



Les Terres Rares

Guillaume AUDRAIN, Camille DUPHIL, Gersende CHAFFARDON,
Flore NEVEUX, Camille TARRIEU





Sommaire

01

**Les Terres Rares,
c'est quoi ?**

02

**Données
minières**

03

**Données d'usages
industriels**

04

**Données
économiques**

05

**Enjeux
géopolitiques**

06

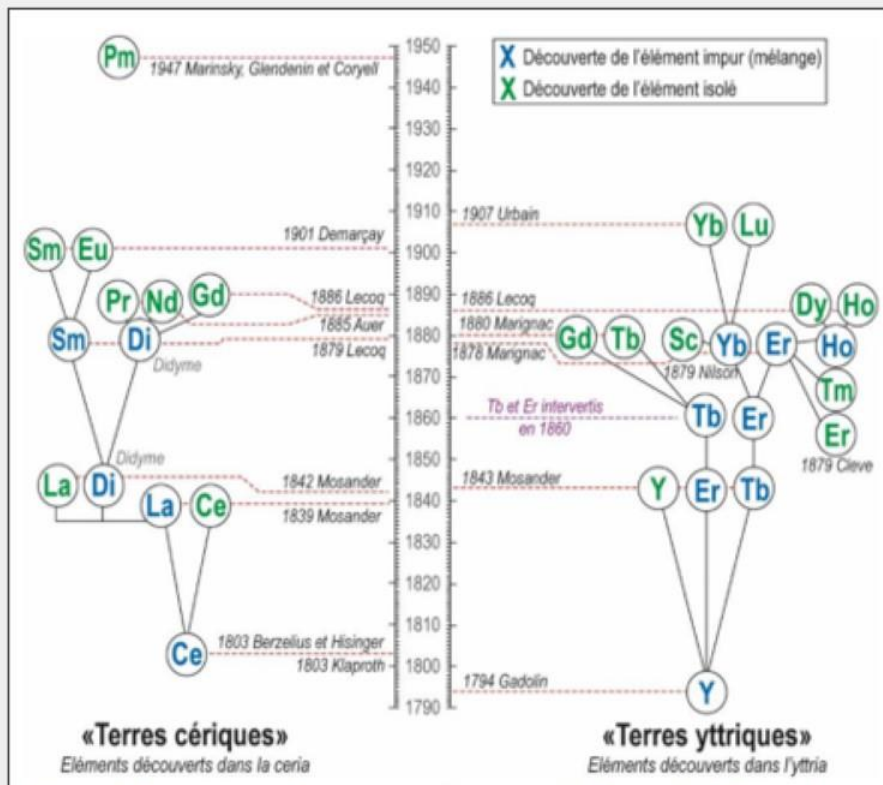
**Recyclage et
perspectives**



Les Terres Rares, c'est quoi ?



Un peu d'histoire



Découverte de 2 minerais fin XVIIIe en Suède

- 1751: A. Cronstedt découvre la ceria à Eyddarhyttan
- 1787: C.A. Arrhenius découvre l'Yttria dans le village d'Ytterby



Ytterby - Source:wikipedia



Cérite - Source:wikipedia

Découvertes progressives au XIXe par séparation des terres cériques et yttriques

Yttria = mineral noir et dense qui sera plus tard plus connu sous le nom de Gadolinite

Ceria = mineral rougeâtre, brun qui sera plus connu sous le nom de bastnaésite

Source: HAL open science Ressources en terres rares de l'Europe et du Groenland : un potentiel minier remarquable mais tabou ? Nicolas Charles et al

Quelles sont les TR ?



Les Lanthanides (15 éléments)

• Légères

57 La Lanthane	58 Ce Cérium	59 Pr Praséodyme	60 Nd Néodyme	62 Sm Samarium
----------------------	--------------------	------------------------	---------------------	----------------------

• Lourdes

63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium
----------------------	------------------------	---------------------	------------------------	---------------------

68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutétium
--------------------	---------------------	-----------------------	----------------------

• Non present à l'état naturel

61 Pm Prométhium

+ Yttrium

39 Y Yttrium

+ Scandium

21 Sc Scandium

**Thorium & Uranium
souvent associés
aux minerais de TR
= Difficultés
d'exploitation**

Tableau périodique des éléments chimiques

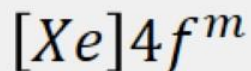
Source: www.insu.cnrs.fr

Leurs propriétés générales



- Ductiles
- Luminophores
- Magnétiques
- Catalyseurs

Configuration électronique générale des lanthanides



= Caractéristique des propriétés magnétiques remarquables

Symb	Masse Atom. g.mol-1	Structure Cristalline	ρ g.cm-3	Formule oxydes	E° V	Particularité
Sc	44,96	HC	2,989	Sc2O3	-2,10	Luminophore (blanc argenté) / Très résistant
Y	88,91	HC	4,4689	Y2O3	-2,37	Très résistant aux chocs / Support luminophores
La	138,9	HC	6,145	La2O3	-2,52	Pyrophorique (briquets) / Catalyseurs (batterie)
Ce	140,1	CFC	6,757	CeO2	-2,33	Propriété redox / Catalyseurs (automobile)
Pr	140,9	H	6,773	Pr6O11	-2,47	Coloration verres (soudures)
Nd	144,2	H	7,007	Nd2O3	-2,45	Coloration verres (lunettes) / Aimants Nd-Fe-Bo
Pm	145,0	HC	7,26	-	-2,42	Radioactif / Couleur verte sous UV
Sm	150,4	R	7,52	Sm2O3	-2,41	Propriété magnétique élevée / Associé au Co
Eu	152,0	CC	5,243	Eu2O3	-2,40	Luminophore (téléviseurs) / Protection billets
Gd	157,3	H	7,90	Gd2O3	-2,40	Luminophore (aimants) / alliage supracond.
Tb	158,9	H	8,229	Tb4O7	-2,39	Luminophore (aimants) / radiographie
Dy	162,5	H	8,55	Dy2O3	-2,35	Dopage magnétique (aimants Nd-Fe-Bo)
Ho	164,9	H	8,794	Ho2O3	-2,32	Peu utilisé / Dopage laser (médical)
Er	167,3	H	9,006	Er2O3	-2,29	Pigment pour dopage optique (fibre)
Tm	169,9	H	9,32	Tm2O3	-2,28	Peu utilisé / magnétrons (micro-ondes)
Yb	173,0	CFC	6,54	Yb2O3	-2,27	Peu utilisé / Dopant acoustique (médical)
Lu	175,0	H	9,84	Lu2O3	-2,25	Peu utilisé / Pile à combustible

Où les trouve-t-on ?

