



## FICHE DOCUMENTAIRE IFM n° 1/12

### Objet : A la recherche des terres rares

-0-

#### **Préambule**

Les « terres rares », bien mal nommées puisqu'elles ne sont pas si rares et qu'il s'agit en fait de métaux, constituent un groupe de 17 éléments très utilisés par les nouvelles technologies dans les domaines les plus variés.

Cela va du cracking par catalyse pour transformer le pétrole en essence, aux diodes électroluminescentes (LED) ou aux écrans plasma, en passant par les lasers de guidage ou la radiographie médicale, pour ne citer que les applications les plus répandues.

A ce jour, la Chine, avec 95 % de la production mondiale, jouit d'un quasi monopole, même si les Etats-Unis, l'Australie et l'Afrique du Sud possèdent des réserves identifiées. Mais, très récemment, en juillet 2011, une équipe de géologues japonais a déclaré avoir localisé d'énormes gisements dans les couches de sédiments de l'Océan Pacifique.

Il a donc paru intéressant de faire le point, à ce stade de la situation, alors qu'il semble qu'une fois encore le futur de la planète doive se situer dans les profondeurs océanes.

#### **Quels sont ces éléments ?**

Ils sont pour l'essentiel constitués par le groupe des lanthanides : Lanthane (La), Cérium (Ce), Praséodyme (Pr), Néodyme (Nd), Prométhéum (Pm), Samarium (Sm), Europium (Eu), Gadolinium (Gd), Terbium (Tb), Dysprosium (Dy), Holmium (Ho), Erbium (Er), Thulium (Tm), Ytterbium (Yb) et Lutétium (Lu). S'y ajoutent le Scandium (Sc) et l'Yttrium (Y) qui ont des propriétés chimiques voisines et figurent dans la même colonne (3B) de la classification périodique des éléments.

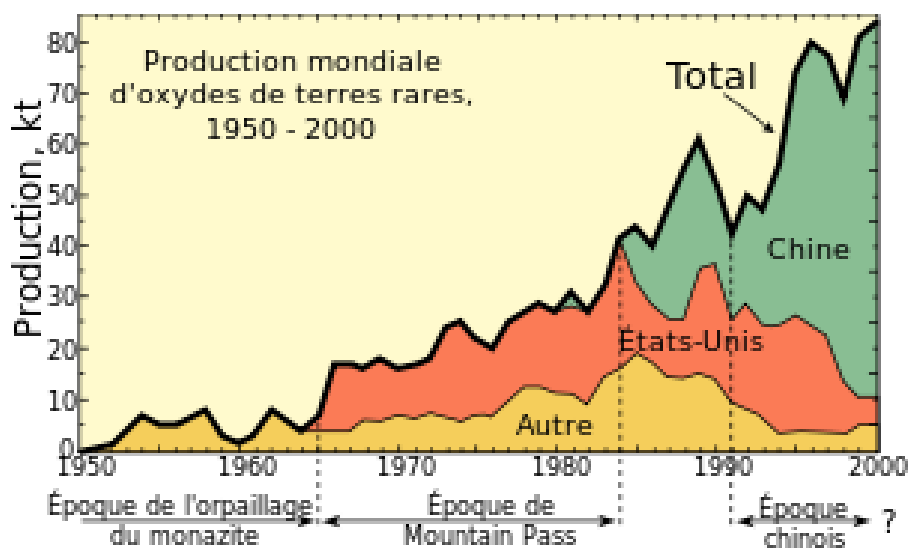
Ces éléments, qui n'existent pratiquement pas à l'état pur, doivent être extraits de minerais divers. Et, s'agissant de rareté, le plus fréquent d'entre eux, le Cérium, est plus répandu que le Cuivre et le plus rare, le Thulium, est 4 fois plus abondant que l'Argent.

## Les minerais

Les minerais principaux sont la monazite et la bastnaésite.

