – l’affinage – est une opération d’une extrême complexité que seuls trois acteurs peuvent réaliser en Europe : le groupe suédois Boliden, le groupe belge Umicore, le groupe allemand Aurubis.

**D3E : nombre d’acteurs en Europe**

Collecte	Démontage	Prétraitement	Raffinage
10 000	1 000	100	3

Vos Rapporteurs se sont rendus sur le site de Boliden à Rönnskär, à proximité de Skellefteå dans le nord de la Suède, ainsi qu’à l’usine d’Umicore à Hoboken dans la province d’Anvers. Les installations des deux groupes sont relativement semblables, et frappent avant tout par leur étendue et le très haut niveau de technologie des procédés industriels mis en œuvre.

À ce stade de leur présentation, vos Rapporteurs souhaitent exposer le procédé de traitement des métaux précieux à partir des D3E tel qu’ils ont pu l’expérimenter.

Le procédé exploité par la société Umicore est basé principalement sur une technologie de fusion, suivie d’affinages de composés métalliques. La particularité de l’association est d’associer des déchets d’origines diverses (déchets métallurgiques, déchets de production, pots catalytiques, etc.) au côté de composants de DEEE parmi lesquels les cartes électroniques riches en métaux précieux, les cartes électroniques pauvres en métaux précieux ayant subi une préparation visant à retirer les pièces de métaux ferreux et d’aluminium, les composants électroniques riches comme les processeurs informatiques et les téléphones portables préalablement débarrassés de leur accumulateur.

Le type de four utilisé a une limite technique d’acceptation pour composants de DEEE, de l’ordre de 15 à 20 % de la charge : le plastique des cartes est utilisé comme combustible pour le four et une part supérieure dans la charge entraînerait une augmentation trop importante de la température. Néanmoins, comme vos Rapporteurs ont pu l’apprendre lors de leur déplacement en Suède, d’autres techniques existent et Boliden est en capacité de traiter un flux composé à 100 % de cartes électroniques.

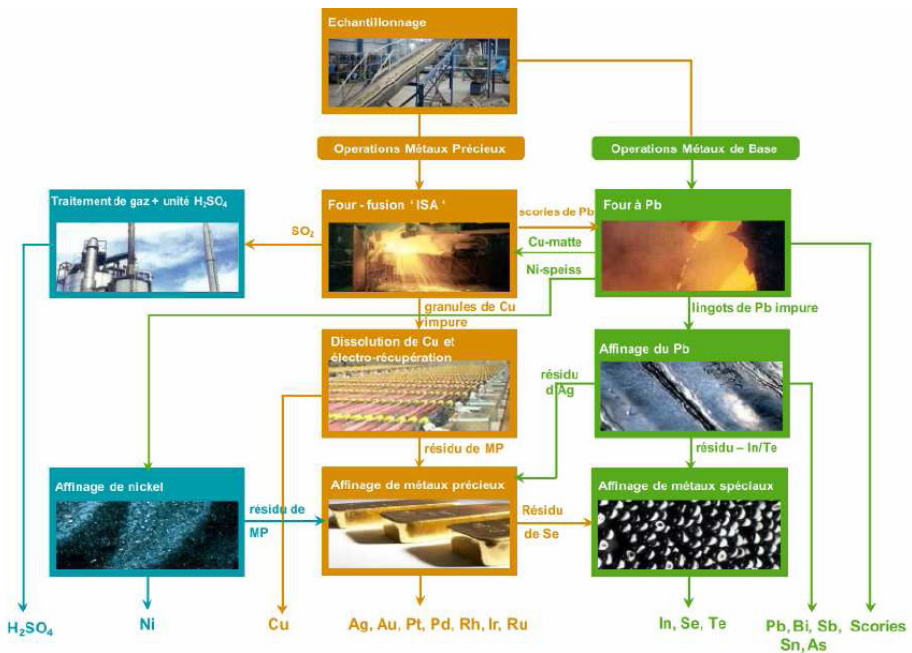
Chaque lot entrant est soumis à une procédure d’échantillonnage afin d’analyser la composition précise des matériaux. Ensuite, les produits sont introduits dans le four qui opère deux fractions, une fraction cuivreuse avec les

métaux précieux sous forme de granules et une fraction de plomb avec les impuretés sous forme de scories :

– les scories de plomb sont introduites dans un four à plomb qui permet la séparation des scories contenant les métaux « inertes » (Fe, Al, Si, Mg, ...) puis l'affinage du plomb et des métaux spéciaux (Bi, In, Te, ...) ;

– la fraction cuivreuse subit une opération de granulation et le cuivre est séparé des autres métaux par électro-récupération ;

– les résidus contenant les métaux précieux sont ensuite concentrés et un affinage spécifique est effectué pour séparer et récupérer l'or, l'argent et les platinoïdes (platine, palladium, rhodium, iridium, ruthénium). Lors de cet affinage, les résidus concentrés sont dissous et les métaux précieux isolés et affinés séparément.



Au terme du processus, il est possible de récupérer, outre l'or et le cuivre qui représentent 90 % de la valeur des métaux traités, d'autres métaux rares comme l'argent, le palladium, le platine, le rhodium ou le ruthénium. Au final l'efficacité de recyclage n'est que de 75 %, car la phase de broyage entraîne une perte de matériaux irréversible.

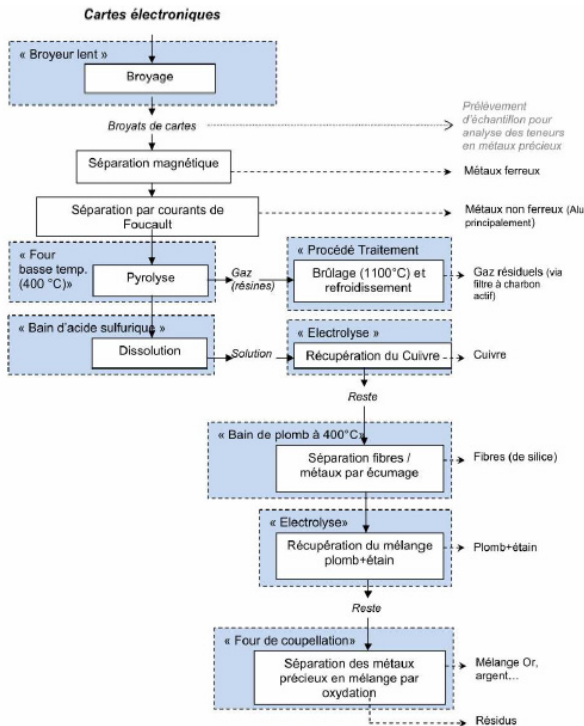
➤ Des initiatives centrées sur le prétraitement des cartes électroniques

Au cours de leurs travaux, vos Rapporteurs ont pu se rendre sur le site de l'entreprise Terra Nova, implantée à Isbergues, dans le Pas-de-Calais. Cette jeune entreprise lancée par d'anciens employés du groupe Metaleurop, se spécialise dans le prétraitement des cartes électroniques. L'usine de Terra Nova vise une prise en charge de 30 000 tonnes de cartes électroniques par an, soit la capacité de traitement des plus grands groupes.

**Capacité de traitement de cartes électroniques des principaux acteurs en 2008**

<b>Aurubis</b> (Allemagne)	<b>Boliden</b> (Suède)	<b>Umicore</b> (Belgique)	<b>Xstrata</b> (Canada)
25 000 tonnes	35 000 tonnes	30 000 tonnes	50 000 tonnes

La naissance de l'entreprise est née d'un constat simple : chaque année, près de 500 000 tonnes de cartes électroniques sont jetées, alors que les sites européens ne traitent que 70 000 tonnes. Alors que les grands groupes vont se développer – l'usine d'Umicore aura bientôt une capacité de traitement de 300 000 tonnes de cartes – il existe un marché local de pré-traitement des cartes avant un transfert sur les sites plus spécialisés des affineurs. Ainsi, Terra Nova n'opère le traitement que jusqu'à l'étape de pyrolyse afin d'éliminer les matières organiques.

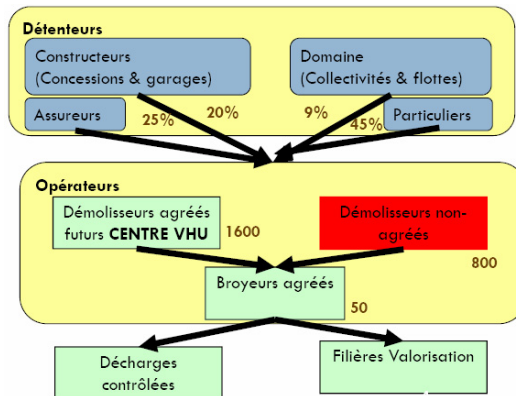


### • les Véhicules hors d'usage

Le secteur automobile est impliqué depuis longtemps dans les opérations de recyclage du fait d'une réglementation pionnière en la matière. En 1993, un accord cadre est signé entre le ministère de l'environnement et les représentants du secteur automobile pour lancer le recyclage.

La directive européenne « VHU » a fixé des objectifs très précis en matière de recyclage et de réutilisation des matières premières secondaires (*cf supra*). En 2008, le taux de recyclage et de réutilisation et celui de valorisation et de valorisation étaient respectivement de 79,9 % et de 81,4 %, ce qui est inférieur aux objectifs fixés (80 % et 85 %). Néanmoins, il semblerait que la filière automobile ait depuis refait son retard.

L'équilibre financier de la filière n'est pas assuré par une éco-contribution, les coûts de traitement des VHU supportés par les broyeurs et les démolisseurs étant compensés par la vente de carcasses, de pièces détachées sur le marché de l'occasion, ainsi que des matières premières secondaires sur le marché du recyclage.



Source : Ademe/CCFA

Aujourd'hui la filière des VHU est confrontée à trois grands problèmes :

– d'abord, celui des centres de collectes non agréés, qui seraient au nombre de 800 et détournent une partie des flux de VHU. Cette situation pose un certain nombre de difficultés, notamment car les broyeurs agréés peuvent recevoir des produits non dépollués à même de souiller le gisement valable. Par ailleurs, il convient selon le Comité des constructeurs français automobiles (CCFA) de réduire fortement le nombre de démolisseurs agréés, au nombre de 1 600 alors que 300 suffiraient à traiter les véhicules usagers ;

– ensuite, la filière automobile doit faire face à un très fort taux d'exportation illégale de véhicules d'occasion vers des pays à bas coûts. Les

opérateurs chinois mènent une stratégie d'acquisition massive de VHU en France afin de les traiter en Chine (*cf infra*) ;

– enfin, la filière VHU pourrait être confrontée à une situation de déséquilibre économique du fait de la nouvelle réglementation applicable. En effet, suite à la condamnation de la France par la CJCE pour une mauvaise application de la directive correspondante, le Gouvernement a pris un décret le 6 février 2011 puis un arrêté le 26 juillet 2011 afin de préciser les obligations des constructeurs et des centres agréés.

Le décret du 6 février 2011 « impose aux constructeurs automobiles de mettre en place des réseaux de centres VHU agréés ayant l'obligation de reprendre gratuitement les véhicules hors d'usage que leur apportent les détenteurs ». Les centres VHU agréés « ont l'obligation d'effectuer la dépollution des véhicules et le démontage de certaines pièces en vue de leur réutilisation avant de transmettre les VHU aux broyeurs agréés, qui procèdent à leur broyage puis séparent les différentes matières restantes pour les recycler ». L'arrêté du 26 juillet 2011 fixe les modalités d'organisation des réseaux de centres agréés mis en place par les producteurs ou groupements de producteurs. Il est entré en vigueur le 1<sup>er</sup> octobre 2011. La nouvelle réglementation prévoit la possibilité pour l'État d'instaurer des mécanismes financiers compensatoires. En effet, il n'existe pas d'écotaxe en amont pour financer la filière en aval. Or compte tenu des nouvelles obligations des constructeurs et de l'ambition des objectifs de la directive européenne pour 2015, la création d'une éco-contribution pourrait être envisagée.

#### • les Piles et accumulateurs

Les piles et accumulateurs usagés sont traités au travers d'une filière REP dédiée aux ménages particuliers mise en place dès 2001. La directive 2006/66/CE a été transposée en France par le décret n° 2009-1139 du 22 septembre 2009, qui étend la responsabilité élargie des producteurs aux piles et accumulateurs professionnels.

#### **DONNÉES 2009 DU MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT**

– Plus de 220 000 tonnes de piles et accumulateurs ont été mises sur le marché (30 000 tonnes de piles et accumulateurs portables, 127 000 tonnes de piles et accumulateurs automobiles et 65 000 tonnes de piles et accumulateurs industriels).

– Plus de 207 000 tonnes de piles et accumulateurs usagés ont été collectées en France (pour les piles et accumulateurs portables, le taux de collecte, calculé conformément à la formule de la directive, est de 32%)

– La France compte plus de 40 000 points de collecte des piles et accumulateurs usagés répartis parmi les enseignes de la distribution, les déchèteries et les entreprises.

– Les tonnages de piles et accumulateurs usagés collectés sélectivement sont recyclés à près de 84 % et valorisés à près de 90 %.

Deux éco-organismes – Corepile et Screlec – ont été agréés le 22 décembre 2009 pour la période 2010-2015. Leur mission est d’assurer la collecte et le traitement des piles et accumulateurs à partir des 40 000 points de collectes identifiés en 2009. Le traitement des piles accumulateurs est opéré grâce à des opération d’hydrométallurgie, de pyrométallurgie, de broyage et séparation magnétique, et de broyage à froid

Par ailleurs, une commission consultative de suivi de la filière « Portable » a été mise en place afin de surveiller la mise en œuvre des exigences de la directive communautaire. De même, en décembre 2010, un groupe de travail spécifique à la filière automobile a été lancé afin de traiter le cas particulier des batteries automobiles.

### ***b) Une multitude d’obstacles identifiés***

#### **• Les limites techniques**

Il s’agit certainement du premier obstacle au recyclage. En effet, les matériaux à très fort contenu technologique, au-delà de figurer parmi les plus chers, sont également ceux utilisés en plus petite quantité dans les produits. Dès lors, les processus de traitement et d’extraction sont des plus complexes. Il faut parvenir à réaliser une séparation efficace puis une dépollution performante. Difficultés à repérer les différents métaux dans les alliages, capacité à les séparer, les freins techniques sont nombreux et divers. Dès qu’un produit est passé entre les mains du consommateur, le risque de le voir subir une perte fonctionnelle est renforcé.

Le palladium illustre parfaitement les difficultés auxquelles font face les recycleurs pour le traitement de certains petits métaux. En raison de son prix (9 890 €/kg en janvier 2010), le palladium est recyclé dans la majorité de ses applications. Néanmoins, la présence très dispersée de ce métal dans les différents produits rend le traitement particulièrement ardu.

#### **Cas du Palladium**

Type déchets	Etat/forme du métal	Quantité et concentration en métal	Accessibilité du métal
Pots catalytiques	Métal	0,176 g/VHU	Dispersé
Cartes électroniques	Métal	0,02 % en masse	Très dispersé
Téléphones portables	Métal	3 mg/unité	Très dispersé
Ordinateurs	Métal	360 mg/unité	Très dispersé
Téléviseurs	Métal	11 mg/unité	Très dispersé

#### **• Une filière éclatée**

En France, le système de la responsabilité élargie des producteurs (REP) a été privilégié pour la plupart des filières de recyclage concernant les métaux.

Néanmoins, d'autres acteurs, qu'ils soient spécialistes de la gestion des déchets comme Sita ou Véolia, chimiste comme Rhodia ou issus de l'univers traditionnel de la mine comme Eramet, s'impliquent de plus en plus sur les sujets de recyclage.

Par ailleurs, comme l'illustre l'enquête de l'Ademe sur le potentiel de recyclage des métaux, de très nombreuses PME se sont lancées dans des projets de recherche ou ont mis en place des pilotes industriels dédiés au recyclage des métaux précieux. Dans cette situation, nombre d'acteurs s'interrogent sur la position *quasi* monopolistique des éco-organismes, qui contrôlent près de 80 % à 90 % du marché. Ils seraient donc privilégiés pour capter les matériaux, accaparer le marché, imposer leurs propres normes et leurs prix. Certaines des personnes auditionnées considèrent ainsi qu'il est nécessaire de refondre le système afin de garantir aux entreprises les moyens de leur développement.

Au-delà, sur certaines filières, le nombre d'acteurs semble parfois beaucoup trop important ou au contraire trop faible pour correspondre à la taille efficiente d'une filière.

Par ailleurs, la réglementation en matière d'achat de métaux ferreux ou non ferreux est incomplète. En effet, selon l'article L. 112-6 du code monétaire et financier « *toute transaction relative à l'achat au détail de métaux ferreux et non ferreux est effectuée par chèque barré, virement bancaire ou postal ou par carte de paiement, sans que le montant total de cette transaction puisse excéder un plafond fixé par décret. Le non-respect de cette obligation est puni par une contravention de cinquième classe* ». Le décret n°2011-114 du 27 janvier 2011 fixe ce montant à 500 euros. À première vue, le dispositif issu du Grenelle de l'environnement semble donc plutôt satisfaisant. Néanmoins, il comporte deux limites. D'abord, il ne limite pas le nombre d'actes individuels de paiement. Mais surtout, l'article L. 112-6 du code monétaire et financier comporte également une disposition précisant que ces dispositions ne s'appliquent pas : « *aux paiements réalisés par des personnes qui sont incapables de s'obliger par chèque ou par un autre moyen de paiement, ainsi que par celles qui n'ont pas de compte de dépôt ; aux paiements effectués entre personnes physiques n'agissant pas pour des besoins professionnels ; au paiement des dépenses de l'État et des autres personnes publiques* ». Dès lors cet article ne fait que limiter l'achat en espèces des métaux ferreux et non ferreux sans l'interdire complètement.

### **Proposition**

**Confier à l'Ademe la réalisation d'une étude sur les distorsions du marché du recyclage en France.**

**Interdire totalement le rachat en espèces des déchets par les récupérateurs de métaux : l'article L 112-6 du code monétaire et financier ne fait que limiter cette pratique sans l'interdire.**

• ***La fuite des matières premières***

Il s'agit certainement de l'un des obstacles les plus visibles au plein déploiement du recyclage des métaux en France et en Europe. Le taux de collecte des biens manufacturés peut en effet être amoindri en raison de trois phénomènes distincts :

➤ Exportation illégale d'équipements usagés complets

L'Office central de lutte contre les atteintes à l'environnement et à la santé publique (Oclasp) considère que l'un des problèmes vient du fait que « *les trafics de déchets sont basés sur le principe de la fausse déclaration* ». Ainsi derrière la dénomination « effets personnels » peut-on découvrir dans des conteneurs des pneus usagés à destination du Cameroun, et derrière celle de « pièces détachées » des batteries et pièces automobiles usagées à destination du Maroc <sup>(1)</sup>. Rarement réutilisés, ces déchets sont traités dans des conditions sanitaires et sociales effroyables.

Dans une communication au Parlement européen et au Conseil <sup>(2)</sup>, la Commission européenne regrette ainsi que « *de nombreux produits arrivés en fin de vie n'entrent pas dans les circuits de recyclage réguliers, mais sortent illégalement de l'UE, ce qui se traduit par des pertes de matières premières secondaires de valeur ainsi que par des répercussions sur l'environnement* ». Ainsi, le taux de recyclage des emballages en aluminium, qui possède pourtant des caractéristiques très favorables, varie de 30 % à 80 % selon les États membres.

Ainsi, concernant la collecte des D3E, la fédération Eurométaux a mis en lumière à plusieurs reprises le phénomène d'exportation illégale de cartes électroniques. Les produits sont exportés en tant que matériel d'occasion, à destination parfois de pays sans capacité de traitement. Le phénomène ne touche pas que la France, comme le montre une enquête commandée par l'agence allemande de l'environnement à l'institut Ökopol à ce sujet : les exportations d'équipement électroniques représentent environ 20 % du volume collecté chaque année par l'Allemagne (150 000 tonnes contre 754 000 tonnes en 2008) et la majeure partie de ces exportations serait illégale.

Au-delà de ces exportations illégales, il existe également une fuite tout à fait licite de déchets et de matières premières secondaires non affinées vers les pays émergents, qui prive tout autant notre industrie d'un précieux gisement de matières stratégiques. On estime ainsi que près de 30 % des VHU quittent annuellement le territoire français.