🔍 Sous formes d'oxydes, d'hydroxydes, de carbonates, de fluorures, de chlorures ou de nitrates en faible teneur.

Bastnäsité



Fluorocarbonates (Ce,La,Nd)FCO₃

- Carbonate de cérium

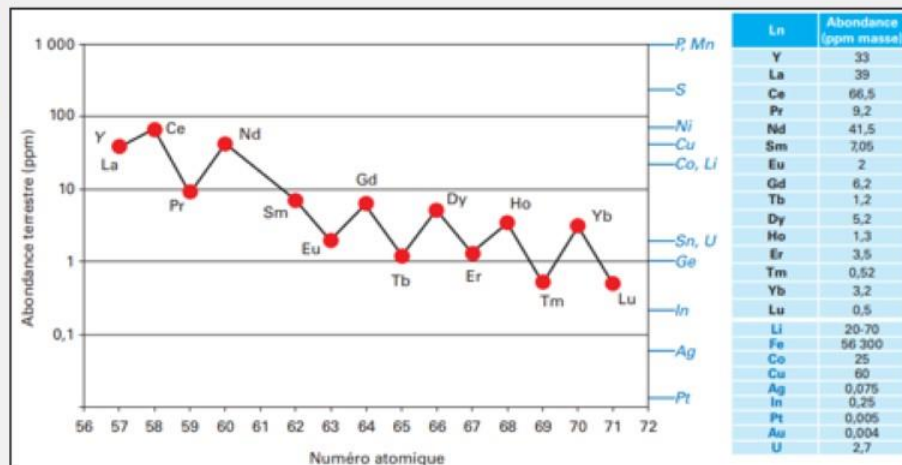


Monazite



Orthophosphates (TR, Th)PO₄

- Monazite-Ce (Ce, La, Pr, Nd, Th, Y)PO₄
- Monazite-La (La, Ce, Nd, Pr)PO₄
- Monazite-Nd (Nd, La, Ce, Pr)PO₄



Les Terres Rares ne sont pas « rares ».
C'est la difficulté de leur séparation dans les minerais et la rareté des gisements, très localisés qui leurs confèrent ce terme « rare ».
La plupart restent tout de même stratégiques au regard de la transition énergétique notamment.



Données minières



Chiffres clés



280 000
tonnes

**Production mondiale
d'oxydes de terres
rares en 2021**

120
millions
tonnes


**Réserves
prouvées**

350
millions
tonnes

**Ressources
estimées**

0,08%

**Teneur de
l'écorce terrestre
en TR**



Géologie des terres rares



01

Gisements primaires

Directement associés aux **processus internes de la planète** tels que des remontées de magma.

02

Gisements secondaires

Doivent leur existence à un **processus d'altération de la roche** en surface tel que l'érosion. Ex : placers

03

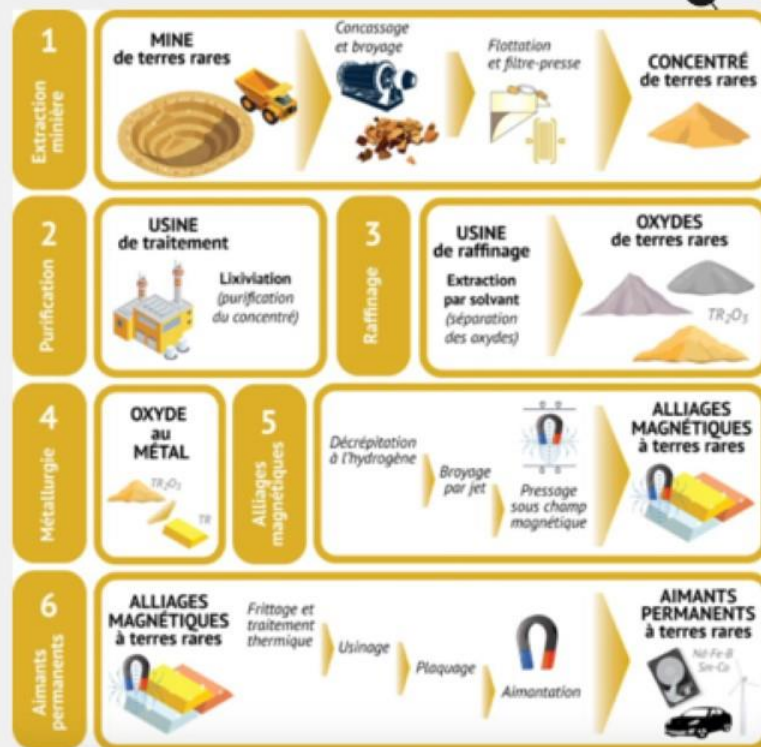
Gisements issus de la dégradation physico-chimiques de la roche par le climat

Les processus climatiques peuvent provoquer des **réactions chimiques** (hydrolyse, oxydation, hydratation) . Les terres rares vont alors aller se fixer à la surface d'argiles résiduelles.

Terres rares : de l'extraction à la manufacture

Informations clés

- ● Le traitement dépend des **terres rares exploitées et de l'usage** qui en sera fait
- ● 1. TR **non séparées** : électrolyse en sel fondu de terres cériques pour obtenir le **mischmétal**
- ● 2. TR **partiellement séparées** : nombre d'**oxydation** différent du Cerium et de l'euporium
- ● 3. TR **séparées** : extraction liquide à l'aide de solvant



(Source : CENT/ crédits Mark Hobbs)

Impacts environnementaux de l'exploitation des terres rares



Les impacts d'une mine classique...

