

TERRES RARES ET METAUX RARES – RARE-EARTH ELEMENTS

Des terres rares, pas si rares

Les terres rares sont un ensemble d'éléments chimiques appartenant au groupe des lanthanides auxquels il est courant d'en ajouter 2 supplémentaires, l'yttrium et le scandium.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	* Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	* Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

↓

Terres rares	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
*	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No

D'un point de vue chimique, les lanthanides se caractérisent par des numéros atomiques compris entre 57 et 71 (du Lanthane au Lutécium). Du fait de leur proximité dans la table périodique, ces 17 éléments partagent des propriétés physico-chimiques exceptionnelles qui les rendent désormais indispensables à l'élaboration des technologies actuelles et notamment celles de la transition énergétique (éoliennes, panneaux photovoltaïques).

Si ces éléments chimiques correspondent à la dénomination stricte de « terres rares », nous prenons le parti d'y adjoindre certains métaux dont l'abondance géologique est limitée et dont l'approvisionnement est qualifié de critique par la commission européenne. Ainsi, le vanadium, le germanium, le gallium, le tungstène peuvent légitimement être considérés comme des métaux rares.

Contrairement à ce que laisse penser leur nom, les « terres rares » sont relativement abondantes. Les géologues estiment leur teneur à 0.08 % dans l'écorce terrestre. A titre de comparaison, l'Or et l'argent qui ne sont pas considérés comme des métaux rares ont une abondance crustale respective de 0.004 ppm et 0.075 ppm, alors que le lanthane se trouve à 39 ppm et le Vanadium à 120 ppm.

L'adjectif « rare » témoigne en réalité de l'enjeu économique que ces éléments chimiques représentent face aux faibles volumes qui sont disponibles sur le marché.

<https://eduscol.education.fr/sti/articles/terres-rares-energies-renouvelables-et-stockage-denergie>

<https://rmis.jrc.ec.europa.eu/>

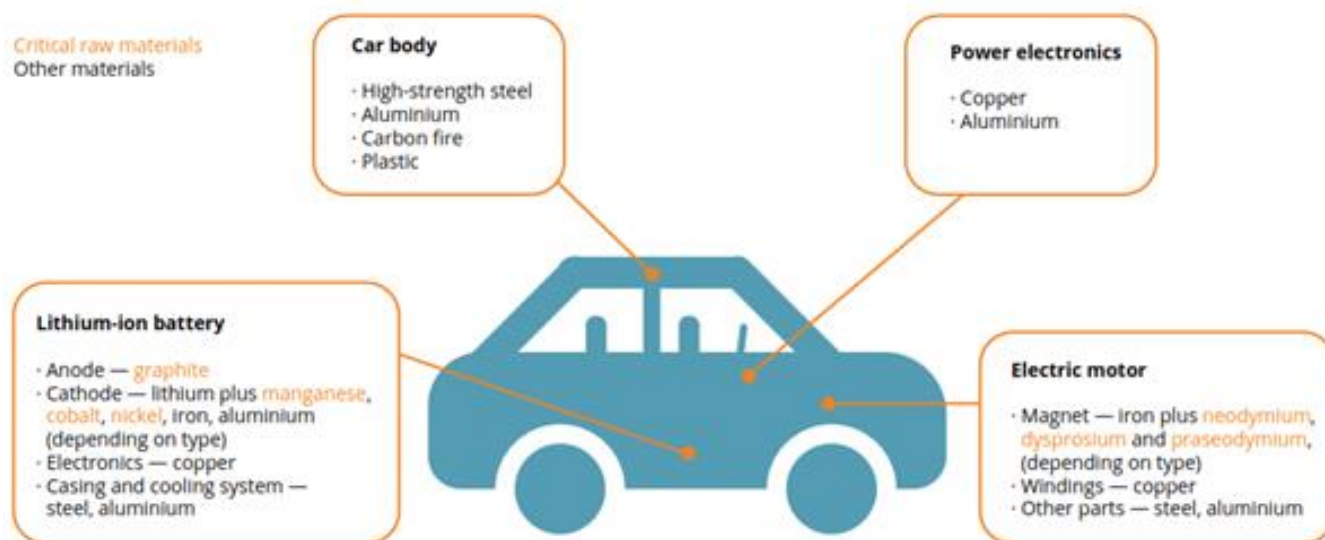
Gisements géologiques et procédés industriels

Mais revenons à leur origine géologique. Comme la plupart des métaux utilisés par l'Homme depuis des millénaires, les terres rares se rencontrent à l'état naturel sous forme de minerais aux noms exotiques, Bastnaésite, Monazite, ou encore Loparite. C'est le chimiste suédois Carl Axel Arrhenius qui, en 1787, découvre près d'Ytterby, en Suède, le premier minerai contenant une terre rare dont le nom rappellera son origine : l'Yttrium. Il faudra cependant attendre les années 1950 pour mettre au point des procédés d'extraction performants rendant possible 2 décennies plus tard, les utilisations à l'échelle industrielle de ces matériaux aux propriétés exceptionnelles.

