

# TERRES RARES : LES TECHNOLOGIES SONT-ELLES DEVENUES TROP DÉPENDANTES DE CES VITAMINES?

Fabienne Biasotto<sup>1</sup>, Christelle VREULS<sup>2</sup> et Serge Alex<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centre d'études des procédés chimiques du Québec (CÉPROCQ), Montréal, Qc., Canada ; <sup>2</sup>CELABOR, Herve, Belgique & <sup>3</sup>Institut des procédés industriels (IPI), Collège de Maisonneuve, Montréal, Qc., Canada

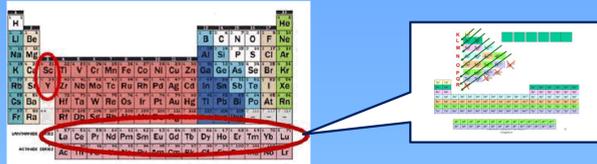
Les terres rares (TER) sont très recherchées, car l'industrie ne peut plus s'en passer. Ce marché est dominé par la Chine qui a consolidé son quasi-monopole en les soldant pour éliminer la compétition. Ces éléments chimiques, qui font presque tous partie de la famille des lanthanides, sont devenus indispensables. Il n'existerait pas d'éoliennes performantes sans le néodyme, pas de systèmes anti-pollution automobiles sans cérium, pas d'écrans plats en l'absence du couple europium/terbium, etc. Cette dépendance s'explique par le fait que l'ajout de petites quantités de ces composés dope la technologie à des niveaux impossibles à atteindre avec d'autres éléments chimiques. Ce sont donc de véritables vitamines ! Le problème : on a omis d'en sécuriser l'approvisionnement. Résultat : la pilule de la pénurie risque de remplacer leur effet vitaminé !

Peu de matières premières ont un nom aussi mal choisi que les terres rares (TER) qui regroupent 17 métaux, dont quinze appartiennent à la famille des lanthanides, plus le scandium et l'yttrium. Les réserves répertoriées ainsi que leur répartition à la surface du globe ne justifieraient pas ce qualificatif, par contre en terme de production, le monopole chinois en ont fait des produits rares. Il est donc important de développer des filières de recyclage, car il peut s'écouler plus de dix années entre la découverte et l'exploitation de nouveaux gisements, et cinq ans pour la remise en état des anciennes mines.

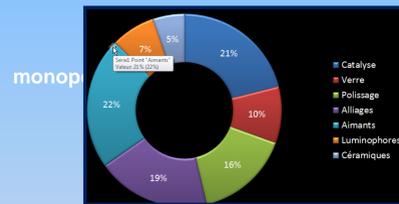


## LES TERRES RARES

Les TER sont difficiles à séparer car ce sont les orbitales électroniques 4f internes qui se remplissent lorsqu'on passe d'une TER à une autre....

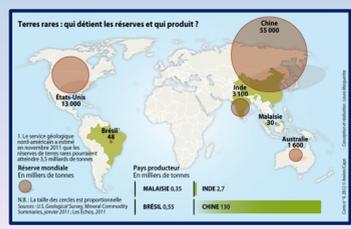


Leurs propriétés **luminophores**, **magnétiques**, **métallurgiques** font qu'on les retrouve partout car elles dopent les produits ....

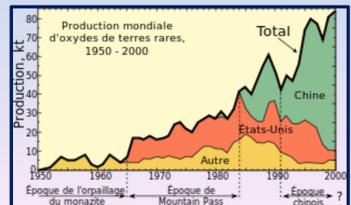


YTRIUM SUBLIMÉ-DENDRITIQUE PUR À 99,99 % PLACÉ À CÔTÉ D'UN CUBE D'UN CM D'ARRÊTÉ. PHOTO : Alchemist-hp (HEINRICH PNIOK) (Wikimedia Commons)

Elles sont assez bien réparties sur la planète....



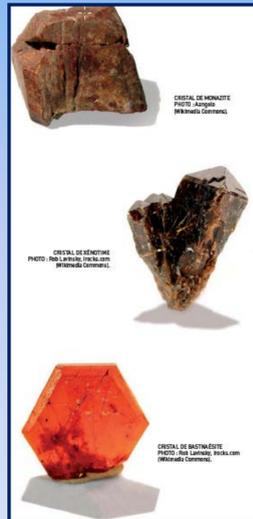
Mais pas leur PRODUCTION.....