- **Destruction** des milieux naturels et de la biodiversité & impact sur le paysage
- **Consommation** d'eau, de produits chimiques et d'énergie
- **Déchets miniers, pollution** des sols & dégradation de la qualité de l'eau et des nappes phréatiques



...et des impacts spécifiques aux TR

- Liés à leurs **propriétés chimiques proches**
- Liés à leur **faible concentration et leur présence en surface**
- Liés à leur **rayonnement ionique (radioactivité)**





Données d'usages industriels



Le Bec Auer, la toute première utilisation des terres rares



(Source : Wikipédia, bec Auer)

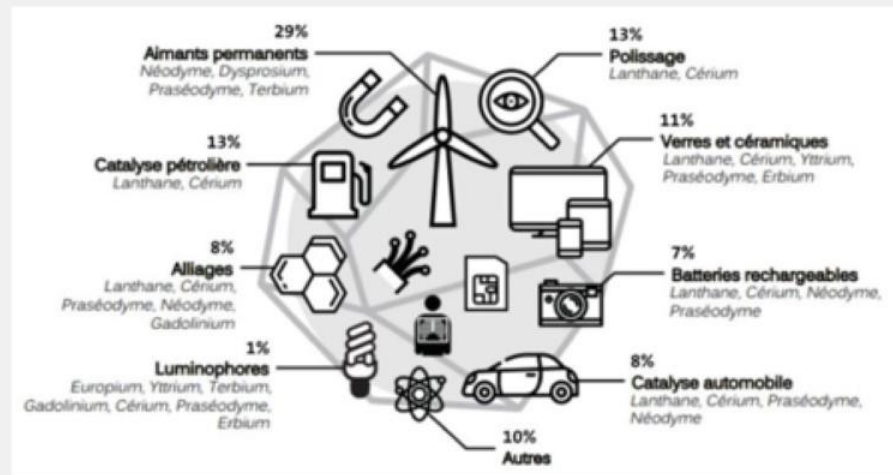


(Source : Lumière de l'œil, musée des éclairages anciens).

- En 1891, le chimiste autrichien Carl Auer von Welsbach invente le manchon incandescent moderne nommé bec Auer.
- Il est utilisé pour l'éclairage au gaz de ville, par exemple pour l'éclairage public.
- La candoluminescence est produite grâce à un mélange de thorium (qui n'est pas une terre rare) et de cérium.

Des applications aujourd'hui multiples

- Les terres rares sont présentes dans de nombreux objets et procédés industriels.
- Parmi les applications industrielles, les aimants représentent une part croissante de la consommation de terres rares.



Part des terres rare consommées par type d'application industrielle (Source : BRGM, 2022)




(Source : CENT/ crédits Mark Hobbs)

Combien de terres rares dans ... ?



3g

Un smartphone



1,2kg à
3,5kg

Une voiture électrique



200kg /
MW

Une éolienne*



Chiffres issus du dossier "Ressources minérales, les terres rares", BRGM, 2022

* Constituée d'aimant permanent

Les terres rares, au coeur de la transition énergétique

- Les terres rares sont identifiées comme très importantes pour la transition énergétique dans deux domaines : l'éolien et la mobilité électrique.
- Les aimants dit permanents employés dans ces domaines sont composés de néodyme (29 à 32% / kg d'aimant) et le dysprosium (3 à 6%/kg) et dans une moindre mesure de terbium et le praseodyme.

Critical mineral needs for clean energy technologies

	Copper	Cobalt	Nickel	Lithium	REEs	Chromium	Zinc	PGMs	Aluminium*
Solar PV	●	○	○	○	○	○	○	○	●
Wind	●	○	●	○	●	●	●	○	●
Hydro	●	○	○	○	○	●	●	○	●
CSP	●	○	●	○	○	●	●	○	●
Bioenergy	●	○	○	○	○	○	●	○	●
Geothermal	○	○	●	○	○	●	○	○	○
Nuclear	●	○	●	○	○	●	○	○	○
Electricity networks	●	○	○	○	○	○	○	○	●
EVs and battery storage	●	●	●	●	●	○	○	○	●
Hydrogen	○	○	●	○	●	○	○	●	●

Notes: Shading indicates the relative importance of minerals for a particular clean energy technology (● = high; ● = moderate; ○ = low), which are discussed in their respective sections in this chapter. CSP = concentrating solar power; PGM = platinum group metals.

* In this report, aluminium demand is assessed for electricity networks only and is not included in the aggregate demand projections.

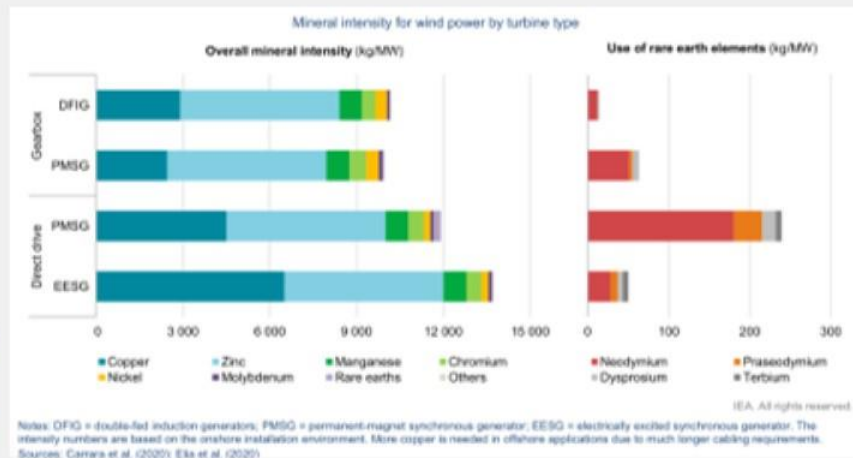


(Source : EuroMag)

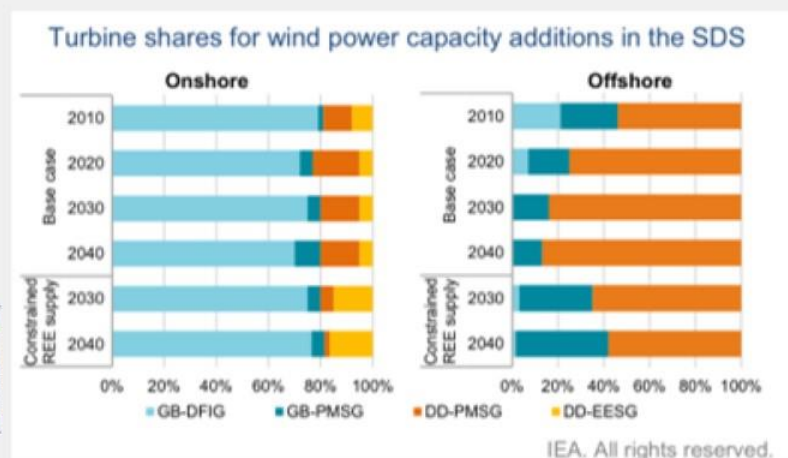
Les aimants permanents NdFeB (Néodyme-Fer-Bore) sont aujourd'hui les aimants les plus performants.