---

(1) Exemples cités par un article de presse paru dans le journal *Le Monde* le 12 mai 2011

(2) Communication de la Commission européenne au Parlement européen et au Conseil : initiative « matières premières » - répondre à nos besoins fondamentaux pour assurer la croissance et créer des emplois en Europe SEC2008-2741. 6 mai 2010



## **Proposition**

### ***Niveau international***

**Refondre le statut de sortie de déchet au niveau international, limiter l'exportation des déchets bruts ou partiellement traités hors du territoire de l'Union européenne, et ce dès lors qu'un traitement de recyclage est possible sur le sol européen. En effet, la Convention de Bâle et le droit communautaire ne permettent pas d'endiguer la fuite des déchets et des matières premières secondaires non affinées vers les pays émergents, privant ainsi l'industrie européenne d'une ressource essentielle au développement de la filière.**

### ***Niveau national***

**Renforcer les contrôles douaniers pour mettre un terme aux exportations illégales de tout type de déchets sous couvert de matériels d'occasion, tant au niveau national qu'à l'échelon européen, et mettre en place au niveau national une taxe spécifique sur l'exportation des Véhicules hors d'usage (VHU).**

#### ➤ Pillage des métaux facilement valorisables

La hausse du cours de certains métaux a entraîné l'émergence de vols de matières. Ce phénomène concerne d'abord les déchets : combien de téléviseurs éventrés sont ainsi abandonnés sur les trottoirs ou dans les déchetteries ? À peine déposés, les téléviseurs sont brisés afin de récupérer les déviateurs sur les téléviseurs. Le phénomène touche aussi les équipements en cours d'utilisation comme l'illustre les vols médiatisés des câbles de la SNCF ou les déchetteries. Il convient donc de sensibiliser les propriétaires de déchetteries à l'urgence de renforcer leur système de sécurité. Par ailleurs, afin d'éviter la fuite de matières entraînée par le dépôt sauvage de produits dans la nature ou sur les trottoirs, il importe de mener une étude sur l'amélioration du système de collecte.

#### ➤ Manque d'implication des détenteurs d'équipements usagés pour qui le recyclage ne constitue pas encore un réel enjeu de société

Si la plupart des citoyens ont assimilé les gestes quotidiens du recyclage des papiers, plastiques et cartons, voire des piles, celui des D3E demeure largement méconnu. Par ailleurs, les appareils électroniques comme les téléphones, les ordinateurs ou les lecteurs MP3, qui contiennent une quantité non négligeable de métaux précieux, sont chargés d'une valeur sentimentale qui explique que les propriétaires préfèrent ne pas s'en séparer. Ainsi, le recyclage des métaux est fortement pénalisé par une sorte d'effet grenier : on range dans un tiroir tel appareil alors qu'une montagne de batteries diverses s'y entassent déjà. Ainsi, une étude menée par l'éco-organisme Scred estime que chaque foyer stockerait chez lui entre deux et trois kilogrammes de piles et accumulateurs. De même, Umicore estime qu'en France, sur 20 millions de téléphones portables

recyclables annuellement, à peine 500 000 le sont effectivement. Il en est de même pour les batteries rechargeables puisqu'au niveau européen, Umicore estime le taux de collecte à moins de 5 %. Pour le lithium, le gisement collecté représente environ un quart du gisement collectable.

<i>Lithium</i>	Gisement collectable		Gisement collecté	
	Type de déchets	Quantité de déchets	Gisement annuel de métal	Quantité de déchets
Accumulateurs Li-ion	1200 t	18 t	76 t	1 t
Piles lithium	193 t	7 t	132 t	5 t
Total	1393 t	25 t	208 t	6 t

Certes, le taux de collecte des métaux ne pourra jamais atteindre 100 %, en raison de l'existence d'une perte mécanique : l'agrafe que l'on jette.

### **Proposition**

**Développer l'information sur les modalités de collecte des déchets d'équipements électriques et électroniques auprès des particuliers et mettre en place des campagnes de sensibilisation des citoyens à l'importance de recycler les produits contenant des métaux précieux par les filières officielles**

**Inciter les opérateurs téléphoniques à reprendre gratuitement les téléphones portables et réfléchir aux dispositifs incitatifs (réduction sur le prix d'achat d'un nouveau produit, cumul de points, etc.)**

**Inviter les collectivités publiques à mettre en place des plans de réutilisation ou de recyclage pour leurs produits en fin de vie**

#### ***• Des procédés coûteux, une priorisation biaisée***

L'industrie du recyclage nécessite, au moins au cours de la phase d'affinage, des techniques industrielles complexes au coût très élevé. Dès lors, les métaux à forte valeur marchande sont privilégiés, au détriment d'autres matériaux tout aussi stratégiques. Ainsi du gallium, principalement utilisé sous forme de semi-conducteur : on le trouve notamment dans les LED d'affichage de télécommandes infrarouge, dans les diodes laser pour la lecture et la gravure de CD, de DVD et de Blu-Ray, dans les imprimantes, les cellules des panneaux photovoltaïques CIGS. Le gallium trouve également des applications en médecine nucléaire et en informatique. Alors que la production mondiale de ce métal est relativement faible – 90 à 100 tonnes par an – et que la Commission européenne l'a identifié comme un métal critique, l'enquête de l'Ademe n'a identifié aucun projet de récupération du gallium.

### ***c) Répondre aux enjeux de demain***

#### **• Soutenir les initiatives des industriels**

Alors que la France, comme la plupart des pays industrialisés, est confrontée depuis des années à un phénomène de désindustrialisation, le déploiement d'une industrie du recyclage sur notre territoire est une chance à saisir. Or, si les industriels ont lancé un certain nombre d'initiatives sans soutien public particulier, il convient désormais d'accompagner des projets de recherches et les initiatives qui germent dans notre pays afin d'occuper une place de leader mondial dans l'industrie de transformation. Certes pour les métaux précieux, les grands groupes européens comme Boliden, Umicore ou Aurubis semblent avoir trop d'avance et il serait vain d'investir massivement dans un site industriel sans savoir si trois groupes parviendront déjà à se partager le marché.

Néanmoins, d'autres initiatives existent, et il faut que les pouvoirs publics puissent leur apporter tout leur soutien. Ainsi, l'Institut de Chimie Séparative de Marcoule (ICSM) et le groupe SARP ont développé un partenariat sur un projet de récupération du lithium des batteries de véhicules électriques. Le groupe français Aubert et Duval a également lancé un programme de travail de recherche sur le recyclage du titane en Auvergne. De même, les recherches de Rhodia sur le recyclage des terres rares illustrent cet engagement des industriels dans la recherche de nouveaux procédés d'extraction des matériaux diffus dans les déchets. Néanmoins, face à la complexité de l'industrie du recyclage des métaux, il faut encourager le développement de formations professionnelles spécifiques. En effet, l'industrie du recyclage a recours à des techniques de métallurgie très sophistiquées qui, nous l'avons vu, recouvrent un spectre très large : hydrométallurgie, pyrométallurgie, extraction thermique et ainsi de suite. L'un des enjeux est donc d'assurer aux entreprises un vivier d'ingénieurs et de professionnels compétents, dans une filière pourtant délaissée depuis des années. Il faut donc valoriser ces formations.

#### **LE CAS PARTICULIER DES TERRES RARES : UNE CHANCE POUR L'AVENIR**

En 2011, nos concitoyens se sont inquiétés du risque de pénurie des terres rares, matières au nom trompeur : comme l'ont confirmé la plupart des industriels à vos Rapporteurs, « *les terres rares ne sont pas si rares que cela !* » Néanmoins, elles sont essentielles à la fabrication de la plupart de nos technologies de pointe : batteries, LED, écran plat, ampoule basse consommation notamment.

En l'état actuel des choses la production est concentrée en Chine à près de 97 %. Les programmes de recherche se sont donc peu à peu développés afin d'identifier des processus de recyclage. Or c'est un acteur français, Rhodia, qui a mis au point un procédé permettant de recycler les terres rares issues des lampes à basse consommation.

Les poudres luminophores, jusqu'à présent mises en décharge, sont traitées sur le site de la Rochelle et dans l'usine de Saint-Fons. Le processus de récupération et de séparation fait appel à l'hydrométallurgie et à la pyrométallurgie pour réaliser des dissolutions successives, des filtrations ainsi qu'une séparation par extraction liquide-liquide. À la fin du traitement, les terres rares contenues dans ces poudres – terbium, yttrium, europium, cérium, gadolinium – se retrouvent à leur

état initial et peuvent être de nouveau utilisées comme matières premières secondaires, avec les mêmes propriétés que les celles issues des sites de production classiques.

Ces matières premières secondaires sont utilisées pour la fabrication des pots catalytiques, de poudres luminophores, le polissage des écrans plats et l'optique de précision. La filière de valorisation devrait être véritablement opérationnelle dès 2012.

Dans le cadre de ses recherches sur les terres rares, Rhodia a par ailleurs bénéficié du soutien de l'Agence nationale de la recherche (ANR) dans le cadre du projet VALOPLUS (Valorisation des poudres de luminophores usagés), qui associait le BRGM et Véolia.

### **Proposition**

**Simplifier les procédures d'accès aux financements publics des activités de R&D, homogénéiser les formats entre les différentes structures (Oséo, FSI, fonds régionaux, etc...) et faire d'Oséo le guichet unique pour déposer des dossiers de candidature aux financements de l'État (voire européens), sous un format unique simplifié.**

**Soutenir financièrement les efforts de recherche et développement des industriels européens visant à développer les techniques et les installations nécessaires à l'extraction de matières stratégiques diffuses dans les déchets et à leur affinage.**

**Renforcer la partie du Grand Emprunt dédié à l'économie circulaire.**

**Confier au COMES une étude sur les formations existantes du métier du recyclage et les moyens de les valoriser, les développer et les renforcer, afin de rendre à nouveau la filière « métallurgie » attractive.**

#### ***• Susciter les initiatives des industriels***

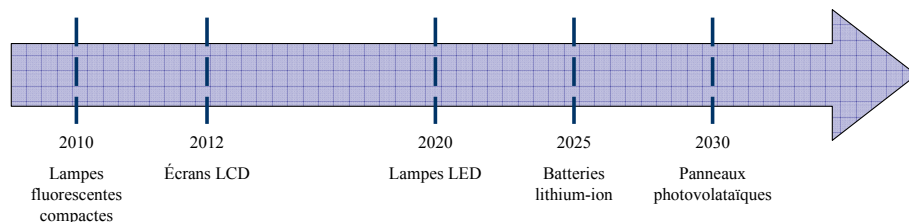
Le recyclage des métaux constitue un marché à conquérir. Dès lors, il convient de se positionner assez rapidement sur des segments d'activités non encore explorés, ou du moins faiblement exploités. Les produits à fort contenu technologique sont relativement récents et pour nombre d'entre eux, le temps du recyclage n'est pas encore d'actualité. Il convient donc de devancer l'arrivée sur le marché des déchets de ces produits en développant dès maintenant les techniques permettant de recycler.

Ainsi notamment de l'indium, produit en faible quantité, de l'ordre de 500 à 700 tonnes par an. En revanche, son cours est très élevé puisqu'il gravite autour de 700 dollars le kilogramme. L'indium connaît des applications variées, mais est notamment utilisé dans les écrans LCD et les panneaux photovoltaïques à couche mince : les panneaux CIGS.

Or ces deux applications représenteront un marché potentiel de première importance dans les années à venir. Ainsi, en France, on estime qu'ont été

commercialisés en 2010 près de 8,5 millions de téléviseurs écrans plats, dont la durée de vie est de moins d'une dizaine d'années. Concernant les panneaux photovoltaïques, l'institut allemand Ökopol évalue à 35 000 tonnes le volume de panneaux à recycler en 2020 et à 123 000 tonnes le volume de panneaux recyclables en 2030.

L'indium a donc un calendrier de mise sur le marché du recyclable assez étalé dans le temps.



Source : Ademe

Il faut donc encourager la filière, et inciter les industriels et les chercheurs à développer des modèles de recyclage des métaux rares qui n'existent pas encore aujourd'hui au stade industriel. Sur l'indium, l'entreprise japonaise Sharp et l'institut de recherche technologique de Tokyo ont initié des travaux sur le recyclage de l'indium depuis 2007, avec un taux de récupération avoisinant les 80 %. La société française Recupyl a mis en place un pilote industriel permettant de récupérer l'indium des dalles LCD par un procédé d'électrochimie après broyage. Le taux d'extraction de l'indium serait de 98,3 %.<sup>(1)</sup> De manière générale, il existe une petite dizaine de pilotes industriels en France travaillant sur le recyclage des écrans plats. L'une des techniques employées est le broyage suivi de l'aspiration des éléments pulvérisant récupérés grâce à des filtre à charbon actif. Eco-systèmes devrait sélectionner deux ou trois pilotes partenaires d'ici fin 2011.

Le recyclage des métaux rares doit donc être soutenu dès maintenant, afin de disposer d'une industrie mature lorsque des flux massifs de produits de haute technologie seront mis sur le marché des déchets.

La France doit parvenir à déterminer quels sont les secteurs sur lesquels elle est bien positionnée. Alors que des grands acteurs de l'affinage sont présents à ses frontières, la France doit se positionner sur des marchés de niches, à partir des expériences menées. Ainsi, sur le recyclage des batteries automobiles, plusieurs projets ont été lancés, notamment par Euro Dieuze Industrie et Recupyl.

---

(1) l'étude de l'Ademe cite d'autres projets de recherche sur l'indium en France, notamment mis en œuvre par les acteurs suivants : ENVIE 2<sup>E</sup>, COVED,

### **Proposition**

**Orienter la recherche par l'octroi de subvention, notamment dans le cadre des investissements d'avenir du Grand Emprunt, sur les méthodes d'extraction de certains matériaux stratégiques diffus dans les déchets. Il s'agit ainsi d'inciter les industriels à développer des programmes de recherches sur des produits qu'ils auraient délaissé faute de rentabilité économique à court terme.**

**Confier au COMES la mission de créer la notion de « gisement de déchets d'intérêt stratégique » et l'identification des marchés de niches devant bénéficier d'un soutien public, notamment dans le cadre des investissements d'avenir du Grand Emprunt.**

#### **• *Créer un vrai marché du recyclage***

##### **➤ Améliorer le fonctionnement du marché**

Comme le relevait la Commission européenne dans une communication parue au cours de l'année 2010, nombre de barrières freinent le déploiement d'un marché efficace du recyclage. Il convient notamment de garantir des informations fiables sur la qualité des matériaux recyclés et de renforcer les relations entre les vendeurs et les acheteurs, ces deux mondes s'ignorant trop souvent.

Ce constat rejoint celui de l'OCDE qui, au terme d'une étude réalisée en 2007 sur l'amélioration des marchés du recyclage, souligne que le succès des mesures entreprises par les États en faveur du recyclage est conditionné par le bon fonctionnement des marchés des produits recyclés.

Or, le marché des matières premières secondaires semble souffrir d'une instabilité des prix plus importante que celui des matières premières vierges. L'OCDE identifie cinq catégories d'entrave à un fonctionnement optimale du marché des matières premières recyclées :

- les coûts de recherche et de transaction, dans un marché où vendeurs et acheteurs ignorent leur existence ;
- les carences de l'information sur la qualité des produits, sous ou surestimées ;
- les perceptions et l'aversion au risque des consommateurs qui pénalise les débouchés des MPS ;
- les externalités technologiques ;
- le pouvoir du marché, dans le sens où la position dominante de quelques entreprises dans le domaine de l'extraction permettrait de casser les prix face à une jeune industrie du recyclage qui ne peut encore bénéficier des économies d'échelles.

### **Proposition**

**Inciter la Commission européenne à la création d'un label « recyclage », permettant de garantir la qualité du recycleur, de la matière première secondaire produite et du procédé de traitement : mise en place de certificats spécifiques aux métaux.**

#### ➤ Jouer sur le prix

Les matières premières secondaires pâtissent d'une concurrence marquée avec les matières premières vierges. Il faut donc rétablir une juste concurrence en envoyant un signal prix. Une première solution pourrait être la création d'une fiscalité incitative, sur la base d'un taux réduit de TVA pour les matières premières secondaires. Néanmoins, vos Rapporteurs sont d'avis qu'il n'est nullement pertinent de créer une nouvelle niche fiscale dans le contexte budgétaire actuel, alors que notre pays est confronté à une grave crise économique et se doit de préserver les finances publiques dans un souci de réduction des déficits. Le moyen le plus efficace de rendre les matières premières secondaires attractives est de développer les débouchés.

#### ➤ Créer des débouchés

Jusqu'à présent, le recyclage a avant tout été porté par des considérations environnementales, déconnectées des débouchés. Il faut passer d'un marché de l'offre à un marché de la demande afin d'accompagner les filières émergentes pour stimuler la demande.

### **Proposition**

**Utiliser au mieux les possibilités offertes par le code des marchés publics afin d'inclure le taux d'incorporation des matières premières secondaires dans les produits finis dans l'éventail des critères techniques : le code des marchés publics mentionne de nombreux critères techniques pouvant figurer dans les appels d'offre, notamment la qualité, les performances en matière de protection de l'environnement, le coût global d'utilisation, le caractère innovant, cette liste n'étant pas limitative et devant être adaptée à l'objet du marché.**

**Inciter la Commission européenne à imposer un taux d'incorporation de matières premières secondaires dans les produits finis, par exemple par l'inclusion d'une composante matières premières dans la directive Eco-conception. En effet, la réglementation communautaire énonce des objectifs de valorisation sans tenir compte des matières recyclées. La directive Eco-conception favorise les produits faiblement consommateur d'énergie : il faut aller plus loin**

En somme, le recyclage des métaux constitue un potentiel de développement économique important et permet de relâcher la pression sur les marchés traditionnels des matières premières. Néanmoins, le recyclage ne peut pas être perçu comme une solution unique et exclusive. En effet, de nombreuses limites perdurent. La première est certainement celle de l'évolution technologique : les cycles de recherches et d'expérimentation sont longs alors que ceux du progrès technologique sont de plus en plus courts. Il ne faudrait pas donc pas que l'arrivée à maturité d'une technique de traitement d'un produit coïncide avec l'arrêt du recours à ce matériau. Au-delà, les possibilités de recycler sont également freinées par les difficultés techniques qui s'opposent à un traitement approfondi des matières. Il y a nécessairement une perte à chaque phase de traitement, soit nette par un phénomène d'entropie, soit fonctionnelle par une dévalorisation d'un métal, ou son inclusion dans un processus industriel auquel il n'était pas destiné à l'origine. Enfin, le recyclage des métaux pâtit surtout des difficultés à constituer un flux massif permettant de réaliser des économies d'échelles et donc de rendre les filières plus viables économiquement. Ainsi, il convient de ne pas se limiter au seul recyclage mais, tout en adoptant des modes de consommation et de production à même de le faciliter, de développer de nouvelles habitudes, industrielles ou personnelles, afin de sécuriser l'avenir.

## **B.— ÉCO-CONCEVOIR ET ÉCO-CONSOMMER**

Le développement du recyclage ne peut constituer la seule réponse face au risque de pénurie de métaux. De manière générale, une réponse purement technique à un enjeu de société n'est pas satisfaisante. En effet, au-delà du perfectionnement de certaines techniques d'affinage et de la sensibilisation de nos citoyens au tri, la gestion durable des matières premières métalliques passe également par l'émergence de cette écologie du métal dont nous avons déjà souligné la nécessité. Or, cette écologie du métal ne peut reposer sur le seul pilier de la récupération et du recyclage, elle doit porter un changement culturel qui touche nos modes de production et de consommation : d'après Philippe Bihouix et Benoît de Guillebon, « *l'économie française consomme, pour chaque euro de valeur ajoutée, 10 grammes de métaux. (...) Autrement dit chaque français consomme chaque jour 700 grammes de métaux* ». C'est donc également sur cette variable qu'il convient d'agir.

