



MÉTAUX STRATÉGIQUES : ENJEUX ET RESSOURCES EN FRANCE ET EN EUROPE



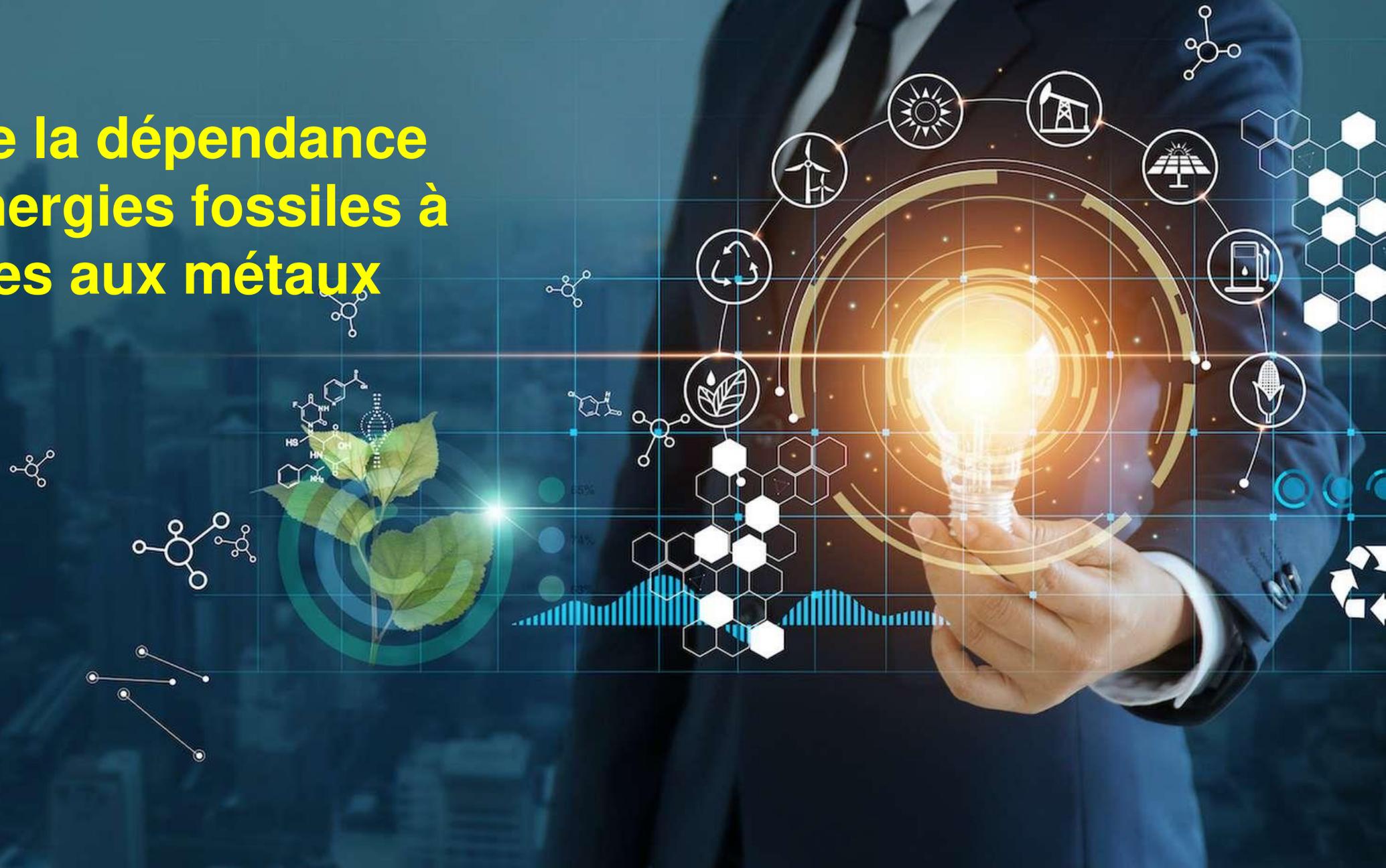
Christophe POINSSOT (*), **Patrick D'HUGUES**
Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)
(*) Directeur Général Délégué et Directeur Scientifique



Audition Académie des Technologies – 14/04/2022

- 1. De la dépendance aux énergies fossiles à celles aux métaux**
- 2. Des filières d'approvisionnement complexes et difficiles à maîtriser**
- 3. Quelles ressources disponibles en France et en Europe ?**
- 4. Conclusion**

1 – De la dépendance aux énergies fossiles à celles aux métaux



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

Net Zero Carbon



Transition énergétique et écologique

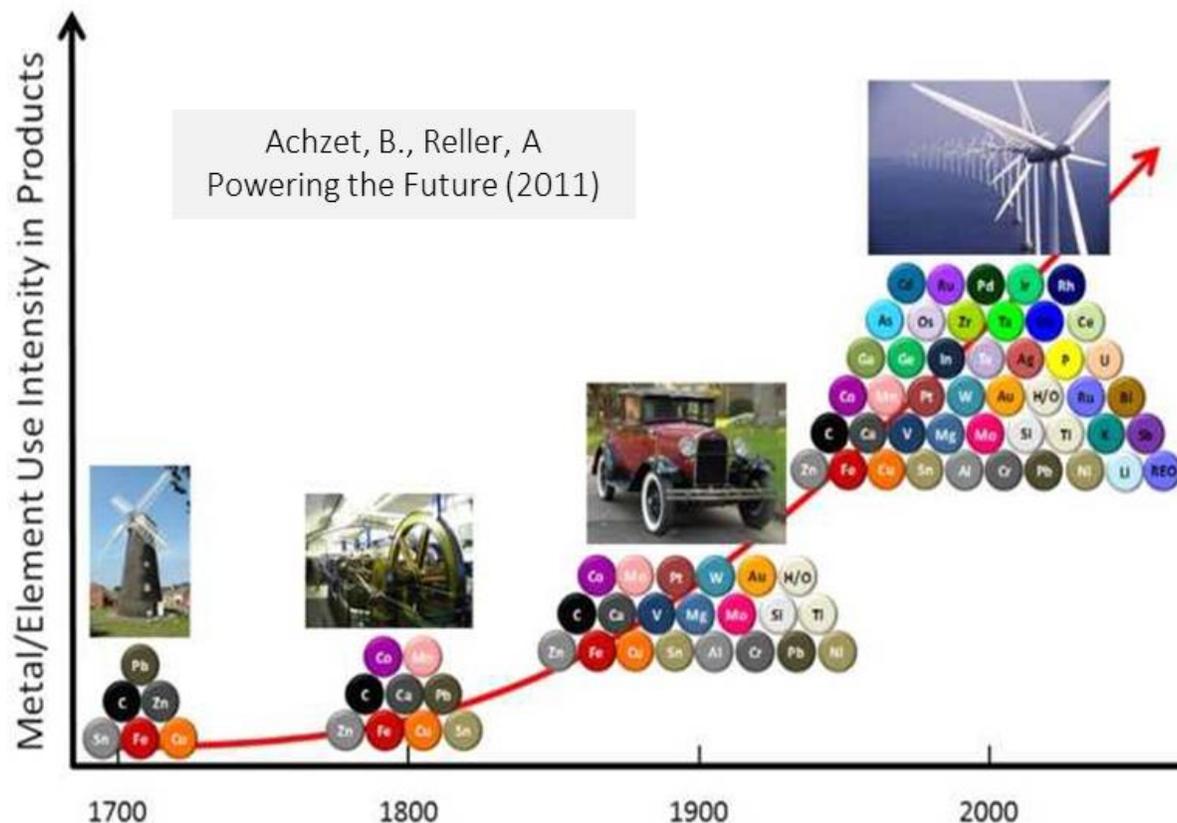


Transition numérique



Croissance économique

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



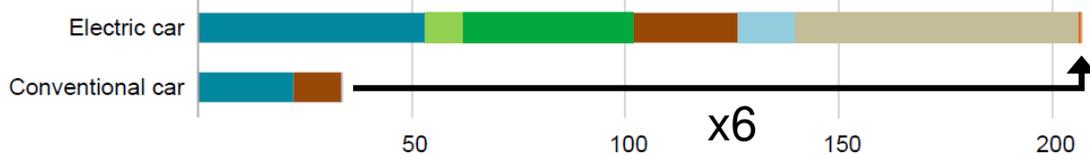
Les nouvelles technologies bas carbone sont avides en ressources minérales (2/2)