La consommation de terres rares dans l'éolien dépend de la technologie de turbine employée

- Toutes les éoliennes n'emploient pas d'aimants permanents, donc des terres rares.
- Dans l'éolien terrestre, seulement 3% du parc Français est équipé d'aimants permanents.
- La consommation de terres rares diffère d'une turbine à l'autre.
- L'enjeu réside dans l'éolien offshore qui fait appel à un type de turbine plus consommateur de terres rares (technologie PMSG).



(Source : AIE)



(Source : AIE)

Terres Rares dans la mobilité électrique et perspectives R&D pour la filière des aimants permanents

- Les batteries des véhicules électriques ne consomment presque pas de terres rares à l'exception des batteries nickel-hydrure métallique (Ni-MH) progressivement remplacées par des batteries lithium-ion.
- Aujourd'hui, 90% des véhicules électriques (qui représentent 1% du marché de l'automobile) dans le monde sont équipés d'aimants permanents.
- De nombreux projets de R&D visent à se passer des terres rares dans l'éolien et l'automobile.



En 2019, la société GreenSpur testait sa turbine à aimant dépourvu de terres rares. Leur projet de R&D vise le développement d'une turbine de 20MW
(Source : GreenSpur)



Données économiques



Production

Panorama du marché des terres rares dans le monde en 2021



Production:

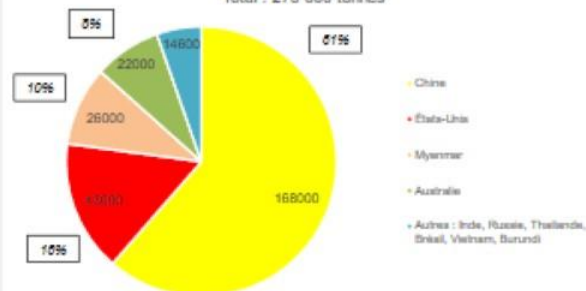
- **Chine:** premier producteur mondial, régulée par des quotas de production par région et par producteur qui ont augmenté de 20% entre 2020 et 2021 pour s'élever à 168 000 oxydes de terres rares.
- **Etats Unis:** deuxième producteur mondial, avec la reprise de la mine de Mountain Pass en Californie par l'opérateur MP Materials, extensions de capacités prévues à partir de 2023.
- **Myanmar:** source notable de terres rares lourdes depuis 2018, importée essentiellement par la Chine
- **Australie:** la société australienne Lynas est la principale entreprise occidentale de production et de raffinage de TR avec sa mine de Mount Weld.

Complexes métallurgiques de traitement et de séparation:

- **Situation actuelle:** presque 90% en Chine, 10% en Malaisie
- **Terres rares lourdes:** installations de séparation uniquement en Chine actuellement
- **Terres rares légères:** en 2021, près d'une dizaine d'usines métallurgiques était en construction, notamment en Australie, aux Etats-Unis, au Canada et en Europe

Un marché dominé aujourd'hui par la Chine...

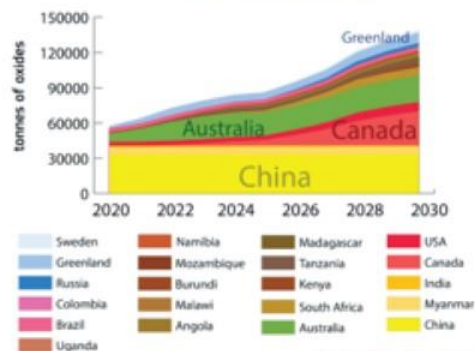
Production minière de terres rares en tonnes en 2021
Total : 273 600 tonnes



Source: Statista, Principaux pays producteurs de terres rares dans le monde

... qui pourrait voir apparaître de nouveaux acteurs

Projection de la production globale pour le néodyme, le praséodyme, le dysprosium et le terbium



Source: JRC (see Annex 1 for further information)

Note: la production future de la Chine étant inconnue, on la considère constante sur la période

Consommation

La consommation de terres rares augmente depuis les années 1970...

+2,7% Taux de croissance annuel sur les 50 dernières années

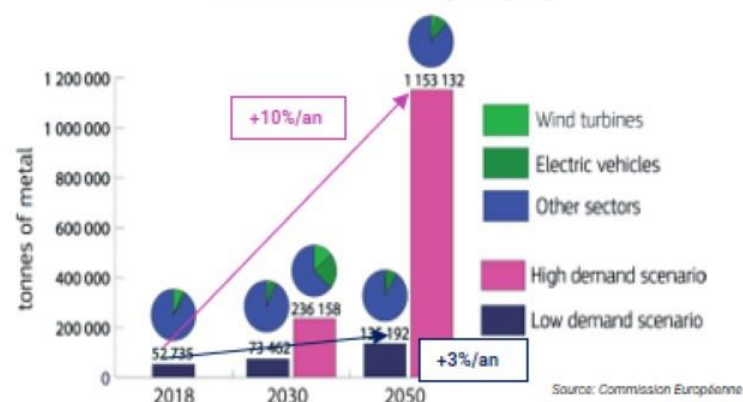
1
=
2500

1 génération va consommer autant de terres rares que les 2500 générations précédentes (Olivier Vidal, chercheur CNRS)

... mais des incertitudes demeurent sur l'ampleur de cette augmentation en fonction des scénarios de demande mondiale

Pour toutes les applications

Projections de demande globale pour le néodyme, le praséodyme, le dysprosium et le terbium* par scénario de la Commission Européenne (2020)



