

LES MATIÈRES PREMIÈRES

Pierre LAFFITTE
Directeur de l'École des Mines de Paris
Ingénieur Général des Mines
Conseiller Scientifique au BRGM

L'air pur, l'eau, la nature, le silence, voire le pain et le vin, ou les libertés présentent certains points communs avec les matières premières minérales. Nécessaires et indispensables. Tellement indispensables que l'on n'y pense plus tant que l'on peut en disposer.

En termes d'économiste, l'analogie avec l'air pur l'eau ou le calme se prolonge aisément. Dans les circuits financiers des Nations développées, l'importance des matières premières minérales est très faible, par le biais de la lutte antipollution, l'air pur, l'eau et le calme ne commencent encore à faire qu'une timide apparition dans le monde abstrait et normatif des « faits économiques ».

La valeur des matières premières minérales consommées représente de l'ordre de 3 % du produit national brut. Et si l'on exclut le charbon et le pétrole, ce n'est plus que 1 % du produit national brut. Mais si ce n'est un pour cent manque, c'est l'*asphyxie*.

C'est en ces termes qu'il faut penser au caractère stratégique des matières premières, et pour être sûr d'en disposer, il ne suffit pas de laisser libre cours aux lois du marché, qui ignorent les principales contraintes, (elles sont politiques), qui dominent les échanges de matières premières.

Les prévisions catastrophiques et techniquement mal fondées du célèbre rapport « Halte à la Croissance » patronné par le Club de Rome, prévoient un épuisement rapide des ressources en matières premières, en calculant à partir des réserves connues, la durée des exploitations. La définition même des réserves donnée ci-dessous montre que ce raisonnement est faux et ne vaut pas que l'on s'y arrête.

L'étude de l'approvisionnement en matières premières n'a rien à voir avec l'épuisement des réserves *répertoriées* mais doit tenir compte des deux véritables points clefs qui le caractérisent :

- localisation géographique des ressources dans des zones du globe qui dépendent chacune d'un pouvoir politique distinct.
- lourdeur et lenteur d'évolution d'une industrie extractive dont nous avons souligné le faible poids économique, et qui, comme l'agriculture devra de plus en plus être l'objet d'une façon ou d'une autre, de la sollicitude des états.

Les recommandations que nous tirerons de notre analyse, n'auront trait qu'à un aspect d'une politique d'approvisionnement : celui de la recherche méthodologique et du développement des techniques et procédés nouveaux. Nous conclurons toutefois sur un autre point essentiel à mon avis, pour les jeunes générations d'ingénieur. Car il s'agit pour elles de concevoir, promouvoir, construire et maintenir une nouvelle orientation des sociétés industrielles avancées, avec des industries faibles consommatrices, dans une société très différente dans ses valeurs et ses objectifs de notre société dite de consommation où la quantité consommée prime la qualité du produit.

Ceci ne veut pas dire qu'il faille privilégier tel ou tel système politique. Le système politique est secondaire, car les doctrines politiques comme les faits économiques ne sont que des résultantes des systèmes de valeurs que chaque citoyen chaque producteur et chaque consommateur adopte. Il y a certes interaction entre la superstructure spirituelle et l'infrastructure matérielle. Mais elle est, à mon avis, à double sens.

Précisons tout d'abord les notions de *ressources* et celles de *réserves*.

Pour chaque substance minérale, il existe des gisements, d'où on extrait des minerais. La substance contenue dans ces minerais est ensuite concentrée, éventuellement raffinée et vendue.

Le tonnage de minerai *connu* et exploitable dans l'état de la technique et de l'économie est appelée *réserve* de la substance dans le gisement.

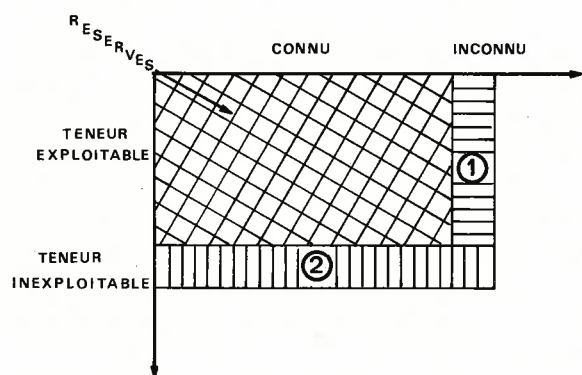
Les réserves d'un gisement peuvent être reliées à une grandeur physique : la teneur moyenne du minerai. Cette teneur moyenne est une grandeur qui se définit à partir de volumes élémentaires dont la teneur est variée. Pour chaque gisement, il existe une teneur limite au-dessous de laquelle, pour des *conditions économiques et techniques* données, l'extraction de minerai et sa concentration ne sont pas rentables. On appelle cette teneur la teneur de coupure du gisement.

La somme des réserves connues et exploitables de l'ensemble des gisements mondiaux constitue les réserves mondiales.

Les *ressources* quant à elles, comportent en outre d'une part des réserves contenues dans des gisements encore inconnus, d'autre part des masses de roches qui contiennent la substance à une teneur trop basse pour que l'état de la technique et de l'économie permette de les exploiter. Une variation de prix, ou une amélioration de la technique, transformera ces roches en réserves.

