

# La course aux métaux stratégiques : le nouveau défi des transitions énergétique et numérique et de la souveraineté économique européenne

**Yannick MENARD\*** et **Christophe POINSSOT\*\***

\*Directeur Adjoint – Direction des Ressources Minérales

\*\*Directeur Général Délégué

Bureau de **Recherches Géologiques et Minières (BRGM)**

# Des crises à répétition qui s'enchaînent de plus en plus vite ...

2010                      2020                      2021                      2022                      2023                      2024                      2025



Crise des terres rares



Pandémie du COVID



Evergreen bloque le canal de Suez

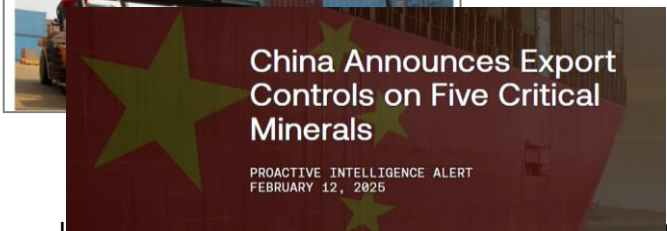
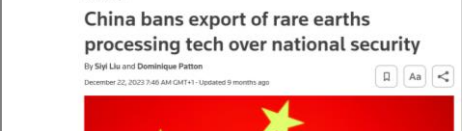
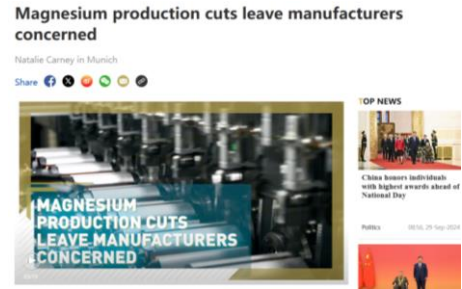


Guerre en Ukraine

Crise de l'énergie



UKTMP



A la recherche décomplexée de métaux critiques ...



Guerre au Kivu



# Sommaire

1. De la dépendance aux énergies fossiles à celles aux métaux
2. Quelques spécificités du marché des ressources minérales ?
3. Quelles solutions possibles pour sécuriser les approvisionnements ?

A person in a dark suit and tie is holding a glowing yellow lightbulb. The background is a dark blue cityscape at night. Overlaid on the image are various white icons: a sun, a wind turbine, a solar panel, a recycling symbol, a leaf, a corn cob, a gas pump, and a chemical structure. There are also blue and white hexagonal patterns and a blue bar chart with a white line graph. The overall theme is sustainable energy and technology.

# 1 – De la dépendance aux énergies fossiles à celle aux métaux

# Les besoins en ressources minérales sont et resteront en croissance ...

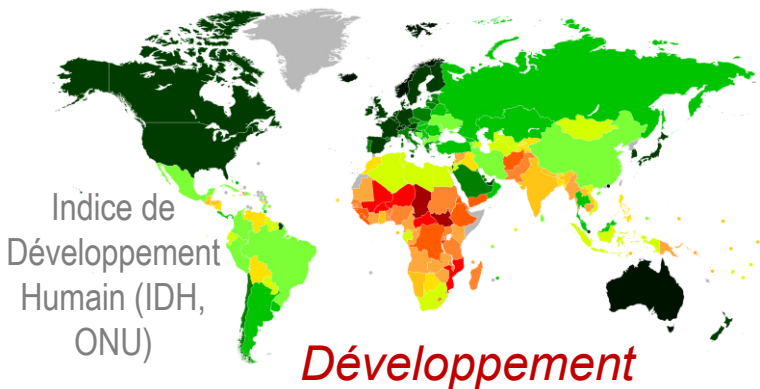
Net Zero Carbon



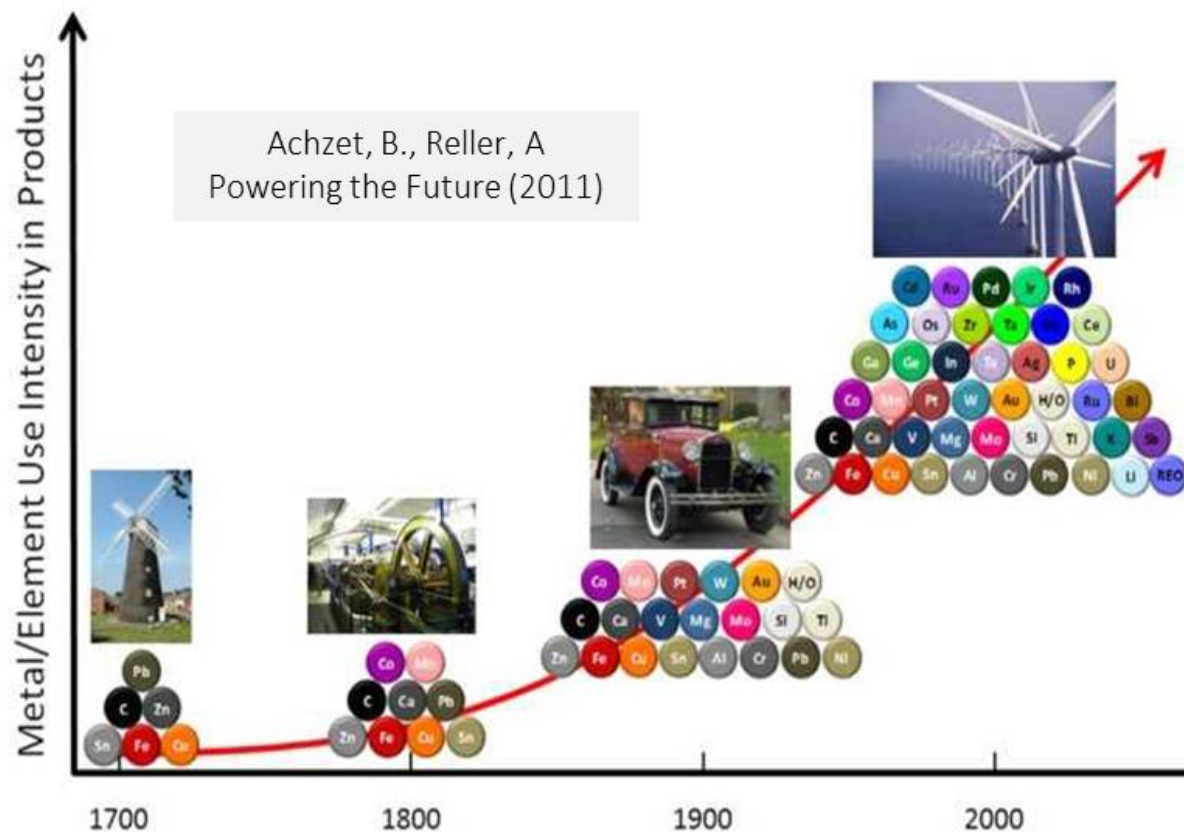
Transition énergétique et écologique



Transition numérique



- Technologies innovantes reposent sur des matériaux finalisés de plus en plus complexes → **quantité ↗**, **métaux mineurs ou rares ↗**, **exigences de pureté ↗**