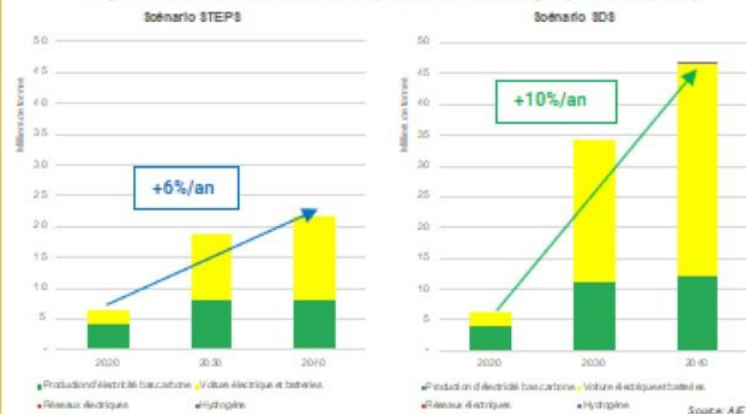
Hypothèses:

- Low demand scenario** : +2,7°C, réduction d'émissions CO2 de 64% en 2050; allongement durée de vie éoliennes et voitures électriques, moindre usage de certains matériaux, faible demande d'aimants permanents
- High demand scenario** : +1,5°C, neutralité carbone en 2050; 100% d'énergie primaire renouvelable, peu d'améliorations technologiques, forte demande d'aimants permanents

*: représentant 90% de la valorisation de marché des terres rares, utilisés pour produire les aimants permanents

Pour les technologies de la transition énergétique

Projections de demande de terres rares pour la transition énergétique de l'AIE (2022)



Hypothèses:

- Stated Policies Scenario (STEPS)**: +2,6°C, reflète les mesures réellement mises en place par les gouvernements, ainsi que les initiatives politiques en cours d'élaboration; capacités PV et éoliennes x2, vente de voitures électriques x9
- High demand scenario**: +1,7°C, neutralité carbone en 2070, illustration des Accords de Paris; capacités PV et éoliennes x3, vente de voitures électriques x25

Focus sur le néodyme



Scénarios AIE

2040 STEPS SDS

Demande 2020: 33 kt
 x2 70 kt
 x3 90 kt

% de la demande pour les technologies propres 2020: 15%
 25% 40%

Eolien en mer

Pourrait représenter 6% de la demande de néodyme en 2030, si 120 GW sont installés (ADEME)

Prix

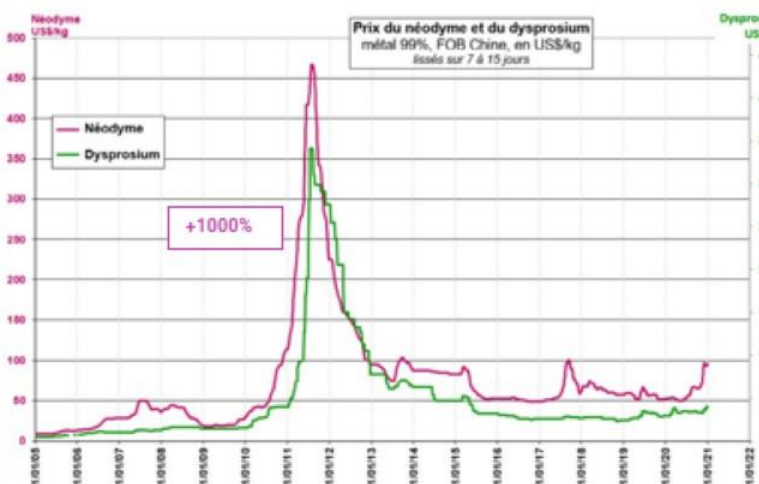
La formation des prix sur le marché des terres rares

Un marché de gré-à-gré... les prix des terres rares sont établis par négociation directe de contrats entre producteurs et transformateurs ou utilisateurs. Ils ne sont donc pas cotés en bourse, les échanges demeurent donc relativement opaques en termes de volumes et de prix.
... avec une grande disparité de prix entre les terres rares légères, plutôt abondantes, et les terres rares lourdes réservées à des applications de niche du fait de leur rareté sur le marché : les prix du lanthane (La) et du cérium (Ce) s'établissent aux alentours 5 \$/kg, tandis que les plus chères, dont le terbium, peuvent dépasser 1 000 \$/kg.

Un enjeu de coûts et de viabilité économique

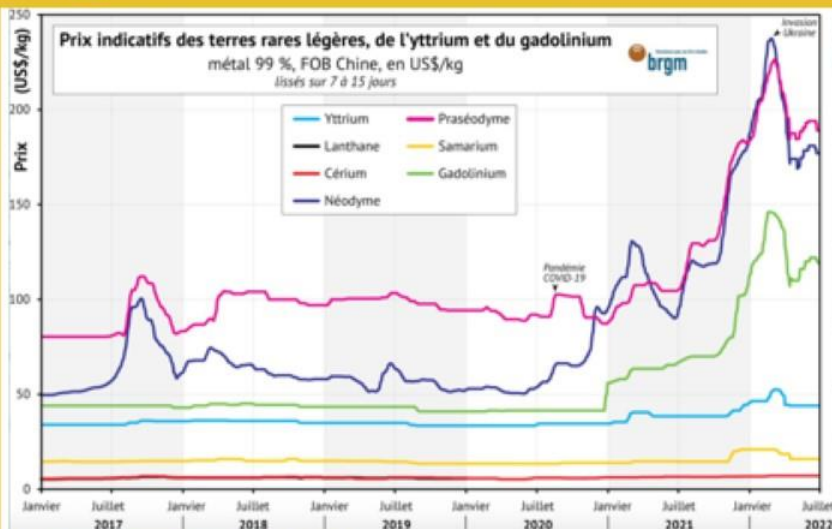
Certaines terres rares sont extraites ensemble et séparées ensuite. Le lanthane et le cérium font partie des plus abondantes et sont extraites en quantités plus importantes que leur demande sur le marché, ce qui représente un coût supplémentaire d'extraction et de traitement.

Les mouvements de prix des terres rares sont principalement régis par les événements du marché intérieur chinois



Evolution des prix du néodyme et du dysprosium sur 15 ans. © BRGM

Crise des quotas 2010: embargo sur les terres rares destiné au Japon en 2010 et abaissement des quotas d'exportation dans le monde en 2011, par la Chine, ce qui a provoqué une flambée soudaine des cours, notamment du néodyme.