La **Monazite**, qui est le minerai le plus abondant, est un ortho-phosphate de terres rares et de Thorium ; il est le principal minerai de cet élément. Il est extrait des sables des plages (Australie, Brésil, Inde, Malaisie,...)

La **Bastnaésite** est un fluo-carbonate à forte teneur en terres cériques (Lanthane, Cérium, Praséodyme et Néodyme) et, dans une moindre mesure, en Europium. On le trouve essentiellement en Chine en Mongolie Intérieure, et également aux Etats-Unis.



Les autres minerais sont la **Xénotime**, ortho-phosphate de terres yttriques exploité en Malaisie, et la **Loparite**, bio-titanate d'où l'on tire des terres cériques et qu'on trouve en Russie. Certains minerais phosphatés, comme l'apatite (Russie) ou des argiles dites ioniques (Chine), renferment de l'Europium, du Cérium ou de l'Yttrium.

## La production minière

Elle a été de 135.000 tonnes en 2010, dont 120.000 t pour la seule Chine, avec 15 à 20.000 t de production « non-officielle », notamment en Russie (2.000 t), aux Etats-Unis (1.700 t), au Brésil (650 t) ou en Malaisie (380 t).

En 2009, la Chine a exporté 31.310 t de sa production : vers le Japon (50 %), les Etats-Unis (19 %), la France (7 %), les Pays-Bas (4 %), l'Allemagne (3 %) et l'Italie (3 %).

## Les gisements

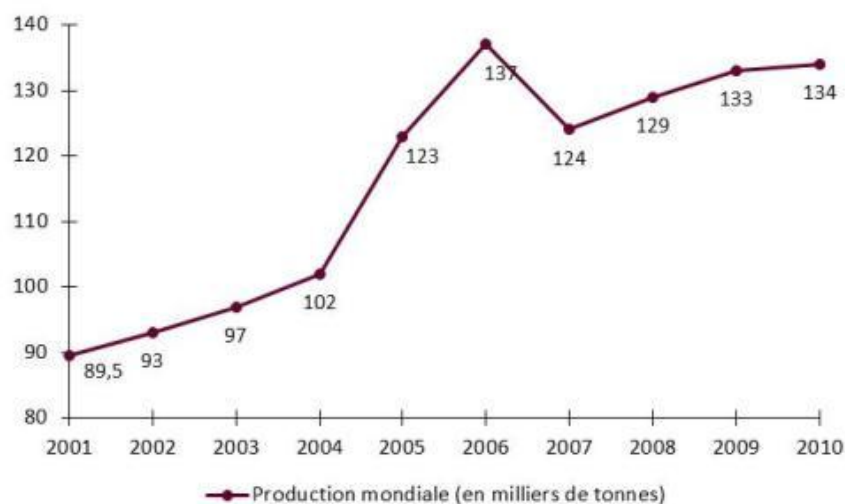
La **Chine** possède un gisement géant au nord du pays, en Mongolie Intérieure, à Bayan Obo près de la ville de Baotou sur le Fleuve Jaune où le minerai est traité. Ce gisement fournit à lui-seul 55 % de la production chinoise. Les réserves sont estimées à 600 millions de tonnes d'un minerai qui contient 34 % de fer et 5 % d'oxydes de terres rares.

exploités pour l'essentiel dans deux mines à ciel ouvert. Le reste de la production provient de la province de Sichuan (35 %) et de l'extraction des argiles ioniques (10 %). La Chine, qui a démarré progressivement la mise en exploitation de ses minerais à partir de 1985, a produit 1,6 million de tonnes d'oxydes de terres rares entre 1987 et 2010.

Aux **Etats-Unis**, le gisement de Mountain Pass, situé en Californie dans le désert de Mojave (à 100 km au sud-est de Las Vegas), qui produisait 3.000 t/an jusqu'en 2002, a fermé pour des raisons environnementales liées à l'usage de solvants pour l'extraction. Réhabilité et mis aux normes, il devrait redémarrer en 2012 avec un objectif de production de 20.000 t/an.