D'abord, nos modes de production doivent évoluer afin de promouvoir une industrie durable. Plusieurs vecteurs doivent être activés. Premièrement, les processus industriels peuvent favoriser l'éco-conception qui permet, d'une part, d'anticiper sur la phase de recyclage et, d'autre part, de réduire la consommation de matières premières. Deuxièmement, une industrie de production durable doit opérer une révolution afin de sortir de ce qu'il convient d'appeler « l'obsolescence programmée ». Les entreprises productrices de biens manufacturés semblent appliquer un principe de développement économique fondé sur le renouvellement permanent des biens de consommation, quitte à ce que ceux-ci perdent en qualité. Certains produits ont des temps de rotation très courts, ce qui implique une



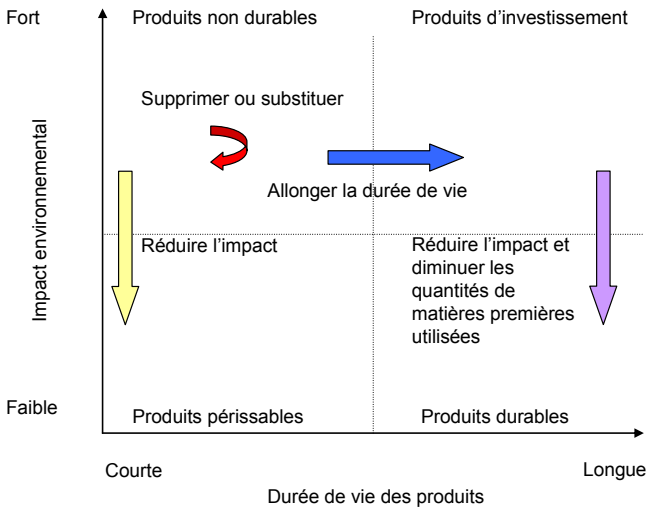
dispersion rapide des métaux qui les composent. Troisièmement, une réflexion sur la substitution des produits doit absolument être menée par les chercheurs et les industriels. Des solutions existent et nombre de pistes d'évolution ont d'ores et déjà été identifiées. Il faut poursuivre ce mouvement, même si la substitution comporte des limites techniques qui ne peuvent pas être négligées.

Ensuite, la consommation durable doit être encouragée. Au cours des prochaines années, nous l'avons vu, la consommation de matières premières métalliques, va continuer de fortement croître. Ainsi du cuivre, dont on consommera au cours des vingt cinq prochaines années autant que jusqu'à présent ! La consommation durable sera le pendant de la production durable ; elle touchera tous les consommateurs : particuliers bien sûr, mais également entreprises et pouvoirs publics. Le législateur ne peut à lui seul provoquer un changement soudain des modes de consommation, mais il y contribue par l'information, l'incitation et l'interdiction. Le concept du développement durable a peu à peu pénétré la conscience collective et il faut s'appuyer sur ce terreau afin de rendre effective la gestion durable des matières premières métalliques.

### **1. Pour une industrie de production durable**

Le recyclage des produits manufacturés et des chutes de production constitue l'une des pistes permettant de limiter les tensions sur les gisements traditionnels de métaux. Néanmoins, l'un des obstacles au développement du recyclage est d'abord technique, dans le sens où il est parfois des plus difficiles de pouvoir séparer les différents métaux entre eux et de traiter les pollutions nées de la proximité de matériaux aux propriétés distinctes. L'industrie productive doit donc anticiper cette difficulté en préparant dès la phase de conception le traitement du produit en fin de vie. C'est l'un des enjeux de l'éco-conception. Au-delà, il s'agit pour les industriels de limiter l'impact environnemental de leurs produits tout le long de la chaîne de valeur, de l'extraction des matières premières nécessaires à la fabrication du bien à la mise sur le marché. Pour ce faire, il convient bien évidemment de limiter la consommation de matières premières, mais également d'allonger la durée de vie des produits et de penser à la substitution de certains matériaux.

### Les leviers d'action de l'éco-production



#### **a) Anticiper le recyclage**

Selon la définition de l'Ademe, « l'éco-conception consiste à intégrer les aspects environnementaux dès la phase de conception des produits, qu'il s'agisse de biens ou de services, afin notamment de prévenir la production de déchets à la source et à en faciliter le recyclage. Elle constitue un axe majeur de prévention et de réduction à la source des impacts environnementaux (réduction des consommations de matières premières et d'énergies, des déchets, des rejets, ...). Elle considère toutes les étapes du cycle de vie d'un produit (production ou extraction des matières premières – fabrication – transport – distribution – utilisation – valorisation et traitement du produit usagé) de manière à limiter les impacts du produits sur l'environnement ». L'éco-conception place ainsi la notion de « coût global » au cœur du processus productif.

#### **DIRECTIVE ÉCO-CONCEPTION DE 2005**

La directive 2005/32/CE vise la réduction de l'impact environnemental des équipements consommateurs d'énergie à plusieurs stades de leur cycle de vie :

- durant leur phase de production en réduisant les quantités de matières utilisées pour les mêmes performances ;
- durant leur phase d'utilisation en réduisant notamment leur consommation énergétique ;
- durant leur phase de fin de vie en facilitant le développement de l'économie circulaire.

Les groupes de produits suivants seront traités en priorité pour l'application de la directive :

- les équipements de chauffage et de production d'eau chaude ;
- les moteurs électriques ;
- l'éclairage dans les secteurs résidentiel et tertiaire ;
- les appareils domestiques ;

- l'équipement de bureau dans les secteurs résidentiel et tertiaire ;
- l'électronique grand public ;
- les systèmes CVC (chauffage, ventilation et climatisation) ;

En pratique, l'éco-conception peut être mise en œuvre selon deux logiques :

– premièrement, il s'agit pour le producteur de déterminer un processus de fabrication permettant une séparation aisée des différents matériaux lorsque le produit arrive en fin de vie. De manière générale, la complexité accrue des technologies a renchéri le coût de récupération des matériaux, voire a rendu cette dernière infaisable, du fait de leur imbrication dans les produits. À titre d'exemple, dans certains équipements électroniques de petite taille comme les téléphones ou les lecteurs de musique type MP3, la batterie est directement intégrée au produit fini et donc non amovible. Dans ce cas, un prétraitement manuel pour séparer la batterie est impossible ou trop coûteux et le cobalt et le lithium ne sont pas recyclés ;

– deuxièmement, il s'agit d'agir directement sur les processus de production afin de limiter les tensions sur les marchés des matières premières et d'en réduire la consommation. Dans ce cas, le travail porte sur la composition des produits, afin d'alléger la part de certaines matières premières jugées critiques ou de substituer un matériau à un autre. Ainsi, en Allemagne, BASF a entrepris des travaux sur les câbles afin de réduire la quantité de cuivre utilisée.

#### **L'AUGMENTATION CONTINUE DU POIDS DES VOITURES (*IMAGINASCIENCE*)**

Jusqu'à présent, quelle que soit la gamme choisie, pour un même type de véhicule, le poids augmente invariablement au cours du temps. En 1997 déjà, on remarquait que dans la gamme moyenne inférieure (ex : Renault *Mégane*), tous constructeurs confondus, les nouveaux modèles prenaient 17,5 kg chaque année !

En quatre générations, la *Golf* de Volkswagen a pris 350 kg, principalement en raison d'un accroissement des dimensions de ce modèle. La masse à vide de la *207* est de 150 kg supérieure à celle de la *206*.

Le poids des voitures augmente du fait de plusieurs facteurs au nombre desquels l'accroissement du confort (équipements et aménagements) et de la sécurité. Néanmoins, l'accroissement du poids d'un véhicule entraîne une baisse de ses performances, et afin de les maintenir, on doit nécessairement compenser en augmentant la puissance du moteur. Or, à technologie constante, cela implique une structure plus solide et fatalement plus lourde et ainsi de suite...

Ainsi la consommation de métaux ne cesse d'augmenter, comme éléments constitutifs des éléments de confort et comme éléments constitutifs du moteur.

L'éco-conception représente un réel intérêt économique pour les industriels dans le sens où elle entraîne irrémédiablement une baisse des coûts de production. Par ailleurs, un certain nombre de labels justifiant du caractère respectueux de l'environnement des produits ont été créés, permettant ainsi aux entreprises de promouvoir leur action auprès des consommateurs. Il convient

toutefois d'ajuster ces processus de certification afin d'assurer la lisibilité des indicateurs au public.

Toutefois, la mise en œuvre de l'éco-conception est confrontée à un des difficultés qu'il convient de résorber. D'abord, l'éco-conception fonctionne comme un système par répartition : les efforts de certains industriels ne sont visibles que des années plus tard, lorsque le produit arrive sur le marché du recyclage. Par ailleurs, alors que la mise en œuvre de l'éco-conception induit de forts coûts de recherche pour l'industriel qui la met en œuvre, sa négation n'est pas pénalisée. Dès lors, l'intérêt financier des industriels n'est pas de mettre sur le marché des « éco-biens » mais de conserver les mêmes méthodes de production en espérant gagner des parts de marché grâce à des prix de vente plus bas que leurs concurrents vertueux.

Par ailleurs, compte tenu de la réglementation actuelle, les fabricants doivent se conformer à des obligations à l'aval (taux de recyclage) et non en amont (part de produits recyclés). Il convient donc d'élargir la réglementation européenne sur les taux de recyclage – directives « déchets » ; « D3E », « VHU », « piles et accumulateurs » – afin de garantir un taux d'incorporation de matières premières secondaires dans les produits.

Enfin, l'éco-conception, si elle permet d'obtenir des gains unitaires, n'apporte pas de solution face à l'augmentation globale de la consommation de matières premières induite par la multiplication des produits et par la hausse de la demande qu'accompagne notamment l'amélioration du niveau de vie des populations des pays émergents.

### **Proposition**

**Donner une définition – qu'elle soit législative ou réglementaire – de l'éco-conception.**

**Inviter la Commission européenne à affiner les critères de recyclage des directives en imposant une part de métaux à recycler dans les taux globaux et à inclure à terme l'éco-conception dans les critères du marquage « CE ».**

#### ***b) Sortir de la culture du temps de vie programmé***

Le temps de vie programmé, ou obsolescence programmée, trouve son origine dans un essai de Bernard London publié en 1932 et intitulé *Mettre fin à la crise par l'obsolescence programmée* <sup>(1)</sup>. Selon Bernard London, la consommation étant l'un des principaux déterminants de la croissance, elle devait donc être encouragée, voire forcée, par la mise en place d'une obligation de renvoi des produits à un organisme public à partir d'une certaine date. L'idée était donc d'imposer le renouvellement des biens de consommation. Aujourd'hui

---

(1) *Ending the Depression Through Planned Obsolescence*, Bernard London, 1932.

l'obsolescence programmée consiste à vendre des biens de médiocre qualité cessant rapidement de fonctionner ou à empêcher leur réparation.

Ce dernier aspect de l'obsolescence programmée a souvent été présenté par les industriels comme un élément de la théorie du complot. D'une certaine manière, imaginer que les industriels mettent en œuvre des stratégies afin de vendre un produit « jetable » aux consommateurs sans le présenter comme tel pourrait effectivement relever de l'imagination. Pourtant, nous avons tous été confrontés à des situations où cette prétendue théorie du complot s'ancre soudain dans la réalité la plus concrète, et ce sous plusieurs formes :

– obsolescence indirecte : c'est le cas du téléphone portable qui devient obsolète faute de pouvoir trouver un chargeur de remplacement, ou plus généralement de l'impossibilité de réparer un produit faute de pièces détachées adéquates. Ainsi, le consommateur est forcé de renouveler un produit pourtant en état de marche ;

– obsolescence d'incompatibilité : c'est le cas du logiciel informatique qui ne fonctionne plus lors de l'actualisation du système d'exploitation ;

– obsolescence esthétique : c'est l'illustration de l'effet mode. Tous les produits soumis à un marketing constant, comme les vêtements, les voitures, les accessoires électroniques, apparaissent vite désuets du fait d'un matraquage publicitaire qui fait évoluer les critères d'élégance. Certains biens perdent donc immédiatement leur valeur dès lors qu'il n'est plus « à la mode » ou qu'une nouvelle version du produit est sortie, faisant passer la précédente pour « ringarde ». Certaines marques de produits électroniques basent leur développement sur ce type de stratégie, un nouveau produit étant mis sur le marché quasiment tous les ans ;

– obsolescence de fonctionnement : c'est l'arrêt de fonctionnement d'un produit à partir d'une certaine date, ou sa piètre qualité qui le rend impropre à la consommation. Interdites aujourd'hui au sein de l'Union européenne, certaines imprimantes étaient équipées d'une puce compteur qui bloquait l'impression au-delà d'un nombre de feuilles déterminé. Parallèlement, certaines cartouches d'encre étaient également équipées d'une puce comptant le nombre d'impressions, indiquant alors un faux niveau d'encre dans le logiciel d'impression, avec pour conséquence la mise en décharge de cartouches contenant encore de l'encre. De même, comment ne pas s'étonner devant la durée de vie de produits comme les machines à laver, bonnes à être jetées au bout de huit ans alors qu'elles fonctionnaient auparavant pendant une quinzaine d'années ? À ce sujet, le remplacement des tambours métalliques par des matériaux plastiques apparaît comme un aveu de moindre qualité ;

– obsolescence de service après-vente : c'est le cas de nombre de produits dont l'utilisateur ne maîtrise pas la technologie. Ainsi devient-il moins cher de racheter une imprimante que de la réparer, car les services après-vente contactés

estiment ne pas être en mesure de satisfaire le client dans un délai raisonnable et à un prix convenable. La batterie des *iPod* des première, deuxième et troisième générations était prévue pour durer 18 mois : les services techniques de la marque américaine suggéraient à leurs clients mécontents de remplacer l'appareil tout entier, ne proposant pas de vendre séparément une nouvelle batterie. Cette pratique a été interdite à la suite d'une action collective intentée devant la justice américaine <sup>(1)</sup>.

Les premiers cas d'obsolescence programmée datent de la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Ainsi, le film *L'homme au complet blanc* <sup>(2)</sup>, sorti en 1951, raconte l'histoire d'un ingénieur chimiste inventant un tissu insalissable et inusable, qui provoque la colère des industriels et des ouvriers textiles. Prêt à alerter la presse de sa découverte, le chercheur est séquestré afin de ne pas pénaliser la croissance du secteur textile. De même, constitué dans les années Vingt, le cartel de Phoebus est considéré comme le premier cartel international visant à instaurer une obsolescence programmée.

#### LE CARTEL DE PHOEBUS

Elle brille dans une caserne de pompiers des États-Unis, et ce en permanence depuis 1901. Il s'agit d'une ampoule qui aurait ainsi éclairé plus d'un million d'heures, tandis que deux caméras numériques chargées de la surveiller sont tombées en panne en l'espace de quelques mois. Une ampoule centenaire semble relever de l'imagination mais en réalité, cette performance aurait simplement été empêchée par les industriels.

Le Cartel de Phœbus est un oligopole composé de plusieurs industriels dont Philips, Osram et General Electric, actif entre 1924 et 1939. L'objectif de ce cartel était de contrôler la fabrication et la vente des lampes à incandescence.

Le Cartel de Phœbus avait la forme d'une société suisse appelée *Phœbus S.A. Compagnie Industrielle pour le Développement de l'Éclairage*.

Alors que des brevets avaient été déposés par des groupes industriels sur des ampoules dont la durée de vie atteignait 100 000 heures, le cartel a limité à 1 000 heures la durée de vie des ampoules tout en provoquant une hausse des prix à la vente.

Mettre fin au temps de vie programmé est un réel enjeu de société, et nécessite un changement culturel de certains industriels. Au lieu de miser sur un renouvellement permanent des produits manufacturés, il faut absolument parvenir à réduire la vitesse des cycles de ces biens et ce selon deux modalités : la production et la réparation :

– concernant la production, il faut encourager les industriels à privilégier l'innovation verticale au lieu de l'innovation horizontale. Ainsi, les produits mis sur le marché actuellement ont trop tendance à se différencier par des critères marketing et non par des critères de performance. Il faut donc renforcer la

---

(1) <http://www.girardgibbs.com/ipod.asp>

(2) *The Man in the White Suit*, film britannique réalisé par Alexander Mackendrick, sorti en 1951.

performance, et inclure dans les critères de la performance la résistance et la durabilité ;

– concernant la réparabilité, il faut imposer aux industriels la possibilité de réparer les produits par la disponibilité de pièces de remplacement et la mise en place de services compétents. Néanmoins, la réparation doit faire face à plusieurs problèmes d'importance. D'abord, il faut rendre le travail du réparable économiquement viable en valorisant ces emplois. La réparation des produits peut également constituer une source d'emploi local, en partie social, des plus intéressantes pour remédier à une partie du chômage.

#### LES ATELIERS DU BOCAGE

Les Ateliers du Bocage ont été fondés par Emmaüs au début des années 1990. Entreprise d'insertion spécialisée sur le tri et la réparation des matériels informatiques et électroniques, ses employés collectent et trient entre 20 000 et 35 000 téléphones par mois. 30 % du matériel récupéré peut être réparé et réutilisé, le reste est revalorisé en recyclage matière.

La réparation des produits est toutefois confrontée aux questions de propriété intellectuelle : il s'agit de la rendre possible en permettant aux réparateurs l'accès à certains documents techniques si l'entreprise concernée ne propose pas elle-même un service de réparation. Enfin, il convient d'agir sur l'image des produits de seconde main afin d'encourager les utilisateurs à les consommer.

En somme il s'agit de créer des produits durables et de les substituer peu à peu aux produits non durables à l'impact environnemental fort et d'une durée de vie courte. Pour les produits périssables par essence, il faut agir sur l'impact environnemental en limitant la consommation de matières.

#### **Proposition**

**Confier au Gouvernement une étude sur l'obsolescence programmée.**

*c) Substituer des métaux courants aux métaux les plus critiques*

*• l'usage biaisé de certains métaux*

L'usage de certains métaux apparaît parfois assez problématique. En effet, utilisés sous forme non métallique et pour des emplois qui n'apparaissent que rarement essentiels, les métaux échappent à tout processus de récupération et de recyclage.

### LE CAS DES CHAUSSETTES ANTIBACTÉRIENNES

Les chaussettes antibactériennes, dites « anti-odeurs », contiennent des nanoparticules d'argent. Il s'agit d'un usage totalement inapproprié d'une matière stratégique, dispersif et dangereux pour l'environnement. En effet, comme le soulignait l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) dans un rapport du 24 mars 2010<sup>(1)</sup>, lors du lavage, des nanoparticules se détachent, s'écoulent dans les eaux usagées et échappent au traitement des stations d'épuration, étant trop fines pour être arrêtées par les filtres. Ainsi, des nanoparticules d'argent se retrouvent dans l'eau courante, et sont de plus irrécupérables, pour un usage qui n'apparaît pas particulièrement essentiel...

Dans certains cas, cet usage biaisé des métaux constitue un réel danger pour la santé humaine : ainsi par exemple de certains laits solaires qui contiennent des nanoparticules de dioxyde de titane, pouvant toucher les utilisateurs par une application cutanée. De plus, l'application de ce type de lait peut entraîner une dispersion environnementale de dioxyde de titane susceptible d'affecter l'environnement.

De manière générale, il convient certainement de s'interroger sur nos modes de vie et peut-être remettre en cause l'existence de biens appartenant pourtant à notre vie courante tant que des substituts efficaces ne permettront pas de soulager les métaux les plus rares. Ainsi, comme le soulignent Philippe Bihoux et Benoît de Guillebon dans leur ouvrage, « *peut-on continuer à utiliser des produits non renouvelables dans des produits à faible durée de vie ou marketing ?* ». Afin de montrer l'ampleur de ces usages dispersifs et peu glorieux des métaux, vos Rapporteurs ont souhaité apporter quelques exemples illustratifs :

– la cosmétique et les produits d'hygiène sont fortement consommateurs de métaux pour des usages non essentiels : l'argent est utilisé pour donner une coloration argentée ou dorée aux rouges à lèvres ; le bismuth est employé dans certaines teintures de cheveux ; le titane et le sulfate de zinc servent de colorant blanc au dentifrice ; l'oxychlorure de bismuth renforce la brillance de rouges à lèvres et de vernis à ongles. De même, les lames de rasoir, que nous considérons comme des produits jetables, sont généralement composées d'acier au cobalt (cobalt 40-60%, chrome, tungstène, carbone) ou à la stellite (cobalt 50-60%, chrome 30-40% tungstène 8-20%) ;

– l'industrie de l'imprimerie, où sont utilisés pour les couleurs cobalt, cadmium, argent, cuivre et platine ;

– les feux d'artifice, fortement consommateurs de métaux pour leur réalisation alors que la pratique semble pouvoir être réduite :

---

(1) *Affset : expertise collective sur l'évaluation des risques liés aux nanomatériaux pour la population générale et pour l'environnement, 24 mars 2010*



Aluminium	Crépitement
Antimoine	Couleur rouge
Arsenic	Couleur blanche
Baryum	Couleur verte
Chrome	Couleur verte
Cuivre	Couleur verte
Lithium	Couleur rouge
Magnésium	Crépitement
Manganèse	Couleur violette
Plomb	Agent oxydant
Sélénium	Agent réducteur
Sodium	Couleur jaune
Strontium	Couleur carmin

**• les travaux de recherche sur la substitution**

La substitution consiste à remplacer les métaux rares ou critiques par des métaux plus courants, et si possible parmi les plus abondants à la surface de la Terre : sodium, potassium, magnésium, aluminium, silicium, calcium et fer ont une concentration supérieure à 0,1 % dans la croûte terrestre.