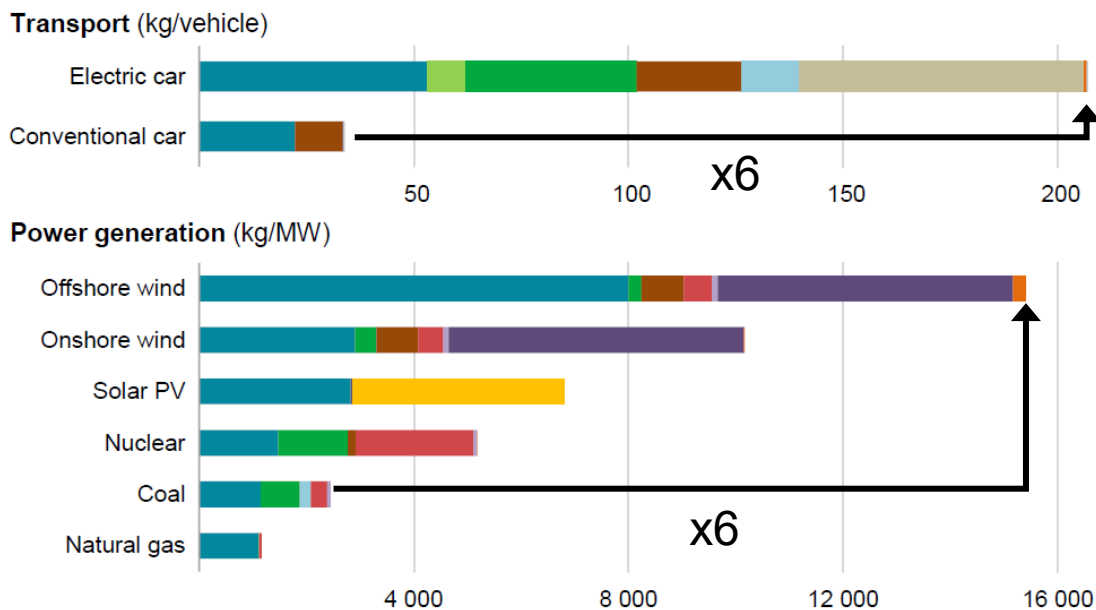


# Les nouvelles technologies bas carbone sont avides de ressources minérales

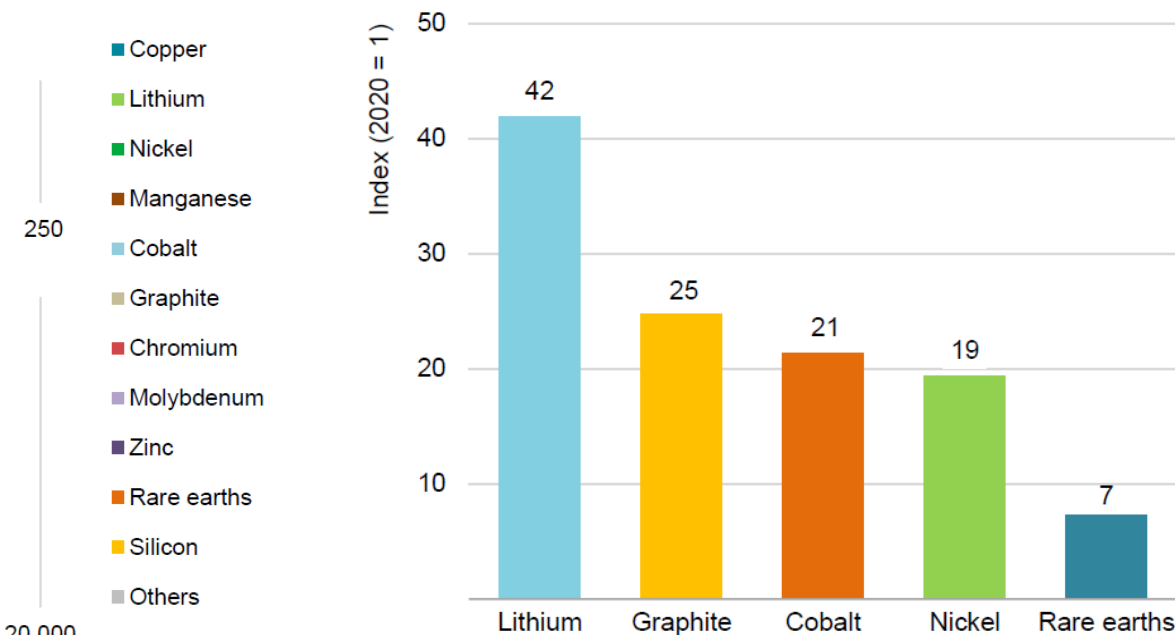
- Les nouvelles technologies bas-carbone sont fortement consommatrices de métaux
- Moyens de production et d'usages

- Forte augmentation des besoins en métaux
- Métaux "historiques" (Cu...) comme "nouveaux" (Li, Mn, Co...)

Minerals used in selected clean energy technologies



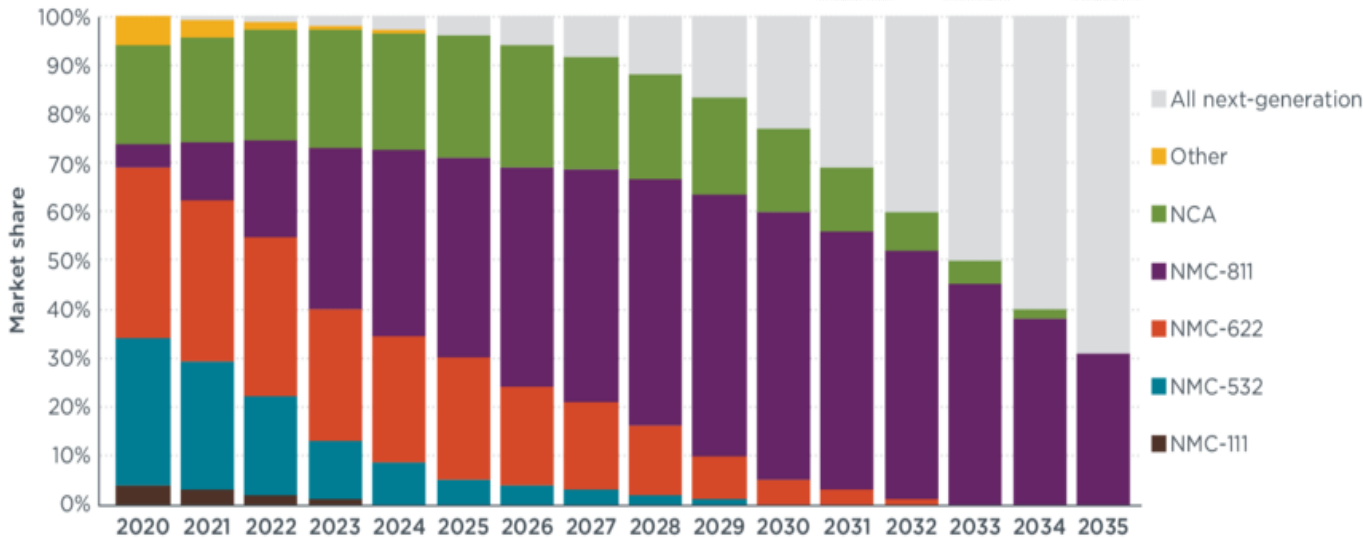
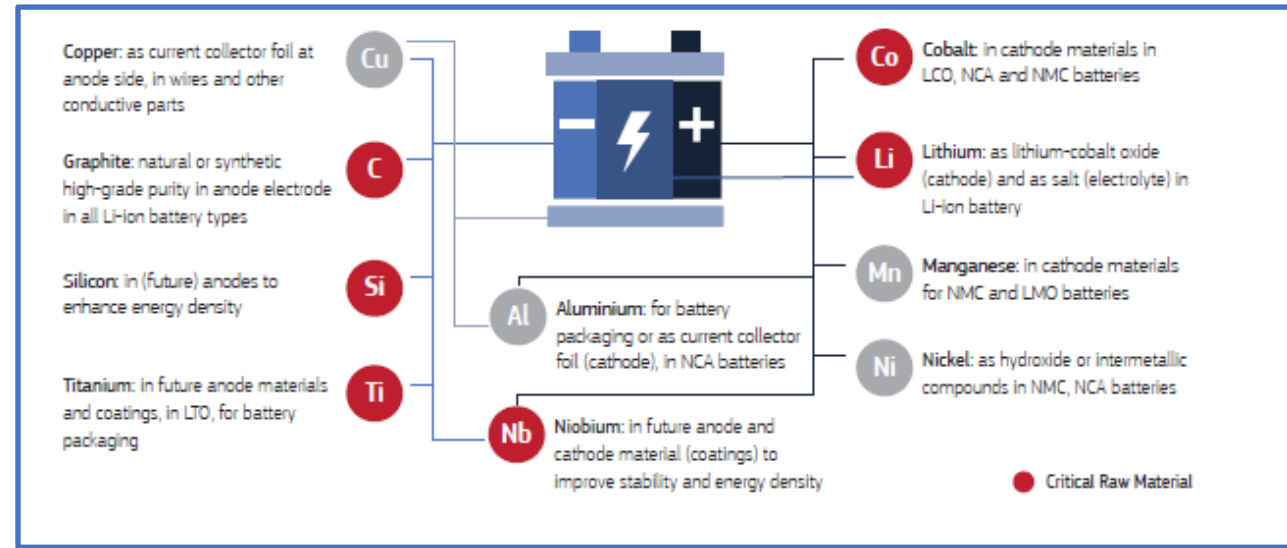
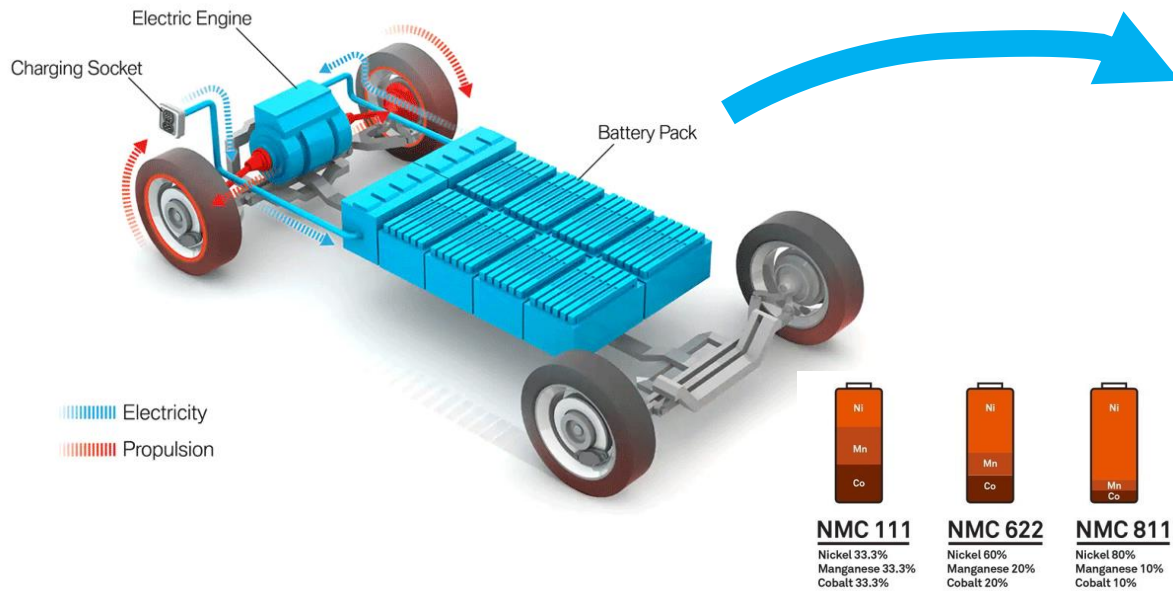
Growth of selected minerals in the SDS, 2040 relative to 2020



IEA. All rights reserved.

IEA. All rights reserved.

