

<b>Zeitschrift:</b>	Revue économique et sociale : bulletin de la Société d'Etudes Economiques et Sociales
<b>Herausgeber:</b>	Société d'Etudes Economiques et Sociales
<b>Band:</b>	6 (1948)
<b>Heft:</b>	2
<b>Artikel:</b>	Géographie minière et technique
<b>Autor:</b>	Onde, Henri
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-132794">https://doi.org/10.5169/seals-132794</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## **Géographie minière et technique**

par HENRI ONDE

*Professeur à l'Université de Lausanne*

A notre époque d'intensive industrialisation, le problème des réserves minières se pose avec une acuité particulière, et tout ce qui est de nature à les accroître, ou à en prolonger la durée, revêt une signification économique et géographique d'importance. L'augmentation, la sauvegarde des réserves minières dépendent de circonstances variées. Des prospections heureusement conduites aboutissent, plus fréquemment que ne le laisserait supposer la prise de possession déjà ancienne de la terre par l'homme, à des découvertes fructueuses. L'amélioration du rendement des machines thermiques, l'utilisation de sources nouvelles d'énergie permettent d'économiser la houille, et de la considérer toujours plus comme une matière première de valeur. Enfin, les progrès réalisés dans le traitement des métaux, ferreux ou non ferreux, autorisent l'emploi de minerais jusqu'alors regardés comme trop pauvres ou trop impurs. Ces conquêtes de la technique concourent ainsi à mettre à la disposition de l'économie mondiale un stock renforcé de matières premières, et la prospection systématique et scientifique, la métallurgie des minerais de fer phosphoreux, siliceux ou de faible teneur, les méthodes de séparation et d'enrichissement des métaux contenus dans les minerais polymétalliques, aboutissent à un remaniement général de la carte des ressources du globe, à des modifications radicales dans l'équilibre géographique et politique de l'univers.

\* \* \*

La prospection moderne est parvenue à accroître dans une mesure sensible les réserves minérales du globe. Ainsi en Suède. Après avoir figuré dans le courant du XVIII<sup>e</sup> siècle au premier rang des producteurs de cuivre, grâce à sa mine de Falun (200 km. N.-O. de Stockholm), ce pays souffrait, à l'issue de la guerre de 1914-1918, d'une grave pénurie de métal rouge. L'application

des procédés de prospection électrique a permis de reconnaître, entre 1918 et 1924, dans la région nordique de Skelleftea et sous 15 à 20 mètres de sables, un intéressant gisement de mispickel. La mine de Boliden extrait aujourd'hui un mineraï à 2,5 % de cuivre — et malheureusement aussi à 6 % d'arsenic —, contenant 40 grammes d'argent et de 8 à 9 grammes d'or à la tonne. La Suède se classait en 1939 au sixième rang des producteurs européens de mineraï de cuivre (U. R. S. S. non comprise), au premier rang des producteurs européens d'or, bien avant la Roumanie (6291 kg. en 1940).

C'est également l'emploi d'un moyen technique nouveau, l'avion, qui a été l'occasion de la découverte, en 1929-1930, sur les bords du Grand Lac de l'Ours, dans l'extrême nord canadien, du gisement d'uranium probablement le plus productif du globe à l'heure présente. L'usage de l'avion dans la prospection minière pour photographier le terrain et préparer l'établissement de cartes, voire pour dégrossir le relevé géologique, pour amener à pied d'œuvre spécialistes et premier matériel, s'est du reste révélé comme fort efficace au Canada dans ces quinze dernières années. En dehors de l'été arctique si bref, c'est par avion que sont transportés les concentrés de minéraux, par avion également que sont apportés la poste, les vivres, l'outillage léger. Au Canada l'avion a permis de pousser toujours plus loin vers le nord le front pionnier.

En Russie soviétique, des prospections systématiques ont abouti à des résultats surprenants. Une véritable armée de géologues et d'auxiliaires, formés dans des écoles spéciales et relevant d'une direction principale de la prospection géologique, a entrepris depuis vingt ans de dresser le tableau des ressources minérales de l'U. R. S. S. Pour le charbon, la comparaison des statistiques publiées dans les mémoires des Congrès géologiques internationaux de Toronto (1912) et de Moscou (1937) est particulièrement suggestive. Les réserves du bassin du Donetz ou Donbass, le mieux connu, évaluées en 1912 à 56 milliards de tonnes, s'élèveraient en réalité à quelque 90 milliards. Les réserves explorées du bassin de Moscou ont été multipliées par 5, celles des gisements ouraliens par 46. Le bassin de la Petchora mis en valeur récemment, en pleine guerre, grâce à la nouvelle voie ferrée Kotlas-Vorkouta, recélerait quelque 40 milliards de tonnes de réserves. Et que dire des réserves sibériennes. Le Kouzbass