Aujourd'hui la Chine est le premier producteur mondial de terres rares : environ 140 000 tonnes ont été produites en 2020, ce qui représente 58 % de la production mondiale. Le reste de la production se répartit entre 4 pays : Les Etats Unis (15%), le Myanmar (12%) l'Australie (7%) et Madagascar (3%)

Les enjeux stratégiques et géopolitiques liés aux terres rares et aux métaux rares se comprennent à l'aune des utilisations dans tous les domaines technologiques de pointe et particulièrement celui des technologies vertes (green tech) et du numérique.

Aucune batterie de voiture électrique et hybride ne pourrait exister sans les 12 à 15 kg de terres rares (Cérium, Lanthane, Praséodyme) qu'elle renferme. Les écrans LED, LCD, Plasma qui remplissent nos maisons dépendent tous de ces matériaux aux propriétés optiques exceptionnelles (Europium ; Terbium). Les générateurs des éoliennes ne produisent leur électricité que grâce aux qualités magnétiques du Néodyme. Une liste presque sans fin d'utilisation de ces éléments chimiques.



Le génie humain avait exploité 7 métaux depuis ses origines jusqu'à la Renaissance, une vingtaine dans les années 1970. Ce sont désormais la quasi-totalité des 86 métaux présents dans la table périodique que l'on retrouve dans les créations humaines

G. Pitron, La guerre des Métaux rares, ed. Les Liens Qui Libèrent – oct 2019 ISBN 979-10-209-0717-2).

« Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives -EEA Report No 13/2018 -ISSN 1977-8449

L'impact environnemental des terres rares

Nous venons de parcourir les caractéristiques géologiques et physico-chimiques de ces éléments désormais indispensables pour réussir une transition énergétique. Dans une démarche globale, il convient de considérer les aspects écologiques de l'extraction et des utilisations de ces éléments rares.

L'obtention de terres rares utilisables par les industries suit un procédé en 4 étapes : Extraction minière, « cracking », séparation des oxydes de terres rares et enfin réduction des oxydes en terres rares utilisables.

Chacune des 4 étapes génère un impact sur l'environnement non négligeable, notamment du fait de l'utilisation systématique de solvants à chacun des étapes du procédé industriel.

L'extraction minière des terres rares a principalement lieu en Chine où les réglementations sont souvent moins strictes qu'en Europe. La tragédie de 2010 dans la province de Fujian illustre les conséquences dévastatrices de l'exploitation du Cuivre et du gallium : pollution massive du fleuve Ting, destruction de la vie aquatique, pollution des eaux de surface et des terres agricoles, explosion du taux de cancers

Sans entrer dans le détail des autres étapes du processus industriel pouvant produire de nombreux déchets polluants, nous nous référons à un rapport réalisé dans le cadre du projet EuRARE de la commission européenne de 2014 qui fait état des conditions d'exploitation du plus grand site minier de terres rares au monde : Bayan Obo, en Mongolie intérieure en Chine ;

Ce rapport accablant insiste sur la nature radioactive de certains composés naturellement associés aux terres rares exploitées tels que le thorium 232 qui est à l'origine de l'irradiation de 3000 des 7000 ouvriers. De plus la poussière générée par l'activité minière, également radioactive contamine les populations locales et les terrains agricoles.

Face à l'ampleur des pollutions induites par l'extraction et le raffinage des terres rares, il est urgent d'introduire des normes environnementales contraignantes.

Une autre voie avancée est celle du recyclage des terres rares en fin de vie des produits les renfermant ces matériaux. Cela est évidemment une nécessité absolue. Cependant, un récent article intitulé « Recycling of the Rare Earth Elements » paru en mars 2018 par S Jowitt, T. Werner, ZWeng, G Mudd établit que c'est environ 1% des terres rares qui est recyclé en fin de vie, le reste rejoignant l'immense montagne des déchets industriels.... Bien entendu, ce taux actuellement faible pourra progresser dans les années à venir, mais il y a peu de chance que cela puisse satisfaire les prévisions de progression de demande dans ces mêmes matériaux.

<https://www.researchgate.net/publication/276042623> Social and Environmental Impact of the Rare Earth Industries

<https://www.theguardian.com/environment/2011/apr/14/toxic-mine-spill-chinese-pollution>

<http://www.eurare.org/docs/internalGuidanceReport.pdf>

<https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.02.008>