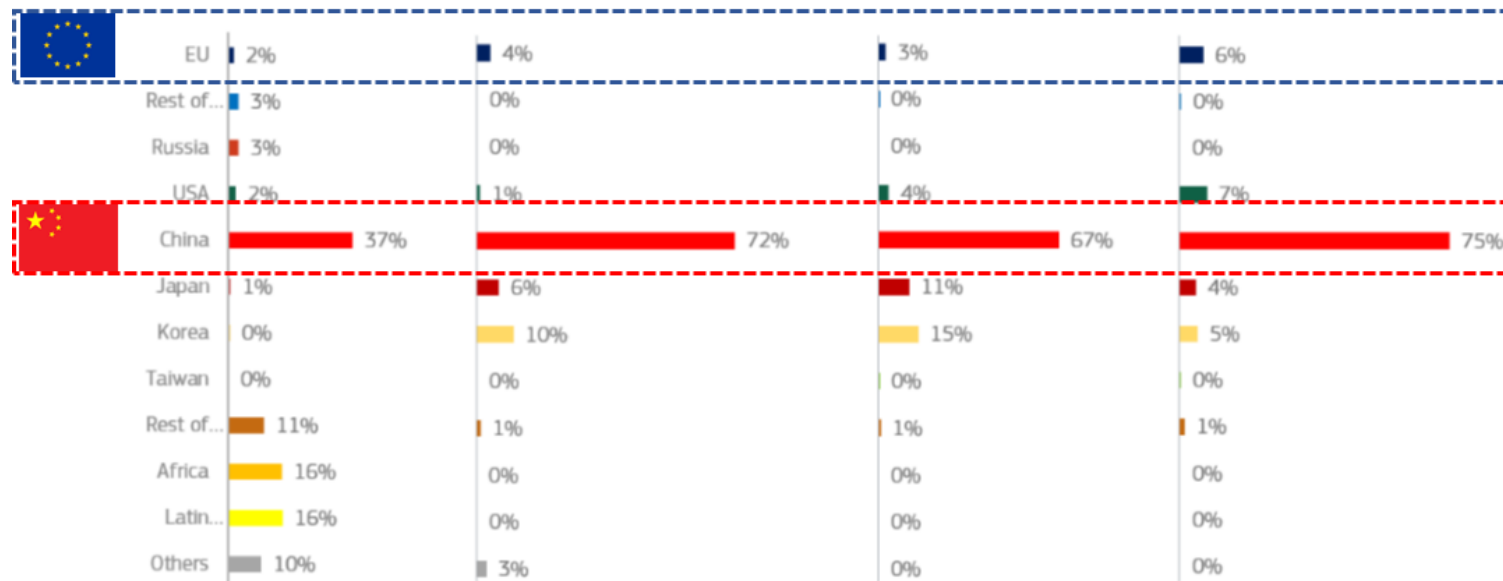
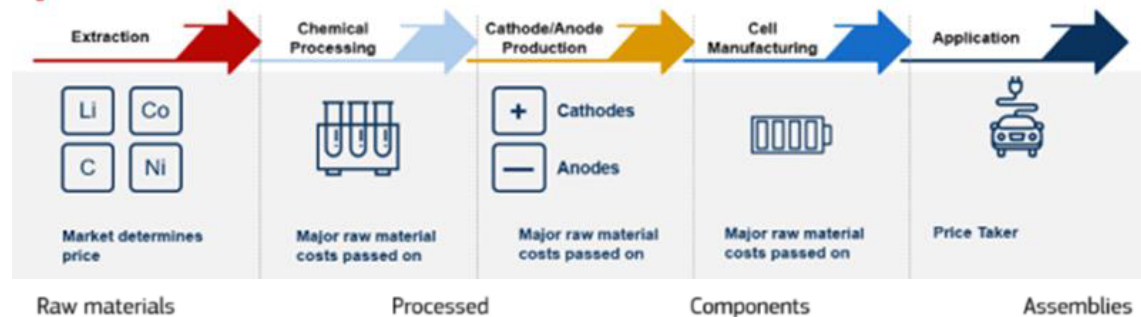
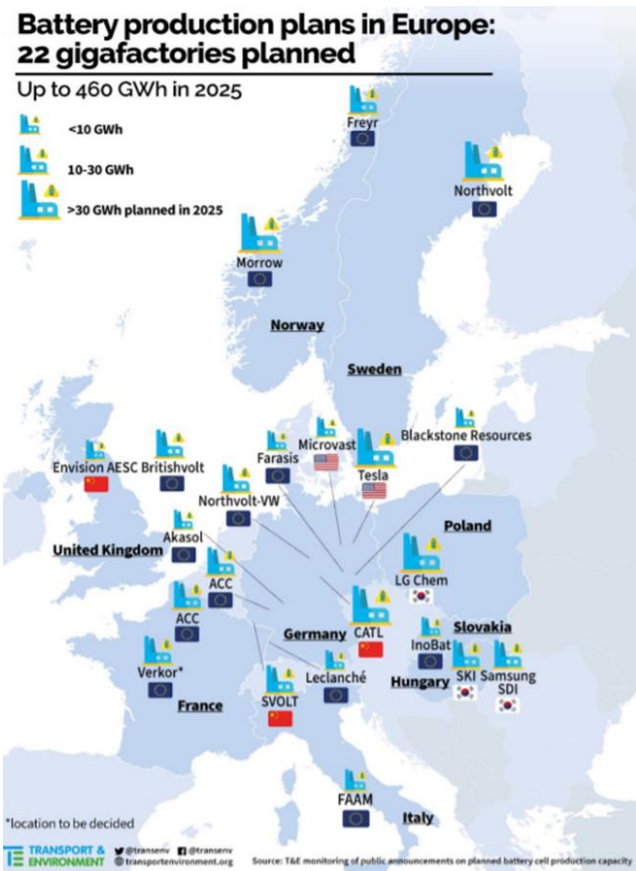
# Exemple emblématique : les batteries, un enjeu majeur en termes de ressources minérales



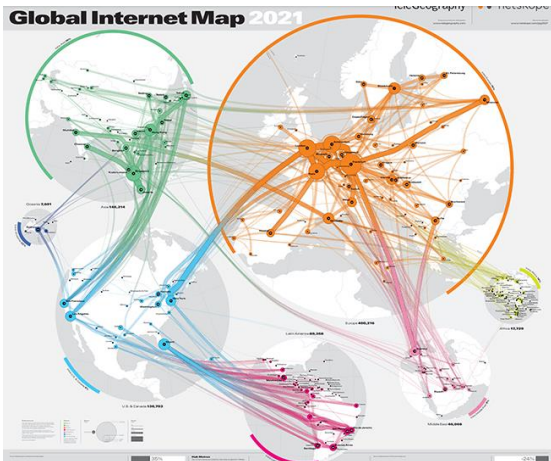
- Batteries = enjeu majeur pour la transition énergétique et souveraineté industrielle EU
- Technologies majoritaires à ce jour = Li-ion:
  - cathode Ni-Mn-Co + Li
  - anode graphite fonctionnalisé
  - Électrolyte = lithium
- Mais évolutions rapides des technologies → incertitudes sur les besoins en métaux

# Une chaîne de valeurs complexes où l'Europe est fortement dépendante

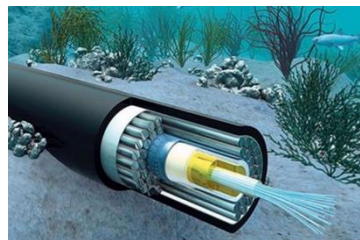
- Mobilisation EU pour reconquérir souveraineté → projets de gigafactories mais impact coût kWh??
- Nécessité de sécuriser les approvisionnements en amont ET développer les différents maillons de la chaîne de production d'équipements



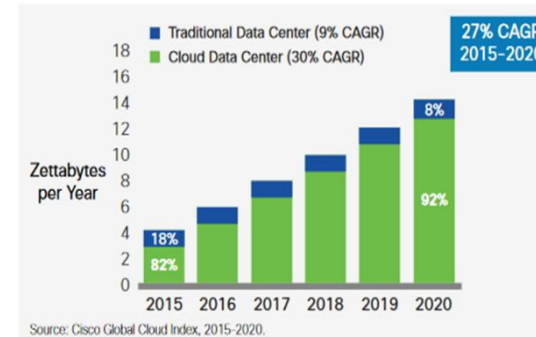
# Le monde numérique est un monde très riche en métaux



1 Internet est avant tout un réseau physique



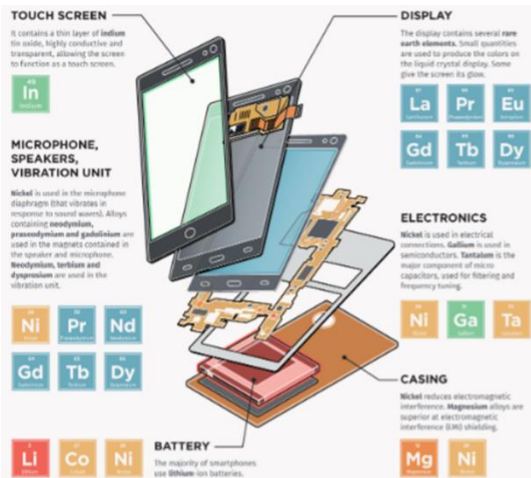
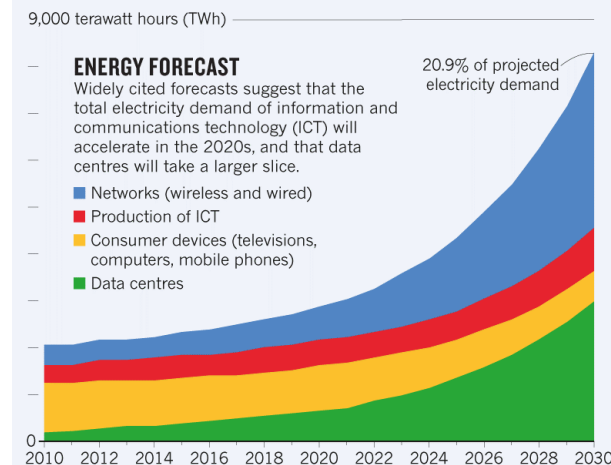
2 Quantité de données stockées explosent