(bassin de Kouznetsk) mis en exploitation dès 1896, mais dont les réserves étaient évaluées en 1912 à 13 milliards de tonnes seulement, en contiendrait plus de 400 milliards jusqu'à 1500 m. de profondeur, soit 27 % des réserves soviétiques, et serait le plus riche bassin du monde. Rien d'étonnant, dès lors, que le Kouzbass soit devenu, du fait des derniers événements militaires, la base industrielle principale de l'Union soviétique. Avec le bassin dit de la Toungouska, « second Kouzbass en puissance », avec le bassin de Karaganda, etc., les réserves charbonnières de l'U. R. S. S. seraient passées de 220 milliards de tonnes, en 1912, à 1654 milliards en 1937, soit huit fois plus, et représenteraient le cinquième des ressources houillères mondiales. Grâce à la Sibérie et au Turkestan, dont les réserves n'étaient estimées en 1912 qu'à 175 milliards de tonnes contre 1300 milliards aujourd'hui, l'Asie russe se voit promue, du moins par ses richesses virtuelles au deuxième rang des continents charbonniers, immédiatement après l'Amérique.

Pour le fer, les résultats des prospections soviétiques n'ont pas été moins décisifs. Alors que les réserves certaines de la Russie d'Europe étaient évaluées à 865 millions de tonnes en 1910, l'Ukraine (Krivoï-Rog et Kertsch), la Russie centrale (Moscou et Koursk), l'Oural totaliseraient, en fait, plus de 7 milliards de tonnes. La steppe de Koursk, célèbre par son anomalie magnétique, recélerait sur le cours supérieur de l'Oskol, et dans la vaste région d'Orel-Smolensk, des quartzites ferrugineux dont les réserves, évaluées non sans exagération peut-être à 200 milliards de tonnes, semblent constituer néanmoins une des richesses latentes du monde.

Grâce à l'Oural, la Russie avait ravi à la Suède, vers 1700, le premier rang pour l'extraction du cuivre. Aux gisements ouraliens, toujours actifs, la prospection a ajouté depuis vingt ans deux grandes réserves cuprifères. En 1928, le gisement de Koonrad a été découvert au nord du lac Balkach, et, quelques années plus tard, celui de Karzak-Paï en Djézkazgan le long du 45<sup>e</sup> parallèle et au nord du Syr Daria. Avec 17 millions de tonnes de réserves, l'U. R. S. S. posséderait de la sorte plus de 14 % du cuivre mondial. Quant à l'or, on sait que l'U.R. S. S. en détient des gîtes notables, et les progrès de l'extraction depuis 1929 en sont la preuve évidente. A cette date, l'Union soviétique produisait 25 tonnes de métal jaune, 200 tonnes en 1936. Comme à partir de 1936 les

statistiques sont devenues muettes ou en est réduit, actuellement, aux conjectures. Cependant, la Banque des Règlements internationaux (*17<sup>e</sup> Rapport annuel, 1946-1947*) se fondant sur l'estimation du Bureau américain de statistique des métaux, évalue la production aurifère russe à quelque 125 tonnes annuelles depuis 1940. Pour une production, partout en baisse, cela classerait, en 1945, la Russie au deuxième rang des pays aurifères. L'U. R. S. S. a repris ses exportations d'or, notamment vers les Etats-Unis, et l'on ne peut rejeter à priori une information récente de la presse suédoise décrivant l'extraordinaire développement de la région aurifère sibérienne sise au sud de la rivière Kolyma, ainsi que l'essor de la ville de Magadan, construite en 1933 sur la mer d'Okhotsk, et qui serait forte aujourd'hui de 70.000 habitants.

Notre globe est loin d'avoir livré toutes ses richesses. Des gisements sont découverts, d'autres sont mis en exploitation, et chaque année qui passe amène de nouveaux changements. En 1945, le Canada a commencé à tirer parti d'un gisement de cuivre-or-argent au voisinage des mines de Noranda, dans le Nord-Ouest du Québec. Des champs aurifères, reconnus depuis quelques années déjà dans l'Etat d'Orange, en Afrique australe, doivent être en mesure de produire en 1950. Des prospections ont démontré, en 1944-1945, la richesse des minerais de fer de la presqu'île de Kola et de la Carélie. Partout, donc, s'ouvrent de nouvelles perspectives minières, et des surprises sont encore possibles. En 1929 on n'avait de connaissances certaines sur les gisements de fer que pour 14 % de la surface du globe dont le tiers était totalement inexploré. Rien que dans le cadre de l'U. R. S. S. il reste 30 % du territoire à prospecter de façon méthodique, et bien des gisements reconnus, par exemple ceux d'étain dans les montagnes de l'Asie centrale et de la Sibérie orientale, n'ont pas encore été estimés. Que dire des pays polaires ou sub-polaires ? Une carte des secteurs de l'Alaska où la géologie n'est pas connue montre que la prospection est loin d'avoir dit son dernier mot dans une région particulièrement minéralisée. Quant à la zone antarctique, elle ne semble pas devoir tarder bien longtemps à figurer sur une carte des ressources minières du globe, si l'on en juge par la curiosité scientifique qu'elle éveille aujourd'hui.

