

Ecotoxicité des terres rares

Fiche info

Les « terres rares » sont un groupe de métaux qui comprend le scandium, l'yttrium et les 15 lanthanides¹. Ces éléments n'ont en fait de rare que le nom - qui se réfère à la rareté des minéraux à partir desquels ils étaient extraits à l'origine - puisqu'ils sont présents à des concentrations plus élevées que l'argent ou le mercure dans la croûte terrestre. En revanche, ils sont très inégalement répartis à la surface du globe, seuls quelques gisements au monde méritant, économiquement parlant, d'être exploités. Même si la plupart des gens n'ont jamais entendu parler des terres rares, certaines d'entre elles, utilisées pour la fabrication des appareils électroniques, sont devenues indispensables à notre mode de vie contemporain.

Les métaux des terres rares ont été rassemblés en un seul groupe en raison de leurs propriétés chimiques très voisines. La rapidité avec laquelle ils sont en mesure de capter et de libérer les électrons, notamment, les rend irremplaçables pour de nombreuses applications électroniques, optiques, magnétiques et catalytiques. Jusqu'à présent, leurs propriétés écotoxicologiques sont toutefois assez mal connues de même que leur impact potentiel sur l'environnement.

Domaines d'utilisation

Les catalyseurs mis en œuvre en pétrochimie et dans l'automobile pour dépolluer les gaz d'échappement constituent le principal débouché des terres rares (tout spécialement du lanthane et du cérium). Elles sont également utilisées dans les batteries rechargeables des véhicules hybrides, les turbines d'éoliennes ainsi que dans le nucléaire et l'armement. Les terres rares ont également des applications médicales : le gadolinium est ainsi le contrastant le plus utilisé en imagerie par résonance magnétique pour l'étude des tumeurs. Associés au phosphore, ces métaux interviennent dans les techniques d'éclairage basse consommation, les fibres optiques et les lasers utilisés en cosmétique, en médecine dentaire et en chirurgie.

Ils sont également présents en petites quantités dans de nombreux produits de consommation ainsi que dans les écouteurs, les disques durs, les écrans plats, les téléviseurs et les écrans d'affichage. Les engrais phosphatés tirés de l'apatite en renferment aussi des quantités considérables. En Chine, les fertilisants agricoles et les aliments pour animaux sont enrichis en lanthane et en cérium pour améliorer les apports en

oligoéléments. Par ailleurs, beaucoup de nouvelles technologies vertes font appel aux terres rares : cellules à combustible, réfrigération magnétique, nouvelles techniques de potabilisation des eaux et de traitement des effluents miniers, etc.

Les terres rares dans l'environnement

C'est généralement lors des étapes d'extraction et d'affinage que les terres rares sont libérées dans le milieu aquatique ou l'atmosphère mais certaines émissions peuvent également se produire lors de l'utilisation des catalyseurs. Par ailleurs, l'emploi d'engrais contenant de tels éléments ou l'épandage de lisier provenant d'élevages qui les utilisent peut provoquer leur accumulation dans les sols agricoles.

De toutes les émissions anthropiques de terres rares, celles de gadolinium sont les plus importantes. Elles proviennent en grande majorité de l'utilisation de cet élément en imagerie médicale et atteignent les eaux superficielles par le biais des stations d'épuration. Depuis qu'une accumulation de gadolinium a été observée pour la première fois dans le Rhin dans les années 1990, ce métal a été détecté partout dans le monde dans les rivières, les estuaires, aux abords des côtes, dans les nappes phréatiques et finalement dans l'eau du robinet.

Une nouvelle étude vient de révéler une pollution du Rhin à Worms (D) par du lanthane et du samarium émanant d'une fabrique de catalyseurs destinés aux raffineries de pétrole (Kulaksız and Bau, 2013). La trace des deux éléments a pu être suivie dans le Rhin moyen et inférieur jusqu'en Hollande. Etant donné qu'ils peuvent former des complexes peu solubles avec les carbonates, les phosphates et les fluorures, les terres rares ont la capacité de s'accumuler dans les sédiments. Ni la Suisse ni l'UE n'ont encore défini de valeurs limites réglementaires concernant leurs concentrations dans l'environnement.