- Les nouvelles technos bas-carbone fortement demandeuses en métaux
- Moyens de production comme d'usages

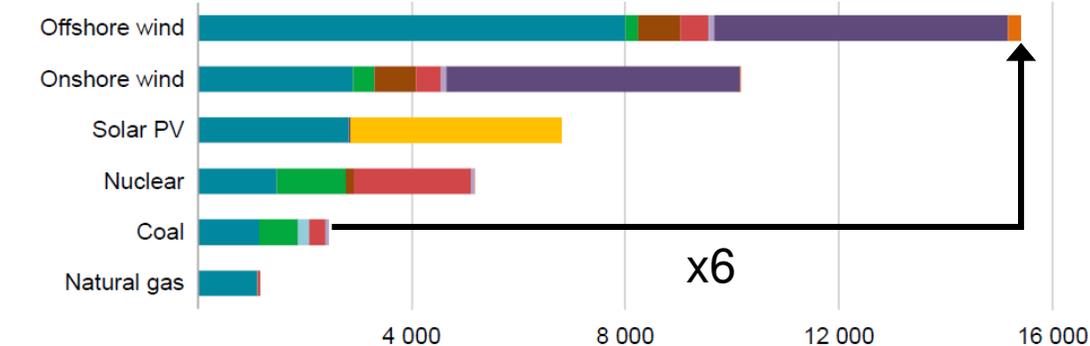
- Forte augmentation des besoins en métaux
- Métaux "historiques" (Cu...) comme "nouveaux" (Li, Mn, Co...)

Minerals used in selected clean energy technologies

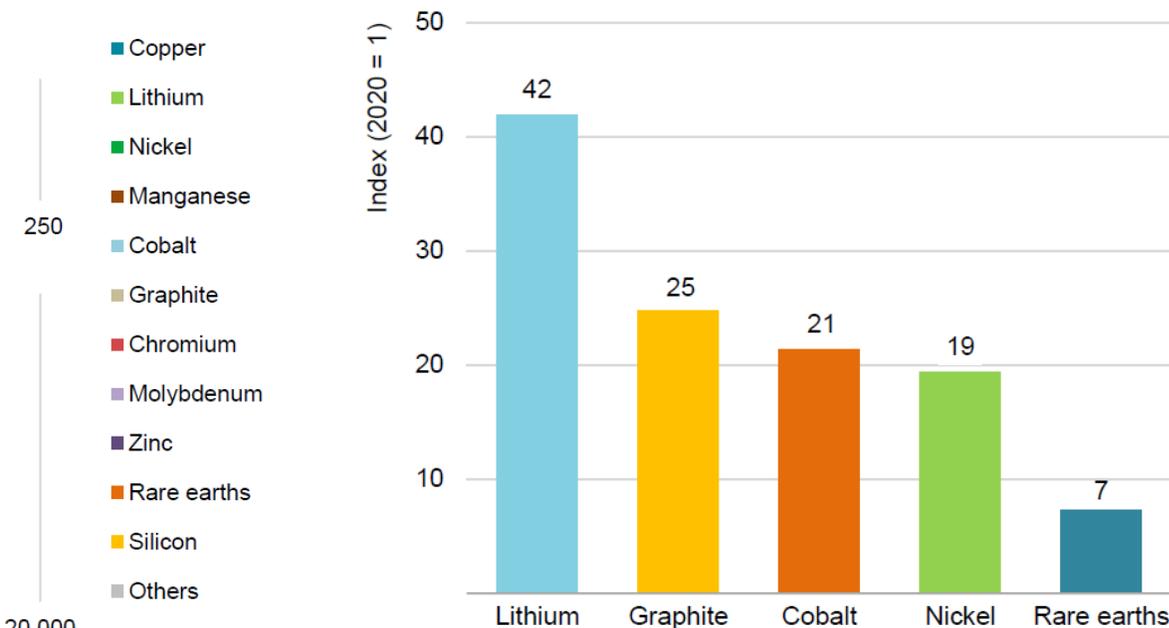
Transport (kg/vehicle)



Power generation (kg/MW)



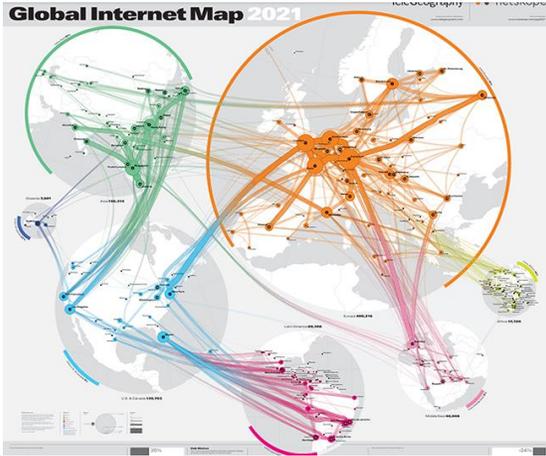
Growth of selected minerals in the SDS, 2040 relative to 2020



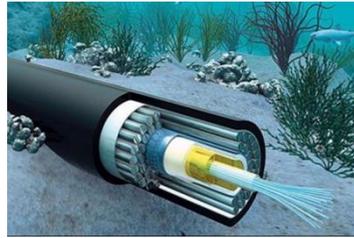
IEA. All rights reserved.

IEA. All rights reserved.

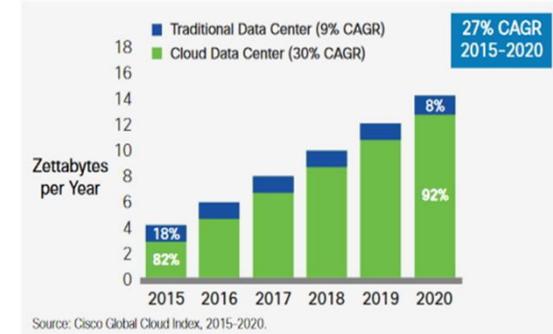
Le monde numérique est un monde très riche en métaux



1 Internet est avant tout un réseau physique



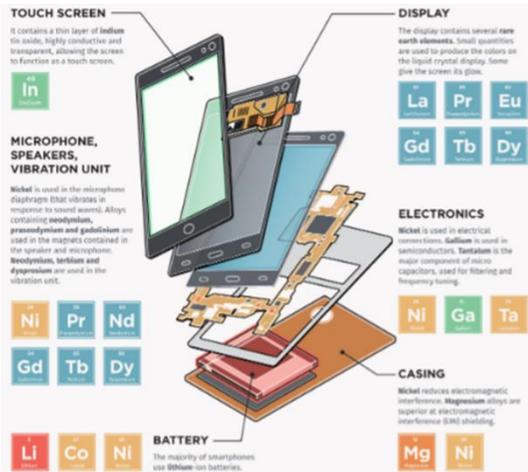
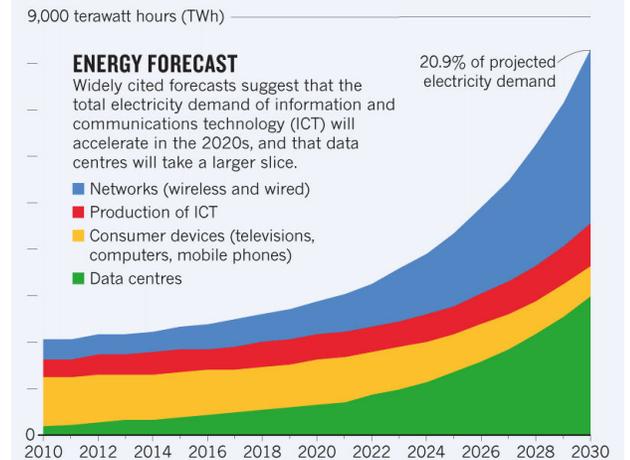
2 Quantité de données stockées explosent