\* \* \*

Les prospecteurs dressent l'inventaire des réserves minérales du monde. Mais une fois ces réserves identifiées, leur teneur, leur tonnage évalués, reste à les faire durer. Cela dépend des méthodes extractives, du degré de perfection auquel atteint la récupération du métal ou du charbon contenu dans le gîte. Tirer parti le mieux possible de réserves minières revient en définitive à accroître ces dernières, et, à cet égard, d'incontestables progrès ont été réalisés, tant dans l'industrie houillère que dans la métallurgie.

On relève de profondes différences entre l'extraction pratiquée dans le bassin houiller Ouest-appalachien, aux Etats-Unis, et dans les bassins européens. Là, des méthodes expéditives se soldent par un gaspillage souvent signalé, on se borne à attaquer les couches principales et l'on ne remblaie pas ; ici, au contraire, le contenu de chaque veine est soigneusement vidé et remplacé par des stériles de remplissage. Toutefois, dans le Nouveau comme dans l'Ancien Monde, l'amélioration du rendement des machines thermiques, l'appel à de nouvelles sources d'énergie se sont traduits par un ralentissement du rythme de l'extraction charbonnière qui n'a plus suivi l'équipement industriel. Ainsi, les inquiétudes suscitées par un épuisement prématûr des réserves d'« or noir » ont perdu quelque peu de leur actualité. Alors qu'en 1913 la houille et le lignite fournissaient 74 % de l'énergie consommée dans le monde, toutes les autres énergies étant ramenées à des équivalents thermiques du charbon, en 1935 leur part n'était plus que de 60 %.

Outre l'évincement bien connu du charbon par le mazout, le gaz, le courant électrique, le perfectionnement des machines à vapeur a beaucoup contribué à freiner l'épuisement des réserves houillères. En Grande-Bretagne, de 1928 à 1934, la consommation a encore baissé de 2,28 à 2,18 tonnes de charbon par 100 locomotives-mille, d'où un gain de rendement de 4,4 %. Aux Etats-Unis, alors que l'indice de production des centrales électriques thermiques s'élevait de 100, en 1925, à 172 en 1936, la consommation correspondante de charbon ne passait que de 100 à 104, et encore ne tient-on pas compte ici de l'économie résultant de la substitution du courant d'origine thermique ainsi produit au combustible minéral. Sans doute, si le charbon a perdu du terrain comme source d'énergie, il a fait des conquêtes dans le secteur des industries de distillation de la houille et des industries

chimiques. En 1938, le cinquième du charbon extrait dans le monde était utilisé comme matière première dans la métallurgie et les usines à gaz. En Allemagne, où l'évolution était le plus marquée, où le cinquième de l'énergie issue du charbon n'en provenait qu'indirectement sous forme d'électricité d'origine thermique et de gaz, le quart de la houille et du lignite était converti en matière première, et cela antérieurement à l'essor de l'industrie des carburants de remplacement. Pourtant la demande de charbon ne s'est pas intensifiée dans les proportions qu'on aurait pu imaginer. L'amélioration du rendement des usines à gaz, l'économie de coke dans les hauts fourneaux, etc. ont eu pour effet de libérer un certain tonnage de charbon. L'extraction a ainsi connu une stagnation marquée après la première guerre mondiale. Le chiffre de production de 1913 pour la houille seule n'a été dépassé qu'en 1929 (1333 millions de t. contre 1215 millions), et le rythme moyen annuel d'accroissement de la production totale de houille et de lignite, entre 1929 et 1940, a été 25 fois plus lent qu'entre 1900 et 1913.

\* \* \*

La technique prolonge l'existence des gisements. Elle encourage, en outre, l'exploitation de minerais jusqu'alors dédaignés et libère ainsi brusquement de puissants tonnages de matières premières.