Fort mouvement haussier en 2021:

- Faible niveaux de stocks des producteurs d'aimants chinois face à la reprise post-Covid
- Demande supplémentaire d'aimants permanents en Chine avec une nouvelle norme d'efficacité énergétique pour les moteurs électriques

2,2 Mds de \$

Taille du marché des terres rares en 2020

90%

Part de la valorisation de marché de néodyme, du praseodyme, du dysprosium et du terbium, utilisés pour produire les aimants permanents



Géopolitique

Les terres rares : criticité géologique ou marché menacé ?



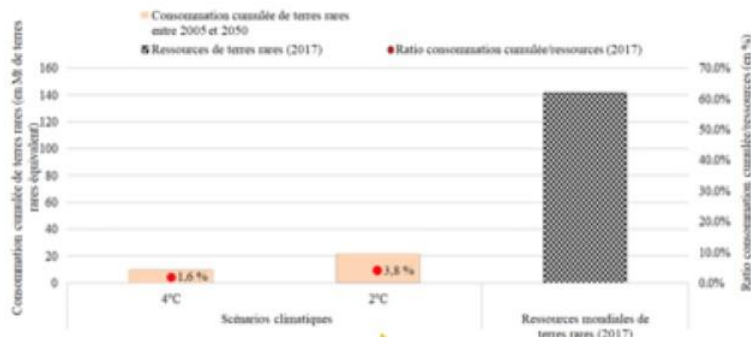


Etat des lieux



- **Les terres rares : vitamines de l'industrie moderne**
 - AIE --> terres rares éléments clefs pour la transition
 - Accroissement de la demande des pays du Nord et du Sud
- **Absence de criticité géologique**
 - Concentration dans la croûte terrestre supérieure à celle de l'or ou de l'argent
 - Terres rares lourdes : moins concentrées
- **Une rareté induite par leur exploitation**
- **Un sujet éminemment géopolitique**
 - Une nouvelle définition de la puissance dans le cadre de la transition énergétique ?
 - Peut-on s'en remettre à la Chine concernant des matériaux si stratégiques ?
 - Doit-on développer ces filières en Europe ? (Souveraineté et relocalisation de notre pollution)
- **La chine produit aujourd'hui 62% des oxydes de TR et en transforme la quasi-totalité des TR du marché.**

COMPARAISON ENTRE LA CONSOMMATION CUMULÉE DE TERRES RARES (2005 – 2050) ET LES RESSOURCES IDENTIFIÉES EN 2017

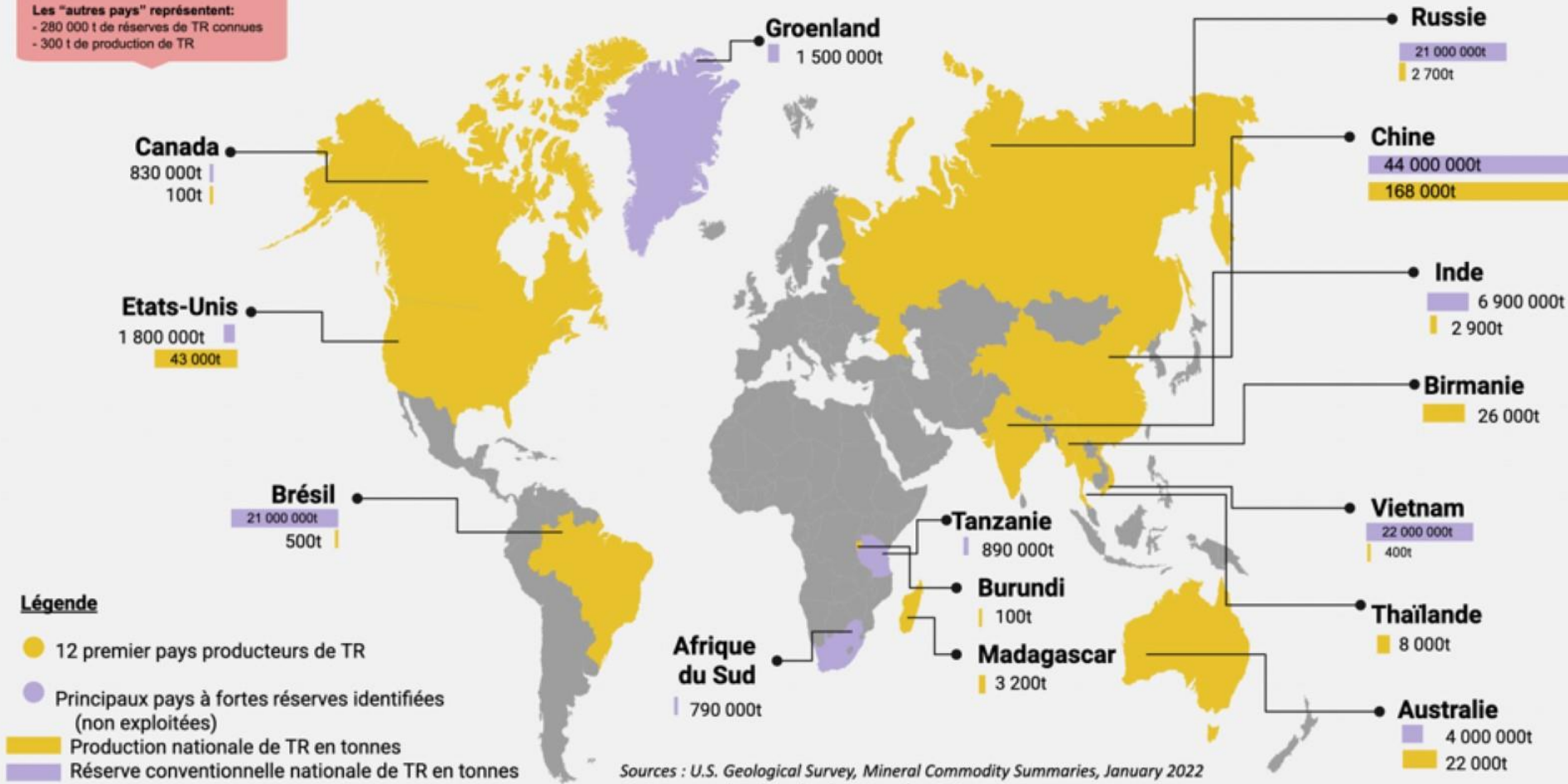


Graphique 1
Source : IEPEN

+ 25 600 GW en ENR

Production et ressources de terres rares en tonnes, en 2021

Les "autres pays" représentent:
- 280 000 t de réserves de TR connues
- 300 t de production de TR