3 Objets connectés sont riches en métaux

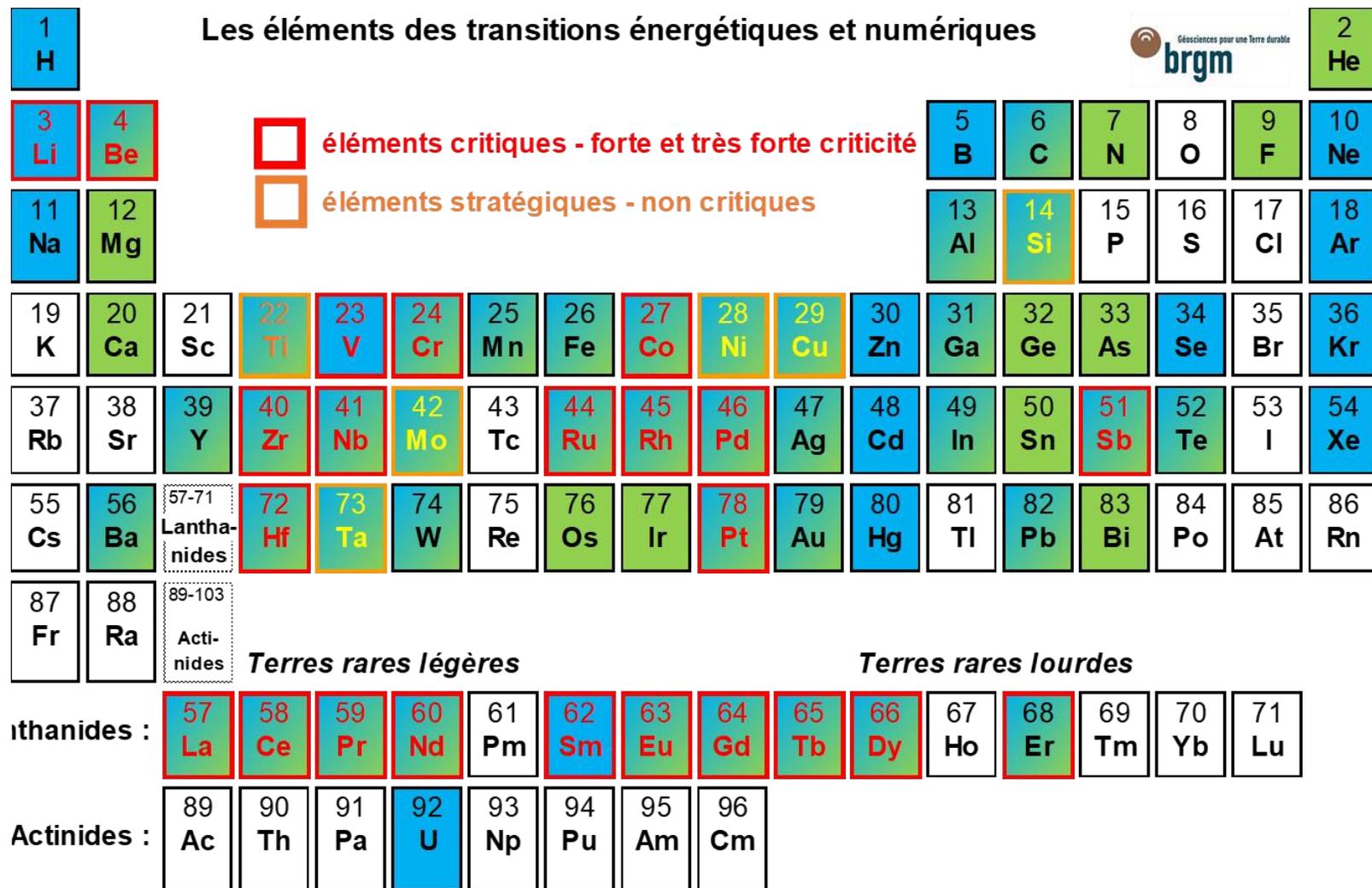


4 Monde numérique consomme une part croissante d'énergie



Les transitions énergétiques et numériques mobilisent des ressources similaires

Les éléments des transitions énergétiques et numériques

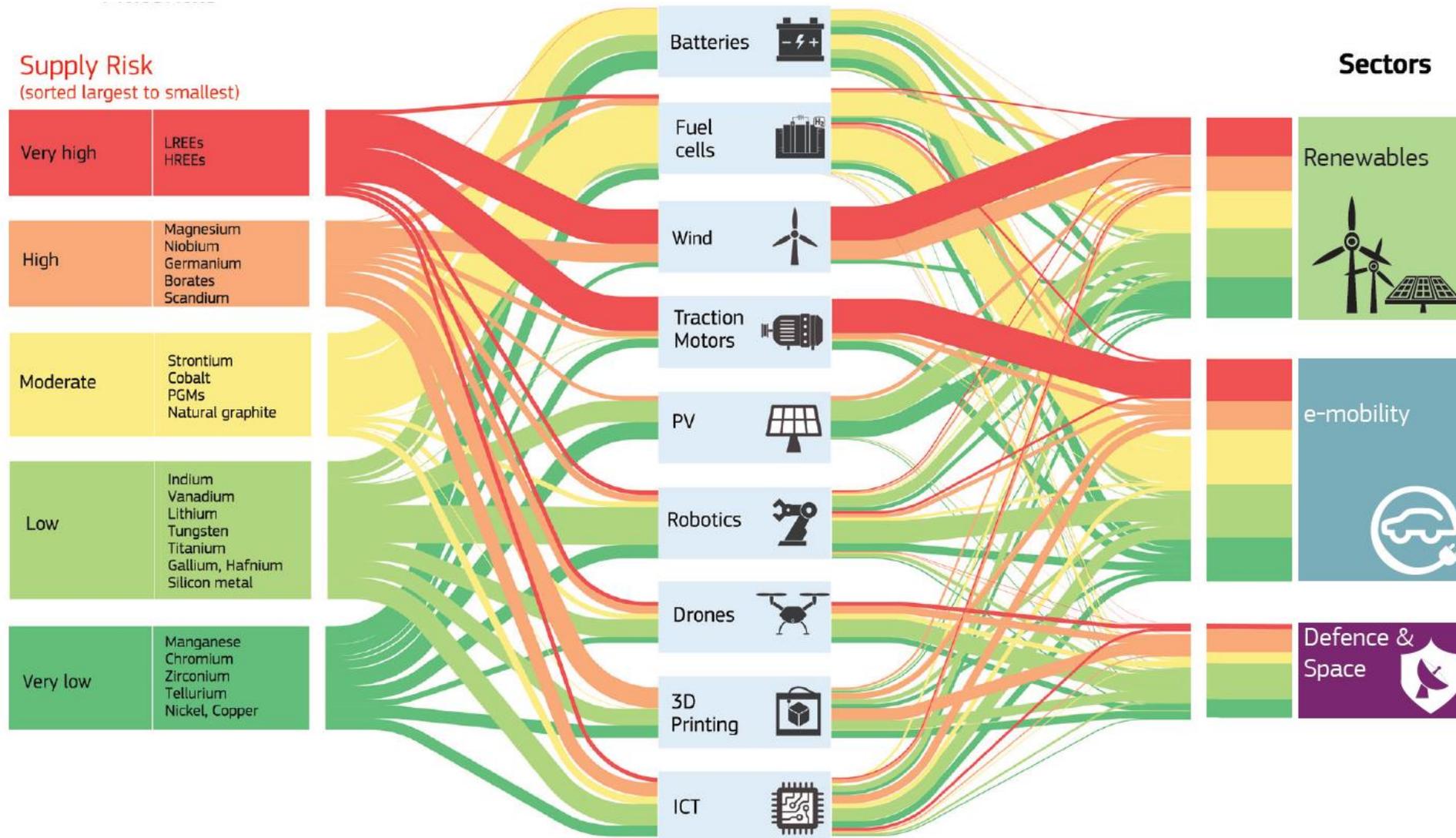


Transition énergétique

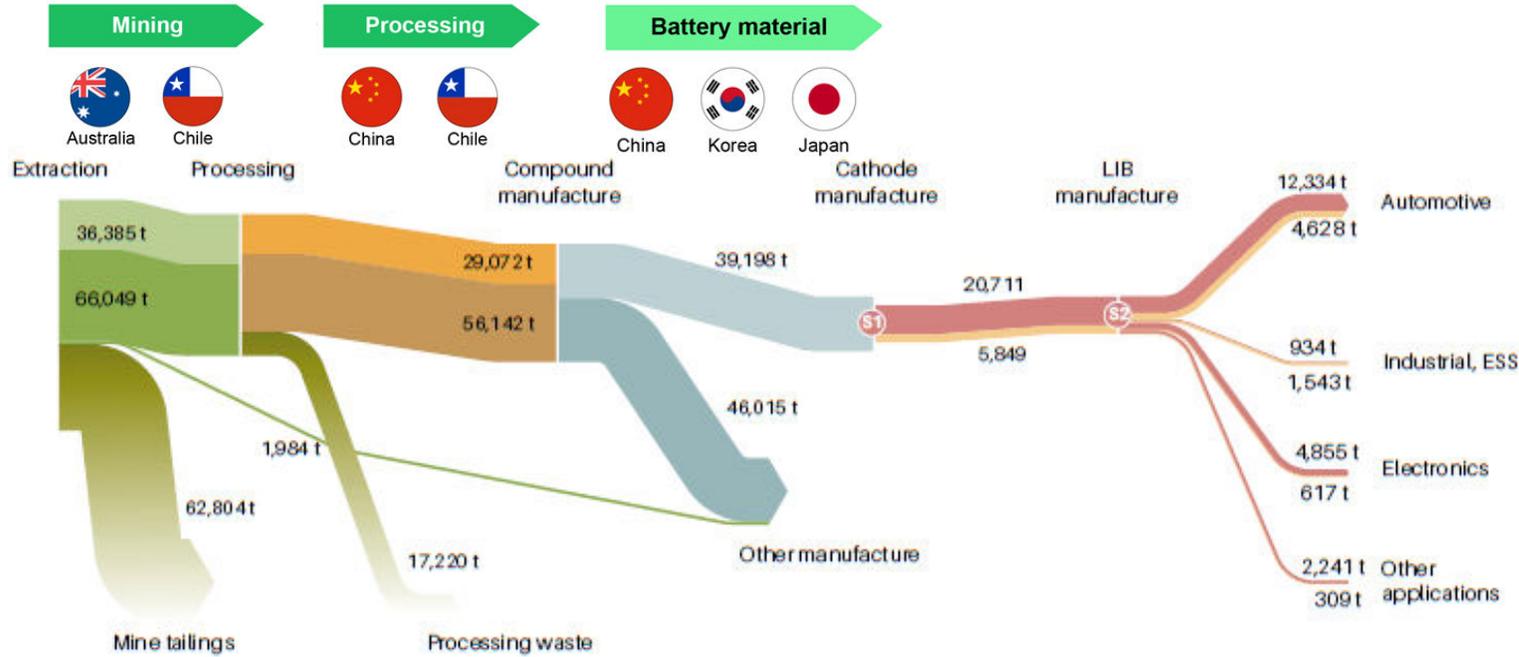
