

La chimie et la vie

Les bactéries au service de la conservation de l'énergie *

par John Newell

La pénurie de combustibles fossiles perturbe depuis peu l'aspect économique de l'extraction des métaux et a encouragé les entreprises minières à réexaminer des procédés peu employés qui pourraient se révéler plus rentables du point de vue énergétique. C'est ainsi que le traitement de minerais métalliques par des bactéries qui oxydent naturellement les sulfures a suscité un nouvel intérêt.

Le premier stade d'extraction du métal de minerais sulfurés consiste en général à les griller, ce qui oxyde les sulfures pour les transformer en sulfates, ces derniers pouvant habituellement être dissous pour permettre leur extraction ultérieure par électrolyse. L'emploi de bactéries au cours de ce premier stade pour oxyder naturellement les sulfures nécessite très peu d'énergie venant de sources extérieures et évite la pollution de l'eau et de l'air; les frais d'établissement et d'exploitation de l'installation nécessaire sont donc peu élevés. De petites entreprises minières deviennent alors aussi rentables que de plus importantes. Mais la lenteur avec laquelle les bactéries oxydent les minerais pose un gros problème qui a jusqu'ici limité l'emploi du procédé aux minerais à faible teneur et à ceux qu'il n'est pas possible de traiter par grillage. Les essais indiquent cependant qu'il y a de grandes possibilités dans ce domaine.

On a constaté que les microbes, notamment *Thiobacillus oxidans*, améliorent beaucoup la cadence à laquelle on peut placer les métaux dans la solution après oxydation. En outre, les liquides produits peuvent être facilement traités sur place. On dispose de nombreux types de bactéries, qui en fait entrent déjà en jeu indirectement et par mégarde dans le traitement d'autres types de minerais de faible teneur et au cours d'épurations effectuées dans les mines souterraines. Cette méthode n'implique l'emploi d'aucun acide fort; le traitement des effluents s'en trouve donc facilité et ne pose plus un problème de pollution aussi aigu.

* De *Spectrum*. n° 133.

Une évolution forcée

Les derniers progrès réalisés dans le domaine de la microbiologie peuvent aussi présenter des possibilités d'application pour le traitement des minerais. Pour accélérer la multiplication de souches sélectionnées, on pourrait utiliser les méthodes industrielles de culture de micro-organismes dans de gigantesques fermenteurs, mis au point à l'origine pour la production des antibiotiques. Pour obtenir une meilleure oxydation des sulfures, on pourrait appliquer maintenant les techniques actuelles de sélection des souches de bactéries les plus efficaces du point de vue du métabolisme par « évolution forcée » dans des environnements très rigoureusement contrôlés. Enfin les manipulations génétiques pourraient aussi jouer un rôle pour améliorer encore le procédé, en augmentant le pouvoir oxydant des bactéries.

On connaît déjà plusieurs espèces de bactéries présentes dans le sol qui oxydent naturellement les sulfures de métaux, tels que le cuivre, le nickel, l'uranium, le plomb et le zinc. En vérité les réactions produites par de telles bactéries et le fait que les sulfates ainsi obtenus s'ionisent facilement en solution, ont contribué pour une grande part à l'histoire géologique de la Terre. De telles bactéries, déjà utilisées pour le traitement de minerais à faible teneur aux États-Unis et au Canada, travaillant à une température d'environ 30 °C, ce qui leur permet d'utiliser très peu d'énergie. Mais l'inconvénient est la lenteur avec laquelle elles travaillent.

Bactéries travaillant à hautes températures

M. Norman Le Roux, chef de la Section du traitement des métaux par les microbes du Laboratoire National de Warren Spring, à Stevenage, a eu la brillante idée de voir s'il était possible de trouver des bactéries similaires pouvant faire le même travail à des températures plus élevées et par conséquent plus rapidement, parce que la plupart des réactions qui ont lieu au sein des organismes vivants interviennent plus vite à chaud.