Effets écotoxiques

Les terres rares émises par les activités humaines se présentent souvent sous une forme plus réactive et plus soluble, donc plus biodisponible, que leurs équivalents naturels. C'est également le cas d'autres éléments métalliques mais, contrairement aux métaux lourds tels que le cadmium, le cuivre, le zinc et le mercure, leur toxicité et leur capacité de bioaccumulation sont très mal connues. Le profil écotoxicologique des terres rares est similaire à celui des éléments traces métalliques : s'ils ont une action stimulante à faible dose, leur toxicité s'accroît avec la concentration. Cet effet est observable chez les animaux terrestres et aquatiques et les végétaux et explique la stimulation de croissance constatée en présence de faibles quantités de terres rares. On ignore encore si et de quelle

¹ Le lanthane (La), le cérium (Ce), le praséodyme (Pr), le néodyme (Nd), le prométhium (Pm), le samarium (Sm), l'euprotium (Eu), le gadolinium (Gd), le terbium (Tb), le dysprosium (Dy), l'holmium (Ho), l'erbium (Er), le thulium (Tm), l'ytterbium (Yb), le lutécium (Lu), le scandium (Sc) et l'yttrium (Yt).

manière les terres rares sont indispensables à la vie humaine, animale ou végétale. A forte concentration, elles se révèlent toxiques du fait qu'elles perturbent les processus biologiques en évinçant les ions calcium dont elles ont sensiblement la taille et en se liant aux groupements phosphate des macromolécules. Ces mécanismes ne semblent pas spécifiques et ont été observés chez une multitude d'êtres vivants.

Etant donné leur utilisation dans les fertilisants, les modalités d'absorption, d'accumulation et d'action des terres rares ont été davantage étudiées chez les organismes édaphiques et les végétaux supérieurs que chez les organismes aquatiques. Certains microorganismes du sol les absorbent facilement sous forme ionique. Il a été démontré qu'à forte concentration, les terres rares pouvaient influencer la composition des communautés microbiennes du sol même si cet effet était moins marqué qu'avec les métaux lourds. Elles semblent par ailleurs être peu transférées du sol dans les plantes. Les résultats à ce sujet sont cependant contradictoires, ce qui semble indiquer que l'accumulation des terres rares dans les plantes dépend de la manière dont elles sont appliquées sur le sol.

Les végétaux aquatiques peuvent également stocker ces éléments lorsqu'ils sont présents à faible concentration dans le milieu. Chez les poissons comme la carpe ou le thon, le niveau de bioaccumulation constaté est cependant faible. Des essais sur le poisson zèbre ont montré que la dose létale (DL50) variait entre 15 et 25 µg/l en exposition de courte durée tandis que la concentration sans effet observé (no observed effect concentration, NOEC) se situait entre 1,2 et 3,8 µg/l en exposition chronique (30 jours). L'yttrium (Yt) s'avérait alors légèrement plus toxique que les autres éléments étudiés².

Une étude sur les bactéries marines *Vibrio fischeri* a montré que les lanthanides lourds étaient jusqu'à 100 fois plus toxiques que les légers : leur toxicité était du même ordre de grandeur que celle du cadmium, du cuivre, du plomb et du zinc. Etant donné leur faible solubilité dans l'eau, les terres rares ne sont cependant pas susceptibles d'atteindre des concentrations très élevées dans ce milieu sous leur forme libre. Des effets toxiques sur les organismes biologiques ne sont donc attendus que dans certains cas particuliers, par exemple à pH très acide et en l'absence de suffisamment de ligands. Les terres rares présentent toutes le même mode d'action et jouent souvent des rôles interchangeables. La question se pose donc de savoir si, pour l'évaluation du risque écotoxicologique, elles doivent être considérées de façon individuelle ou groupée comme les PCB.

Référence bibliographique

Kulaksız, S. and Bau, M. (2013) Anthropogenic dissolved and colloid/nanoparticle-bound samarium, lanthanum and gadolinium in the Rhine River and the impending destruction of the natural rare earth element distribution in rivers. *Earth and Planetary Science Letters*, 362, 43-50.

Liens utiles

Dérivation des normes de qualité environnementale applicables aux terres rares : Rapport du National Institute of Public Health and the Environment des Pays-Bas
<http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/601501011.html>

Page du site de l'US Geological Survey dédiée aux terres rares
<http://www.usgs.gov/science/science.php?term=1553&type=theme>

Page internet de Natural Resources Canada consacrée aux activités de R&D concernant les terres rares et l'utilisation de leurs métaux et abordant les questions environnementales qui leur sont relatives
<http://www.nrcan.gc.ca/minerals-metals/technology/4475>

Personne à contacter

Carmen Casado-Martinez, Tel. +41 21 693 0896, carmen.casado@centrecotox.ch

cc / as ; juin 2013

² Éléments concernés par l'étude : Yt, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd et Dy