Transition numérique

- **Diversité** : Très nombreux métaux nécessaires pour les technologies 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

2 – Des filières d'approvisionnement complexes et difficiles à maîtriser



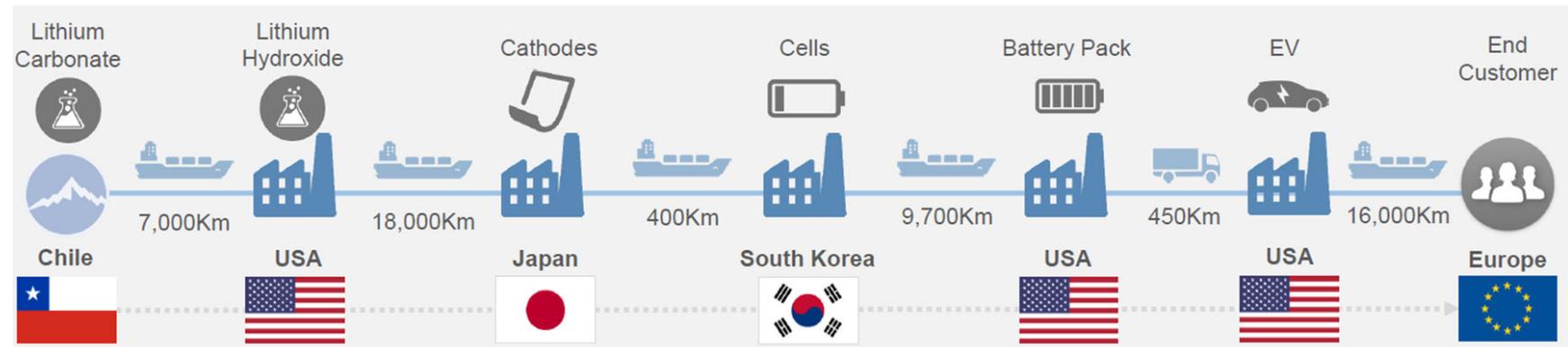
Maîtriser une chaîne d'approvisionnement requiert de maîtriser l'ensemble des étapes