En **Australie**, l'exploitation du gisement de Mount Weld, à l'ouest du Grand Désert de Victoria, a commencé en juin 2008 sur la base d'une production espérée de 11.000 t/an en 2011 pour atteindre 20.000 t/an fin 2012. Le minerai devrait être traité en Malaisie. D'autres gisements ont été identifiés et sont explorés : en **Namibie** en bord de mer au nord du pays près de Lofdal, au **Canada** à Hoidas Lake dans le nord du Saskatchewan, au **Kazakhstan** (nota) et au **Viet-Nam** à Dong Pao dans les monts Fan Si Pan au nord-ouest d'Hanoi où les Japonais espèrent des productions de 3.000 t/an à partir de 2013 ou encore en **Inde** où ces mêmes Japonais prévoient de produire 10.000 t/an en 2015. En 2011, les réserves mondiales exprimées en oxydes (et non en minerais) sont estimées à 110 millions de tonnes, principalement contenus dans les minerais de monazite et de bastnaésite.

Nota – La France a conclu un accord stratégique avec ce pays pour l'exploitation des terres et métaux rares, à l'occasion de la visite du président du Kazakhstan en septembre 2011.



## L'impact environnemental

Les applications industrielles de terres rares demandent des niveaux de pureté très élevés (jusqu'à 99,9999 % pour les luminophores). Ceci nécessite un grand nombre d'opérations, d'abord de séparation des éléments puis de purification, qui impliquent des

rejets d'autant plus polluants que certains de ces éléments sont radioactifs, tel le Prométhéum.

## Les aspects politiques

Depuis plusieurs années, la Chine a mis en place des quotas d'exportation des terres rares, exportation qu'elle réduit chaque année et envisage, le cas échéant, d'arrêter totalement à l'horizon 2014-2015. Les raisons invoquées sont, d'une part de mieux contrôler les rejets, ce qui conduit à fermer les petites exploitations réputées les plus polluantes, donc à réduire la production, d'autre part de se réserver la production pour faire face à une demande intérieure croissante et inciter les industriels étrangers à élaborer en Chine ceux de leurs produits manufacturés qui utilisent des terres rares.

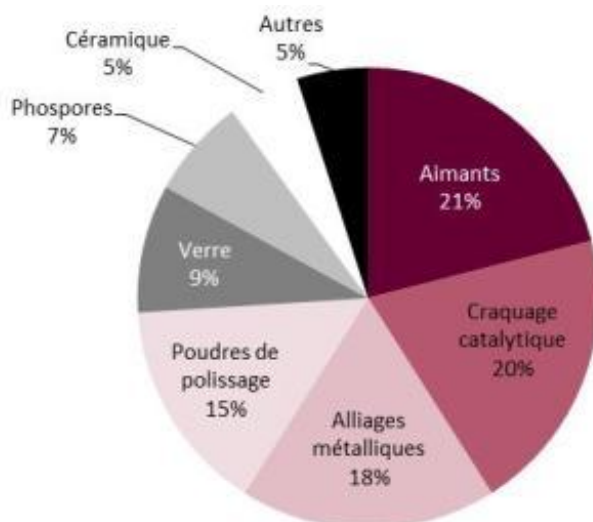
La Chine a très tôt eu une vision stratégique à long terme, en 1992 le premier secrétaire Deng Xiaoping n'écrivait-il pas : « Le Moyen-Orient a le pétrole, la Chine a les terres rares ».

Les produits de substitution étant très peu nombreux et le recyclage délicat à réaliser, la sécurité d'approvisionnement est essentielle. C'est ainsi que les Etats-Unis considèrent les terres rares comme un produit stratégique capital pour leur industrie high-tech et les ont inscrits sur la liste de leurs métaux rares critiques. L'Union Européenne est en train de se doter d'une telle liste.

## Les usages industriels

Les utilisations des terres rares sont nombreuses et devraient croître encore dans l'avenir.