Des procédés ont déjà été mis en œuvre et certains sont bien connus. Ainsi des couverts en inox à la place de l'argenterie traditionnelle. De même, dans les aimants, il semble possible techniquement de remplacer le cobalt par des ferrites de baryum ou de strontium ou des alliages néodymes-fer-bore ou nickel-fer. La réduction de la quantité de platine contenue dans les pots catalytiques grâce aux nanotechnologies est également envisagée.

De nombreuses entreprises se sont lancées dans la recherche et ont mis en place des prototypes de produits fabriqués à base de substituts de métaux. Ainsi, Intel, Motorola et Soitec ont envisagé de remplacer le gallium dans les technologies de couches minces de semi-conducteur par un substrat de silicium, carbure de silicium ou de saphir. À l'heure actuelle néanmoins, les performances de ces produits ne sont pas satisfaisantes pour démarrer le processus de manière industrielle.

**LES TRAVAUX DU LABORATOIRE DE CHIMIE MÉTALLURGIQUE DES TERRES RARES (LCMTR) DE L'INSTITUT DE CHIMIE ET DES MATÉRIAUX DE PARIS EST**

Le LCMTR a notamment entrepris des travaux de recherche sur le stockage de l'énergie. À l'heure actuelle, il existe deux systèmes de batteries :

- batteries nickel-hydrures métalliques, utilisées notamment par la Toyota Prius. Le LCMTR mène un programme de recherche en partenariat avec la société SAFT afin de remplacer certaines terres rares par du magnésium, en quantité disponible plus importante.

- batterie lithium-ion. La LCMTR mène des recherches sur les alliages afin d'identifier des matériaux alternatifs. Certains alliages pourraient en effet interagir efficacement avec le lithium.

• ***les limites de la substitution***

Comme le recyclage, la substitution ne peut à elle seule représenter une solution satisfaisante. Tout au plus, permet-elle de transférer les tensions d'un métal à un autre. Par ailleurs, malgré la confiance de vos Rapporteurs dans la recherche scientifique, certains doutes existent quant à une possibilité de tout substituer.

Notre industrie est toujours plus dépendante de petits métaux pour fabriquer les produits de haute technologie. Or des métaux comme le gallium, l'indium, le tantale, le germanium, le cobalt, le lithium ou les terres rares possèdent des caractéristiques physico-chimiques spécifiques qui les rendent uniques : ce qui fait justement la performance de ces produits de haute technologie, c'est précisément la performance inégalée de ces matériaux que jusqu'alors nous n'exploitions pas. Comme le souligne Bruno Goffé, chercheur au CNRS, « *les substances chimiques sont utilisées par rapport à leurs propriétés intrinsèques. Il apparaît dès lors compliqué de mener à bout des processus de substitution efficaces* ». À titre d'exemple, le cuivre est quasiment irremplaçable pour les applications électriques.

Par ailleurs, il convient de se prémunir contre une substitution contre-productive. D'abord parce que certains substituts peuvent être tout aussi difficiles d'accès : le lithium pourrait se substituer aux terres rares dans certaines batteries, mais 60 % du gisement est détenu par le Chili et 27 % par la Chine ! Ensuite, la substitution peut porter des conséquences encore plus graves pour l'environnement : l'aluminium peut éventuellement remplacer le cuivre pour le transport électrique mais son extraction nécessite deux à trois fois plus d'énergie.

En somme, il faut également travailler sur les procédés et non pas sur les seules propriétés. Rendre les aimants des alternateurs plus compacts permet ainsi d'employer moins de métaux !

**Proposition**

**Confier au Conseil général de l'environnement et du développement durable et au Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies une étude sur l'usage dispersif des métaux, et les possibilités d'interdiction de certains produits dans le cadre de la préservation des matières premières stratégiques.**

**Mettre en place une taxe sur les produits comportant des métaux non essentiels à leur fonction.**

**Soutenir les programmes de recherches sur la substitution dans le cadre des investissements d'avenir du Grand Emprunt.**

## **2. Pour une consommation soutenable**

La production durable est l'un des déterminants de la réduction de la pression exercée sur les métaux par les industriels. Elle apparaît ainsi comme un complément du recyclage des produits manufacturés. Néanmoins, ces solutions voient leurs effets fortement réduits sans le développement d'une consommation soutenable.

Si nos concitoyens semblent particulièrement à l'écoute des enjeux du développement durable depuis la fin du XX<sup>e</sup> siècle, le recyclage des matières premières demeure largement perfectible. En effet, faute parfois d'information, ou d'engagement, les citoyens ne pratiquent pas un recyclage des plus efficaces. Ceci n'est pas une nouveauté, les populations d'autres pays, comme celles de la plupart des États riverains de la mer Baltique, ont développé beaucoup plus tôt que les peuples latins une conscience environnementale forte.

Aujourd'hui, les enjeux de la consommation durable ne sont certainement pas perçus de manière assez forte sur notre territoire et il convient d'accompagner une évolution devenue essentielle. Pour ce faire, le législateur dispose de plusieurs moyens. D'abord, il s'agit de mieux informer, afin de souligner les enjeux sociaux, économiques et environnementaux d'une consommation verte. Ensuite, il faut inciter à l'adoption de comportement vertueux, par des mesures fiscales ou l'établissement de critères de labellisation. Enfin, comme il est difficile de demander au citoyen d'agir seul lorsque l'État demeure en retrait et que d'autres signaux lui sont envoyés, il est nécessaire de procéder à des interdictions, de produits ou de procédés, afin de forcer parfois le changement.

### ***a) Informer les consommateurs***

Le consommateur pêche souvent par manque d'information. Le sujet de la pénurie des métaux est apparu sur le devant de la scène ces derniers mois, mais nul ne pouvait se représenter les enjeux que la consommation des métaux portait, faute de communication. Nous l'avons vu, les métaux ont longtemps été les parents pauvres des réunions internationales sur les enjeux du développement durable. D'une certaine manière, le changement climatique et ses conséquences, la biodiversité et l'accaparement des terres agricoles ont bien plus inquiété nos concitoyens car ils ont éclipsé la thématique des métaux. Il faut donc replacer le sujet des métaux au centre de l'attention, sans à l'inverse effacer les autres urgences environnementales auxquelles nous sommes confrontés.

À cette fin, il convient de démocratiser la connaissance du rôle des métaux, en insistant sur leur rôle essentiel dans l'économie. Il faut également développer un étiquetage lisible des produits, permettant ainsi au consommateur de connaître la composition en métaux du produit qu'il achète. Bien évidemment, l'éco-étiquetage dépasse le seul enjeu des métaux et il s'agit d'une réflexion globale car d'autres indications doivent être incluses comme le coût énergétique.

Au-delà, le consommateur peut pêcher par préjugé et il convient de susciter l'achat de produits de seconde main ou recyclés. D'une manière générale, l'idée même de consommer des produits issus de déchets peut parfois rebuter les consommateurs. En effet, ce type de produit porte souvent une connotation négative : moindre qualité, risques sanitaires. Cette méfiance est souvent injustifiée, dans la mesure où les biens fabriqués à partir de matériaux recyclés doivent satisfaire aux mêmes exigences normatives que ceux produits à partir de matières vierges. Dans d'autres secteurs, comme celui du papier, la consommation de produits issus de matériaux recyclés fonctionne bien : il faut agir à partir de cette base positive.

### **Proposition**

**Confier au Gouvernement une campagne d'information grand public sur les métaux (affichage public expliquant le rôle d'un métal, campagne publicitaire radiotélévisée, documents de simplification).**

#### ***b) Inciter à une consommation durable***

La seconde piste d'action offerte aux politiques est la détermination d'outils incitatifs à une consommation durable. En effet, l'information seule ne permet pas d'opérer un changement efficace et rapide. La consommation est avant tout un acte culturel et modifier les habitudes de vie quotidienne prend du temps. Ainsi, alors que l'information est fortement disponible sur le tri des déchets, notamment pour les produits à placer dans les « poubelles jaunes » puisque la liste des produits à y placer figure sur le couvercle même, nombre de personnes continuent à y jeter des produits non listés, ce qui a pour effet d'empêcher le recyclage efficace du contenu de ces poubelles.

Les pouvoirs publics doivent donc inciter les citoyens à un changement de comportement, notamment par la mise en place d'une fiscalité incitative. Dans un contexte budgétaire contraint, vos Rapporteurs ont parfaitement conscience de l'impossibilité de trop solliciter le budget de l'État par des dépenses publiques ou l'établissement de taux réduits de TVA. Dès lors, il convient, afin de réaliser une opération neutre, voire un gain pour les finances publiques, de créer en contrepartie d'une fiscalité allégée une taxe sur les produits non éco-produits.

Ainsi, un dispositif comme le bonus/malus, sur l'exemple de celui instauré sur les véhicules par le Grenelle de l'environnement, pourrait être une piste de réflexion. Mais il s'agit d'être prudent lors de la réalisation d'un tel dispositif fiscal, afin de ne pas commettre les mêmes erreurs que pour le Bonus-Malus applicable aux véhicules : alors que l'opération devait être neutre pour les finances publiques, son « succès » a rapidement conforté le déficit public. Dès lors l'une des solutions pourrait être de coupler ce mécanisme à l'établissement d'une très forte taxe sur les produits consommateurs de métaux non essentiels à leur usage ou favorisant l'usage dispersif des métaux.

Par ailleurs, les pouvoirs publics doivent montrer l'exemple et s'engager dans une consommation durable, notamment dans le cadre des marchés publics. Les offres sélectionnées devraient ainsi systématiquement respecter des critères d'éco-conception et favoriser les produits comportant une part de matières premières recyclées.

*c) Interdire les pratiques non vertueuses*

Enfin, si l'État souhaite s'engager fortement sur la question de la préservation des matières premières métalliques, il lui faut envoyer des signaux allant dans ce sens. Alors que le citoyen est sollicité pour changer son mode de vie, il est comme consommateur assailli de toutes parts pour conserver les mêmes habitudes et entraîné à toujours plus consommer et toujours plus renouveler ses biens de consommation. Qu'il s'agisse de la publicité, qui alimente sans cesse l'illusion du besoin, de la tolérance de certains produits mis en vente malgré leur impact sur l'environnement, d'offres spéciales en magasins, ou de l'inexistence de services après-vente ou de possibilité de réparation, le consommateur est sans cesse confronté à l'impossibilité d'adopter un comportement vertueux, ou tenté de ne pas le faire. L'État ne peut pas exiger du citoyen qu'il agisse seul et doit mettre en place une politique intégrée.

**Proposition**

**Confier au Conseil supérieur de l'audiovisuel et au Bureau de vérification de la publicité une enquête sur la possibilité de limiter la publicité pour des produits ne respectant des critères de respect de l'environnement, d'éco-conception, de gestion durable des matières premières notamment.**



## **PROPOSITIONS DES RAPPORTEURS**

### **SÉCURISER NOS APPROVISIONNEMENTS DEPUIS LA MINE PHYSIQUE**

#### **REPOUSSER L'IDÉE DES STOCKS STRATÉGIQUES**

- Signifier aux entreprises qu'il leur revient de s'organiser, à l'échelle de la filière, pour prévenir une éventuelle pénurie de métaux par la constitution de provisions, par la recherche de fournisseurs alternatifs, ou par tout autre moyen qu'elles jugeront adéquat.

#### **PRÔNER UN COMMERCE INTERNATIONAL LIBRE ET NON FAUSSÉ**

- Prôner un commerce libre et non faussé des matières premières et ne pas hésiter à porter une action contentieuse devant l'OMC en présence de mesures protectionnistes.
- Inciter les entreprises à commercer préférentiellement avec les États qui acceptent les règles de l'économie de marché.

#### **ACCOMPAGNER LES ACTEURS EUROPÉENS D'EXCELLENCE**

- Inviter la Commission européenne à s'investir dans le secteur minier.
- Lancer, aux niveaux européen et français, des travaux de recensement des matières premières dont la problématique d'accès présente ou future déterminera les actions à entreprendre aussi bien par les industriels que par les pouvoirs publics.
- Faciliter le dialogue entre l'État et les grands acteurs industriels pour sécuriser autant que possible les contrats d'approvisionnement et la définition des partenariats commerciaux stratégiques.
- Créer un Fonds Stratégique de Développement (public et privé), à l'image du fond japonais *JOGMEC*, destiné à soutenir la prospection minière en terre et en mer partout dans le monde. Ce fonds serait le bras armé de notre stratégie dans le domaine des matières premières minérales.

#### **ASSOCIER LA DIPLOMATIE FRANÇAISE POUR ACCÉDER AUX MARCHÉS**

- En lien avec le COMES, sensibiliser chaque année le personnel des ambassades aux besoins en matières premières minérales des filières industrielles afin d'établir une stratégie française dynamique.

## **VALORISER LE SOUS-SOL ET LES FONDS MARINS**

- Développer la connaissance du patrimoine national en minerais stratégiques, en complétant l'inventaire national des ressources par une étude sur la composition des sols en petits métaux.
- Approfondir la connaissance scientifique des fonds marins et la protection de la biodiversité en concertation avec la recherche nationale et européenne sur les ressources minérales, à travers un programme national de recherche géologique et biologique des fonds marins.
- Développer un *Pôle minier France* sur les ressources marines profondes dans la logique d'un partenariat public-privé.
- Rechercher les métaux stratégiques dans les collections existantes, les métaux rares n'ayant pas toujours été dosés dans les échantillons récoltés au cours des dernières décennies.
- Mettre en œuvre une politique de gestion patrimoniale de la zone économique exclusive française, à travers un inventaire général des ressources potentielles et de leur localisation.
- Profiter de la réforme prochaine du code minier pour préciser le cadre législatif et fiscal de l'activité minière en mer.
- Prévoir la mise en place d'un certain nombre d'aires marines protégées en ZEE pour prévenir les conséquences environnementales d'une éventuelle activité minière.
- Solliciter des permis de recherche dans les eaux internationales et justifier de l'effectivité des travaux scientifiques réalisés, pour maintenir l'avance technologique dont dispose la France dans ce domaine.
- Assurer une présence française renforcée à l'Autorité internationale des fonds marins, notamment à la commission juridique et technique compétente pour les questions de gouvernance environnementale, de zones marines à protéger et de suivi des permis.

## **COOPÉRATIONS, PARTENARIATS ET FORMATIONS**

- Développer une connaissance minérale européenne construite sur un fonctionnement en réseau de capacités nationales.
- Renforcer les échanges et les partenariats entre les établissements français de formation et les entreprises minières étrangères, de façon à conserver un savoir-faire français et à profiter des besoins de main d'œuvre des industries d'extraction.



## **ŒUVRER EN FAVEUR D'UNE ÉCOLOGIE DU MÉTAL**

### **DÉFINIR LES NOTIONS DE BASE**

- Donner une définition – qu'elle soit législative ou réglementaire – de l'éco-conception.
- Confier au COMES la mission de créer la notion de « gisement de déchets d'intérêt stratégique » et l'identification des marchés de niches devant bénéficier d'un soutien public, notamment dans le cadre des investissements d'avenir du Grand Emprunt.

### **AMÉLIORER LA COLLECTE**

- Interdire totalement le rachat en espèces des déchets par les récupérateurs de métaux : l'article L 112-6 du code monétaire et financier ne fait que limiter cette pratique sans l'interdire.
- Inviter les collectivités publiques à mettre en place des plans de réutilisation ou de recyclage pour leurs produits en fin de vie.
- Inciter les opérateurs téléphoniques à reprendre gratuitement les téléphones portables et réfléchir aux dispositifs incitatifs (réduction sur le prix d'achat d'un nouveau produit, cumul de points, etc.).

### **LUTTER CONTRE LA FUITE DES DÉCHETS**

- Refondre le statut de sortie de déchet au niveau international, limiter l'exportation des déchets bruts ou partiellement traités hors du territoire de l'Union européenne, et ce dès lors qu'un traitement de recyclage est possible sur le sol européen. La Convention de Bâle et le droit communautaire ne permettent pas d'endiguer la fuite des déchets et des matières premières secondaires non affinées vers les pays émergents, privant ainsi l'industrie européenne d'une ressource essentielle au développement de la filière du recyclage.
- Renforcer les contrôles douaniers pour mettre un terme aux exportations illégales de tout type de déchets sous couvert de matériels d'occasion, tant au niveau national qu'à l'échelon européen, et mettre en place au niveau national une taxe spécifique sur l'exportation des Véhicules hors d'usage (VHU).

### **RENDRE PLUS PERFORMANT LE MARCHÉ**

- Confier à l'Ademe la réalisation d'une étude sur les distorsions du marché du recyclage en France

## **SOUTENIR LE DÉVELOPPEMENT D'UNE FILIÈRE VERTE**

- Simplifier les procédures d'accès aux financements publics des activités de recherche et développement, homogénéiser les formats entre les différentes structures (Oséo, FSI, fonds régionaux, etc.) et faire d'Oséo le guichet unique pour l'enregistrement des dossiers de candidature aux financements de l'État, voire européens, sous un format unique.
- Soutenir financièrement les efforts de recherche et de développement des industriels européens visant à développer les techniques et les installations nécessaires à l'extraction de matières stratégiques diffuses dans les déchets et à leur affinage.
- Renforcer la partie du Grand Emprunt dédiée à l'économie circulaire.
- Orienter la recherche par l'octroi de subventions, notamment dans le cadre des investissements d'avenir du Grand Emprunt, sur les méthodes d'extraction de certains matériaux stratégiques diffus dans les déchets. Il s'agit ainsi d'inciter les industriels à développer des programmes de recherche sur des produits qu'ils auraient délaissés faute de rentabilité économique à court terme.
- Confier au COMES une étude sur les formations existantes du métier du recyclage et les moyens de les valoriser, les développer et les renforcer, afin de rendre à nouveau la filière « métallurgie » attractive.

## **CRÉER LES DÉBOUCHÉS POUR LES MATIÈRES PREMIÈRES SECONDAIRES**

- Utiliser au mieux les possibilités offertes par le code des marchés publics afin d'inclure le taux d'incorporation des matières premières secondaires dans les produits finis dans l'éventail des critères techniques : le code des marchés publics mentionne de nombreux critères techniques pouvant figurer dans les appels d'offre, notamment la qualité, les performances en matière de protection de l'environnement, le coût global d'utilisation, le caractère innovant, cette liste n'étant pas limitative et devant être adaptée à l'objet du marché.
- Inciter la Commission européenne à la création d'un label « recyclage », permettant de garantir la qualité du recycleur, de la matière première secondaire produite et du procédé de traitement : mise en place de certificats spécifiques aux métaux.
- Inciter la Commission européenne à imposer un taux d'incorporation de matières premières secondaires dans les produits finis, par exemple par l'inclusion d'une composante matières premières dans la directive Eco-conception. En effet, la réglementation communautaire énonce des objectifs de valorisation sans tenir compte des matières recyclées. La directive Eco-conception favorise les produits faiblement consommateur d'énergie : il faut aller plus loin.

- Inviter la Commission européenne à affiner les critères de recyclage des directives en imposant une part de métaux à recycler dans les taux globaux et à inclure à terme l'éco-conception dans les critères du marquage « CE ».

### **INFORMER LES CITOYENS**

- Développer l'information sur les modalités de collecte des déchets d'équipements électriques et électroniques auprès des particuliers et mettre en place des campagnes de sensibilisation des citoyens à l'importance de recycler les produits contenant des métaux précieux par les filières officielles
- Confier au Gouvernement une campagne d'information grand public sur les métaux (affichage public expliquant le rôle d'un métal, campagne publicitaire radiotélévisée, documents de simplification)
- Confier au CSA et au Bureau de vérification de la publicité une enquête sur la possibilité de limiter la publicité pour des produits ne respectant des critères de protection de l'environnement, d'éco-conception, de gestion durable des matières premières notamment.

### **PRÉSERVER LA RESSOURCE UTILISÉE DANS LES PRODUITS MANUFACTURÉS**

- Confier au Gouvernement une étude sur l'obsolescence programmée.
- Confier au Conseil général de l'environnement et du développement durable et au Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies une étude sur l'usage dispersif des métaux, et les possibilités de réglementation de certains produits dans le cadre de la préservation des matières premières stratégiques.
- Mettre en place une taxe sur les produits comportant des métaux non essentiels à leur fonction.
- Soutenir les programmes de recherches sur la substitution dans le cadre des investissements d'avenir du Grand Emprunt.