57 Lanthane	65 Terbium
58 Cérium	66 Dysprosium
59 Praseodyme	67 Holmium
60 Néodyme	68 Erbium
61 Prométhium	69 Thulium
62 Samarium	70 Ytterbium
63 Europium	71 Lutetium
64 Gadolinium	39 Yttrium

## LES PRINCIPAUX TYPES DE GISEMENTS

À ce jour, leur production se fait à 95 % à partir de trois minéraux auxquels s'ajoutent des argiles ioniques, soit :

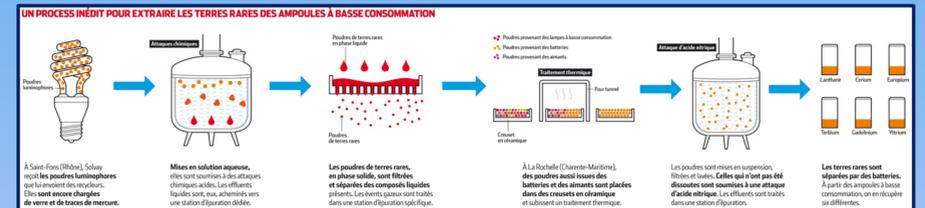


- La **bastnaésite** (le minéral le plus populaire!) un fluorocarbonate majoritairement constitué des éléments Ce, La, Y et Eu associés aux ions carbonate et fluorure. Le minéral contient entre 7 à 10 % de TER, il peut être toutefois enrichi à 60 % par flottation. Les deux gisements les plus célèbres sont Bayan Obo (Chine) et Mountain Pass (USA) (fermé mais en cours de réouverture).
- La **monazite** qui est constituée surtout des espèces Ce, La, Nd et Th associées aux ions phosphates. Le minéral contient beaucoup de thorium et d'uranium qu'il faut éliminer. Cette filière est presque totalement abandonnée à cause de ce problème. Sinon, le composé brut est enrichi à 60 % en TER par séparation magnétique.
- La **xénotime** est un phosphate d'yttrium, un sous-produit de la production d'étain. Cette filière est exploitée en Malaisie. Typiquement, ce phosphate contient 55 % d'oxydes de TER.
- Les **argiles ioniques** renferment 0,2 % de TER (en équivalent d'oxyde). Ces TER sous forme ionique sont absorbées sur les argiles ou les schistes et sont baptisées *terres rares secondaires*. Leur extraction se fait généralement directement par hydrométallurgie.

## UN IMPÉRATIF: RECYCLER ou 了解中国\*

\* Traduction : apprendre le chinois

Le recyclage est encore trop limité. Le recyclage des TER à partir des lampes basse consommation de Rhodia (La Rochelle, France), une division du groupe SOLVAY (Belgique) est une des rares filières industrielles existantes. Le procédé repose sur des batteries d'extraction liquide-liquide et de résines échangeuses d'ions.

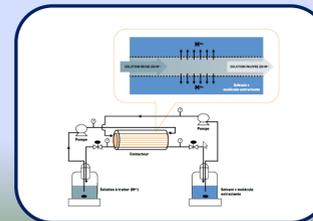


### LA RECHERCHE ET L'INNOVATION SONT INDISPENSABLES

Recycler des terres rares est aussi difficile que de les extraire du minéral brut. Aussi, il faut améliorer les techniques de traitement. Pour cela, on travaille sur **deux fronts**: un visant à améliorer les technologies d'extraction liquide-liquide en introduisant des **contacteurs membranaires (A)** et l'autre en développant des **polymères à empreintes moléculaires (B)** capables de reconnaître et d'absorber plus spécifiquement un type de terre rare.

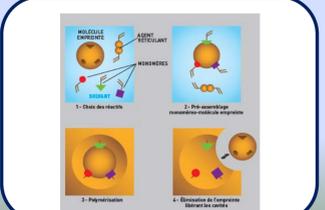
### A

L'introduction de **contacteurs** limite la formation d'émulsion en extraction liquide-liquide et permet d'avoir un accès à un choix plus grand d'extractants, ce qui améliore la sélectivité de la technique et diminue le nombre d'étages d'extraction. Ce procédé fonctionne comme une résine échangeuse d'ions qui serait liquide plutôt que solide.



### B

Les **polymères à empreintes moléculaires** sont des matériaux obtenus par polymérisation de monomères autour de la molécule patron (gabarit) que l'on veut capter. Après élimination de cette molécule, le polymère obtenu retient son empreinte et possède alors des sites de reconnaissance spécifiques ou une cavité où seule la molécule choisie pourra pénétrer.



## LE MOT DE LA FIN

Les contacteurs simplifient beaucoup l'extraction liquide-liquide, mais ils manquent de sélectivité qui peut être atteinte avec les polymères à empreintes moléculaires. Force est de constater que, techniquement, il reste beaucoup de R&D à faire avant d'atteindre la rentabilité.

### Références:

- S. Alex et F. Biasotto, «Les contacteurs membranaires, les bêtes de somme de l'extraction». Chimiste, 30(1), 13-19, 2015.
- F. Biasotto, L. Labrosse et S. Alex, «Les métaux rares : Qui sont-ils ? Où sont-ils ? Que font-ils ?». Vecteur environnement, 47(3), 46-51, 2014.
- F. Biasotto et S. Alex, «La séparation et la purification des terres rares: un beau casse-tête». Chimiste, 29(3), 11-16, 2015.

CÉPROCQ

Centre d'études des procédés chimiques du Québec

Collège de Maisonneuve

Enseignement supérieur, Recherche et Science Québec