- 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 chaînes de valeurs

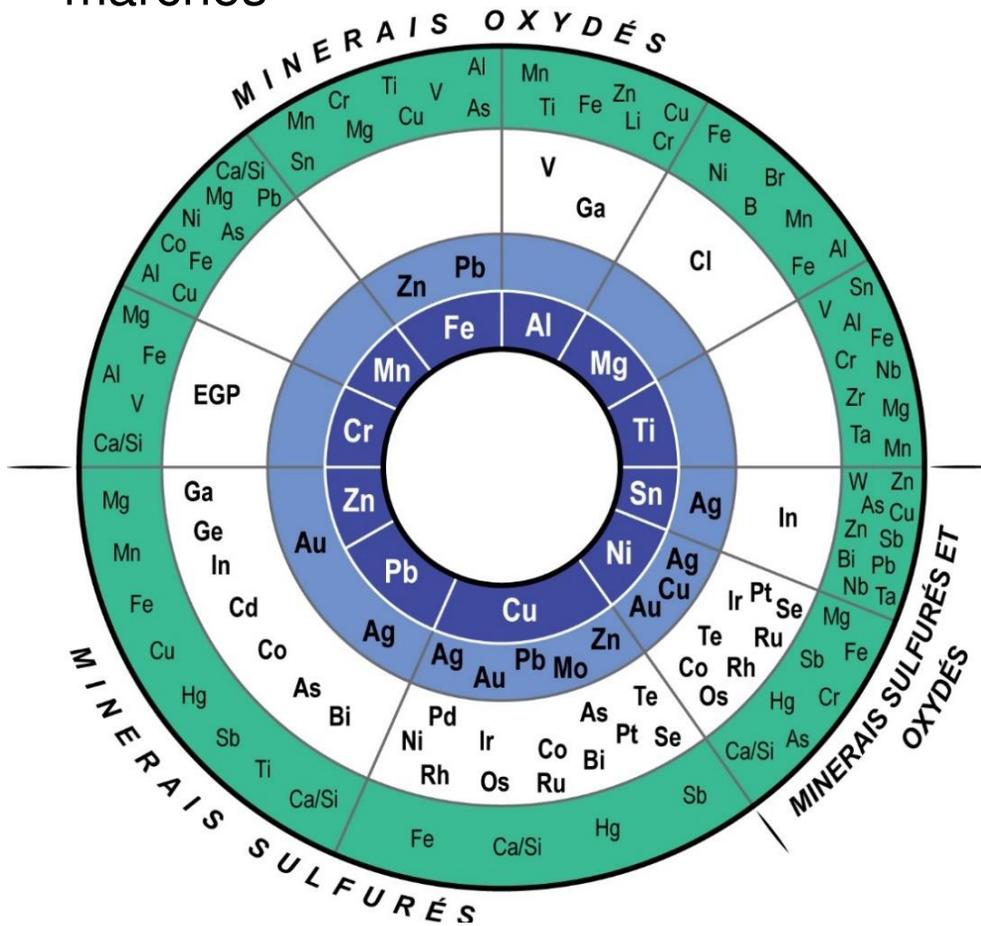


The lithium inside your car travels more than 50,000km before you even start driving*



Pour une grande part, les métaux stratégiques ne sont pas « extraits pour eux-mêmes »

- Petits métaux dépendent de la production d'un « métal hôte » → inélasticité de l'offre et complexité des marchés



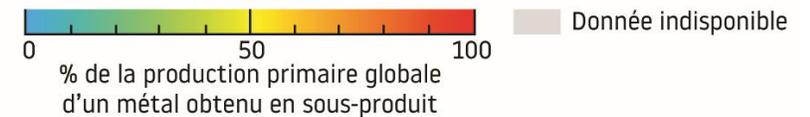
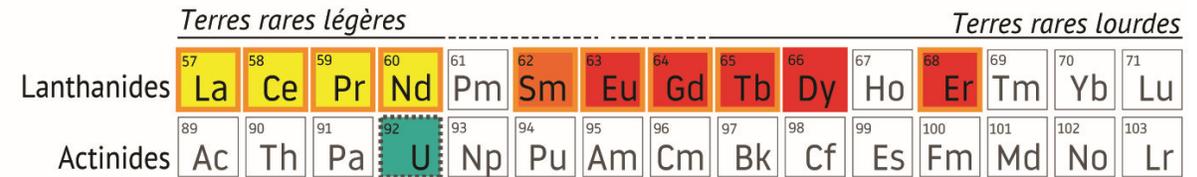
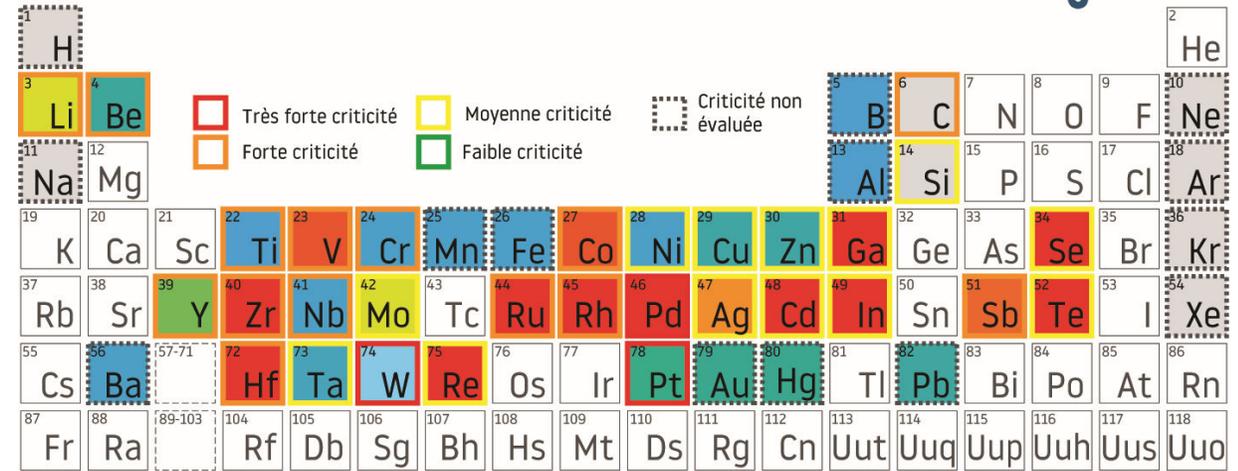
Zone bleue (interne) : Métaux porteurs. Métaux principaux, généralement de moindre valeur.

Zone orange (intermédiaire) : Co-éléments qui ont une infrastructure propre conséquente. Valorisables à haute valeur économique : certains utilisés dans les hautes technologies.

Zone verte (externe) : Co-éléments qui ont une infrastructure propre absente ou limitée. La plupart fortement valorisable, métaux de haute-technologie (ex. électronique).

Zone verte (externe) : Co-éléments finissant en déchets ou en émissions. Coûteux du fait de la gestion des déchets ou des procédés en fin du cycle de vie.

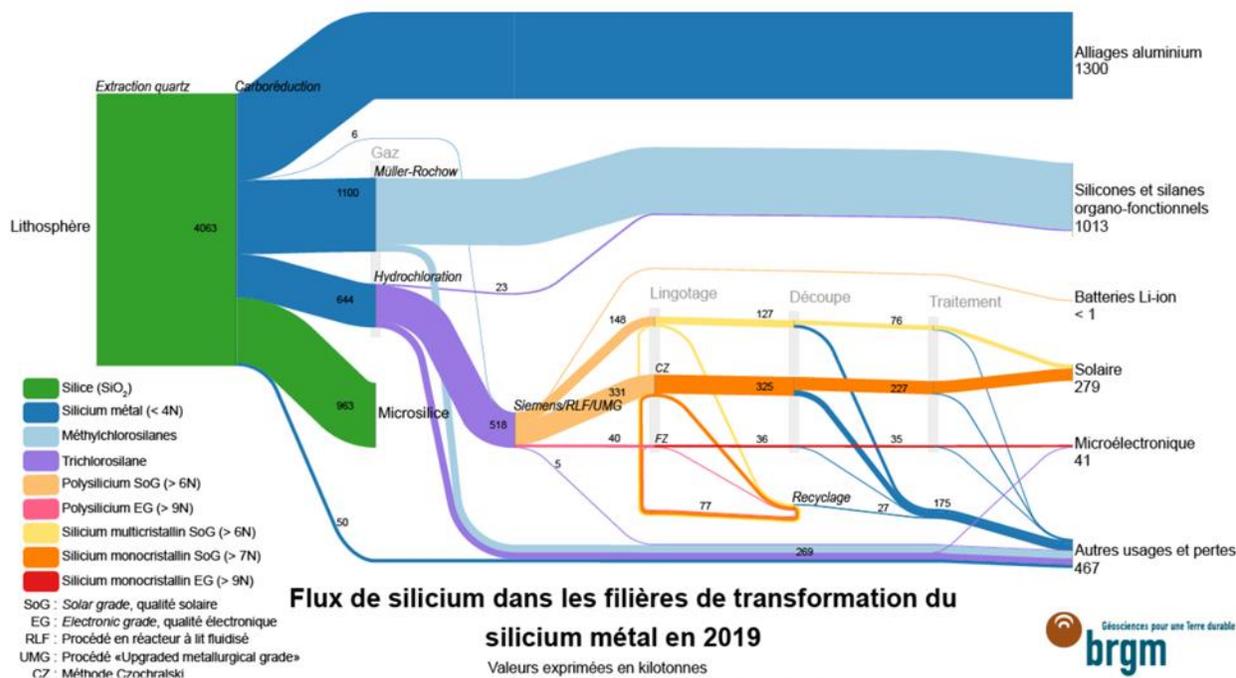
Les éléments de la transition énergétique