M. Le Roux s'est mis en rapport avec un chercheur londonien en médecine, M. Tony Williams, qui organisait une expédition scientifique en Islande en 1974. M. Williams avait l'intention de recueillir

des bactéries dans les sources d'eaux chaudes de cette région volcanique. Il voulait étudier comment les bactéries, qui vivent dans ces sources d'eaux chaudes à des températures de 50 à 60 °C, arrivent à protéger les protéines de leurs cellules d'une dénaturation fatale. M. Le Roux s'intéressait évidemment à une tout autre question. Il voulait savoir si des souches de bactéries, telles que *Thiobacillus oxidans* existaient dans les sources d'eaux chaudes et si, dans ce cas, elles se métabolisaient et oxydaient plus rapidement que les autres. Il demanda donc à M. Williams de lui faire parvenir des échantillons d'eau et de boue de sources se trouvant dans des régions où il y avait des minerais sulfurés.

Lorsque les échantillons arrivèrent à Warren Spring, M. Le Roux y fit une ample moisson de bactéries. Neuf sur dix des échantillons contenaient des bactéries oxydant les sulfures trois à quatre fois plus rapidement que les bactéries mésophiles (celles qui agissent à une température d'environ 30 °C). Les bactéries capables de se développer à haute température, ou bactéries thermophiles, contenaient des souches pouvant oxyder des sulfures de nickel (ce qui annonce des résultats prometteurs), d'uranium (résultats assez intéressants), de zinc (résultats possibles) et de cuivre (résultats à longue échéance).

Évolution contrôlée

C'était là certainement un bon début. Et il convient de se rappeler que des expéditions futures permettront de récolter davantage de souches, peut-être plus effi-

caces, et qu'une évolution contrôlée (sélection et amélioration des bactéries en les cultivant dans des conditions soigneusement contrôlées) améliorera les souches existantes. De l'avis de brillants généticiens britanniques, les manipulations génétiques pourraient aussi permettre de parvenir au même résultat, toutefois il reste encore beaucoup à faire pour mettre au point les techniques nécessaires avant que cela ne devienne une réalité.

Nous pouvons cependant nous demander si du point de vue énergétique l'emploi de bactéries thermophiles ne va pas à l'encontre des objectifs recherchés. Il faut très certainement consommer une énergie coûteuse pour les chauffer, ainsi que le minerai traité, jusqu'à leur température de développement. Mais en fait comme la réaction d'oxydation est exothermique, une fois amorcée, elle fournit une grande partie de la chaleur requise. Il faut évidemment une isolation efficace, mais d'autre part l'espace occupé par le réservoir requis est réduit de quelque 65 à 75 % par rapport au traitement par bactéries mésophiles, car le processus est beaucoup plus rapide.

Minerais à faible teneur

L'épuisement rapide de gisements riches et accessibles de certains métaux oblige les entreprises minières à se tourner de plus en plus vers les tas de déchets et les rebuts, dont on considérait précédemment que la qualité était trop pauvre pour qu'on puisse en tirer parti. Au cours d'une opération d'extraction en continu, on peut faire couler directement sur les tas de déchets des solutions contenant des bactéries oxydantes,

avec peut-être aussi des réactifs chimiques. La roche est un excellent isolant thermique et au cours d'une telle opération, la température s'élèverait très rapidement à la valeur requise. En fait il est presque certain que, par un processus de chauffage naturel, les bactéries thermophiles jouent déjà un rôle jusqu'ici ignoré dans de tels processus.

Le stade suivant consisterait à rechercher d'autres souches de bactéries thermophiles oxydantes. Entre temps, M. Le Roux et ses collaborateurs effectuent une étude de rentabilité de tout le procédé d'utilisation de telles bactéries pour l'extraction de différents métaux. C'est le genre de travaux pour lesquels le Laboratoire de Warren Spring possède une vaste expérience. Il est trop tôt pour prévoir les résultats de cette étude, qui devrait être terminée dans quelques mois, mais M. Le Roux a cependant déjà fait savoir que les premières indications sont prometteuses. La pénurie croissante de combustible, les coûts de plus en plus élevés de l'énergie et la prise de conscience toujours plus aiguë de la pollution de l'eau et de l'air autour des mines et des installations de traitement des métaux sont tous des facteurs qui ne peuvent qu'encourager la mise en œuvre de ce procédé. De même la rareté des dépôts de minerais à haute teneur allant en s'accroissant, oblige à tirer parti de plus en plus des déchets et des minerais à faible teneur. Le traitement des minerais par des bactéries ne fera sans doute que prendre de l'importance au cours des années et les très grands progrès réalisés en microbiologie encourageront sa mise en œuvre, tout autant que les facteurs économiques.