Légende

- 12 premier pays producteurs de TR
- Principaux pays à fortes réserves identifiées (non exploitées)
- Production nationale de TR en tonnes
- Réserve conventionnelle nationale de TR en tonnes

Sources : U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2022
Carte conçue dans le cadre de cette présentation

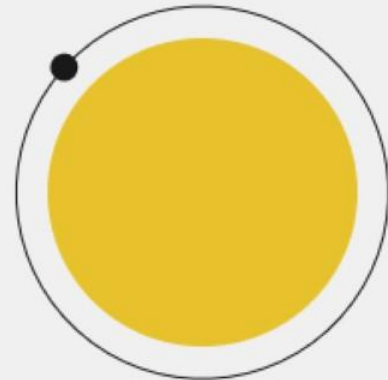


"Le Moyen-Orient a du pétrole, la Chine a des terres rares." (1992)

—Deng Xiaoping

Deng Xiaoping a quitté le pouvoir en 1989.

Message porté lors du "Voyage vers le sud" en 1992 pour souligner la volonté d'ouverture de la Chine, qui perdure et s'intensifie via les nouvelles routes de la soie.



Les évolutions du marché des terres rares

La montée en puissance de la Chine

Situation initiale :

Marché dominé par les Etats-Unis et l'Australie.
1965 : Etats-Unis = 50% du marché mondial

Dès les années 1980 :

Coût de l'exploitation (technique) + eau + pollution = ces pays se détournent de l'exploitation des terres rares.

La Chine premier producteur mondial

Dès 1988, s'impose en tant que leader sur le marché.

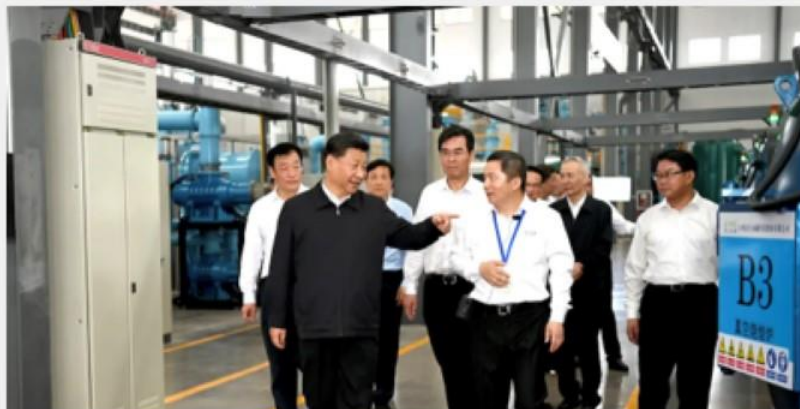
Une chaîne de valeur intégrée : extraction, transformation, produit intermédiaires.

Monopole et arme diplomatique

Politique des quotas

- 2010 : Incident / Japon, île Senkaku

- 2019 : Google attaque Huawei via le système d'exploitation Android -> Xi Jinping visite une usine d'aimants permanents dans le Jiangxi.



Vers de nouvelles perspectives ?

Mise au jour de la dépendance

- Dans les années 2010 : **La Chine leader absolu** (97% des extractions mondiales)
- "**Critical material strategy**" 2010, Obama
- Trump, 2017, Décret présidentiel pour "**Etat d'urgence sur les matériaux critiques**"
- **Investissements massifs** (*Defense Production Act*)
- **2ème producteur mondial d'oxydes de terres rares en 2021** (réouverture de Mountain Pass)
- La pérennité de Mountain Pass est menacée pour 2022



Caricature de Philip Ytornel en une du POLITIKEN quotidien Danois, au lendemain de la proposition de rachat du Groenland par D. Trump.

Réveil européen

- La "souveraineté énergétique" menacée ?
- Recensement des 30 matières critiques (2020)
- Publication d'un plan d'attaque "Raw material act" pour 2023
- **Premières perspectives :**
- Danemark : Groenland (Kvanefjeld)
- Afrique --> Burundi (Gakara) 2017, Afrique du Sud Explorations Malawi (21Mt), Gabon, Maroc, Algérie ...
- Pression sur l'UE : Sommet UE-UA 2020
- **Autres options plus contestées :**
- Moratoire sur l'exploration minière des fonds marins --> Japon --> Polynésie Française : 800 à 4000m de profondeur
- Arctique
- Lune, Mars



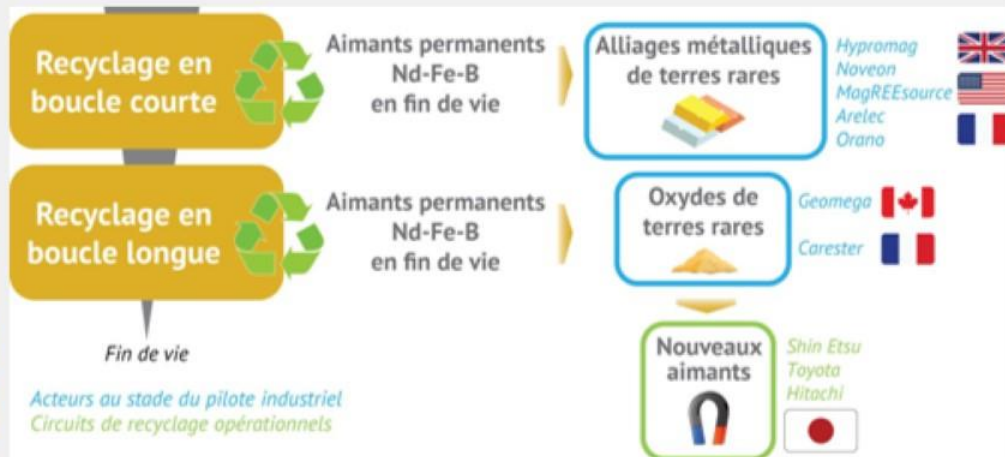
Recyclage et perspectives



Perspectives au recyclage



Le recyclage des aimants permanents Nd-Fe-B constitue un enjeu fort pour les années à venir
 Demande croissante & enjeu d'indépendance vis-à-vis de la Chine