D'après Nassar et al., 2015

La complexité des chaînes de valeur requiert une véritable "intelligence minérale" collective: OFREMI

- Chaînes de valeur sont devenues mondiales et fortement imbriquées → **inter-dépendance et impacts environnementaux déplacés** (dont empreinte CO₂)



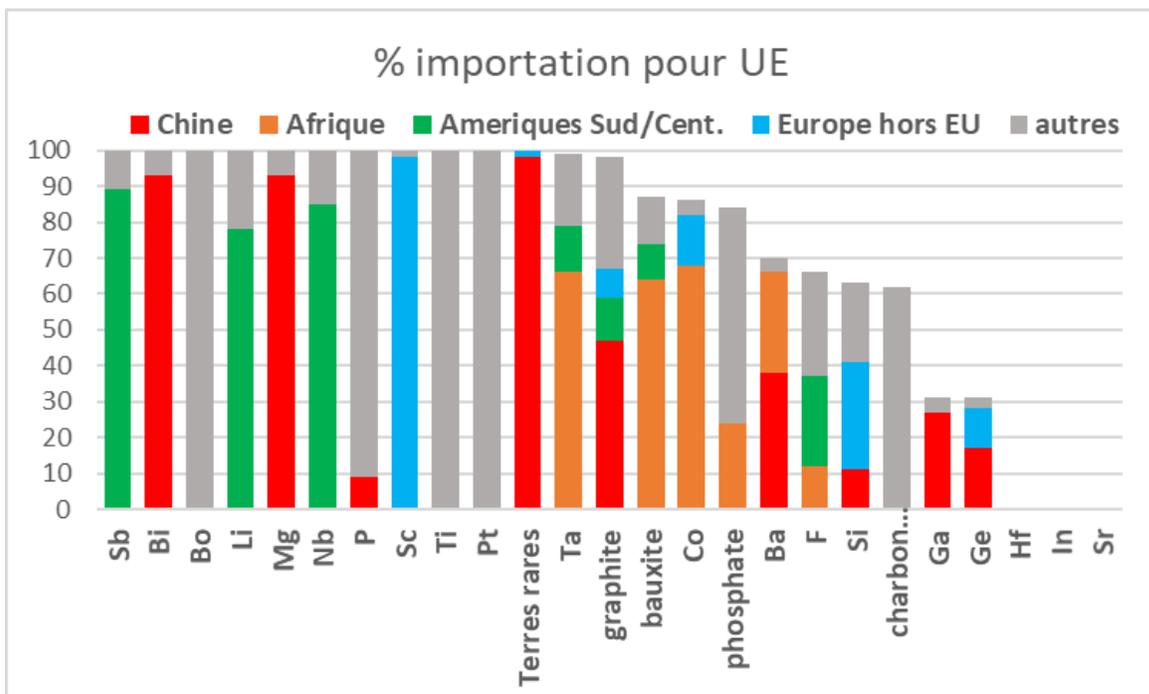
- Suite au rapport Varin, décision de mise en place d'un **observatoire Français des Ressources minérales pour les filières industrielles (OFREMI)** adossé au BRGM et copiloté avec le CSF M&M
 - Cf. DERA (Allemagne), USGS, JOGMEG, DK ...
- Objectif:** disposer d'un véritable outil de veille stratégique et économique
 - Suivre** l'évolution des chaînes de valeurs sur l'ensemble des étapes
 - anticiper** les évolutions de l'offre (prospective minière et recyclage) et de la demande (prospective technologique)
 - Analyse de **criticité**
 - Test de résilience** des chaînes de valeurs
 - Monitoring** permanent des chaînes de valeurs et suivi des cours

3 – Quelles ressources disponibles en France et en Europe ?

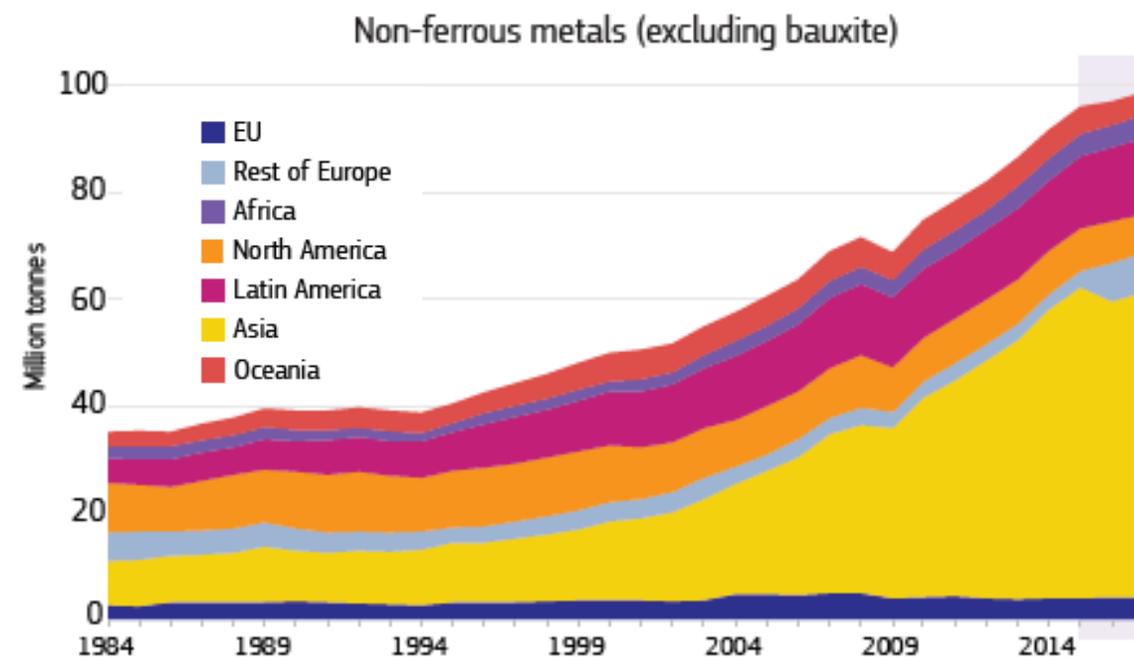


La France et l'Europe ont perdu leur souveraineté minérale

- Activités extractives et de premières transformations ont été **progressivement transférées** vers pays à bas coût de main d'œuvre et moins regardants sur l'impact environnemental → forte dépendance