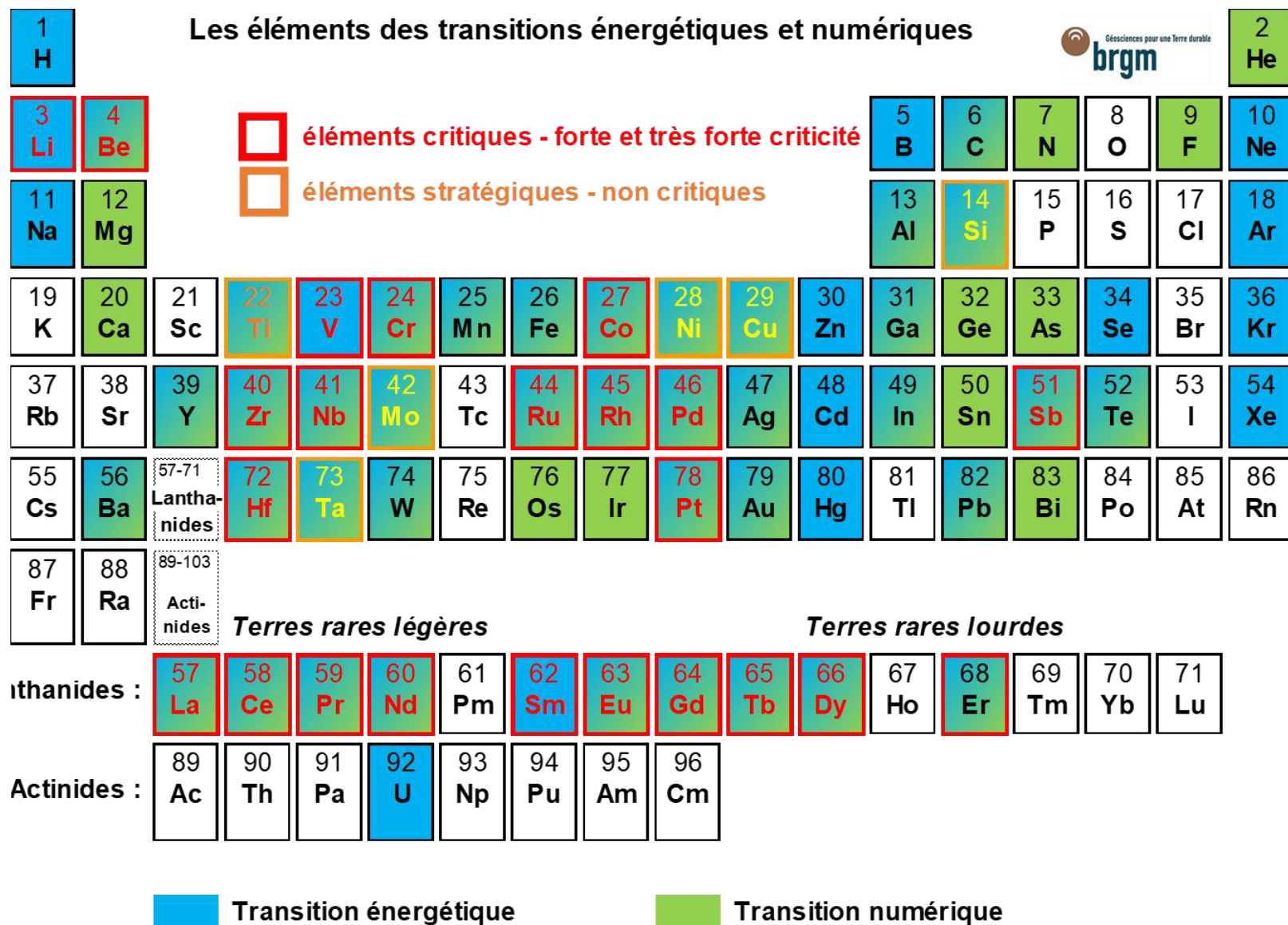
3 Objets connectés sont riches en métaux



4 Monde numérique consomme une part croissante d'énergie



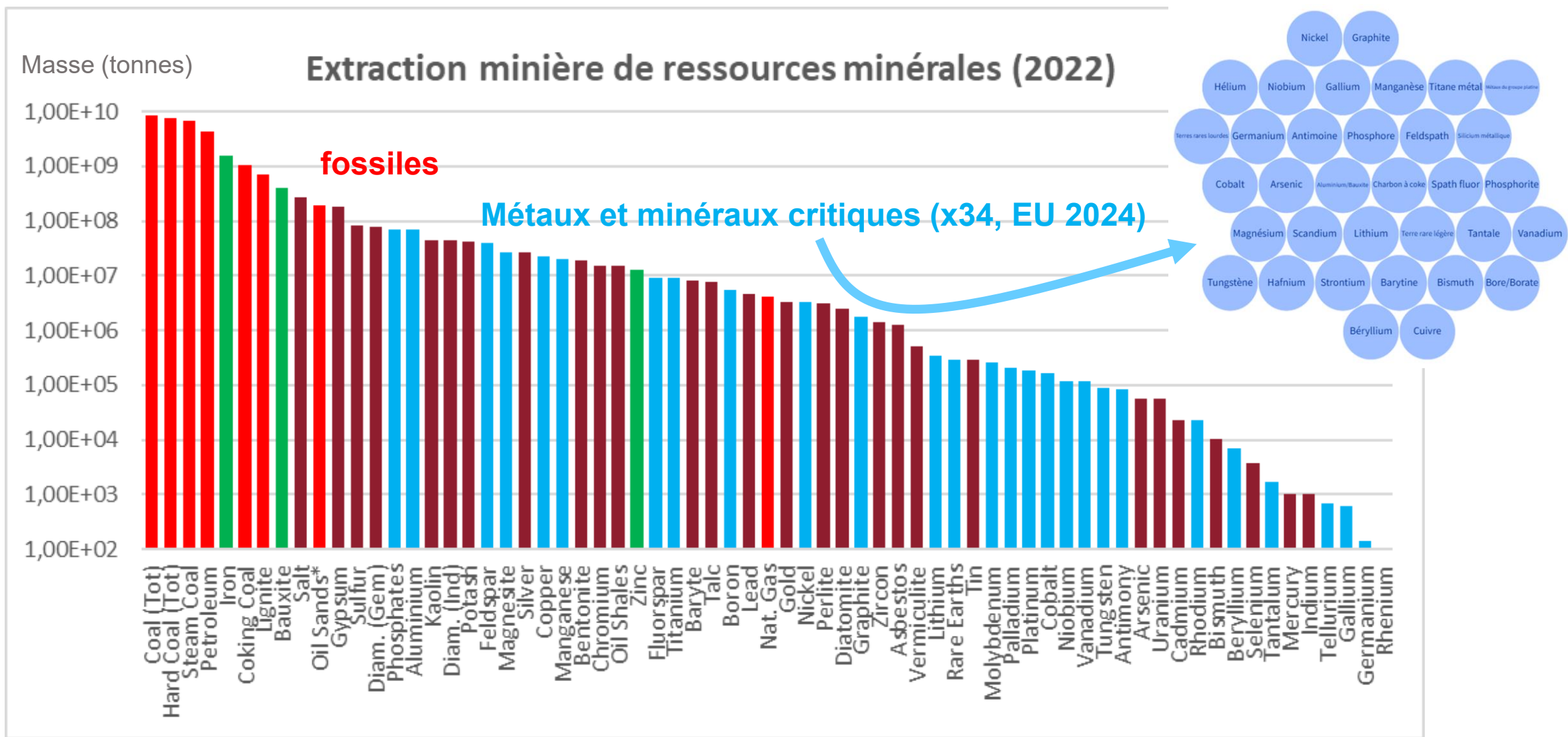
# Les transitions énergétiques et numériques mobilisent des ressources similaires



- **Diversité** : Très nombreux métaux nécessaires pour les énergies décarbonées et numériques
- **Quantité**: il faudra produire plus de ressources minérales d'ici 2050 que depuis le début de l'humanité, y compris pour les métaux majeurs
- **Conflit usage**: explosion de la demande va mettre les différents usages en concurrence

# Métaux critiques représentent malgré tout un faible % des ressources extraites du sous-sol

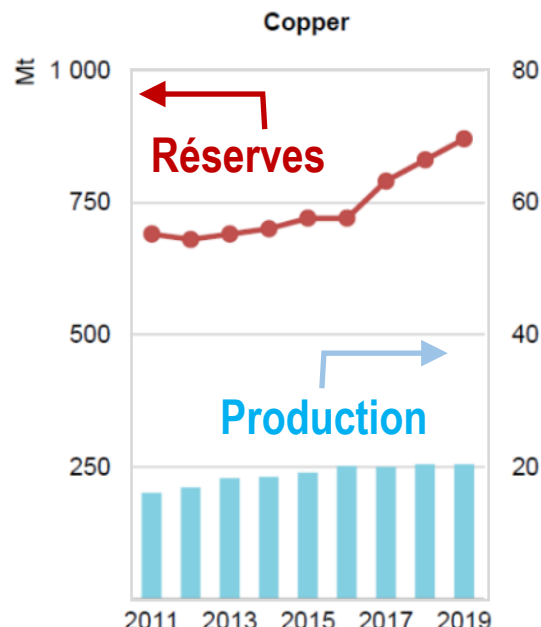
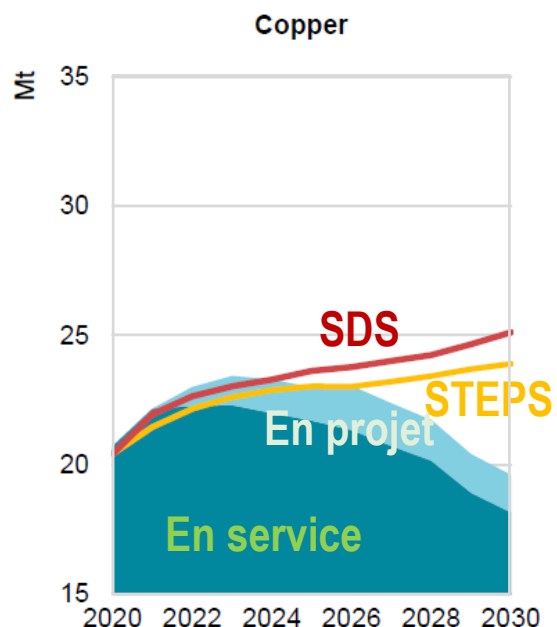
Ressources fossiles ~90% des ressources extraites, métaux critiques ~ 2%