Pour qu'un minéral soit utilisable il convient que sa teneur en métal atteigne une valeur suffisante et que certaines impuretés ne viennent pas gêner les traitements métallurgiques. Toutefois, la pauvreté comme l'impureté d'un minéral sont des caractéristiques éminemment variables et relatives, suivant l'état de la technique. Une roche, un dépôt ne méritent sans doute le nom de minéral que si leur teneur justifie une extraction. Mais un pays de structure autarcique, ou entraîné dans un effort de guerre, entreprendra une exploitation qu'on eût considérée comme désastreuse en régime libéral ou en temps de paix. Ainsi peuvent grossir les réserves minérales de l'univers et surgir des paysages industriels nouveaux.

Dès avant la deuxième guerre mondiale les Allemands ont tenté de produire l'aluminium non à partir des bauxites mais des argiles ordinaires ; en 1938 les usines de Lauta s'étaient orientées dans

cette voie. Plus intéressante que ces essais coûteux et sans grand avenir, en raison de l'abondance relative des minerais d'aluminium, a été l'utilisation systématique, en Allemagne toujours, de minerais de fer très pauvres, d'une teneur inférieure à celle de 30 ou 27 % jusqu'alors admise comme limite extrême. Or il a été exploité, dans le gisement d'Amberg, en Bavière, des oolithes du Dogger à moins de 20 % de fer, non sans leur avoir fait subir au préalable des opérations de débourbage et de concentration que seule justifiait la disette de minerai. La tendance à l'emploi de minerais pauvres est pourtant assez générale. La Grande-Bretagne traite couramment des oolithes ferrugineuses dans le Jurassique du Northampton et du bassin de Frodingham à 28-30 % de fer, l'extraction à ciel ouvert compensant l'inconvénient de la pauvreté ; c'est même le constructeur de l'usine de Corby, équipée spécialement pour le traitement de tels minerais, qui avait été chargé de mettre sur pied les usines sidérurgiques du Reich sur le gisement de Salzgitter, au S.-O. de Brunswick (Walter Pahl, *La Lutte mondiale pour les Matières premières*, Payot, Paris, p. 103). Dans le traitement des métaux non ferreux une technique améliorée a permis également, ainsi qu'on le verra, d'exploiter des minerais d'une teneur extrêmement faible, et l'on devine quel bouleversement subirait la carte minière du monde si l'or contenu dans l'eau de mer, à raison de 0,3 mg. par tonne, était un jour extrait !

De même que des minerais, naguère réputés trop pauvres, sont aujourd'hui devenus des matières premières industrielles, d'autres minerais, d'abord négligés à cause de leurs impuretés, dominent désormais la vie économique mondiale. Un minerai de fer ne doit pas contenir plus de 0,25 à 1 % de soufre, 0,03 % d'arsenic, plus de 10 % de silice, celle-ci diminuant la fusibilité. Enfin, lorsque le rapport de la teneur en phosphore à la teneur en fer est supérieur à 0,075 %, le minerai, classé comme phosphoreux, doit subir un traitement approprié, une véritable médication destinée à éliminer l'impureté indésirable. Faute de ce traitement sidérurgique, d'immenses gisements de fer sont restés pratiquement inutilisés ou tout au moins improches à la fabrication de l'acier jusqu'en 1890. L'élimination du phosphore comme impureté du minerai de fer doit donc être regardée comme une des grandes révolutions économiques de notre temps.

En 1855, la découverte du procédé Bessemer avait ouvert de vastes perspectives à l'industrie sidérurgique. Il devenait désormais possible de produire, d'un seul coup et en une fois, de grosses quantités d'acier en partant directement de la fonte, sans passer par le fer. Guy de Maupassant a décrit avec lyrisme les cornues Bessemer du Creusot « grosses comme des tours, ventrues, rugissantes », « volcans furieux... crachant un ouragan de flammes ». Mais le procédé Bessemer, comme le procédé Martin de fabrication de l'acier sur sole, utilisé dix ans plus tard, exigent des fontes siliceuses, un peu manganésifères, et surtout aussi peu phosphoreuses que possible. Aussi, tandis que les fontes prussiennes ou anglaises provenant de minerais non phosphoreux, indigènes ou espagnols, valaient à ces deux pays une forte avance dans la fabrication de l'acier, la France et la Suède ne réussissaient à tirer qu'un médiocre profit de leurs minerais phosphoreux de Lorraine, du Bergslag (N.-O. de Stockholm) et de Laponie. Or, voici que les Anglais Thomas et Gilchrist découvrent, en 1877 et 1879, un revêtement dolomitique non attaquable par la chaux ajoutée comme agent de déphosphoration dans la cornue Bessemer. Fonte et mineraï phosphoreux deviennent utilisables et le champ qui leur est offert s'élargit encore avec la mise au point, à la même époque, du four Martin à sole basique. Bien plus, ce phosphore indésirable dégage, en brûlant dans la cornue Thomas, une partie des calories nécessaires à la conversion de la fonte liquide en acier. Voilà pourquoi une fonte phosphoreuse est moins coûteuse à transformer en acier qu'une fonte moyennement phosphoreuse, qu'on ne peut traiter qu'au four Martin basique, lequel reçoit sa chaleur d'une source extérieure.