Pour la plupart des substances, l'ordre de grandeur des réserves connues et exploitables se chiffre en milliers, millions ou milliards de tonnes. L'ordre de grandeur des ressources est tout autre. Sa limite physique est de l'ordre du poids de la planète divisé par la teneur moyenne de la substance.

Pour bien faire comprendre la liaison entre réserves et ressources, on utilise parfois la représentation suivante :



Les réserves connues et exploitables économiquement sont représentées par un rectangle. Ce rectangle peut s'agrandir par deux côtés : la découverte de nouveaux gisements déplace vers la droite le côté droit du rectangle (zone hachurée (1) en traits horizontaux sur notre figure); une évolution technique ou économique qui rend exploitable des parties de gisements antérieurement inexploitable ou des concentrations minérales qui ne méritaient pas antérieurement le nom de minerai, déplace vers le bas le bord inférieur du rectangle (zone hachurée en traits verticaux sur notre figure).

L'augmentation de surface du rectangle schématise bien l'accroissement des réserves par incorporation d'une partie des ressources; Ceci est bien entendu physiquement limité sur la planète Terre. Si la prospection était parfaite, on aurait une certaine limite sur la droite. La limite vers le bas est plus malaisée à fixer ou à concevoir, mais on sait qu'elle existe : la masse de notre planète n'est pas infinie.

La *prospection* s'intéresse en priorité à la limite vers la droite, aidée en cela par des spécialistes dans cette branche de la géologie des gites minéraux que l'on appelle la métallogénie prévisionnelle.

L'*Art des Mines* s'intéresse en priorité à la limite vers le bas, aidé en cela par des spécialistes variés, géologues de métallogénie prévisionnelle et géochimiste, spécialistes de mécanique des roches, de chimie extractive, et valorisation des minerais, ou de recherche opérationnelle.

Si l'on désire disposer de plus de matière première minérale, donc augmenter la surface du rectangle, il faut pour chaque substance, se poser les deux questions suivantes et leur donner une réponse :

- Comment faire évoluer l'état de la prospection ?
- Comment faire évoluer l'état de l'art des mines ?

COMMENT FAIRE EVOLUER L'ETAT DE LA PROSPECTION ?

La première réponse qui vient à l'esprit est : en effectuant un effort financier de prospection minière. Et l'expérience prouve que cela est payant. L'effort consenti par la France depuis 25 ans pour la recherche d'Uranium lui a permis d'être dans le peloton de tête des Nations Mondiales en matières de ressources. L'effort beaucoup moindre, consenti pour les autres métaux a néanmoins porté des fruits. Mais il faut aussi, et c'est essentiel, savoir comment et où chercher. Et un effort de recherche pour améliorer la méthodologie de la prospection mérite une priorité d'autant plus marquée qu'un effort financier plus important sera consenti dans le domaine de la prospection et recherche minière.

COMMENT FORGER CES METHODOLOGIES ?

Je citerai, pour mémoire, les recherches fondamentales en Sciences de la Terre, ainsi que des recherches plus appliquées liées aux méthodes de prospection géochimique et géophysique. Un aspect moins courant, mais néanmoins très prometteur est l'utilisation rationnelle des sources multiples d'information accumulées par les géologues et mineurs et cette utilisation rationnelle sous forme de modèles mathématisables. Et cet aspect peut spécialement intéresser des ingénieurs des mines.

Une observation assez peu connue en dehors de milieux hautement spécialisés est fondamentale.

Pour presque toutes les substances, la plus grande part des réserves mondiales est répartie dans un petit nombre de districts miniers.

On a ainsi calculé que les cinq plus gros districts mondiaux contenaient près de 100 % des réserves de platine, 95 % des réserves de mercure ou de magnésite, 90 % des réserves de cobalt, 80 % pour l'aluminium, 75 % pour le manganèse, 67 % pour le molybdène, etc.

Ces chiffres sont évidemment approchés et sujets à variation, comme la notion de réserve le prouve. Mais ils montrent que l'on pourra bien cerner les problèmes en considérant les réserves données par exemple par les 20 plus gros districts miniers, au lieu de tenir compte de centaines de milliers d'indices.

Par ailleurs, il est possible de définir sur la surface du globe un certain nombre de zones ayant des caractéristiques géologiques assez homogènes. Ces caractéristiques peuvent et doivent ressortir des diverses parties des Sciences Géologiques (lithologie, pétrographie, géochimie, évolution tectonique, évolution métallogénique, etc...); un découpage du globe en zones géologiquement et métallogéniquement homogènes est possible de diverses manières, que l'on peut schématiser par le nombre de zones retenues.

Il est important de savoir que fixer des stratégies de prospection fondées sur des critères géologiques scientifiquement raisonnables portant par exemple sur une surface de 100.000.000 km² est possible avec un découpage du globe en moins de 1.000 zones.

Raisonnement sur un modèle simplifié (comportant par exemple 20 districts par substances et 500 zones géologiques) modèle qui, pour un traitement sur ordinateur constitue une base de données facile à mettre en œuvre, est un raisonnement qui intègre l'essentiel de nos connaissances.