## 2 - Quelques spécificités du marché des ressources minérales

## ① Ajustement de l'offre et de la demande



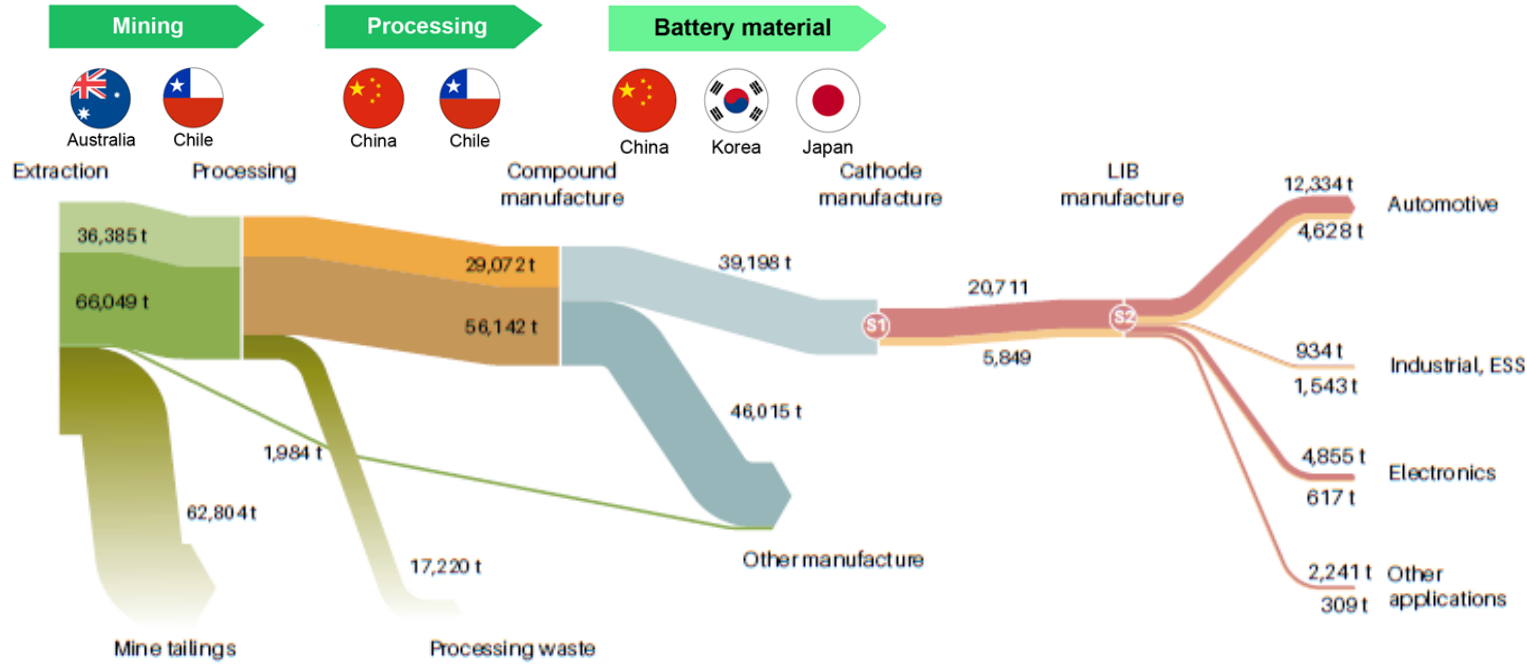
- Tension croissante et difficultés à répondre à la demande
- Réserves restent importantes mais difficiles à mettre sur le marché : gisements moins concentrés, time-to-market important, oppositions sociétales grandissantes ...

## ② Forte volatilité des prix



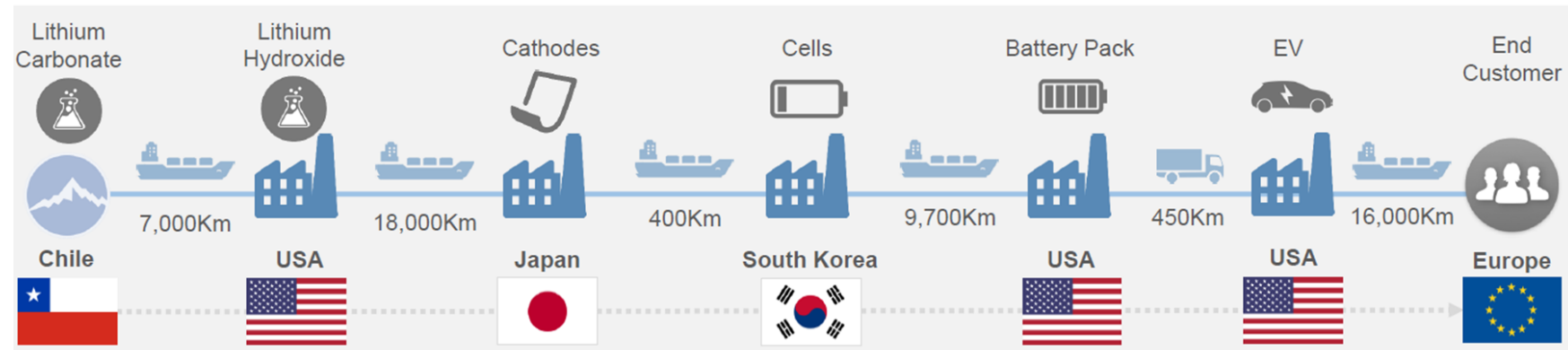
- Volatilité des cours → frein aux investissements et au déploiement de la transition énergétique
- réserves économiquement rentables dépendent mécaniquement des cours

# Maîtriser une chaîne d'approvisionnement requiert de maîtriser l'ensemble des étapes



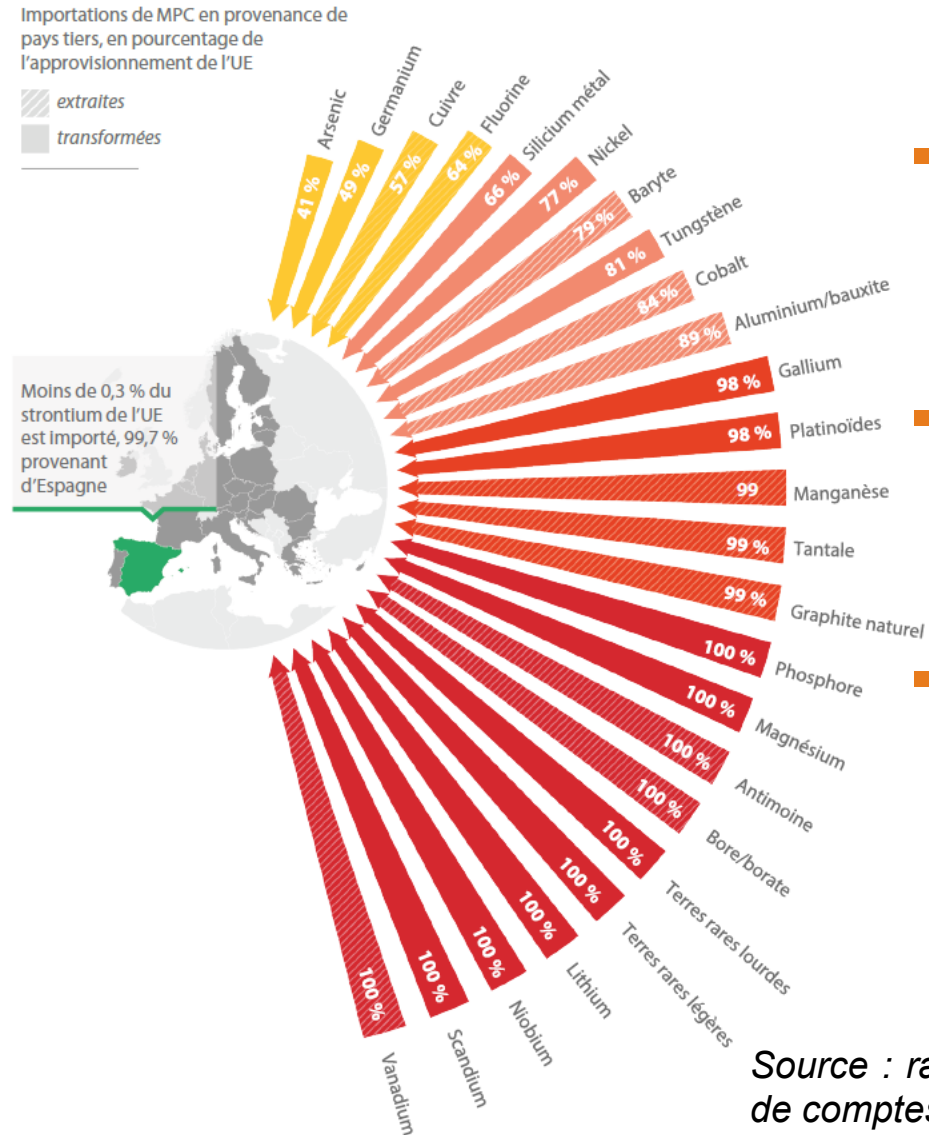
- **Chaîne d'approvisionnement** = succession d'étapes de traitement dépendantes de la nature du minéral
- Opérations supplémentaires souvent réparties dans différents pays → contrôle chaîne de valeurs peut se faire à tous les niveaux
- Chine a progressivement investi sur l'ensemble des maillons des chaînes de valeurs

The lithium inside your car travels more than **50,000km** before you even start driving\*