La « minette » lorraine, bas mineraï comparé au « fer fort », pur et à haute teneur, est devenue la matière première par excellence de l'acier européen. Du même coup, les bassins lorains, ceux du Luxembourg, ont pris une valeur immense au point de vue économique comme au point de vue stratégique, privilège enviable et redoutable tout à la fois. La découverte du procédé Thomas n'a du reste pas eu seulement pour résultat de classer la Lorraine ou le Luxembourg parmi les grandes régions sidérurgiques : elle a fait de la France et de la Suède les premiers exportateurs mondiaux de mineraï de fer. Parmi les courants internationaux de minerais de fer, on en discernait en 1937 deux

essentiels, dans l'ouest et le nord-ouest de l'Europe, l'un continental, l'autre maritime. Or, chacun d'eux s'ammorçait à un gisement de minerai phosphoreux valorisé par le procédé Thomas.

La France est le seul pays susceptible d'alimenter le marché international en minerai de fer par la voie continentale. La Russie réserve son extraction à ses « combinats » sidérurgiques. La Lorraine a exporté en 1936 plus de 18 millions de tonnes de minerai, dont 10 vers l'union belgo-luxembourgeoise et près de 8 vers l'Allemagne. En 1937, l'exportation française a dépassé 19 millions de tonnes, sur une extraction totale de 33 millions, et il a fallu la tension internationale de 1938 pour la faire redescendre au-dessous de 16 millions de tonnes. La Lorraine, qui tirait de son sol moins d'un million de tonnes de minerai en 1875, en produisait 3 millions en 1895, 6 en 1905, 20 en 1913, et la partie annexée par l'Allemagne en 1871 connaissait un développement parallèle. Aussi l'application du procédé Thomas a-t-elle eu des effets analogues à ceux résultant de la découverte d'un placer d'or. Elle a déterminé un véritable « rush », avec toutes ses conséquences financières, industrielles et démographiques. De puissants fronts sidérurgiques se sont édifiés le long des frontières franco-belgo-luxembourgeoises, et des transports ferroviaires d'un tonnage impressionnant ont achevé d'animer cette nouvelle région économique d'un fiévreux dynamisme.

La valorisation des minerais phosphoreux suédois n'a pas eu de conséquences moins saisissantes. A vrai dire la Suède n'a pas connu de congestion sidérurgique. Elle se contentait, vers 1938, d'une production annuelle de moins d'un million de tonnes d'acier laminé de haute qualité, et ce n'est que durant la dernière guerre qu'un établissement d'Etat est né à Luleô, à l'un des terminus scandinaves de la route des minerais lapons. Mais, grâce précisément à ces minerais, la Suède a pu jeter des tonnages, rapidement croissants, dans le courant maritime de matières premières ferreuses alimentant la Grande-Bretagne et l'Allemagne à partir de la Scandinavie d'un côté, de l'Afrique du Nord et de l'Espagne, de l'autre. Alors que la Biscaye et Bilbao ont vu leur exportation tomber de près de 9 millions de tonnes vers 1914, à moins de 2 millions en 1935, la Suède, elle, a vu passer ses expéditions de moins de 1 million de tonnes, en 1890, à près de 14 millions en 1937. Ce mouvement inverse des courbes commerciales de l'Espagne

et de la Suède traduit, dans une large mesure, les changements survenus dans la technique sidérurgique. Sans doute le minerai de Bilbao a tendance à s'épuiser, et les hauts fourneaux équipés dans la région sont devenus ses premiers clients. Mais surtout le minerai espagnol, matière première de choix pour les cornues Bessemer, a perdu de son intérêt depuis la mise en marche des cornues Thomas et des fours Martin à sole basique. La Suède exporte à plein ses minerais phosphoreux, ceux du Bergslag (Grängesberg, Kopparberg) et ceux de Laponie. Les deux tiers des exportations suédoises proviennent des gisements lapons de Gellivare et Kiruna, de parages inhospitaliers situés au delà du cercle polaire. Là, en pleine nuit boréale, et par des froids de — 30°, dans le fracas des explosifs et sous la lumière crue des projecteurs, jamais l'extraction ne cesse. Avec ses 18.000 âmes, Kiruna est devenue une ville dont le territoire administratif s'étend sur une superficie égale au tiers de la Suisse. Des trains électriques transportent les minerais vers Narvik, sur la mer de Norvège, ou vers Luleô, sur le golfe de Botnie. La Suède était devenue en 1938 le premier marché mondial des minerais de fer, non par le tonnage brut exporté — en 1937, la France a exporté 5 bons millions de tonnes de plus qu'elle — mais par le tonnage de métal contenu dans un minerai deux fois plus riche que la « minette » lorraine.