## EXAMEN EN COMMISSION

Au cours de sa réunion du mercredi 26 octobre 2011, la commission du développement durable et de l'aménagement du territoire a examiné le rapport d'information de MM. Christophe Bouillon et Michel Havard sur les matières premières minérales.

**M. le président Serge Grouard.** Le bureau de la commission avait décidé la création de cette mission d'information, le 12 janvier dernier, et nous avons nommé Michel Havard et Christophe Bouillon rapporteurs, le 9 février. Je souhaiterais tout d'abord les féliciter pour le travail impressionnant qu'ils ont effectué et qui fait honneur à notre institution : ils ont auditionné près de soixante experts appartenant à une quarantaine d'organismes ou d'institutions et ont effectué plusieurs déplacements, l'un en Suède en juin, un autre en Belgique (à Anvers et à Bruxelles), un troisième au Brésil en août.

Je rappelle que la commission des affaires économiques avait également décidé la création d'une mission d'information sur les marchés des matières premières en y incluant les productions agricoles et énergétiques. Les approches et les thèmes retenus sont plus complémentaires que redondants puisque le rapport remis par Catherine Vautrin et François Loos la semaine dernière est davantage orienté sur les prix des matières premières et la régulation des marchés.

**M. Michel Havard, rapporteur.** Christophe Bouillon et moi avons été désignés co-rapporteurs de cette mission d'information sur la gestion durable des matières premières le 9 février dernier. Nous avons réalisé une cinquantaine d'auditions auprès des pouvoirs publics et des entreprises privées ; nous avons visité des usines de recyclage dans le Pas-de-Calais, à Anvers et dans le nord de la Suède. En Suède toujours, nous sommes descendus dans une mine de cuivre à 1300 mètres de profondeur ; et au Brésil, nous avons observé la plus grande mine de fer à ciel ouvert au monde.

Nous nous sommes rapidement accordés sur un axe de travail. Comme le Président vient de le rappeler, la commission des affaires économiques a travaillé sur la question des prix : nous avons donc choisi de ne pas la traiter. Nous avons jugé que le thème de l'énergie était un débat spécifique, ce qui nous a conduit à écarter les hydrocarbures et l'uranium. Enfin, nous avons considéré que les ressources renouvelables, agricoles et halieutiques, induisaient des problématiques très différentes. De plus, notre commission du développement durable n'a pas de compétence sur le secteur agricole.

Nous avons donc retenu le thème des métaux, donc les matières premières minérales. Le sujet est d'actualité. Je suis certain que chacun ici a entendu parler des terres rares, qui d'ailleurs ne sont pas de la terre et ne sont pas rares. (*Sourires.*)

Les métaux forment un univers complexe. Nous ne nous attendions pas, en tant que parlementaires, à devoir manier la classification périodique des éléments. Nos ancêtres ont connu sept métaux jusqu'à la Renaissance : l'or, l'argent, le cuivre, le fer, le plomb, l'étain et le mercure. Deux servaient à faire de la monnaie, trois des objets, un des canalisations et le dernier à pas grand-chose.

Ensuite, la connaissance a progressé. Les métallurgistes des années 1980 employaient une vingtaine de métaux. Aujourd'hui, nous en sommes à une soixantaine. Demain, qui peut le dire ? Ces nouveaux métaux sont indispensables au fonctionnement des nouvelles technologies : ils s'appellent l'indium pour les écrans plats, le thulium pour les fours micro-ondes, le néodyme pour les aimants des éoliennes, etc. Vous trouverez toute une liste dans notre rapport.

Les terres rares constituent une famille de 17 éléments présents sur toute la planète. Mais comme leur extraction est très polluante, l'Occident a abandonné leur production qui dépend dorénavant entièrement de la Chine. C'est aussi le cas pour l'antimoine et le tungstène. Cette situation n'est pas idéale. Alors que la demande de métal augmente, nous sommes tributaires de l'étranger pour nous approvisionner.

Lorsqu'il s'agit d'un partenaire ouvert et respectueux des règles commerciales, c'est une chose. Au Brésil, nous avons rencontré le directeur général de l'entreprise CBMM, qui est en monopole sur la production du niobium utilisé dans les aciers spéciaux de l'aérospatiale et du nucléaire. Nous en sommes sortis plus que rassurés par sa volonté de satisfaire la demande internationale, conformément d'ailleurs à l'histoire de son entreprise.

Lorsqu'il s'agit de pays capables de prononcer un embargo contre quiconque a l'heur de déplaire, c'en est une autre. En novembre 2009, soutenue par le Mexique et par les États-Unis, l'Europe a déposé plainte contre les restrictions à l'exportation décidées par Pékin sur ses matières premières. L'OMC nous a donné raison : c'est une satisfaction, mais c'est aussi la preuve que nous sommes vulnérables. Le Japon, qui a subi pareille mesure sur les terres rares, en sait quelque chose.

Il y a donc une prise de conscience internationale sur la question des métaux. C'est une évidence. Le Président de la République a inscrit le sujet au programme du G20, l'Union européenne s'est emparé du sujet, différents pays occidentaux réfléchissent à des lignes directrices. En France, la réponse apportée passe par le comité de métaux stratégiques, le COMES : en partenariat avec les différents acteurs des filières industrielles, il est en train d'élaborer une stratégie pour limiter notre dépendance. Plusieurs approches sont possibles. Je vais privilégier celles qui consistent à garantir les approvisionnements de la France en métaux. Christophe Bouillon abordera celles qui tendent à réduire nos besoins pour diminuer notre dépendance. Je précise, c'est important, que toutes nos conclusions sont partagées.

La France n'est pas un grand pays minier. Nous avons eu de superbes mines de charbon, nous avons encore des mines de sel et des carrières de matériaux, nous avons exploité aussi nos ressources en uranium. Mais en termes de métaux classiques, nous n'avons pas ou plus grand-chose, sinon un peu de bauxite.

Pour être clair, je pense que même si nous avions des gisements, ça ne changerait rien à la situation. D'ailleurs, nous avons des filons de tungstène dans le sud et d'or en Bretagne, qui pourraient pratiquement être rentables. Mais dans un pays développé et densément peuplé, c'est l'acceptabilité sociale qui fait défaut. Les gens ne veulent pas de *Germinal* à leur porte, même si les progrès technologiques ont considérablement limité la dureté de la vie des mineurs et les conséquences des extractions sur l'environnement. Un projet minier se heurterait inmanquablement à l'hostilité populaire. Nous avons vu la réaction provoquée dans le sud-est à propos des gaz de schiste. Il y a trente ans, trouver de l'or ou du pétrole dans son jardin était un coup de chance. Aujourd'hui, on dirait que ce serait une malédiction.

Notre cas n'a rien de particulier. Il est identique dans toute l'Europe, à l'exception des zones désertiques du Grand Nord dans lesquelles l'exploitation minière se poursuit. Notre continent produit à peu près 3 % des métaux dans le monde, mais il en consomme 20 %. C'est dire notre vulnérabilité. Elle nous place à la merci de nos fournisseurs, avec d'autant plus de pression que les prix semblent devoir monter très haut.

Pourquoi cette situation ? La réponse est relativement simple : c'est de plus en plus difficile d'extraire des métaux. À mesure que l'humanité avance et que la consommation progresse, nous devons aller chercher de plus en plus loin.

Je vous soumetts d'ailleurs ce paradoxe désagréable. Nous sommes tous engagés dans la lutte contre le changement climatique et la limitation des rejets de gaz à effet de serre. Pour cela, nous misons beaucoup sur les énergies renouvelables. Mais celles-ci sont très gourmandes en métaux : néodyme et dysprosium pour les éoliennes, indium et gallium pour le photovoltaïque. Et pour aller chercher ces métaux, il faut de l'énergie : 10% de la production annuelle d'énergie primaire, surtout sous forme de pétrole. Bref, nous sommes dans un cercle vicieux.

Je crains également que la relocalisation des activités au plus près de leur zone d'approvisionnement soit porteuse de grandes difficultés pour notre pays et pour notre continent. Nous le constatons déjà. Auparavant, les matières premières extraites étaient directement envoyées en France où elles étaient transformées en produit à haute valeur ajoutée. Aujourd'hui, les pays miniers exigent – à bon droit – une première transformation sur place : nous avons donc perdu une partie de la chaîne de valeur. Les chefs d'administration que nous avons rencontrés au Brésil ont calculé que le minerai de fer brésilien exporté au Japon crée 600 000 emplois dans la sidérurgie japonaise. Si ce calcul est bien compris, je ne donne pas

longtemps avant que les Brésiliens essaient de créer de l'emploi chez eux plutôt que chez les autres.

Alors, quelles sont les solutions pour assurer nos approvisionnements ? Je vous rassure, nous ne sommes pas défaitistes. Nous avons de nombreux atouts : tous nécessitent une vision d'ensemble, qui associe les filières privées et les pouvoirs publics.

J'écarte d'emblée celle qui consisterait à attendre de l'État la constitution de stocks supposés répondre à une pénurie : d'abord parce que de répondre à la pénurie, on passerait rapidement à répondre à une hausse des prix ; ensuite parce que nous n'avons aucune idée de la durée de consommation qu'il faudrait assurer. Enfin et surtout, la constitution de stocks pour éviter la défaillance des fournisseurs relève de l'initiative privée ; c'est à chaque filière de s'organiser si elle l'estime nécessaire.

J'ai dit plus haut que nous avons un sol pauvre et densément peuplé. Ce n'est pas tout à fait vrai. Nous détenons aussi, sur tous les océans, la seconde zone économique exclusive du monde. Les fonds marins, très riches, contiennent des nodules polymétalliques, des amas sulfurés et des encroûtements cobaltifères. Ce sont des richesses immenses, auxquelles il faut encore ajouter le nickel de Nouvelle-Calédonie, même si le statut de l'archipel lui confère une large autonomie dans la gestion de ses ressources naturelles. Pour ce qui est de la valorisation des fonds marins, entre les recherches de nos organismes publics (IFREMER, CNRS) et l'engagement de nos entreprises (Areva, Eramet, Tecnip), la France détient une avance technologique certaine.

L'Autorité internationale des fonds marins, qui délivre des permis valables dans les eaux internationales, nous a octroyé une large zone de recherche pour les nodules. Nous venons aussi de déposer, cet été, un dossier pour un permis sur les amas sulfurés qui devrait être accepté. La Chine et la Russie nous avaient précédés de six mois, mais nous sommes là encore dans le peloton de tête. Il faut y rester. Pour cela, un investissement dans la recherche s'avère indispensable. Nous demandons instamment au Gouvernement de sanctuariser les crédits alloués à l'IFREMER. On ne développe pas une technique de pointe pour l'abandonner au premier venu, faute de moyens pour la mettre en œuvre. Et parce que nous sommes la commission du développement durable, nous demandons aussi au Gouvernement de sanctuariser les fractions les plus riches en biodiversité de la zone économique exclusive sous la forme d'aires marines protégées.

Nous croyons beaucoup aux partenariats et aux prises de participation. Vous trouverez dans le rapport une carte assez évocatrice qui montre la progression des prises de participation de la Chine dans les mines de toute la planète. Je parlais tout à l'heure de niobium et du Brésil : le Japon et la Corée du Sud ont conjointement acquis 15 % du capital de la société CBMM au printemps ; la Chine possède également 15 % depuis septembre. Ces pays sécurisent leurs



approvisionnement. Nous serions rassurés si nous faisons de même. Il faut travailler avec les opérateurs étrangers et promouvoir le codéveloppement.

L'État a ici un rôle moteur à jouer. C'est pourquoi nous proposons la création d'un fonds stratégique de développement, à l'image de ce qui existe au Japon, pour prendre des participations dans les permis de recherches et faire bénéficier les entreprises françaises de l'exploitation.

Les pouvoirs publics constituent une « tête de pont » pour les industries françaises car la mine est une industrie très politique. Nous l'avons constaté au Brésil comme en Suède : les autorités et les industriels étaient ravis de la venue de parlementaires français, nous avons plusieurs fois entendu s'exprimer un désir de coopération et d'investissement français. Il faut aussi que les entreprises se mobilisent et ne ratent pas les occasions car, quand un ancien directeur du ministère des mines brésilien, devenu chef d'entreprise, nous a recontactés pour présenter des filons de fer et de lithium sur lesquels il détenait des concessions d'exploitation, aucun industriel français n'a jugé bon de se déplacer.

Enfin, la France dispose d'un formidable atout dans la qualité de ses filières de formation. Un des ingénieurs rencontrés au Brésil parlait français car il avait bénéficié de cours de spécialisation en France, payés par son entreprise. Un des dirigeants de l'entreprise nous confiait apprécier la qualité des ingénieurs et des jeunes diplômés français. À défaut d'être très présents dans l'activité minière à travers nos entreprises, nous pouvons au moins faire en sorte que nos étudiants bénéficient des offres d'emploi qu'elle génère. L'enseignement est aussi une façon de conserver le savoir-faire minier que nous perdriions, autrement, de manière irrémédiable.

J'aurai l'occasion de répondre à vos questions et je cède maintenant la parole à Christophe Bouillon pour évoquer l'autre versant de la gestion durable des matières premières, la sobriété métallique qui passe par l'éco-conception et le recyclage.

**Monsieur Christophe Bouillon, rapporteur.** Monsieur le Président, mes chers collègues, comme Michel Havard vient de vous l'exposer, face aux risques qui pèsent sur l'approvisionnement en métaux rares, des solutions existent. Parmi elles, je retiendrai la relance de l'exploration sur le territoire européen, en partenariat avec les autres États membres de l'Union européenne confrontés aux mêmes enjeux, mais également l'accompagnement de nos champions nationaux et l'action pour un meilleur fonctionnement des marchés.

Toutefois, le renouveau de l'extraction traditionnelle ne peut constituer l'unique réponse à une possible pénurie. Il convient de s'affranchir de cette idée afin de miser sur l'avenir. Avec Michel Havard, nous sommes convaincus qu'il faut susciter l'émergence de ce que nous avons appelé « l'écologie du métal », à même d'assurer la gestion durable des matières premières. Celle-ci doit respecter les trois conditions du développement durable.

Premièrement, l'écologie du métal est cohérente avec l'exigence sociale du développement durable. En effet, le recyclage ou la réparabilité des produits représente une source importante d'emploi local car non délocalisable.

Deuxièmement, l'écologie du métal permet de respecter les exigences environnementales du développement durable. Dans un contexte énergétique contraint, l'extraction des matières premières secondaires est fortement moins consommatrice d'énergie que celle des matières premières vierges. À titre d'exemple, pour l'aluminium, la consommation énergétique est réduite de 95 %. Le recyclage peut également représenter un avantage en matière d'émissions de gaz à effet de serre, et ce tout au long de la chaîne d'approvisionnement : on observe ainsi un facteur de 2,5 à 3,5 entre un produit brut et un produit recyclé.

Troisièmement, l'écologie du métal garantit l'aspect économique du développement durable. Au-delà de l'intérêt stratégique que représente l'approvisionnement de certains métaux, d'autres présentent un potentiel économique certain, comme le cuivre ou le molybdène. De plus, de nombreuses parts de marchés restent à conquérir. C'est notamment le cas des terres rares, pour lesquelles Rhodia a développé un programme unique de recyclage.

De manière plus générale, l'écologie du métal que nous appelons de nos vœux comprend deux volets d'action : le recyclage et l'amélioration de nos modes de production et de consommation.

Permettez-moi d'abord d'évoquer le recyclage. L'exploitation de la mine urbaine constitue l'une des solutions. Si l'industrie du recyclage est relativement ancienne – certains diront qu'on recycle le cuivre depuis l'Antiquité – les métaux rares représentent un très fort potentiel de développement. À l'heure actuelle, le Programme des Nations Unies pour l'environnement estime que seulement 1 % des métaux de haute technologie est recyclé, alors que le résidu est abandonné, mis en décharge ou incinéré faute de capacité de traitement ou de système de collecte efficace. De même, le potentiel économique du recyclage des métaux est énorme, il faut le souligner. Ainsi, alors qu'il faut une tonne de minerai pour obtenir cinq grammes d'or, une tonne de téléphones portables en contient 300 à 350 grammes. Dans ce contexte, vous serez comme nous surpris que sur les 20 millions de téléphones recyclables chaque année en France, c'est-à-dire le nombre d'appareils renouvelés, à peine 500 000 le soient effectivement !

Les métaux sont recyclables, presque à l'infini si j'ose dire. Lors de nos déplacements en Suède et en Belgique, nous avons pu visiter des installations de traitement des métaux précieux, issus notamment de la filière des déchets d'équipements électriques et électroniques, qui nous ont fortement impressionnés.

La France jouit d'un certain nombre d'atouts indéniables pour déployer une industrie du recyclage efficace. Notre législation est globalement efficace puisque la responsabilité élargie du producteur permet de structurer de manière plutôt satisfaisante les filières. De plus, nous disposons sur notre territoire

d'acteurs parmi les plus compétents du monde à toutes les phases des opérations de traitement. Que l'on pense à Sita, Véolia, Rhodia, Eramet ou Aubert et Duval. Néanmoins, la filière du recyclage souffre d'handicaps auxquels il nous faut remédier afin d'asseoir son plein développement.

Je ne vous exposerai que la plus importante des limites : la fuite des matières premières, qui revêt deux formes, d'une part une perte faute d'une collecte efficace, d'autre part des exportations de gisements pourtant stratégiques.

Concernant le manque d'efficacité de la collecte, nous sommes d'avis qu'il faut améliorer l'information des citoyens sur l'exigence d'opérer un tri efficace, et renforcer la sécurité autour des déchetteries, parfois littéralement attaquées par ceux qui souhaitent récupérer des métaux précieux. Je pense ainsi aux déviateurs des téléviseurs. Il faut également imposer aux organismes publics, trop souvent défaillants en la matière, le recyclage de leurs matériels. Il convient également de drainer les déchets vers les filières officielles et efficaces, et interdire totalement le rachat en espèces des déchets par les récupérateurs de métaux : l'article L 112-6 du code monétaire et financier ne fait que limiter cette pratique.

Concernant la fuite à l'étranger des déchets, je souligne l'inquiétude que nous avons éprouvée lors de nos auditions. En mai dernier, la Commission européenne regrettait ainsi que « *de nombreux produits arrivés en fin de vie n'entrent pas dans les circuits de recyclage réguliers, mais sortent illégalement de l'Union européenne, ce qui se traduit par des pertes de matières premières secondaires de valeur ainsi que par des répercussions sur l'environnement* ». Les véhicules hors d'usage et les déchets d'équipements électriques et électroniques sont particulièrement visés.

Plusieurs mesures doivent être prises, et certaines de manière urgente ! Il faut inciter la Commission européenne à interdire l'exportation de déchets hors du territoire de l'Union européenne dès lors qu'un traitement de recyclage est possible sur le sol européen. Il est nécessaire de mettre en place au niveau national une taxe sur l'exportation des Véhicules hors d'usage. Enfin, il est indispensable de renforcer les contrôles douaniers pour mettre un terme aux exportations illégales de déchets sous couvert de matériels d'occasion, au niveau national comme au niveau européen.

Mais au-delà des freins identifiés au développement de la filière du recyclage, les initiatives de demain méritent d'être soutenues. Plusieurs industriels se sont lancés dans le recyclage des métaux rares. À ce sujet, et je sais que Michel Havard sera heureux de me l'entendre souligner, l'initiative de Rhodia sur les terres rares est à mettre en lumière (*sourires*) : le groupe a développé un procédé unique de recyclage des terres rares à partir des poudres luminophores. La phase d'industrialisation est proche. Néanmoins, jamais Rhodia n'a pu bénéficier de soutien public, pas même dans le cadre des investissements d'avenir. Ceci est préoccupant, d'autant plus que de nombreuses PME se lancent dans le recyclage.

Nous sommes donc d'avis qu'il faut soutenir les initiatives de ce type dans le cadre des investissements d'avenir, et renforcer ainsi la partie du Grand Emprunt dédiée à l'économie circulaire.

Par ailleurs, le développement des entreprises de recyclage suppose qu'elles puissent recruter un personnel compétent, détenteur d'un savoir-faire unique. Or, ces métiers sont à l'heure actuelle peu valorisés ; je pense notamment à la métallurgie. Il faut maintenir l'excellence de ces formations et les rendre attractives.