Bien entendu, si l'on utilise le modèle pour effectuer des prospections dans certaines zones, il convient de ne pas oublier qu'il ne s'agit que d'un modèle d'aide à la décision...

COMMENT FAIRE EVOLUER L'ART DES MINES ? (1)

Répondre d'abord mieux au premier souci de l'exploitant : connaître son gisement pour pouvoir optimiser son exploitation.

Il convient de développer les recherches méthodologiques en géostatistiques et de promouvoir l'utilisation des résultats.

- Méthodes d'évaluation (reconnaissance du gisement)
- Méthodes de simulation conditionnelle d'exploitation des gisements.

Les bases méthodologiques et mathématiques existent (théorie des variables régionalisées, filtrage statistique) mais l'application aux problèmes des Sciences de la Terre pose encore de nombreux problèmes non résolus même au niveau mathématiques (problèmes inverses pour l'analyse des données de prospection sismique par exemple).

La sécurité des exploitations minières devra faire l'objet d'une attention toute particulière

La sécurité des exploitations minières devra faire l'objet d'une attention toute particulière (sécurité du personnel, sécurité vis-à-vis des risques de pollution, sécurité vis-à-vis des dommages à l'environnement). Citons quelques axes de travaux :

- développement de capteurs de mouvements de sol ou de polluants dans l'atmosphère, avec systèmes de collection de données et d'alarme.
- développement des méthodes de calcul de caractérisation des propriétés mécaniques des massifs rocheux (en particulier un site).
- études hydrologiques et hydrogéologiques d'écoulement des eaux.

(1) Ce paragraphe reprend pour l'essentiel une liste de thèmes exposés par M. TURPIN, Directeur des Recherches de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris

Coordonnées à l'échelon européen, ces recherches devraient s'appuyer sur des centres à financement public susceptibles de fournir aux exploitants les compétences techniques et scientifiques nécessaires tout en conservant une neutralité indispensable en cas de conflits (accidents...).

Mais il est essentiel pour étendre le domaine, d'améliorer les techniques de récupération des métaux tout en tenant compte des soucis grandissants de protection de l'environnement. Le coût des recherches à entreprendre sera certainement trop élevé et l'effort devra être trop continu pour que les entreprises puissent en assurer le financement. A l'exemple de ce qui a été fait pour l'atome et l'espace, il convient de prévoir un effort de la part des Etats allant de la Recherche Fondamentale au Développement Industriel.

- collecte des données thermodynamiques et indispensables pour une maîtrise des phénomènes mis en jeu en pyro et hydrométallurgie; en particulier, thermodynamique des espèces minérales complexes (solutions solides), thermodynamique des sels fondus, thermodynamique des solutions aqueuses électrolytiques;
- étude cinétique de transfert à travers des milieux poreux naturels ou artificiels en présence ou en l'absence de champs électriques et thermiques.
- études fondamentales sur la chimie des complexes susceptibles de servir de solvants sélectifs pour les extractions liquide-liquide; poursuite de l'effort sur les résines échangeuses.
- physico-chimie des interfaces complexes pour la fixation de complexes (floculation sélective et flottation de fines particules).
- évolution des structures de surface au cours d'attaque de phases minérales.

Plus en aval, très près de l'exploitation, il faut développer un effort pluridisciplinaire sur les problèmes de lixiviation in situ ou en tas qui inclue chimie, hydrogéologie, économie, en particulier pour étudier des solutions possibles dans des hypothèses de multiplication par 3 ou 10 du prix du métal.

COMMENT DIMINUER LES BESOINS EN MATIERES PREMIERES

Le problème des matières premières peut aussi être pris par l'autre bout. Au lieu d'augmenter les ressources, diminuer (ou stabiliser) les besoins.

Ceci peut s'effectuer par plusieurs voies :

- diminution de la consommation unitaire par développement d'une technologie plus faible consommatrice (exemple l'étamage électrolytique).
- augmentation de la durée de vie des produits (ex. La ROLLS qui dure 30 à 50 ans).
- augmentation du taux de recyclage et de récupération

Des études d'ingénierie permettent de préciser les points sur lesquels les efforts seront les plus payants. Une grande partie de la recherche scientifique et technique peut être réorientée vers la suppression du gaspillage des matières premières minérales et l'amélioration des techniques de recyclage.

Et c'est ici que commence la grande, la passionnante aventure des ingénieurs qui entrent dans la vie active dans les années qui viennent.

Construire les bases d'une nouvelle civilisation, ce n'est pas peu de choses. Une grande tâche - sans doute très difficile, sans doute parsemée d'embûches - car les forces de la tradition, les disparités des niveaux actuels de la consommation, les habitudes des dirigeants économiques, la mode de penser, les fameux indices de PNB, de PTB, la croissance calculée sur les seuls flux en quantité et valeur et non en qualité. Que d'obstacles ! Mais aussi, quelles ambitions nobles.

Aux Mineurs Stéphanois - et aux autres - pour cette exaltante aventure, bonne chance !

Janvier 1974