Dans la technique sidérurgique moderne le phosphore n'est plus une gêne, mais un auxiliaire. Par contre, la silice, favorable à la fabrication des aciers de qualité au four Martin acide, devient nuisible au-dessus d'une certaine teneur. Cependant, dans ce cas encore, la technique est parvenue à s'accommoder de minerais jusque-là négligés. Le gisement de Salzgitter, près de Brunswick, a donné lieu à une active exploitation grâce à un procédé de fusion, dit « acide », par lequel on renonce, dans une large mesure, aux additions neutralisantes de calcaire pour éviter l'encombrement des hauts fourneaux par les scories, et l'on procède à une désulfuration de la fonte crue. En définitive il semble qu'il n'y ait pas d'impureté minérale dont la technique ne réussisse à venir à bout, et tel gisement, d'abord sans valeur économique, se voit subitement incorporé dans le lot des réserves mobilisables dès l'apparition d'un procédé nouveau de traitement.

\* \* \*

Du fait des perfectionnements survenus dans la technique extractive et la technique métallurgique, la géographie des minéraux non ferreux a subi des modifications non moins profondes que celles résultant de l'amplification des prospections et de l'utilisation des minéraux pauvres et impurs.

Un exemple universellement connu illustre cette évolution : celui du Rand, au Transvaal. Le Rand est un type exceptionnel de gîtes aurifères, ni placer (gisement d'origine alluviale), ni filon, une masse de conglomérats stratifiés, ployés en cuvette, dont le ciment renferme de l'or. Par sa dureté, le « reef » aurifère impose une extraction qui s'apparente à l'exploitation filonienne. Par sa faible teneur (moyenne de 10 g. d'or à la tonne) il se situe entre les placers (0,20 g. à 1 g. par mètre cube d'alluvions) et les filons, renfermant souvent plus de 10 g. à la tonne. En outre, à la différence des gîtes filoniers, le reef doit être exploité en superficie comme en profondeur d'où des concessions étendues, donc coûteuses, et des travaux miniers grandioses. Le Rand présente ainsi les inconvénients des filons, puisque le minéral doit subir un broyage, et ceux des placers, puisque sa teneur est relativement faible. Enfin, l'or du Rand est de l'or chimique ou invisible, c'est-à-dire qu'il est associé à des sulfures qui en font de l'or « rouillé », non directement amalgamable par le mercure. Aussi, peu après sa découverte en 1884 et sa mise en exploitation en 1886, le Rand n'a pas tardé à faire des victimes parmi les prospecteurs dont les concessions étaient trop exiguës, les moyens limités. La crise de 1890 n'a pu être surmontée que grâce à une découverte technique, la cyanuration ou dissolution de l'or par le cyanure de potassium. Là où il était difficile de récupérer plus de 70 % de l'or du minéral le taux d'extraction a pu être poussé jusqu'à 98 %, grâce à la cyanuration et au flottage qui lui est aujourd'hui associé.

Sans la cyanuration, il serait actuellement impossible d'exploiter les plus grandes mines d'or du monde, l'Afrique australe ne se classerait pas au tout premier rang des pays aurifères. Mais il y a plus. Lorsque l'on examine une courbe de la production mondiale de l'or, on constate que depuis 1890 le tonnage de métal jaune n'a cessé de croître rapidement, excepté durant la guerre du Transvaal et au cours des deux guerres mondiales, après 1915 et 1940, parce que les belligérants ont dû alors satisfaire aux besoins des industries d'armement et négliger l'or. La production actuelle, malgré