Au-delà, il convient de susciter la recherche des industriels, en l'orientant vers le recyclage de matériaux stratégiques pour notre économie mais délaissés par les industriels pour des questions de prix. Je pense particulièrement au gallium, au lithium ou à l'indium.

Enfin, il faut favoriser l'émergence d'un vrai marché du recyclage. Ceci passe par la valorisation des matières premières secondaires, à travers une fiscalité incitative ou une labellisation, mais surtout par la création de débouchés ! À ce sujet, nous sommes convaincus de la nécessité d'inciter, au niveau communautaire, à l'imposition d'un taux d'incorporation de matières premières secondaires dans les produits finis ! Comme première étape, vos rapporteurs proposent d'inclure ce paramètre dans l'éventail des critères techniques prévus par le code des marchés publics.

J'en viens à présent à l'évolution de nos modes de production et de consommation, à fonder sur une production durable et respectueuse de l'environnement, qui repose sur l'éco-conception des produits mais également sur la recherche de produits de substitution.

La première étape consiste à mettre en place une production durable, basée d'abord sur l'éco-conception, c'est-à-dire l'anticipation du recyclage en prévoyant, dès la conception d'un produit, son traitement en fin de vie. Mais c'est aussi une réflexion sur la réduction du recours aux matières premières dans les produits par une meilleure utilisation des ressources. À ce sujet, vos rapporteurs estiment que devraient être renforcées les obligations faites aux industriels en amont des filières, la réglementation actuelle portant principalement sur l'aval...

À côté de l'éco-conception, la recherche sur la substitution mérite d'être encouragée. En effet, de nombreux métaux connaissent un usage biaisé. Par exemple, le bismuth est employé dans certaines teintures de cheveux ; le titane et le sulfate de zinc servent de colorant blanc au dentifrice ; les feux d'artifice ont recours à tout type de métaux pour les crépitements ou les couleurs... On utilise même des nanoparticules d'argent pour des chaussettes anti-odeurs ! Je me permets d'ailleurs de souligner qu'au bout de trois lavages, ces nanoparticules se retrouvent dans les eaux d'écoulement et échappent au traitement des stations d'épuration du fait de leur petite taille !

Enfin, une production durable doit s'affranchir de la culture de l'obsolescence programmée, qui conduit à changer de téléphone portable tous les deux ans et d'imprimante aussi souvent ! Ceci passe par une meilleure résistance des produits, mais aussi par le développement du marché de la réparation et de la réutilisation.

La seconde étape concerne nos modes de consommation. Au cours des prochaines années, nous l'avons vu, la consommation de matières premières, et en particulier métalliques, va continuer de fortement croître. Ainsi du cuivre, dont on consommera au cours des vingt cinq prochaines années autant que jusqu'à présent ! La consommation durable doit être le pendant de la production durable. Elle vise tous les consommateurs : particuliers bien sûr, mais également entreprises et entités publiques. Le législateur ne peut à lui seul provoquer un changement soudain des modes de consommation, mais il peut y contribuer par l'information, l'incitation voire l'interdiction. Le concept du développement durable a peu à peu pénétré la conscience collective et il faut s'appuyer sur ce terreau afin de rendre effective la gestion durable des matières premières métalliques.

En guise de conclusion, je soulignerais que nous sommes confrontés à l'un des défis les plus importants de notre avenir. Si nous ne prenons pas nous mêmes en main la mise en place de cette écologie du métal, nous serons forcés de nous adapter brutalement à un changement que nous subirons. Comme pour le changement climatique, comme pour la biodiversité ou la composition du bouquet énergétique, nous avons l'opportunité de faire d'un gâchis phénoménal l'un des moteurs de la croissance française, et plus largement mondiale. Pour ce faire, il est nécessaire de susciter les comportements vertueux des citoyens et des industriels. C'est le rôle des politiques publiques que de créer un cadre pour une stratégie sur les métaux rares et critiques, c'est le rôle des politiques de les élaborer.

**M. le président Serge Grouard.** Messieurs les rapporteurs, je ne peux que vous remercier et vous féliciter de la qualité du travail effectué. Ce rapport est passionnant et je ne peux pas regretter d'avoir inscrit ce thème au programme de notre commission. Comme d'habitude, je vais donner tout d'abord la parole aux représentants des groupes.

**M. Yanick Paternotte.** Le rapport de nos deux collègues relatif à la gestion durable des matières premières minérales – pour lequel je les félicite au nom du groupe UMP - m'apparaît comme une porte ouverte vers de nouveaux horizons fort prometteurs. Il nous donne envie d'aller plus loin.

Ma première question porte sur l'état des stocks : peut-on en avoir une idée précise, ou leur évaluation constitue-t-elle une gageure ? J'observe qu'évoquer une gestion durable à propos de minerais revient à utiliser un oxymore : par définition, le monde des minéraux est fini et les heures de la ressource, en principe, comptées, sauf à les recycler.

Ma seconde question concerne l'accueil qui a été fait aux deux rapporteurs, lors du déplacement mentionné tout à l'heure par Christophe Bouillon dans les locaux de la Commission et du Parlement européens à Bruxelles : avez-vous le sentiment d'avoir fait l'objet d'une écoute attentive sur le thème de l'éco-conception et des matières premières secondaires ? Les deux directions générales que vous avez rencontrées à cette occasion ont-elles adopté une approche similaire du dossier ?

Ma dernière question a trait aux fonds marins : si on en parle énormément, il me semble que les progrès réalisés dans leur connaissance piétinent. Pour aller de l'avant, l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER) me semble l'organisme le plus à même de constituer la porte d'entrée vers de nouvelles explorations, compte tenu notamment de ses solides compétences en matière de biodiversité sous-marine et d'aquaculture. Ne serait-il cependant pas bon que des partenaires industriels puissent collaborer avec cet institut en vue de lui permettre de dépasser les limites, à la fois financières et parfois techniques, qui sont les siennes aujourd'hui ?

**M. Jean-Paul Chanteguet.** Le rapport de Christophe Bouillon et de Michel Havard aborde un sujet d'importance stratégique, les matières premières minérales jouant un rôle clé dans le développement des technologies vertes, qu'il s'agisse d'énergie solaire photovoltaïque ou de technologies de l'information et de la communication.

Au plan européen, la Commission a lancé en 2008 une initiative concernant l'accès aux matières premières – car au sein de l'Union, près de 14 % des emplois, soit 30 millions de personnes, relèvent d'entreprises qui dépendent de matières premières minérales - afin de garantir que l'industrie et les entreprises européennes ne soient pas désavantagées par rapport à celles des pays riches en ressources. Cette initiative propose des mesures dans trois domaines, lesquels ont été confirmés et intégrés dans la stratégie Europe 2020 au mois de février dernier : garantir un accès équitable aux matières premières sur les marchés internationaux, améliorer les conditions d'extraction en Europe et promouvoir le recyclage et l'utilisation efficace des ressources. Ces mesures ne risquent-elles pas de rester lettre morte si les échanges internationaux restent dominés, comme c'est le cas actuellement, par une logique prédatrice de l'environnement ? Ne faudrait-il pas imposer des contraintes plus fortes, notamment dans le domaine du respect des normes environnementales et sociales ? Il nous faut en effet nous orienter demain vers une moindre consommation des matières premières minérales, et donc vers des modes de production plus sobres en énergie.

En France, la mise au point de notre stratégie a reçu un embryon de réponse avec la mise en place récente du Comité pour les métaux stratégiques (COMES), qui constitue un calque de l'initiative de la Commission. Son orientation, même si l'on peut s'interroger sur son adéquation avec les moyens dont il dispose, paraît claire : identifier les minéraux stratégiques et imaginer une stratégie concernant leur valorisation et leur recyclage. À mon sens, cela ne sera pas possible sans une

réforme des éco-organismes, qui ne répondent pas aux objectifs qui leur ont été assignés, et dont la conduite est souvent dictée par les industriels plus que par l'intérêt général.

**M. André Chassaigne.** Je viens de découvrir le contenu de votre rapport et certaines de vos recommandations m'ont littéralement « métallisé » ! Ainsi votre deuxième proposition en appelle à un « *commerce libre et non faussé* » des matières premières et vous marquez dès le début une forme de crispation mentale sur ce syndrome obsessionnel des règles de l'économie de marché. Je ne pense pas qu'il s'agisse là d'une proposition à retenir et je regrette qu'elle ait été formulée ainsi, de manière aussi directive. On pourrait parler du démantèlement des bateaux qui s'opère en Inde au nom de la même concurrence « *libre et non faussée* », avec des femmes et des enfants forcés de transporter des déchets gorgés d'amiante : ce sont aussi cela, les règles du marché ! Sans être l'adepte d'une « démondialisation » effrénée, on ne peut que vouloir – comme l'indiquait le porte-parole du groupe socialiste – introduire dans le commerce international des critères sociaux et environnementaux.

Reste que je considère ce rapport comme extrêmement intéressant, abordant de nombreux thèmes – par exemple, l'obsolescence programmée des produits manufacturés, la non récupération des déchets d'équipement ou encore la fragilisation de la recherche par le souci de profits à court terme. Sur tous ces points-là, vous mettez le doigt sur une organisation économique conduisant à la recherche effrénée du profit à court terme qui empêche précisément la mise en œuvre des propositions que vous formulez : il y a là une contradiction fondamentale.

**M. Jean-Marie Sermier.** Ce rapport dresse un état des lieux de la situation en matière de gestion durable des matières premières minérales.

Vous avez évoqué les ressources minières du Brésil. À proximité immédiate se trouve la Guyane, un territoire de 83 000 km<sup>2</sup> : qu'en est-il des ressources de ce département en matière de minerais métalliques ?

Vous avez indiqué que la construction d'éoliennes faisait appel à divers métaux rares, comme le néodyme et le dysprosium. Ne conviendrait-il donc pas de renforcer leur éco-conception, afin d'assurer le recyclage des composants en fin du cycle de vie du produit ?

En dépit de toutes vos propositions, nous devons réfléchir à des solutions alternatives et à des matériaux de substitution. La France dispose ainsi d'importantes forêts : n'y a-t-il pas là une piste à explorer, qui permettrait d'envisager à terme et dans un certain nombre de cas, l'usage du bois en remplacement de l'acier ?

**Mme Catherine Quéré.** Je salue un rapport et une présentation riches, appuyés sur de nombreuses données. J'ai cru comprendre que la France disposait

de gisements très importants de métaux rares dans ses déchetteries – ce qui démontre une nouvelle fois la prégnance, dans notre pays, d’une culture du gaspillage à laquelle il faudrait un jour pouvoir mettre un terme.

Dans le cadre d’un recyclage, les métaux récupérés ont-ils un coût très supérieur au prix de marché ? En dehors des emplois créés par les filières de recyclage, comment assurer la pérennité des filières elles-mêmes ? Le prix des métaux rares peut en effet varier très brusquement, compromettant l’équilibre économique des opérateurs. Ne faudrait-il pas imposer une certaine proportion de métaux recyclés dans toutes nos fabrications, de manière à garantir une visibilité aux industriels de ces filières ?

**Mme Fabienne Labrette-Ménager.** En soulignant à mon tour l’excellence du travail accompli, je voudrais insister sur la problématique de la collecte en matière de recyclage des déchets. Les ordures ménagères relèvent de la compétence des collectivités territoriales : la collecte est donc assez facile à mettre en place. S’il s’agit en revanche de déchets professionnels, la collecte nous échappe complètement : il est alors beaucoup plus difficile d’organiser et de hiérarchiser les procédures de retraitement.

Pour ce qui concerne spécifiquement les téléphones portables, beaucoup de choses sont en train de s’organiser sur Internet : il est possible d’acheter un appareil, mais également désormais de le revendre – souvent, à un prix assez intéressant.

La mise en place de la responsabilité élargie des producteurs a conduit à celle de l’éco-taxe, instituée pour faciliter la collecte et le retraitement des déchets d’équipement électrique et électronique.

S’agissant enfin du règlement des achats de métaux en espèces, un décret a été publié en juillet 2011, après quatre ans de travail du Conseil national des déchets. La solution retenue constitue un compromis : il est prévu que ces achats devront être réglés par chèque, sans néanmoins fixer un montant maximal. On peut ainsi revendre tous les jours des métaux, pour plusieurs milliers d’euros ou plus encore, sans aucun plafond.

**M. Philippe Boënnec.** Je souhaite évoquer la question des grands fonds marins, dont 5 % seulement ont pu être explorés et que nous connaissons moins bien que l’espace. Il s’agit sans conteste de la source de notre richesse de demain : à côté des nodules polymétalliques évoqués par Yanick Paternotte, existent bien d’autres substances, notamment médicinales. Nous avons besoin en la matière de définir notre stratégie à court, moyen et long terme, et d’accorder plus de moyens à la recherche, afin de nous hisser à la hauteur de notre exceptionnel patrimoine marin – 11 millions de km<sup>2</sup>, qui font de la France le second État maritime au monde. Je partage l’idée développée par Yanick Paternotte de faire de l’IFREMER notre tête de pont dans ce domaine : il faut cependant, j’en conviens, améliorer ses liens avec les entreprises, notamment industrielles, et avec la



recherche européenne. Il serait également bon, sans doute, de procéder à une redéfinition de ses missions.

Une stratégie de substitution de matières premières minérales stratégiques a déjà été adoptée dans le domaine de la construction navale, elle consiste à mettre au point, à terme et grâce aux efforts de la recherche, des navires à base de matériaux composites.

**M. Philippe Plisson.** En matière de commerce international, je suis favorable, à l'instar d'André Chassaingne, à l'édiction de règles contraignantes plutôt qu'au libre jeu d'une concurrence pure et parfaite...

**M. André Chassaingne.** Il me semble que je vous ai doublé sur votre gauche. (*Sourires*)

**M. Philippe Plisson.** ...Nous verrons ce qu'il en sera à l'arrivée. Quoi qu'il en soit, les conclusions du rapport dont nous débattons montrent clairement qu'il faut sortir d'une logique du gaspillage. Il me semble que la belle unanimité manifestée par notre commission du développement durable à l'occasion de l'examen du rapport d'information de nos collègues devrait nous amener, au-delà des paroles, à apporter notre soutien tout aussi unanime à un texte de loi, qu'il s'agisse d'un projet ou d'une proposition de loi, qui mettrait en œuvre ses préconisations. Pour ma part je me tiens prêt à y être associé.

**M. Antoine Herth.** Dans le domaine agricole, certaines ressources, comme le phosphate, sont porteuses d'enjeux qui ressemblent à ceux des matières premières minérales stratégiques.

Mon expérience passée me rend très sensible à l'acceptation sociale des activités minières. Leur introduction se résume bien souvent à une série de maux pour les populations concernées : pollutions, problèmes de santé publique comme l'alcoolisme, la prostitution, le SIDA, etc. Le fonds stratégique dont vous préconisez la création pourrait financer l'action d'ONG dans ces territoires, car elles sont porteuses de réelles compétences en matière d'accompagnement, et elles permettent bien souvent d'éviter de nombreuses dérives. Cela donnerait une image digne de l'action de la France à l'étranger.

**M. Frédéric Cuvillier.** Je voudrais rappeler que l'IFREMER, dans ses activités de recherche, a d'ores et déjà tissé des liens avec le Centre national de la recherche scientifique (CNRS), le Service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM), et l'Institut de recherche pour le développement (IRD). Je rejoins les propos de Philippe Boënnec : les fonds marins constituent l'enjeu principal des années à venir, car ils contiennent sans doute les éléments de notre richesse de demain. À cet égard, l'espace ultramarin revêt une dimension géostratégique de premier plan : pour explorer puis exploiter ses richesses, il nous faut renforcer les liens entre la recherche – pour laquelle nous disposons d'une place de choix dans le monde – et l'industrie.

**M. Jérôme Bignon.** Je salue un rapport de grande qualité et très fouillé.

En matière de valorisation des fonds marins, il existe encore beaucoup d'opportunités à concrétiser. Il y a trente ans, lorsqu'on s'interrogeait sur les nodules polymétalliques, on ne se préoccupait pas d'y chercher des terres rares ; aujourd'hui, la question est apparue, du fait notamment de la pression exercée par la Chine sur ces métaux.

Je voudrais également souligner la qualité du travail de l'IFREMER, avec lequel le Conservatoire national du littoral et des espaces lacustres collabore étroitement. La campagne de Futuna a ainsi été menée dans le cadre d'un partenariat avec l'Agence des aires marines protégées et l'Institut.

Il faut aborder avec prudence la question de l'exploitation du fond des mers : la préservation d'aires marines protégées au sein de la zone économique exclusive présente un intérêt stratégique pour la France. Il convient que l'accès aux ressources se déploie dans un cadre régulé car le milieu marin est fragile.

En matière de recherche dans les eaux internationales, il apparaît extrêmement important que la France sache se positionner – sinon, d'autres le feront à sa place. Nous avons la chance d'avoir de grands opérateurs de niveau international, comme l'IFREMER ou Technip : sachons valoriser dans le domaine minier l'expertise capitalisée, par exemple, en matière d'ingénierie de l'exploitation pétrolière.

**M. Bertrand Pancher.** Je salue un travail passionnant, propre à sensibiliser l'opinion publique sur des questions essentielles.

Le sujet du recyclage industriel n'a pas été traité pendant le Grenelle de l'environnement, du fait de sa complexité et de ses coûts. Quelles conséquences une stratégie de tri désormais beaucoup plus précise aura-t-elle pour les clients et les particuliers ? Je m'étonne à ce propos de la polémique récemment déclenchée à propos de la gestion des déchets par les collectivités par le journal *Que choisir* ? ... comme si ce traitement pouvait être gratuit !

Vos réflexions sur les stratégies industrielles sont essentiellement européennes. *Quid* du codéveloppement ? Nous ne pouvons pas parier uniquement sur un développement occidental lié à la transformation des matières premières. Dans certains pays, l'exploitation des mines cache de vrais scandales en raison des répercussions sur les populations. Quelle est votre analyse de ce sujet ?

La spéculation sur le prix des matières premières explique largement leur coût. Qu'en est-il de ce phénomène, qui aboutit à faire diverger parfois considérablement coût de production et prix payé par l'utilisateur final ?

**M. Yves Albarello.** Je rappelle l'importance des emplois induits par une gestion locale de la ressource minière. Dans le Bassin parisien, le gypse est ainsi source de beaucoup d'emplois. Pourriez-vous nous en dire plus sur ce point ?

**M. Yanick Paternotte.** Mon intervention liminaire n'a pas toujours été bien comprise. Elle visait à mettre en valeur l'IFREMER. J'ai voulu souligner, en revanche, que cet organisme ne pouvait pas prendre en charge tous les sujets et qu'il faudrait donc, à l'avenir, constituer des partenariats public-privé : il faut des chercheurs et des trouveurs, sachant travailler ensemble et coopérer.

**M. Michel Havard.** En ce qui concerne les stocks de métaux disponibles, il faut garder présent à l'esprit que ceux-ci ne sont pratiquement pas éliminés – à la différence de l'énergie, qui est détruite. Depuis l'Antiquité, par exemple, sur les 160 000 tonnes d'or extraites du sol, seuls 10 % environ ont disparu. Ceci vaut pour tous les autres métaux : ils ne sont jamais perdus, ils sont en permanence réutilisables hormis à la suite d'usages dispersifs. Mais dispose-t-on, sur notre planète, d'un stock suffisant pour 7 milliards d'habitants ? C'est une vraie question.

Dans le même temps et pour certains métaux, les quantités en jeu sont très faibles. Le niobium est présent dans les aciers à hauteur de 200 grammes par tonne de fer. La découverte d'un gisement important peut donc complètement changer la disponibilité d'une ressource métallique. Pour les sociétés minières, le risque à s'engager dans une exploitation est considérable : si jamais un nouveau gisement est découvert peu après, les prix s'effondrent et les conséquences financières pour l'opérateur deviennent catastrophiques. À quoi s'ajoute quelquefois, pour ce type d'entreprise, le risque technologique : on a aujourd'hui besoin du niobium... en sera-t-il de même demain ? Une nouvelle technologie n'apparaîtra-t-elle pas, qui en limitera considérablement l'usage – voire lui préférera un substitut ? Le curseur est donc en mouvement permanent, ce qui nous a conduit à proposer que le COMES mette son plan d'action à jour en permanence.