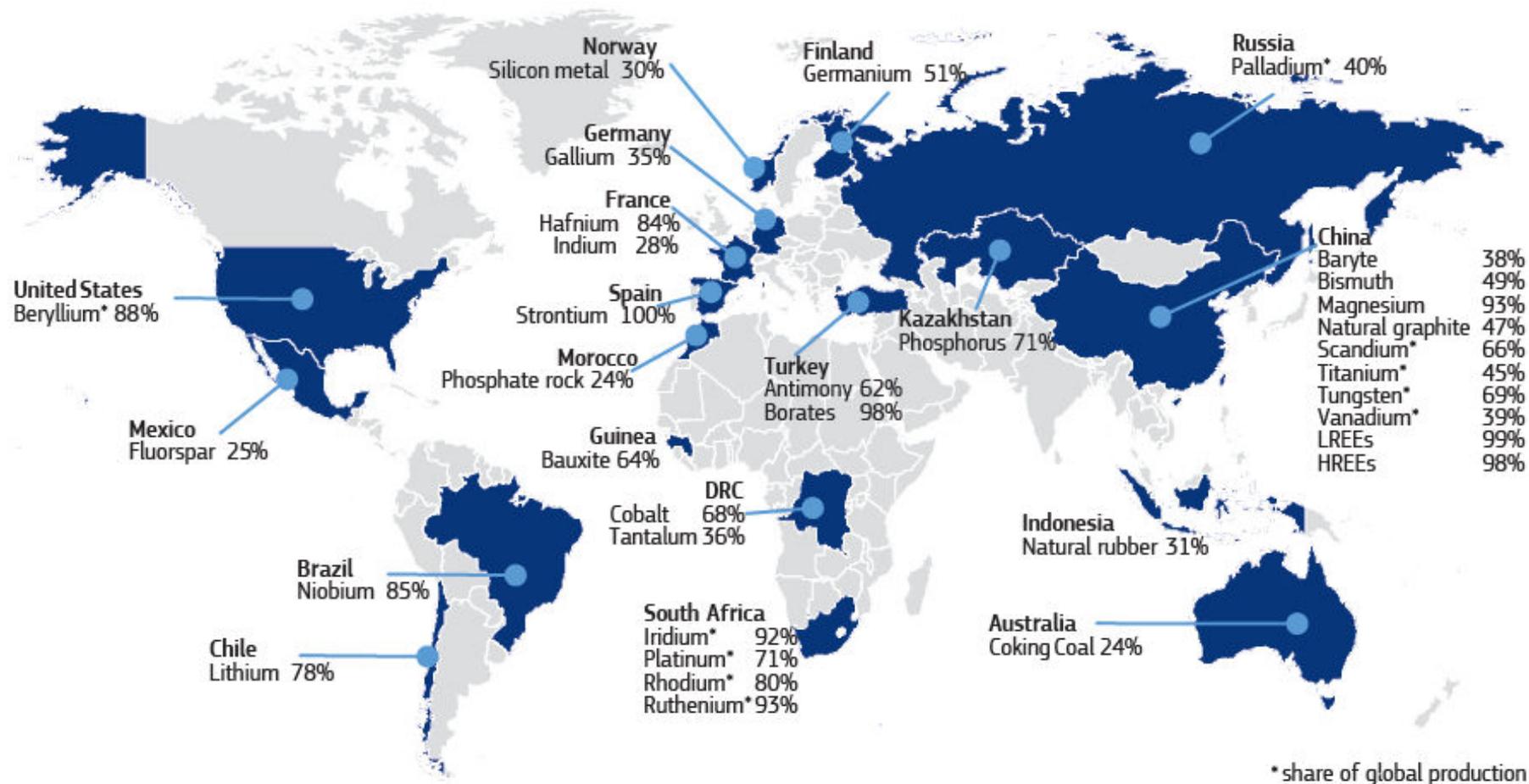
- Impact fort sur la **pérennité des compétences, du tissu industriel** et la géopolitique des ressources
- L'absence visible d'industrie extractive en métropole a modifié le **regard de la société** française sur cette industrie



EU - RM scoreboard 2021

L'Europe reste fortement dépendante des importations en ressources minérales

Figure 5: Global suppliers of EU critical raw materials⁴⁶



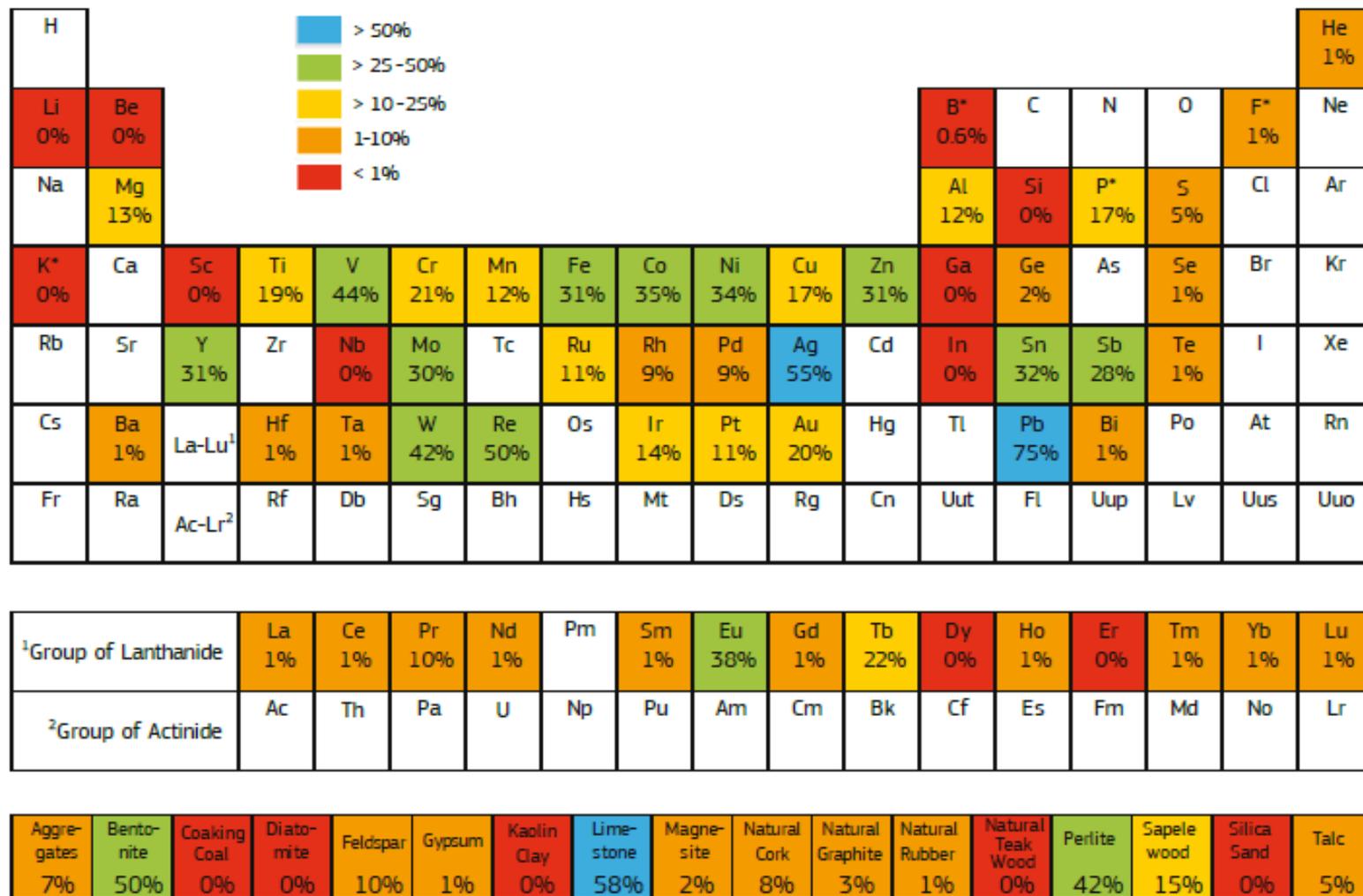
Origine des *matières premières critiques* utilisées en Europe (RM scoreboard 2021)

- **Russie:**
 - % production mondiale
 - Pd: 42%
 - Diamants: 33%
 - Ti (éponge): 20%
 - V : 20%
 - Sb: 17%
 - % importations EU
 - Ni: 30% brut
 - Al: 30% brut
 - Cu: 27% brut
 - FeTi: 40%
- **Ukraine** possède aussi de nombreuses ressources minérales
- Risque de déstabilisation des satellites Russes (Kazakhstan...)