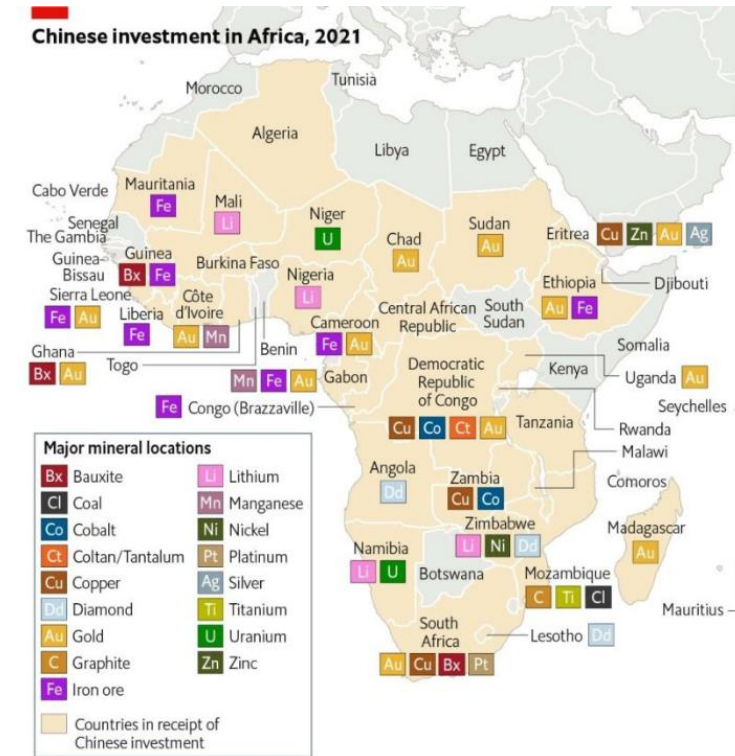


# La Chine a compris de longue date le rôle clé des ressources minérales dans les économies décarbonées



- Chine ⇔ **monopole** basé sur la maîtrise des étapes de transformation plus que sur la localisation des mines en Chine
- **Routes de la Soie** → accaparement des ressources et création de dépendances économiques
- **Désillusion** dans de nombreux pays → opportunités pour l'Europe et la France

Source : rapport spécial de la cour de comptes européenne 04/2026



Source : The Economist Intelligence Unit 2021



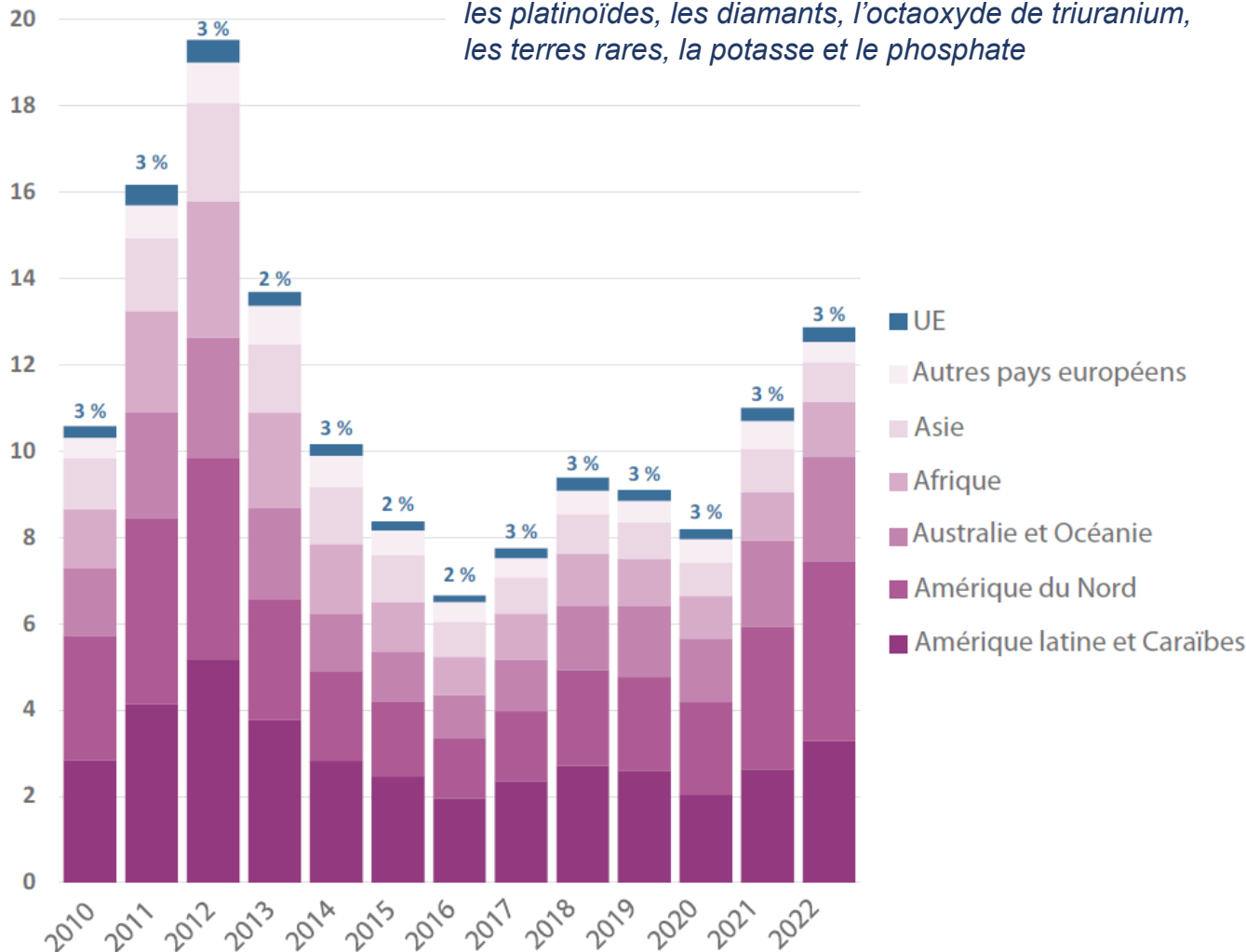
**3- Quelles solutions pour retrouver une nécessaire souveraineté minérale ?**



## ③ Développer une industrie minière EU responsable

- Les activités d'exploration sont peu développées et présentent des risques
- Les activités de transformation sont entravées par un manque de technologies et d'une diminution du nombre d'installations dans l'UE
- L'exploration, l'extraction et la transformation des matières premières critiques dans l'UE commencent seulement à être financées

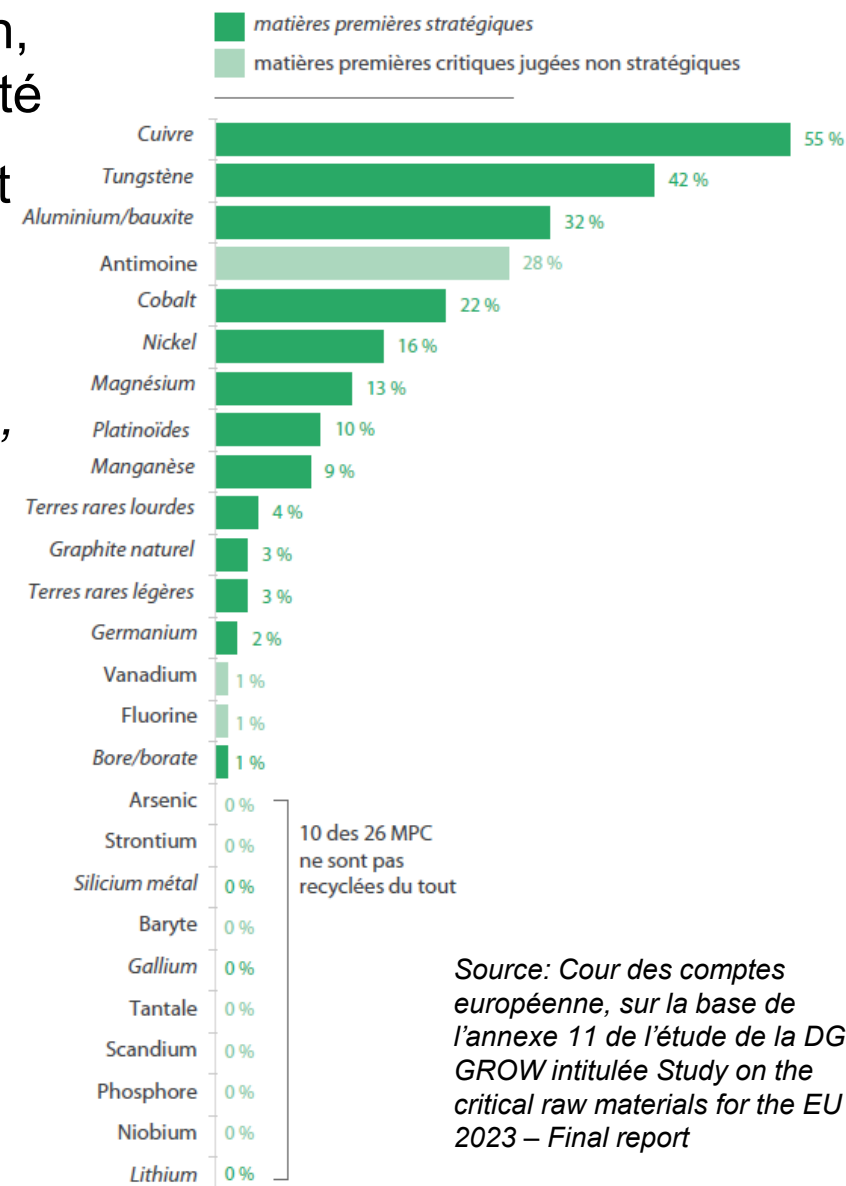
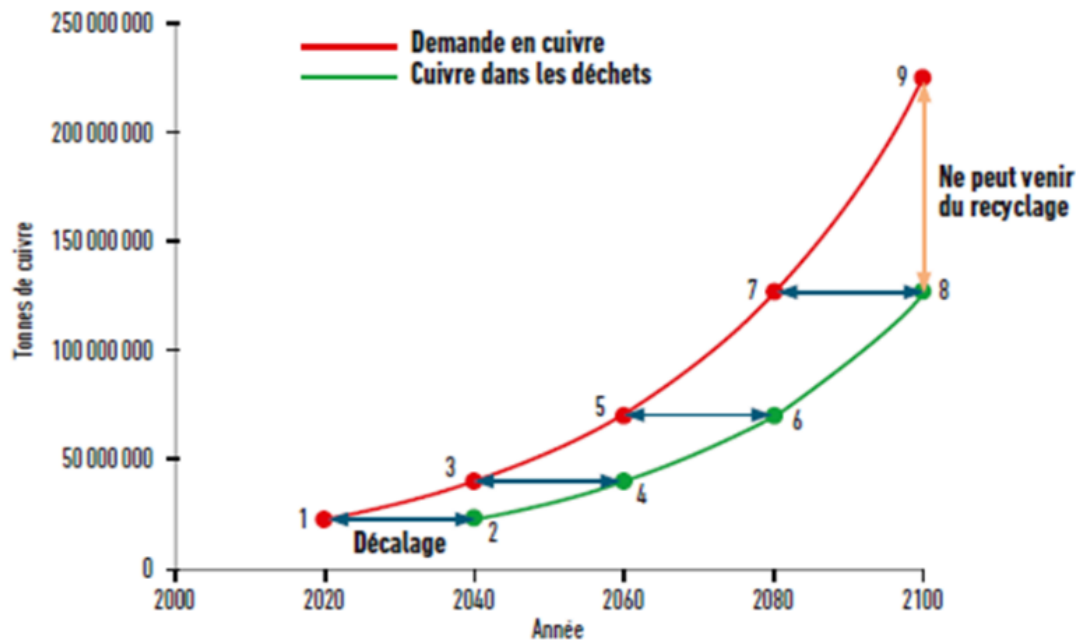
Budget consacré à l'exploration  
(milliards d'euros)