S'agissant de l'IFREMER, je partage le constat de la nécessité de monter des partenariats public-privé. C'est d'ailleurs d'ores et déjà le cas, puisque l'Institut travaille avec Eramet et Areva. Par ailleurs, si l'Institut est aujourd'hui le fer de lance de notre recherche dans le domaine des sous-sols marins – un domaine où les technologies à mobiliser sont particulièrement complexes –, il ne faudrait pas néanmoins oublier l'action importante du BRGM.

Monsieur Chanteguet, l'Europe est naturellement un acteur essentiel. Il faut promouvoir l'industrie minière sur notre continent, dont je rappelle qu'elle représente 3 % de la production et 20 % de la consommation mondiales de métaux. Nos entretiens avec les commissions « Environnement » et « Industrie » du Parlement européen nous ont convaincus de l'importance d'une mobilisation au côté de chacun des États membres, afin de donner du poids et de la cohérence à une stratégie européenne. L'Europe a son rôle à jouer dans la diplomatie minérale.

S'agissant des moyens du COMES, il faut rappeler que c'est encore une structure récente qui se concentre aujourd'hui sur une analyse de la situation. La question de ses moyens est naturellement appelée à se poser très rapidement, au terme du rapport qui sera remis dans quelques mois.

Contrairement à André Chassaing, je suis convaincu qu'un commerce « libre et non faussé » est aujourd'hui notre meilleure garantie d'approvisionnement. Je n'imaginai pas que l'OMC puisse être une institution protectrice ! Et c'est pourtant le cas : autrement, on s'expose à ce que certains pays – comme la Chine l'a fait sur les terres rares – introduisent des restrictions à l'exportation, avec le risque avéré d'une relocalisation forcée des industries sur le sol des États producteurs. Les règles de l'OMC constituent le seul outil de régulation qui puisse être opposé à ces tentatives.

En réponse à la question de Jean-Marie Sermier sur le sous-sol de la Guyane, je rappelle qu'il y existe une exploitation aurifère partiellement légale, partiellement sauvage. L'inventaire des richesses de ce sous-sol reste à réaliser... sous oublier que la question de l'acceptabilité sociale des exploitations se posera là-bas comme elle se pose en métropole.

Je confirme à Philippe Boënnec que nous sommes engagés dans une séquence stratégique à court, moyen et long terme. Il nous faut d'abord identifier les fenêtres de vulnérabilité liées aux métaux dont nous avons besoin pour nos entreprises ; à moyen terme, une organisation française et européenne est appelée à se mettre en place – lancement d'opérations de sécurisation des approvisionnements et renforcement des circuits de retraitement et recyclage des métaux ; les fonds marins s'inscrivent dans une perspective de plus long terme.

Monsieur Herth, s'agissant de l'acceptabilité sociale des mines, nos déplacements au Brésil et en Suède me conduisent à penser que celle-ci est d'autant plus élevée que les espaces utilisés sont vastes. Les conditions de travail des mineurs se sont considérablement améliorées depuis le XIX<sup>e</sup> siècle.

Le Fonds stratégique de développement est effectivement un outil essentiel de sécurisation de nos approvisionnements par la prise de participations.

En réponse à Bertrand Pancher, il me semble évident que nous ne pourrions plus utiliser, à l'avenir, des matières premières produites à l'étranger sans qu'une partie au moins de la valeur ajoutée en aval de l'extraction ne demeure dans le pays producteur. L'aide au co-développement revêt donc un caractère stratégique, sauf à s'exposer au risque de voir l'emploi se relocaliser à proximité des ressources naturelles – avec un impact douloureux pour notre pays.

**M. Christophe Bouillon.** Pour répondre à Yanick Paternotte sur l'accueil qui nous a été réservé à la Commission européenne, nous avons essentiellement traité, avec la direction générale Environnement, du recyclage et de la fixation des taux, et avec la direction générale Entreprises, des questions liées aux ressources minières, ainsi qu'à la production d'électricité. De façon générale, il nous a semblé que les enjeux ont été bien perçus par nos interlocuteurs.

S'agissant de la mise en place des taux, elle implique, d'un point de vue technique, de mesurer l'incorporation des ressources minières dans les produits

finis. Il faut de surcroît distinguer selon la nature de ces produits. Même si ce travail est loin d'être achevé, il nous paraît essentiel au développement de la filière.

Jean-Paul Chanteguet, la problématique de l'économie circulaire a bien été intégrée dans nos travaux. Force est de constater, cependant, qu'elle n'a été que peu prise en compte dans le cadre du Grand emprunt. Lorsque le secteur privé se montre novateur en la matière – je citais en introduction l'expérimentation menée par Rhodia –, il peine à mobiliser des financements publics. Seule l'ADEME finance des projets de recherche dans ce domaine.

Je ne souhaitais pas « métalliser » André Chassaigne, dont la pensée s'avère « inoxydable ». (*Sourires*) Il a évoqué la question du recyclage et des conditions sociales des industries d'extraction dans les pays du Sud. La guerre du coltan en Afrique centrale, que nous mentionnons dans notre rapport, montre bien, *a contrario*, combien l'extraction primaire peut se faire au détriment des populations locales et des équilibres géopolitiques régionaux. Seule une politique volontariste de recyclage, ainsi qu'une volonté de diversifier les sources d'approvisionnement, peuvent aider les pays du Sud à ne pas dépendre des fluctuations des cours mondiaux des métaux.

La question des débouchés a été posée par Catherine Quéré : ils constituent le seul moyen de développement de la filière des matières premières secondaires. Il faut donc inciter les constructeurs à les utiliser et amplifier ce mouvement. S'agissant des prix, ils baisseront nécessairement lorsque la filière se développera, avec la hausse des volumes collectés et la massification des flux. La baisse du taux de TVA n'est pas à l'ordre du jour, tous nos efforts devant porter sur la valorisation des matières premières secondaires.

La question de la substitution mérite d'être posée, mais elle n'appelle pas de réponse simple : les matières premières minérales concernées possèdent des qualités intrinsèques, associées à des performances spécifiques. Difficile donc de leur trouver des succédanés, d'autant que de nombreuses substitutions ont eu des conséquences néfastes. À titre d'exemple, le remplacement du cuivre par l'aluminium, pour le transport de l'électricité, a nécessité la multiplication par trois de l'énergie nécessaire à la production de la même quantité de métal.

La collecte constitue pour les pays du Nord un enjeu majeur : il faut développer l'information de nos concitoyens et éviter les fuites vers des pays tiers. En ce qui concerne les téléphones portables, la régulation du marché s'avère nécessaire précisément pour mettre fin à toute exportation et fixer l'industrie du recyclage sur notre sol.

Le mécanisme de responsabilité élargie du producteur, tout comme les éco-organismes, sont des outils qu'il faudra faire évoluer : lors de nos auditions, il nous a été indiqué que la situation oligopolistique de ces organismes freinait

incontestablement leur évolution. Là encore, une régulation devra être mise en place.

Les éoliennes concentrent plusieurs enjeux liés à l'éco-construction, et il importe d'y répondre afin d'éviter une pression trop forte sur les matières premières employées. Leur recyclage doit être envisagé sur une échelle de temps longue, conforme à leur durée de vie prévisionnelle qui est de l'ordre de vingt ans. Il ne devrait à notre sens pas poser de problème particulier.

Bertrand Pancher nous a interrogé sur le recyclage industriel : le coût du tri reste une réalité et ne pourra s'orienter à la baisse que lorsque le recyclage aura été anticipé en amont, lors de la conception des produits. Dans cette hypothèse, une baisse interviendra nécessairement, qui devra s'accompagner d'une augmentation de la qualité du tri et d'un affichage du processus mis en œuvre. Je vous renvoie en la matière aux propositions que nous formulons.

**M. Serge Grouard, président.** Messieurs les rapporteurs, vous avez abordé un sujet passionnant, et la qualité de votre rapport, comme de vos propositions, doit être saluée. Votre travail permettra la poursuite des réflexions de notre commission sur cette question, dont vous avez montré à la fois la pertinence et l'actualité, de la gestion durable des matières premières minérales.

◇

◇ ◇

Conformément à l'article 145 du Règlement de l'Assemblée nationale, la commission a **autorisé** à l'unanimité la publication du rapport d'information sur la gestion des matières premières minérales.

## **LISTE DES PERSONNES AUDITIONNÉES**

### **SERVICES MINISTÉRIELS**

#### **Comité pour les métaux stratégiques (COMES) – Conseil général de l'industrie**

- M. François Bersani, ingénieur général des mines, secrétaire général du COMES et membre du Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies

#### **Ministère des affaires étrangères, Direction générale de la mondialisation, du développement et des partenariats**

- M. Philippe Thiebaut, directeur des biens publics mondiaux
- M. Louis Maréchal, chargé des ressources minérales et énergie

#### **Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie, Direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services (DGCIS)**

- M. Luc Rousseau, ingénieur général des mines
- M. Yves Robin, inspecteur général de l'INSEE

#### **Ministère de l'environnement, du développement durable, des transports et du logement**

- Mme Dominique Dron, déléguée interministérielle au développement durable et commissaire générale au développement durable

#### **Ministère de l'environnement, du développement durable, des transports et du logement**

- M. Loïc Lejay Chargé de mission Développement des activités liées au recyclage et à la valorisation des déchets

### **ORGANISMES PUBLICS**

#### **Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (Ademe)**

- M. Alain Geldron, chef du service filières responsabilité élargie du producteur et recyclage

#### **Agence française de développement**

- M. Jean-Yves Grosclaude, directeur des opérations
- Mme Catherine Garreta, directrice adjointe technique opérationnelle
- M. Hervé Gallèpe, chargé des relations parlementaires

### **Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM)**

- M. Patrice Christmann, adjoint au directeur de la stratégie - responsable de la division stratégie des ressources minérales

### **Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER)**

- M. Pierre Cochonat, directeur adjoint de la direction des programmes et de la coordination des projets

## **INDUSTRIELS**

### **Areva**

- M. Jacques Peythieu, directeur ressources, stratégie et commerce, unité « mines »

### **Eramet**

- M. Jean-Didier Dujardin, directeur administratif et financier
- Mme Catherine Tissot-Colle, directeur communication et développement durable

### **GDF Suez**

- M. Henry Saint Bris, directeur de la Stratégie Suez environnement ;
- Mme Marie Dominique Bogo, directeur commercial SITA France ;
- M. Eric Heitz, délégué GDF SUEZ aux relations avec le Parlement et les cabinets ministériels

### **Rhodia**

- M. Frédéric Carencotte, directeur industriel de Rhodia Terres Rares
- M. Xavier du Colombier, directeur des affaires publiques Europe

### **Véolia Environnement**

- M. Michel Valach, directeur général adjoint de Veolia Propreté
- M. Marc-Antoine Belthe directeur général de Veolia Propreté France Recycling
- Mme Marie-Thérèse Suart-Fioravante, directeur des relations institutionnelles

## **SYNDICATS PROFESSIONNELS**

### **Comité des constructeurs français d'automobiles (CCFA)**

- M. Patrick Blain, président
- M. Nicolas Le Bigot, directeur affaires environnementales et techniques



**Fédération des minerais, minéraux industriels et métaux non ferreux (FEDEM)**

- Mme Catherine Tissot-Colle, présidente
- M. Jack Testard, président de la Chambre Syndicale des industries minières de la FEDEM
- Mme Claire de Langeron, déléguée générale
- M. Pascal Reymondet, président directeur général d'UMICORE

**Fédération des industries mécaniques (FIM)**

- M. Jérôme Frantz, président
- M. Renaud Buronfosse, directeur du pôle des études stratégiques et de la prospective

**Fédération de la récupération, du recyclage et de la valorisation (FEDEREC)**

- M. Thierry Senamaud, secrétaire général,
- M. Robert Lifchitz, président
- M. Igor Bilimoff, directeur général

**Fédération des industries électriques, électroniques et de communication (FIEEC)**

- M. Hervé Grimaud représentant la Commission Environnement et Développement durable de la FIEEC, Directeur Général de Récyllum.
- Mme Anne-Charlotte Wedrychowska, responsable Développement durable de la FIEEC

**Groupement des Industries Françaises Aéronautiques et Spatiales (GIFAS)**

- M. Bruno Costes, président de la Commission environnement et développement durable du GIFAS
- Mme Corinne Lignet, directeur adjoint affaires R&D, espace et environnement (GIFAS), rapporteur de la Commission environnement et développement durable du GIFAS

**Groupement des Industries de Construction et Activités Navales (GICAN)**

- M. Jean-Marie Poimboeuf, président
- M. Fabrice Theobald, délégué général adjoint

### **TABLE RONDE ÉCO ORGANISMES**

- **Recylum** : M. Hervé Grimaud, directeur général
- **ERP France** : M. Philippe Badou, directeur des opérations
- **Ecologic** : M. René-Louis Perrier, président
- **Eco-systèmes** : MM. Christian Brabant, directeur général et Richard Toffolet directeur technique

### **ASSOCIATIONS**

#### **Cercle national du recyclage (CNR)**

- M. Paul Deffontaine, président
- M. Bertrand Bohain, délégué général

#### **France Nature Environnement**

- M. Gaël Virlovet, pilote mission économie et trésorier de FNE
- Mme Morgane Piederrière, responsable des relations institutionnelles

#### **Prorecyclage**

- M. Gérard Idé, responsable du développement
- Mme Alice de Brauer, directeur du plan environnement du groupe Renault

#### **Société de l'Industrie Minérale (SIM)**

- M. Jean-Claude Lazarewicz, responsable d'un groupe de travail sur les ressources minérales

### **MONDE DE LA RECHERCHE**

#### **Association des centraliens**

- M. Philippe Bihouix, co-auteur de l'ouvrage intitulé « Quel futur pour les métaux ? »

#### **Centre national de la recherche scientifique - Institut national des sciences de l'Univers (CNRS)**

- M. Bruno Goffé, chercheur au CNRS, délégué scientifique et ancien directeur adjoint de l'Institut national des sciences de l'Univers (INSU)

#### **Institut de chimie et des matériaux**

- M. Michel Latroche, chercheur au CNRS, Institut de chimie et des matériaux de Paris Est, directeur du Laboratoire de Chimie Métallurgique des Terres Rares (LCMTR)

**PARLEMENTAIRES**

- Mme Fabienne Labrette-Ménager, présidente du conseil national des déchets, députée de la Sarthe
- M. Daniel Garrigue, président du groupe d'études sur les industries chimiques, député de Dordogne



## DÉPLACEMENTS

### BRÉSIL

#### **Représentation diplomatique et service économique régional**

- M. Yves Saint-Geours, ambassadeur de France (Brasilia)
- M. Brice Lalonde, coordinateur exécutif de la conférence des Nations unies pour le développement durable Rio+20 (Rio de Janeiro)
- M. Jean-Claude Moyret, consul général de France (Rio de Janeiro)
- M. Hugues Reydet, délégué du service économique régional (Rio)
- M. Stéphane Mousset, délégué du service économique régional (São Paulo)

#### **Visite de la mine de fer de la Compagnie *Vale* (Carajás)**

- M. Sérgio Giacomo, directeur de la communication institutionnelle
- M. Bruno Lisboa Cipriani, directeur du développement minier et de la planification générale
- M. Flavio Barbosa Freitas, ingénieur minier

#### **Parlement (Chambre des députés – Brasilia)**

- M. Leonardo Lemos Barros Quintão, député membre de la Commission des mines et de l'énergie (Chambre des députés – Brasilia)

#### **Administrations (Brasilia)**

- M. Carlos Nogueira, sous-secrétaire du Département de géologie et des mines, et Mme Jackeline Oliveira, experte en infrastructure (Ministère des mines et énergie)
- MM. Marcelo Lima d'Albuquerque, expert en commerce extérieur, Eduardo Celino, directeur du RENAI, Tólio Ribeiro, directeur du département des industries intensives en ressources naturelles, João César Pinehiro, directeur de planification et développement du secteur minier (Ministère du développement, de l'industrie et du commerce extérieur – Réseau national d'information des investissements [RENAI])

### **Industriels (São Paulo)**

- M. Tadeu Carneiro, directeur général de la Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia – CBMM
- M. Franz-Josef Kron, président, et M. Thorsten Rieke, directeur de la branche métaux précieux

### **SUÈDE**

#### **Ambassade de France et Service économique régional (Stockholm)**

- M. Joël De Zorzi, ambassadeur de France en Suède
- M. Olivier Rousseau, chef du service économique régional
- M. Laurent Clavel, conseiller financier, service économique régional
- M. Julien Grosjean, attaché énergie environnement agriculture

#### **Site industriel de Boliden (province de Skellefteå)**

- *Visite de la fonderie de recyclage des déchets électroniques de Boliden - Rönnskär (Skellefteå)*
  - M. Pierre Heeroma, vice-directeur général du Groupe Boliden
  - M. Roger Sundqvist, directeur de la fonderie de Rönnskär, Groupe Boliden,
- *Visite de l'exploitation minière de Renström du groupe Boliden*
  - M. Pierre Heeroma, vice-directeur général du Groupe Boliden
  - représentants de l'exploitation minière de Renström

#### **Monde de la recherche (Stockholm)**

- M. Jan Magnusson, directeur général du SGU, l'Institut suédois de recherche géologique et minière

#### **Industriels**

- M. Tomas From, directeur des politiques industrielles, directeur adjoint de la Fédération suédoise du secteur minier SveMin
- M. Johan Hedlin, directeur général du programme suédois de recherche minière Bergforsk et directeur général du pôle de compétitivité nordique du secteur minier Rock Tech Centre
- M. Göran Bäckblom, directeur des relations publiques du groupe LKAB et ancien directeur général du programme suédois de recherche minière Bergforsk,
- M. Per Strom, directeur général de l'entreprise Raw Material Group

## **BELGIQUE**

### **Commission européenne (Bruxelles)**

- Mme Soledad Blanco, Directrice de la « gestion durable des ressources, industrie et air », direction générale Environnement, Commission européenne
- M. Gwenole Cozigou, Directeur, direction « industries chimiques, métalliques, mécaniques, électriques et de la construction, matières premières », direction générale Entreprises et industrie

### **Représentation permanente de la France auprès de l'Union européenne (Bruxelles)**

- M. Jean-Pierre Labe, conseiller en charge de l'harmonisation technique, des PME, de l'industrie, de l'innovation

### **Parlementaires européens (Bruxelles)**

- M. Gaston Franco, Mme Michèle Rivasi et M. Jean-Pierre Audy, députés européens, membres de la commission de l'industrie, de la recherche et de l'énergie

### **Visite du site industriel d'Umicore à Hoboken (province de Anvers)**

- Mme Claire de Langeron, déléguée générale de la FEDEM
- M. Stephan Cosma, vice-président de Umicore

## **ISBERGUES (PAS-DE-CALAIS)**

- MM. Christian Thomas et Michel Trabuc, associés fondateurs de Terranova





## **ANNEXES**

## ORIGINE DU NOM DES MÉTAUX

Nom	S.	N° at.	Origine du nom
Aluminium	Al	13	du latin alumen, alun, signifiant amer ; provient du goût amer de la pierre d'alun (sulfate double d'aluminium et de potassium) utilisé comme astringent au Moyen-âge.
Antimoine	Sb	51	du grec anti + monos, pas seul (cet élément est toujours lié à d'autres métaux) ; ou de l'arabe al-uthmud, brillant, par référence à l'aspect brillant de cet élément.
Argent	Ag	47	du latin argentum qui dérive du grec arguros, blanc étincelant en référence à l'aspect physique de cet élément.
Bismuth	Bi	83	de l'allemand weisse masse, masse blanche ; par référence à la couleur blanc argenté de cet élément solide.
Cadmium	Cd	48	du grec kadmeia et du latin cadmia, calamine, ancien nom donné au carbonate de zinc (le cadmium était extrait de ce minerai aux environs de la ville de Thèbes créée par Kadmos) ; du grec cadmios, minerai de zinc dans lequel le cadmium a été découvert.
Chrome	Cr	24	du grec khrôma, couleur, en référence aux nombreuses couleurs des composés à base de chrome.
Cobalt	Co	27	de l'allemand kobold (lutin), d'où provient le nom de kobolden, démons des montagnes et des mines dans les légendes germaniques ; la production de ce métal étant impossible à réaliser à partir du procédé de production usuel, on croyait que cette impossibilité venait des mauvais esprits qui sabotaient le travail des mineurs en corrompant le bon minerai.
Cuivre	Cu	29	du latin Cyprium et du grec Kupros, dérivant de Chypre, île où l'on exploitait le minerai de cuivre (bronze de Chypre) ; l'île doit son nom aux nombreux cyprès qui y sont présents.
Étain	Sn	50	de l'allemand zin et du norvégien tin, petite barre, en lien avec son aspect physique ; son symbole «Sn» provient du latin stannum, fer blanc.
Fer	Fe	26	du latin ira, colère, en référence à la force de ce métal ; du latin ferrum, fer
Gallium	Ga	31	du latin Gallia, France, en l'honneur au pays dans lequel cet élément a été découvert ; du latin gallus, coq, en lien avec celui qui l'a découvert, P.E. Lecoq de Boisbaudran.
Indium	In	49	du latin indicum, bleu, d'après la brillante ligne bleue de son spectre atomique.
Iridium	Ir	77	du latin iridos, arc-en-ciel, par référence aux couleurs variées des sels d'iridium.
Lanthane	La	57	du grec lanthanein, caché (dans des minerais avec plusieurs autres éléments nommés terres rares) ; évoque aussi les difficultés rencontrées lors de son extraction.
Lithium	Li	3	du grec lithos, pierre ; par référence à son origine minérale en opposition aux composés de sodium et de potassium qui font partie de la même famille et qui sont d'origine végétale.