son fléchissement, reste néanmoins bien supérieure à ce qu'elle était pendant la première décennie du XX<sup>e</sup> siècle, avec plus de 800 tonnes contre moins de 600 (maximum de 1940 : 1275 tonnes), et c'est là un phénomène absolument exceptionnel. Depuis 1848 et la découverte de l'or californien, partout la courbe d'extraction a obéi au même rythme, enregistrant d'abord une brusque poussée, puis une dépression plus ou moins accentuée. La Californie a atteint ainsi son maximum en 1853, l'Australie du S.-E. à la même date et en 1856, l'Australie occidentale vers 1903. Le Colorado, l'Alaska, etc., ont connu également une éphémère période d'intense production. Au contraire, à partir du moment où le Rand relaie les autres gîtes aurifères du monde, sa productivité ne s'est jamais démentie en dépit de la pauvreté relative du minerai, des difficultés de son extraction et de son traitement. A l'inverse des placers localement enrichis par concentration naturelle et qu'un écrémage brutal transforme, pour quelques mois, en pactoles, à l'inverse des filons où la loi de l'appauvrissement en profondeur se vérifie trop fréquemment, le Rand présente des teneurs assez constantes. Dès lors, son rendement n'est conditionné que par le tonnage de conglomérats broyés, les disponibilités en main-d'œuvre et l'élévation des frais généraux. La cyanuration, simple procédé de métallurgie par voie humide, ne s'est donc pas contentée de faire surgir, sur le haut Veld, Johannesburg, une des grandes villes du monde, forte d'un demi-million d'habitants, un organisme industriel gigantesque employant quelque 300.000 Noirs et 40.000 Blancs ; elle a encore imprimé à la courbe de la production aurifère une allure totalement nouvelle.

Ce que la cyanuration est à l'or, le flottage l'est, depuis moins de vingt ans, au plomb, au zinc, au cuivre, et d'une manière générale aux sulfures polymétalliques. Cette application technique a réellement accru les réserves mondiales de métaux usuels en valorisant soit des minerais médiocres, soit même de vulgaires déblais miniers.

Le flottage débute en 1911 aux Etats-Unis mais ne prend toute son ampleur que vers 1924. L'opération précède la métallurgie proprement dite et a pour but de récupérer, successivement et sous forme de concentrés, les constituants sulfurés des minerais complexes. Le flottage repose sur le jeu de phénomènes touchant à la capillarité, à l'état colloïdal de la matière, aux émulsions, etc.,

et il met en œuvre des poudres enrobées d'huiles ou de certains produits chimiques, de bulles d'air injectées dans le bain. Les minerais à base de sulfures cessent alors d'être mouillables à l'inverse de leurs gangues, qui tombent au fond de l'appareil de traitement, et par le jeu des produits choisis il devient possible de procéder à une séparation sélective des métaux. Le mineraï, finement broyé et en suspension dans l'eau, est agité violemment avec le réactif approprié. La mousse produite retient à la surface du bain tel ou tel sulfure métallique et, une fois décantée, libère un concentré. Le procédé est si avantageux qu'il n'existe pas aux Etats-Unis d'usine de concentration de minerais sulfurés sans installation de flottage, ne serait-ce que pour récupérer les « fines » de broyage jetées jusque-là aux déblais. La portée économique du nouveau procédé est donc immense.

Dans les minerais mixte de plomb et de zinc, la présence de ce dernier métal sous une teneur trop forte entraîne des pertes et provoque des incidents de fonderie : aussi est-elle pénalisée, d'où réduction du prix de vente du mineraï. Avec le flottage il devient désormais possible d'éliminer le zinc avant l'extraction du plomb et de traiter des minerais pauvres. La galène est des plus faciles à récupérer par flottage. A Butte (Montana) on travaille ainsi un mineraï renfermant 11 % de zinc et 1,3 % de plomb seulement, et l'on obtient un concentré de plomb à 54 % ; on récupère 70 % du plomb contenu. Depuis la mise en service du flottage l'exploitation de minerais complexes plomb-zinc auxquels on n'aurait pas songé précédemment est devenue courante : les réserves mondiales de ces deux métaux s'en trouvent grossies d'autant. Bien plus, autour de Joplin (district de Tri-State), à la limite des trois Etats de Missouri, Kansas et Oklahoma, on s'est mis à traiter des montagnes de stériles provenant du lavage de minerais complexes destinés à la métallurgie du zinc. En 1927, une trentaine d'ateliers fournissaient 1200 tonnes de concentrés de plomb par semaine sur les 17.000 tonnes du district entier. A Broken-Hill, en Australie, c'est le zinc qui est récupéré par cette méthode. Le flottage aboutit ainsi à reclasser des stériles parmi les minerais, donc à enrichir les réserves mondiales, et c'est un chapitre nouveau ajouté à une histoire déjà illustrée par l'orpailage chinois dans les « tailings » californiens, par le traitement des résidus de la pech-blende argentifère de Joachimsthal, en Bohême, pour en extraire

le radium, et des résidus de la métallurgie du radium pour en isoler les isotopes 235 et 238 de l'uranium.