Source : rapport spécial de la cour de comptes européenne 04/2026

## ② Le recyclage, une nécessité et une opportunité qui ne répondra pas à la totalité de nos besoins

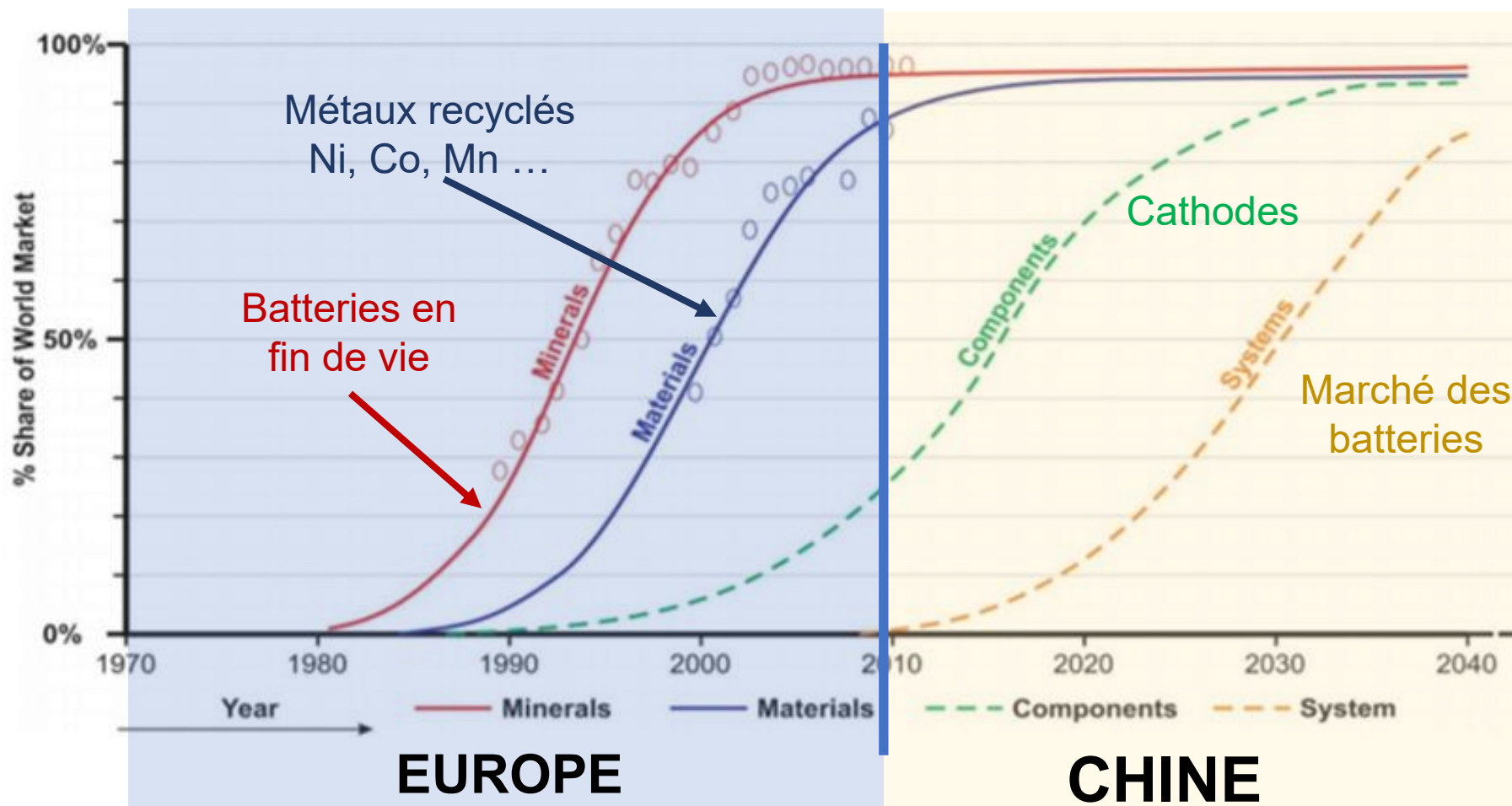
- Le recyclage est une **opportunité** à saisir en termes de relocalisation, de maîtrise industrielle, d'économie de la ressource et de souveraineté
- Nécessite une **industrie de transformation** nationale pour purifier et transformer les matières recyclées
- Impossibilité de couvrir 100% des besoins** (*croissance de la demande, difficultés de la collecte, limitation physique et énergétique, nouveaux besoins ...*) → **ne résoudra pas la question des approvisionnements**



Source: Cour des comptes européenne, sur la base de l'annexe 11 de l'étude de la DG GROW intitulée Study on the critical raw materials for the EU 2023 – Final report

## ② Le recyclage, maîtriser les chaînes de valeurs

- Aujourd'hui nous nous focalisons sur l'amont de la chaîne de recyclage
- La valeur ajoutée, relative aux dernières étapes de production, n'est pas produite en Europe
- L'économie n'est pas circulaire à l'échelle de l'Europe





## ② Le recyclage des métaux, acteurs industriels français



**1948** : construction d'une usine de production de Terres Rares  
**1962** : usine Péchiney-Saint Gobain  
⇒ Installation de batteries d'Extraction Liquide-Liquide  
**8 avril 2025** : inauguration ligne recyclage de terres rares pour aimants permanents

**Séparation et purification des Terres Rares**



- Grillage de concentrés de ZnS + recyclage de poussières d'aciéries électriques
- Lixiviation H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> / Electrolyse du zinc / Fusion -> LINGOTS

**Production de zinc et d'indium**

## ② Le recyclage des métaux, acteurs industriels français

- Piles et accumulateurs portables, batteries de véhicules électriques et hybrides



**Euro Dieuze Industrie: démantèlement et séparation**



**CEDILOR : traitement hydrométallurgique des « Black Mass »**



Recyclage par **pyrométallurgie** (NiCd, Zn/MnO<sub>2</sub>) mais mise en place d'une **unité pilote de traitement hydrométallurgique de batteries Li-Ion**

## ② Le recyclage des métaux, acteurs industriels français

- Batteries



Start-up qui a développé un **procédé innovant** de recyclage des batteries Li-Ion en fin de vie et des rebuts de production des « gigafactories »



**Mai 2023** : accord signé entre ORANO et le groupe XTC New Energy (spécialiste des matériaux de cathode pour batteries)

**2026** : **installation d'une usine de recyclage à Dunkerque** (recyclage de batteries Li-Ion et production Matériaux Actifs de Cathode (CAM) et de Précurseurs de Matériaux de Cathode (P-CAM))

<https://www.orano.group/fr/>

## ② Le recyclage des métaux, acteurs industriels français

- Batteries



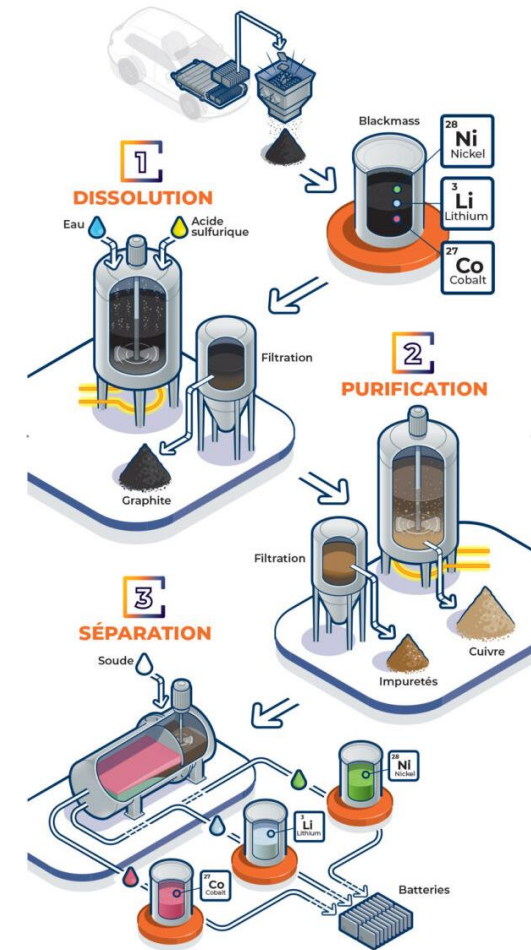
Projet RELIEVE

Recyclage des métaux (Ni, Mn, Co) contenu dans la blackmass des batteries Li-ion

Projet pré-industriel mis en suspens en attente d'un flux significatif de déchets à traiter