Magnésium	Mg	12	du grec Magnesia, région de la Thessalie, Grèce, dans laquelle on a trouvé le minerai de magnésie (oxyde de magnésium).
Manganèse	Mn	25	du grec magnes, aimant, en lien avec les propriétés magnétiques de la pyrolusite, minerai utilisé par les pharaons pour fabriquer le verre.
Molybdène	Mo	42	du grec molubdaina, plomb, en lien avec la grande ressemblance physique de la blende de molybdène avec le plomb.
Nickel	Ni	28	du suédois kopparnickel, faux cuivre ; de nickel, mauvais génie qui, selon la croyance populaire, vivait dans les mines ; de l'allemand kupfernickel, cuivre du diable ; en lien avec l'impossibilité d'extraire le cuivre du minerai de cuivre ; on croyait que ce minerai avait subi un mauvais sort des démons.
Or	Au	79	du latin aurum, brillant, faisant référence à l'aspect physique de ce métal.
Palladium	Pd	46	d'après l'astéroïde Pallas, découverte un an auparavant; ce nom provient de Pallas Athena, déesse grecque de la sagesse
Platine	Pt	78	de l'espagnol platina, diminutif de plata, argent (petit argent) en lien avec l'aspect physique du platine qui ressemble à celui de l'argent et était présent dans les mines d'argent du Pérou.
Plomb	Pb	82	du latin plumbum, lourd, en lien avec la grande masse volumique de cet élément.
Tantale	Ta	73	Tantale, roi de Libye, père de Niobé et fils du dieu suprême, Zeus, dans la mythologie grecque ; Tantale a vécu un châtimeut après avoir dévoilé des secrets divins aux humains : la nourriture et la boisson refluaient devant sa bouche comme le tantale fuit les acides avec lesquels on cherche à le mettre en contact (le tantale ne forme pas de sels avec les acides).
Titane	Ti	22	en souvenir des Titans de la mythologie grecque, dieux géants, fils de la Terre (Gaïa) et du Ciel (Uranus) ; en lien avec la résistance de ce métal.
Tungstène	W	74	du suédois tung sten, pierre lourde, en lien avec la grande densité du minerai scheelite dans lequel on a trouvé le tungstène; et W, wolf rahm, «bave de loup», des échantillons de tungstène présents dans le minerai lors de la préparation de l'étain diminuait considérablement le rendement, comme les loups qui engloutissent leur proie.
Uranium	U	92	d'après la planète Uranus et le dieu grec Uranus, père des Titans.
Zinc	Zn	30	de l'allemand zinke, dent, en lien avec la forme des précipités formés lors de la préparation du zinc, à la sortie des fourneaux.
Zirconium	Zr	40	de l'arabe zarkoen et du perse zargûn, couleur or, en lien avec la couleur or de la pierre précieuse, le zircon, ZrSiO <sub>4</sub> .

Source : « Quel futur pour les métaux ? », Ph. Bihouix et B. de Guillebon, EDP Sciences

# CLASSIFICATION PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

# Tableau Périodique des Éléments

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18									
IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIB	VIB	VIB	VIIB	IB	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIA	VIIA									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18									
1 H Hydrogène 1,00794	2 He Hélium 4,002602											3 Li Lithium 6,941	4 Be Béryllium 9,012182	5 B Bore 10,811	6 C Carbone 12,0107	7 N Azote 14,00643	8 O Oxygène 15,999	9 F Fluore 18,9984032	10 Ne Neon 20,1797							
11 Na Sodium 22,98976928	12 Mg Magnésium 24,30409	13 Al Aluminium 26,9815386	14 Si Silicium 28,0855	15 P Phosphore 30,973762	16 S Soufre 32,06	17 Cl Chlore 35,453	18 Ar Argon 39,948																			
19 K Potassium 39,0983	20 Ca Calcium 40,078	21 Sc Scandium 44,955912	22 Ti Titane 47,88	23 V Vanadium 50,9415	24 Cr Chrome 51,9961	25 Mn Manganèse 54,938045	26 Fe Fer 55,847	27 Co Cobalt 58,933200	28 Ni Nickel 58,6934	29 Cu Cuivre 63,546	30 Zn Zinc 65,38	31 Ga Gallium 69,723	32 Ge Germanium 72,6305	33 As Arsenic 74,9216	34 Se Sélénium 78,96	35 Br Brome 79,904	36 Kr Krypton 83,799									
37 Rb Rubidium 85,4678	38 Sr Strontium 87,62	39 Y Yttrium 88,90585	40 Zr Zirconium 91,224	41 Nb Niobium 92,90638	42 Mo Molybdène 95,94	43 Tc Technetium (98)	44 Ru Ruthénium 101,07	45 Rh Rhodium 102,90550	46 Pd Paladium 106,42	47 Ag Argent 107,8682	48 Cd Cadmium 112,411	49 In Indium 114,818	50 Sn Étain 118,710	51 Sb Antimoine 121,757	52 Te Tellure 127,46	53 I Iode 126,90447	54 Xe Xénon 131,29									
55 Cs Césium 132,90545	56 Ba Baryum 137,327	57 La Lanthane 138,90547	58 Ce Cérium 140,12	59 Pr Praseodyme 140,90766	60 Nd Néodyme 144,242	61 Pm Prométhée (144)	62 Sm Samarium 150,36	63 Eu Europium 151,964	64 Gd Gadolinium 157,25	65 Tb Terbium 158,92534	66 Dy Dysprosium 162,5003	67 Ho Holmium 164,93032	68 Er Erbium 167,259	69 Tm Thulium 168,93421	70 Yb Ytterbium 173,04	71 Lu Lutécium 174,967										
87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)											89 Ac Actinium (227)	90 Th Thorium (232)	91 Pa Protactinium (231)	92 U Uranium (238)	93 Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Americium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkélium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendelevium (258)	102 No Nobelium (259)	103 Lr Lawrencium (260)
Atomes les plus stables ou communs																										

Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope

57 La Lanthane 138,90547	58 Ce Cérium 140,12	59 Pr Praseodyme 140,90766	60 Nd Néodyme 144,242	61 Pm Prométhée (144)	62 Sm Samarium 150,36	63 Eu Europium 151,964	64 Gd Gadolinium 157,25	65 Tb Terbium 158,92534	66 Dy Dysprosium 162,5003	67 Ho Holmium 164,93032	68 Er Erbium 167,259	69 Tm Thulium 168,93421	70 Yb Ytterbium 173,04	71 Lu Lutécium 174,967
89 Ac Actinium (227)	90 Th Thorium (232)	91 Pa Protactinium (231)	92 U Uranium (238)	93 Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Americium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkélium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendelevium (258)	102 No Nobelium (259)	103 Lr Lawrencium (260)

Note: The subgroup numbers were adopted in 1984 by the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) as the use of Latin equivalents of those numbers.

## MÉTAUX RARES : PRINCIPAUX USAGES

Substance	Catégorie	Principaux domaines d'application	Part de la Chine dans la production mondiale (2008, sources: World Mining Data, USGS)	Production mondiale de substance contenue (World mining data)	Production mondiale de 1999 en t	Production mondiale de 2008 en t	Evolution de la production mondiale de 1999 à 2008	Production européenne de 2008 en t de substance primaire contenue (World mining data)	Production européenne de 2008 en % de la production mondiale	Perspectives d'évolution de la demande d'ici 2030 liée aux seules technologies émergentes - Source: Angerer et al. 2009	Degré de concentration géographique de la production (2008) = Très forte = = Faible	Premier producteur mondial (Source: World Mining Data, USGS)	Taux de recyclage 2010 (Sources: USGS, ADEME, UMICORE, Angerer et al. 2007)
Aluminium	Métal	Automobile, aéronautique, emballages, construction, électricité, machines outils, ustensiles de cuisine	34%	21 740 388	39 082 415	80%	3 091 810	8%	⊖	Chine	35% en Allemagne (2004), 30% à l'échelle mondiale (2006)		
Antimoine	Métal	Retardants du feu (additif dans les plastiques) et catalyse du polyéthylène	91%	101 757	201 480	98%	0	0%	⊖	Chine	15% aux USA (2006)		
Argent	Métal	Bijouterie, photographie, électricité, électronique (dont circuits RFID), amalgame (dentisterie), catalyse, miroiterie, panneaux <sup>2</sup> solaires, piles, <sup>2</sup> traitement de l'eau	13%	17 349	21 339	23%	1 701	8%	⊖	Pérou	25 à 60% (grandes différences, selon les différentes sources)		

MÉTAUX RARES : PRINCIPAUX USAGES

Substance	Catégorie	Principaux domaines d'application	Part de la Chine dans la production mondiale minière (2008, sources: World Mining Data, USGS)	Production mondiale de substance contenue (World mining data)	Production mondiale 1999 en t	Production mondiale de substance contenue (World mining data)	Evolution de la production mondiale de 1999 à 2008	Production européenne 2008 en t de substance primaire contenue (World mining data)	Production européenne 2008 en % de la production mondiale	Perspectives d'évolution de la demande d'ici 2030 liée aux seules technologies émergentes - Source: Angerer et al. 2009	Degré de concentration géographique de la production (2008) ⊕ = Très forte ⊙ = Forte ⊖ = Faible	Premier producteur mondial (2008) (Source: World Mining Data, USGS)	Taux de recyclage 2010 (Sources: USGS, ADEME, UMICORE, Angerer et al. 2007)
Aluminium	Métal	Automobile, aéronautique, emballages, construction, électricité, machines outils, ustensiles de cuisine	34%	39 082 415	21 740 388	3 091 810	80%	8%	8%	⊖	Chine	35% en Allemagne (2004), 30% à l'échelle mondiale (2006)	
Antimoine	Métal	Retardants du feu (additif dans les plastiques) et catalyse du polyéthylène	91%	201 480	101 757	0	98%	0%	0%	⊕	Chine	15% aux USA (2006)	
Argent	Métal	Bijouterie, photographie, électricité, électronique (dont circuits RFID), amalgame (dentisterie), catalyse, microtérie, panneaux <sup>2</sup> solaires, piles, <sup>2</sup> traitement de l'eau	13%	21 339	17 349	1 701	23%	8%	49% (10 451 t)	⊖	Pérou	25 à 60% (grandes différences, selon les différentes sources)	

<b>Barytine</b> (minerai de baryum)	Minéraux industriels	Boues de forages pétroliers et gaziers, industrie du verre, radioprotection, santé, metallurgie, pyrotechnie	53%	5 930 575	8 757 872	48%	180 266	2%	ND	☹	Chine	Très faible,
<b>Béryllium</b> (**)	Métal	Alliages Cu-Be, Ni-Be, Al-Be pour l'informatique, les télécommunications, la connectique, la construction aérospatiale, la défense, l'industrie nucléaire. Béryllium métal pour la défense, les miroirs de télescopes spatiaux, des hauts-parleurs de haut de gamme	???	???	200	???	0	0%		☹	Etats-Unis	environ 10% aux USA
<b>Bismuth</b>	Métal	Générateurs thermoelectriques (automobile), supraconducteurs à haute température, soudure sans plomb,	62%	4 038	8 035	99%	0	0%		☹	Chine	environ 20% aux USA
<b>Bore</b>	Minéraux industriels	Industrie du verre et de la céramique, émaux, savons et détergents, agriculture, industrie nucléaire, semi-conducteurs	4%	3 239 108	3 455 704	7%	0	0%		☹	Etats-Unis	Très faible.
<b>Cadmium</b>	Métal	Batteries, cellules photovoltaïques Cd-Te	???	16 953	19 648	16%	1 979	10%		☹	Chine	Inconnu. Le cadmium des batteries Ni-Cd est recyclable.
<b>Chrome</b>	Métal	Aciers inoxydables; matériaux réfractaires, chimie,	1%	5 846 970	10 528 314	80%	307 442	3%		☹	Afrique du Sud	15-20% en Allemagne (2005)

Cobalt	Métal	Superalloys pour la production d'aubes de turbines (aéronautique), composant de carburés très durs pour la cémentation, aimants (samarium-cobalt), verrerie et céramique (pigment)	9%	19 337	66 167	24,2%	0	0%	☺	RD Congo	
Cuivre	Métal	Construction, mécanique, électricité, électronique, machines outils, automobile, aéronautique, chimie, santé (radiothérapie, vitamine B12)	6%	12 422 272	15 467 225	25%	755 647	5%	☺	Chili	54% en Allemagne (2007), 13% à l'échelle mondiale (2004)
Etain	Métal	Soudure, production d'écrans plats	44%	229 744	272 923	19%	29	0%	☺	Chine	
Fer	Métal	Construction, mécanique, automobile, navires, rails, machines outils, tuyaux (pipelines), emballages, santé	24%	545 081 911	1 121 172 107	106%	16 052 618	1%	☺	Chine	44 % de l'acier en Allemagne (2005)
Fluorine (minéral de fluor)	Minéraux industriels	Sidérurgie et métallurgie de l'aluminium (en tant que fondant), production de ciment, céramiques, optique	54%	4 591 289	6 073 641	32%	289 070	5%	☺	Chine	Très faible. Moins de 1% aux USA en 2006
Gallium	Métal	Semi-conducteurs de très haute performance (AsGa) et éclairage par diodes photoluminescentes (NGa)	75%	15	40	167%	5	13%	☹	Chine	20% (déchets primaires); 0% à partir des déchets secondaires



Germanium	Métal	Fibres optiques, catalyse (notamment pour la production de polyéthylène), optiques infrarouge (notamment pour la défense et dans le domaine spatial), cellules photovoltaïques de type multi-jonctions (spatial, très hauts rendements)	82%	37	37	0%	0	0%	⊕	Chine	35% à l'échelle mondiale (2005), essentiellement du recyclage de chutes de métal primaire ('déchets primaires')
Hafnium	Métal	Industrie nucléaire (barres de contrôle); anode dans les torches de découpage des métaux au plasma, entre dans la fabrication de semi-conducteurs à gravure très fine (45 nm et moins)	???	???	???	???	???	???	???	???	négligeable
Indium	Métal	Oxyde d'étain-indium (ITO) pour la production des circuits conducteurs transparents à la production des écrans plats	50%	???	570	???	???	???	⊕	Chine	60 à 65% de l'indium utilisé dans la fabrication d'écrans plats LCD provient du recyclage des chutes d'indium produites lors de la production. Pas de recyclage de l'indium secondaire.
Lithium (*)	Métal	Batteries de haute performances (industrie automobile, appareils électroniques mobiles, santé)	7%	23 528	42 815	82%	375	1%	⊕	Chili	Insignifiant, mais devrait être croître au fur et à mesure de l'arrivée en fin de vie des batteries au lithium

Magnésite (minéral de magnésium)	Minéraux industriels	Revêtements réfractaires pour la sidérurgie, traitement des eaux usées dans la métallurgie, industries de la céramique et du verre, production de magnésium	49% pour la magnésite	11 349 010	20 407 406	80%	3 308 522	16%	☹	Chine	Très faible.
Manganèse	Métal	Sidérurgie (protection de l'acier contre la corrosion), construction, mécanique, machines outils, piles électriques, chimie, pigment, santé, engrais, nourriture animale	22%	9 607 711	14 714 739	53%	30 485	0%	☹	Afrique du Sud	
Mercure	Métal	Instruments de mesure, électricité, éclairage, traitement des minerais d'or, santé (dentisterie), chimie (fabrication de la soude)	58%	1 780	1 096	-38%	33	3%	☹	Chine	
Molybdène	Métal	Aciers inoxydables, superalliages, lubrifiants, chimie, engrais, santé (radioisotope), pigments	30%	132 497	196 143	48%	0	0%	☹	Chine	
Nickel	Métal	Aciers inoxydables, superalliages, alliages au nickel pour de très nombreux usages	4%	1 050 616	1 503 674	43%	29 286	2%	☹	Canada	
Or	Métal	Connexique, bijouterie, investissement	12%	2 571	2 281	-11%	13	1%	☹	Chine	Recyclage proche de 100%
Palladium	Métal	Catalyse (industrie automobile, notamment pour la motorisation diesel)	1% ???	???	200	???	0	0%	☹	Russie	60 à 70%
Phosphate (en t P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Minéraux industriels	Engrais, boissons, alimentation	30%	82 322 137	50 175 274	-39%	280 800	1%	☹	Chine	

Platine	Métal	Catalyse (industrie automobile, notamment pour la motorisation essence), bijouterie, industrie du verre et de la fibre optique, santé (dentisterie, cardiologie)	1% ???	235	188	-20%	1	1%		⊕	Afrique du Sud	60 à 65%
Ploomb	Métal	Batteries, santé (radiologie)	40%	3 366 215	3 876 564	15%	207 477	5%		⊕	Chine	
Potasse (minéral potassium)	Minéraux industriels	Engrais, chimie, pigments	2%	25 445 640	33 970 145	34%	4 156 800	12%		⊕	Canada	
Rhénium	Métal	Superalliages pour la production d'aubes de turbines devant fonctionner à hautes températures (réacteurs des avions civils et militaires, génération d'électricité)	< 5% ???	???	56,5	???	5	9%		⊕	Chili	Faible
Rhodium	Métal	Catalyse (industrie automobile, notamment pour la dénitrification en catalyse diesel), tubes à rayons X,	1% ???	???	21,5	???	0	0%		⊕	Afrique du Sud	50 à 60 %
Sélénium	Non-métal	Cellules photovoltaïques en couches minces - Filière CIGS	1% ???	???	1 510	???	???	???		□	Japon? (ou Etats-Unis ?)	Pas de données
Soufre	Minéraux industriels	Acide sulfurique, engrais, industrie pétrolière et minière	0,02	40 222 575	58 650 489	46%	5 758 853	10%		⊕	Etats-Unis	

Tantale																		1/4 de la production de tantale proviendrait du recyclage du tantale primaire (chutes lors de la production). Pas de recyclage du tantale secondaire
Métal	Microcondensateurs des applications électroniques mobiles (GSM, ordinateurs)	< 5% ???	???	1 170	???	0	???	0	0%		⊗	Australie						
Tellure	Cellules photovoltaïques en couches minces - Filière CIGS	1% ???	203	87			-57%	???	???		⊗	Japon						Pas de données
Terres rares	Aimants permanents Voiture électrique, éoliennes, TGV, scammers médicaux, diques durs), lasers, transmission de données par fibre optique, luminophores d'écrans, protection des billets de banque, catalyse ...)	97%	79 592	125 673			58%	0	0%		⊗	Chine						En cours de développement pour certaines terres rares.
Titane	Industrie aéronautique et spatiale, défense, pigment blanc pour la peinture, le papier et les plastiques; santé (prothèses)	10%	4 648 459	6 825 174			47%	0	0%		⊗	Australie						
Tungstène	Outils de découpe, blindages, électricité, électronique,	76%	28 042	57 553			105%	2 267	4%		⊗	Chine						
Vanadium	Aciers spéciaux, industrie spatiale, catalyse	33%	37 212	55 295			49%	0	0%		⊗	Afrique du Sud						Peu de possibilités de recyclage
Zinc	Construction, automobile, pylones et poteaux de signalisation, piles et batteries, médecine, éléments mécaniques	27%	7 888 100	11 600 068			47%	799 593	7%		⊗	Chine						30% à l'échelle mondiale (2006)
Zircon (minerai de zirconium)	Matériaux réfractaires, creusets, industrie nucléaire	11%	741 083	1 304 231			76%	0	0%		⊗	Australie						

Source : BRGM / annexe I au rapport n° 349 du 10 mars 2011 présenté par Jacques Blanc à la commission des affaires étrangères, de la défense et des forces armées.