- L'industrie du verre et des céramiques est un des principaux consommateurs. L'oxyde de cérium est très utilisé en optique pour le polissage des verres. Les oxydes de terres rares sont également importants pour la céramique industrielle (revêtements réfractaires, éléments chauffants, bougies d'allumage,...).
- Depuis les années 1960, avec l'apparition des écrans de télévision en couleurs, l'emploi du vanadate d'yttrium et de l'euporium s'est vulgarisé. Et l'euporium, aux propriétés spectrales recherchées, est exploité avec le Néodyme pour produire la lumière cohérente de certains lasers.
- Les métallurgistes sont consommateurs de lanthanides en alliage et le *mischmetal* (alliage de Lanthane, Cérium et Néodyme) sert à purifier les fontes et les aciers.
- La nouvelle génération de moteurs électriques utilise des aimants permanents à base de Néodyme. Ces moteurs sont déjà et seront largement utilisés dans un proche avenir sur les véhicules électriques et hybrides et les grosses éoliennes off-shore.



Utilisation des terres rares dans l'industrie

## Les terres rares de l'océan

Les terres rares sont aussi présentes en grandes quantités dans les sédiments des fonds marins. Des chercheurs japonais ont identifié des gisements importants dans l'est du Pacifique nord autour d'Hawaï et au centre du Pacifique sud à l'est de Tahiti. Ils sont toutefois difficiles à localiser avec précision et surtout se situent à des profondeurs entre 3.000 et 6.000 mètres qui requièrent une technologie très performante et donc très onéreuse. Par ailleurs, le procédé de séparation/purification du minerai par lixiviation acide (c'est un lessivage par des acides dilués, essentiellement les acides chlorhydrique et sulfurique), s'il a le mérite d'être simple, ne va pas sans inquiéter quant aux conséquences écologiques possibles.

Les japonais estiment que les boues du fond de la mer pourraient contenir, sur une superficie de 11 millions de km<sup>2</sup>, près de 100 milliards de tonnes de minerais de terres rares et que sur ces gisements l'exploitation d'une zone d'un km<sup>2</sup> pourrait fournir l'équivalent de 1/5<sup>ème</sup> de la production mondiale annuelle.

## La situation actuelle

L'exploitation des fonds marins constitue sans aucun doute une solution d'avenir pour sortir de la dépendance dans laquelle nous nous trouvons. Et ce d'autant que les difficultés techniques d'une extraction par grande profondeur semblent désormais moins dirimantes, comme le montre la décision de la société Nautilus Minerals de lancer une exploitation minière en Papouasie pour 2012 par 1 800 mètres de profondeur.

La France a déjà pour sa part lancé en 2010 une campagne d'exploration des fonds marins de Wallis et Futuna dans le cadre d'un partenariat entre l'Ifremer, Areva et Technip. Et la ministre, Madame Nathalie Kosciusko-Morizet, a confirmé le 30 novembre dernier la volonté de la France de se lancer dans la course à l'exploration avec une première demande de permis d'exploitation dans l'Atlantique.

La course à la concurrence est donc lancée et de toute évidence elle sera rude. Enfin, pour mémoire, il convient de rappeler également que le recyclage des éoliennes offshore en fin de vie permettrait de récupérer des quantités quasiment intactes de néodyme, un métal aujourd'hui indispensable à la fabrication de ces éoliennes.

## **En conclusion**

Cette nouvelle étape dans la course aux minerais sous-marins montre à quel point l'usage du milieu marin est indispensable à l'humanité. Mais elle montre aussi combien son exploitation, qui fait déjà l'objet d'un débat conflictuel pour les ressources halieutiques, doit s'effectuer, pour l'exploitation minière en particulier, dans la concertation et le respect d'un environnement dont les milieux sont fragiles et souvent mal connus.

Nous laisserons le mot de la fin à l'IFREMER qui constatait en 2010 :

« Le niveau de connaissance sur les différents habitats potentiellement menacés est inégal mais généralement insuffisant pour définir a priori les plans de préservation de l'environnement et de la biodiversité nécessaires, en cas d'exploitation des ressources ».