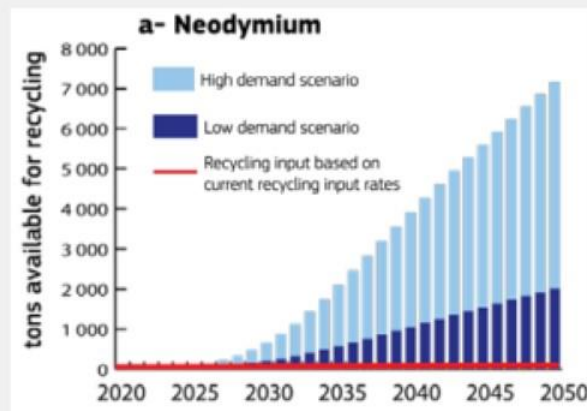


REEGain (Fonds EU)
REE4EU (EU Horizon 2020)



CARESTER
 Your partner for Rare Earths

**Lauréat
 France 2030**



Les filières de recyclage:

- VHU } Défis clés: collecte, détection des
- D3E } aimants, démontage puis séparation
- Eoliennes: en attente fin de vie (horizon 2035)

Résumons !




**Des métaux
stratégiques
aux propriétés
exceptionnelles**

**La Chine chef
d'orchestre des
Terres Rares**

**Une demande
exponentielle
dans les
scénarios de
transition**

**Des filières de
recyclage
encore à
développer**

D'autres alternatives pour la transition énergétique:

- Nouvelles mines (pour sortir de la dépendance de la Chine)
 - Réemploi (d'aimants permanents)
 - Substitution (par d'autres éléments communs)
- 
-

Bibliographie

Rapports & articles scientifiques :

Agence de l'Environnement et de Maîtrise de l'Énergie (ADEME), (2020), « Terres rares, énergies renouvelables et stockage de l'énergie », ADEME, Rapport Technique, Octobre 2020.

Agence Internationale de l'Energie (AIE), "The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions", *World Energy Outlook Special Report, 2022*, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>

Alves Dias, P., Bobba, S., Carrara, S., PLazzotta, Z., "The role of rare earth elements in wind energy and electric mobility", Joint Research Center, European Comision, 2020, 43p.

BRGM, (2017), « Dossier enjeux des géosciences : les terres rares », BRGM, Janvier 2017.

BRGM, "Les terres rares", *Dossier Enjeux des Géosciences, 2022*, <https://www.brgm.fr/fr/actualite/dossier-thematique/ressources-minerales-terres-rares>

Hache, Emmanuel ; Barnet, Charlène ; Seck, Gondia-Sokhna « Les terres rares dans la transition énergétique : quelles menaces sur les « vitamines de l'ère moderne » ? », *Les métaux dans la transition énergétique*, n° 3, IFPEN, Janvier 2021.

Hache, E., (2019), "Chine : de la pétro-diplomatie à la diplomatie verte", *Revue Internationale et Stratégique*, n°115, Automne 2019, pp.127-137.
<https://www.cairn.info/revue-internationale-et-strategique-2019-3-page-127.html>

Ngom, Abdoulaye. « Les terres rares d'Afrique, un potentiel recours pour l'Union européenne dans le respect du droit international », *Revue internationale de droit économique*, vol. xxxvi, no. 1, 2022, pp. 5-27.

IRIS, Observatoire de la sécurité des flux et des matières énergétiques (Juin 2022), « Rapport 12, La stratégie des Etats-Unis dans la géopolitique des métaux critiques » https://www.iris-france.org/wp-content/uploads/2022/10/OSFME_R12_La-strategie-des-Etats-Unis-dans-la-geopolitique-des-metaux_VF.pdf

U.S. Geological Survey, (2022), "Rare Earths Statistics and Information", USGS, <https://www.usgs.gov/centers/nmic/rare-earths-statistics-and-information>

Ressources en terres rares de l'Europe et du Groenland : un potentiel minier remarquable mais tabou ? (Charles et al. 2021)

[LANTHANE ET LANTHANIDES, État naturel - Encyclopædia Universalis](#)
[irc122671_the_role_of_rare_earth_elements_in_wind_energy_and_electric_mobility_2.pdf](#)
Techniques de l'ingénieur : Accès refusé ([techniques-ingenieur.fr](#))

Bibliographie

Sitographie

ADEME, "Les métaux : des ressources qui pourraient manquer?", *Infographies de l'ADEME*, <https://multimedia.ademe.fr/infographies/infographie-terres-rares-ademe/>

BRGM, Gaétan Lefebvre, "Le marché des terres rares en 2022: filières d'approvisionnement en aimants permanents", *Ecomine*, 2022, <https://www.mineralinfo.fr/fr/ecomine/marche-des-terres-rares-2022-filieres-dapprovisionnement-aimants-permanents#:~:text=Le%20prix%20du%20Tb%2C%20La,US%24%2Fkg%20en%202021>

L'élémentarium, terres rares <http://lelementarium.fr/product/terres-rares/>

Statista, "Principaux pays extracteurs de terres rares dans le monde de 2010 à 2021", *Statistiques Exploitation minière, métaux et minéraux*, 2022, <https://fr.statista.com/statistiques/570471/principaux-pays-producteurs-de-terres-rares/>

[Recyclage des terres rares : un projet européen piloté par l'IMC Krems - Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères \(diplomatie.gouv.fr\)](#)

[Nouveau procédé de Recyclage des Aimants Permanents | ANR](#)

[Les terres rares, et après ? | CNRS Le journal](#)

[Recycling rare earth elements from discarded electronics - Advanced Science News](#)

[Rare opportunity to recycle rare earths - Recycling Today](#)

[Terres rares : de la pénurie actuelle aux alternatives d'avenir même en course - Pure GP Race](#)

[Recycling Rare Earth \(cmctd.co.jp\)](#)

[Recyclage des Terres rares | ANR](#)

[Des éléments communs pour remplacer les terres rares | Technologie Média \(technologie-media.net\)](#)



Merci

CREDITS: This presentation template was created by **Slidesgo**, and includes icons by **Flaticon**, and infographics & images by **Freepik**