<https://www.orano.group/fr/>

### PROCÉDÉ DE RECYCLAGE DE BATTERIES LITHIUM-ION EN BOUCLE FERMÉE

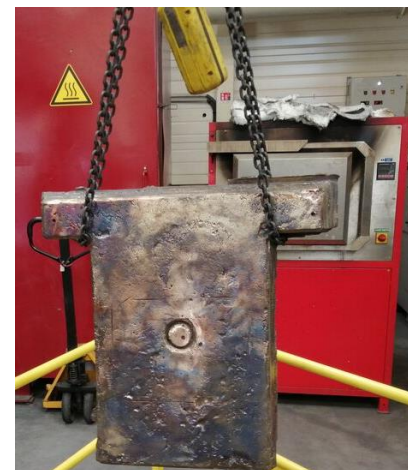


## ② Le recyclage des métaux, acteurs industriels français

- Déchets d'Équipement Électrique et Électronique (D3E)



Procédés mixtes  
**PYRO/HYDRO**



Production de **métaux précieux** sous forme métalliques (anodes, grenaille) ou sous forme de sels (chlorure, nitrate, cyanure...)

Ruthénium 44 <b>Ru</b>	Rhodium 45 <b>Rh</b>	Palladium 46 <b>Pd</b>	Argent 47 <b>Ag</b>	Platine 78 <b>Pt</b>	Or 79 <b>Au</b>
------------------------------	----------------------------	------------------------------	---------------------------	----------------------------	-----------------------

- Recyclage des capteurs ABBOTT (mesure de la glycémie des patients diabétiques)
- Recyclage de cartes électroniques (Data Centers)

⇒ Production de **Cuivre et concentrés de métaux précieux (Ag, Au et Pd)**

- Aimants permanents

### MagREEsources



Recyclage en boucle courte et fabrication additive, MagREEsources développe des capacités de fabrication pour produire des aimants frittés imprimés en 4D et haute performance (Noyarey, 38).

### CARESTER

Your partner for Rare Earths

**Projet CAREMAG** : recyclage des aimants permanents aux terres rares

- Démarrage de l'usine fin 2026 à Lacq (64)
- Produits valorisés : **Oxydes de Terres Rares purs (Nd, Pr, Tb, Dy)**
- Co-produits valorisés : borax et concentré de nitrate d'ammonium
- Investissement prévisionnel : 180 M€
- 92 emplois créés

<https://www.carester.fr/fr/caremag>

## ② Le recyclage des métaux, acteurs industriels français

- Aimants à terres rares et boues hydrométallurgiques



### Projet MAGNOLIA



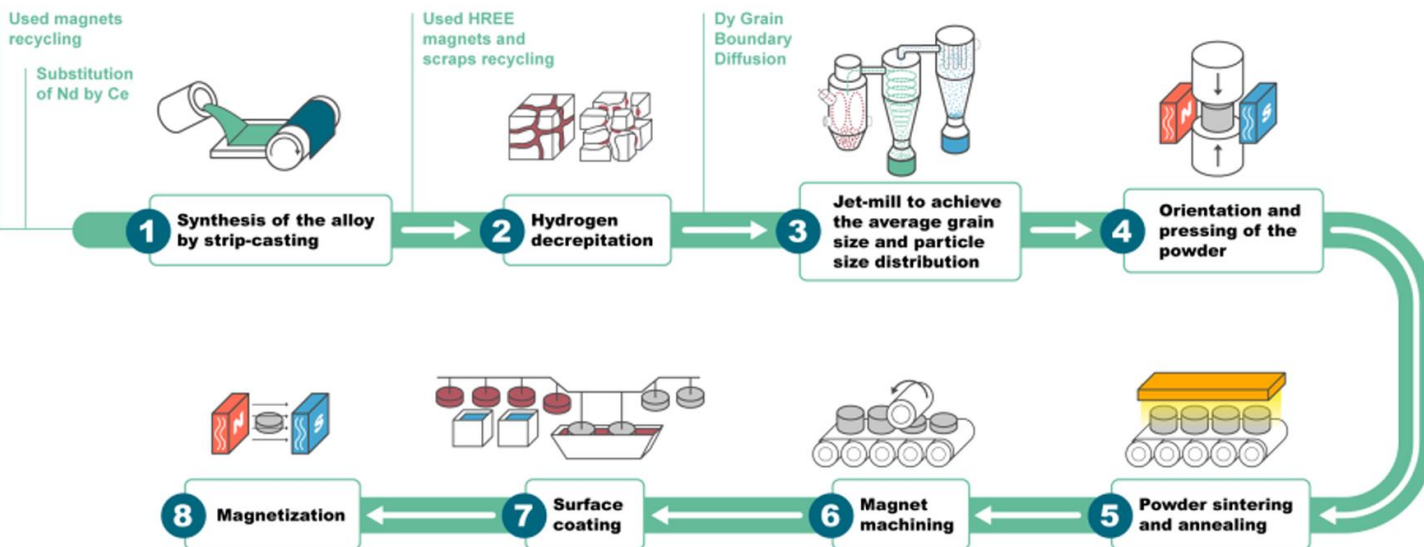
**HYDROMETAL**



Dunkerque (59)



Traitement hydrométallurgique de matières complexes chargées en zinc  
⇒ **Production de ZnO et de sels de zinc**



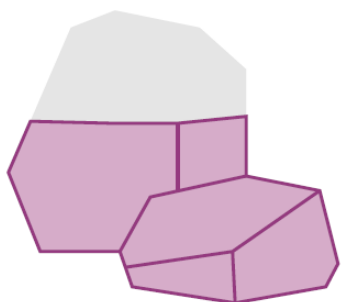
Recyclage d'aimants à terres rares en boucle courte par fusion, décrépitation H<sub>2</sub>, micronisation et frittage sous champ magnétique

# Une nouvelle législation européenne ambitieuse: EU Critical Raw Materials Act

- **Critical Raw Materials Act** : voté décembre 2023, applicable depuis mai 2024
  - Définit des cibles ambitieuses pour réduire les dépendances et augmenter la souveraineté
  - Inventaires nationaux des CRM, soutien aux projets industriels, réduction temps d'instructions...

## Diversifier les importations

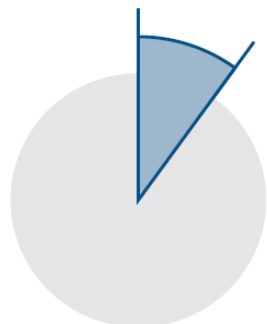
en limitant la dépendance de l'UE vis-à-vis d'un unique pays tiers à  $\leq 65\%$



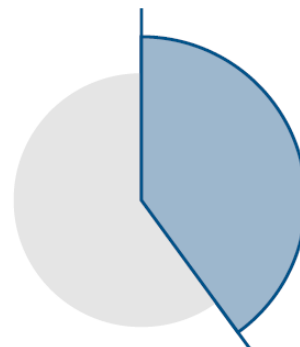
pour chacune des MPS

## Accroître la capacité de production intérieure de l'UE

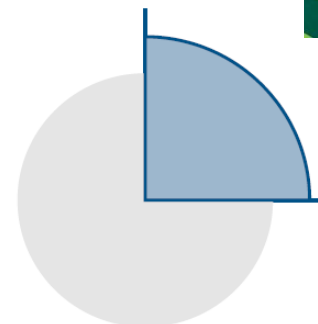
en extrayant au moins **10%**



en transformant au moins **40%**



en recyclant au moins **25%**



des MPS qui y sont consommées chaque année



Source : rapport spécial de la cour de comptes européenne 04/2026

# Enseignements principaux

- ❑ Transition écologique → besoin en ressources minérales ↗↗
  - Besoin en métaux liés aux énergies renouvelables (& batteries) car nucléaire peu gourmand
  - Passage d'une dépendance aux énergies fossiles à une dépendance aux ressources minérales  
→ **nouvelles dépendances et nouveaux risques géopolitiques**
- ❑ Malgré des réserves abondantes, l'industrie aura du mal à répondre à la demande
  - Risque majeur de rupture d'approvisionnement dans les prochaines années
  - Les trajectoires de décarbonation devront être adaptées et diversifiées (ex.véhicules électriques)
- ❑ Pour préserver notre indépendance, besoin de reconquérir une souveraineté industrielle via sécurisation des approvisionnements
  - Besoin de réinvestir les ressources présentes en EU : recyclage (indispensable mais insuffisant !) mais aussi nouvelles mines → **Assumer les impacts de nos modes de vie !**
  - Diplomatie des ressources minérales → sécuriser des importations responsables
- ❑ Nouvelles activités minières ⇔ durables, responsables et respectueuses de l'environnement et des populations locales → **Aider au développement soutenable des pays producteurs**
- ❑ **Chine** a pris une place centrale sur la question des ressources minérales  
→ **enjeux géopolitiques, économiques, industriels et sociétaux majeurs**



# SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL



Géosciences pour une Terre durable

## brgm

### SIÈGE - CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009  
45060 Orléans Cedex 2 - France  
Tél. : (33) 2 38 64 34 34  
Fax : (33) 2 38 64 35 18

[www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

# Merci !

Contact : [y.menard@brgm.fr](mailto:y.menard@brgm.fr)