La blende, ou sulfure de zinc, se prête aisément à la concentration et à la sélection par flottage. Aussi, dans les Etats américains occidentaux, dans le Colorado, le Montana, l'Idaho et l'Utah, la récupération du zinc est passée rapidement depuis 1921 de 2-11 % à 86 % de la quantité du métal contenu dans le mineraï. Dès la guerre de 1914-1918 les Etats-Unis avaient réussi à doubler, grâce au flottage, leur production de mineraï de zinc. Ceci, joint au fait que les Etats-Unis ont mis au point, en 1915, un traitement électrolytique du zinc explique, à la fois, la vogue en ce pays d'un métal associé à l'aluminium sous forme d'alliages d'étirage, de laminage, de décolletage, etc., et la localisation d'une grosse métallurgie du zinc dans les Etats de l'Ouest, riches en concentrés de flottage et en courant.

Dans la métallurgie du cuivre le flottage a également sa place pour séparer la pyrite du mineraï et tirer parti de ce dernier quand il est pauvre. Le flottage permet d'extraire jusqu'à 96 % du cuivre contenu dans des minérais d'une teneur inférieure à 1 %. La Compagnie d'Anaconda (Montana) a pu obtenir, grâce au flottage un supplément annuel de fabrication de l'ordre de 50.000 tonnes, et, d'une manière générale, le procédé a permis aux Etats-Unis de traiter des minérais pauvres et de lutter contre l'épuisement de leurs gîtes. A l'usine de Panda (Katanga), on traite par flottage les résidus fins de la concentration mécanique des minérais broyés, exactement comme dans le Rand où le flottage, on l'a noté, a sensiblement renforcé le rendement des mines d'or. Si l'on ajoute que le flottage a sa place dans la métallurgie du nickel, qu'on fera probablement appel à lui pour concentrer certains minérais ferreux très pauvres, on voit que le procédé a réellement la portée d'une révolution technique et qu'il a largement contribué à modifier les données du problème des réserves minières.

On ne peut clore ce développement sans rappeler que les usines d'électrolyse du zinc ou du cuivre collaborent à la production d'autres métaux, à celle des métaux précieux en particulier. Les boues, tombées au fond des bacs électrolytiques, fournissent du plomb, du cuivre, de l'argent, etc., qu'on eût été bien en peine de récupérer avant d'aborder le traitement des minérais pauvres et complexes. L'usine canadienne du Trail, en Colombie, née en

1904 pour affiner le plomb, équipée en 1916 en vue du traitement électrolytique du zinc et de l'affinage du cuivre, traite avec Kimberley 2 millions de tonnes de minerai par an d'où s'extraient, outre les métaux usuels ou bas métaux, de l'or et de l'argent. Sans leur production d'or, certaines grandes mines canadiennes, la Noranda, la Flin-Flon, la Britannia, eussent peut-être dû fermer leurs portes par suite de la chute des prix des bas métaux. La production d'or à partir des boues recueillies dans les bacs électrolytiques et de la cyanuration des « tailings » est si peu négligeable que le Japon a pu décider en 1943 de suspendre son extraction de métal jaune, à l'exception des quantités issues, comme sous-produit, de l'industrie des autres métaux nécessaires à son effort de guerre. Une pareille mesure, parce qu'elle n'a pas tarî radicalement l'extraction japonaise, prouve tout simplement qu'une fraction importante de la production métallurgique provient aujourd'hui de sources auxquelles on n'aurait su puiser il y a un quart de siècle.

Les progrès de la technique, si dommageables lorsqu'ils servent à forger de nouvelles armes, ont également pour effet de permettre d'économiser les ressources naturelles du globe, et ceci rachète cela. Dans l'extraction des combustibles solides, dans la production des métaux, ferreux et non ferreux, on peut dire que les pertes, le gaspillage sont toujours mieux évités. La technique s'efforce d'aboutir à une récupération intégrale des substances utiles pour une consommation, progressivement réduite, d'énergie et de matières premières. Par son souci de transformer ce qui n'était qu'un « caillou supérieur » en un minerai exploitable, l'homme est parvenu à accroître les réserves métalliques du globe au moment même où la prospection se faisait plus universelle et plus précise. Ainsi, la carte minière du monde, celle de ses industries extractives et de ses usines, la hiérarchie des nations dans l'ordre économique, sont soumises à de perpétuels remaniements qui résultent et des trouvailles des géologues et des inventions des techniciens. Ceci impose à la géographie une vigilance toujours en éveil, une curiosité sans cesse élargie. Pour elle, en effet, il ne s'agit plus seulement de dresser un inventaire bien à jour des ressources naturelles du globe, il lui faut encore se risquer dans le champ immense des applications industrielles qui contribuent, à tant d'égards, à expliquer l'évolution économique du monde et celle de ses paysages humains.

Henri ONDE.