1 Le recyclage, une nécessité et une opportunité à développer

- Le recyclage est une **opportunité** à saisir en termes de relocalisation, de maîtrise industrielle, d'économie de la ressource et de souveraineté
- Mais sa mise en œuvre concrète reste à faire tant les difficultés sont nombreuses:
 - Collecte des objets en fin de vie*
 - Procédés de recyclage efficace*
 - Industrie de transformation*

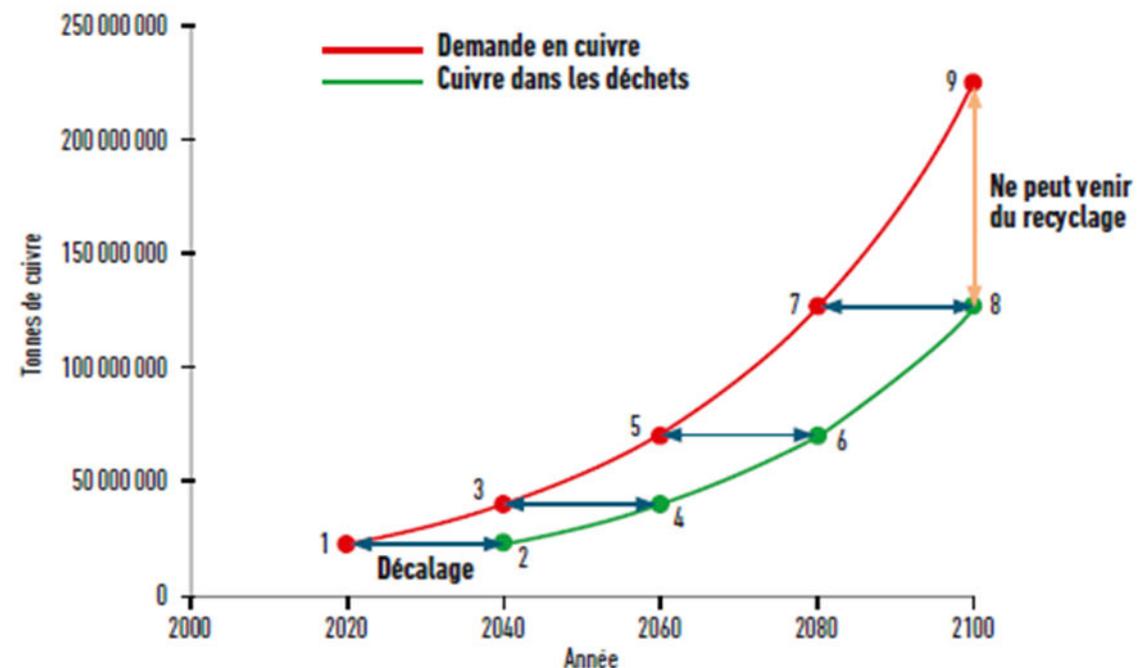
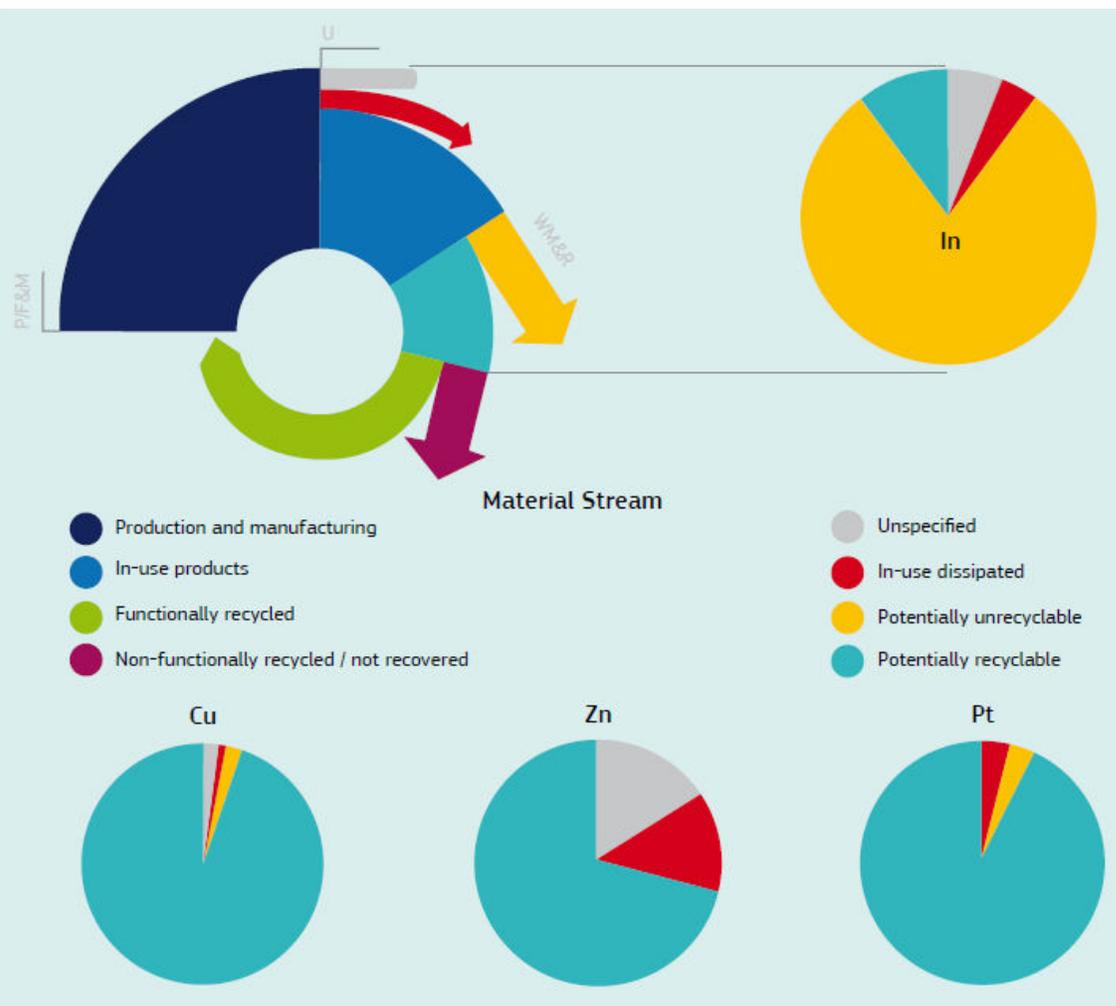
End-of-life recycling input rate (EOL-RIR) [%]



* F = Fluorspar; P = Phosphate rock; K = Potash, Si = Silicon metal, B = Borates.

Mais qui n'épuisera pas le sujet ...

- **Impossibilité de couvrir 100% des besoins** (croissance de la demande, difficultés de la collecte, limitation physique et énergétique, nouveaux besoins ...)
- Difficulté intrinsèque à anticiper le **décalage temporel** entre le besoin et le recyclage d'un objet en fin de vie.



- Complexité des usages fera émerger une **rationalisation des usages** (spécifications décroissantes le long des chaînes de valeur)

② Le sous-sol renferme encore des ressources importantes

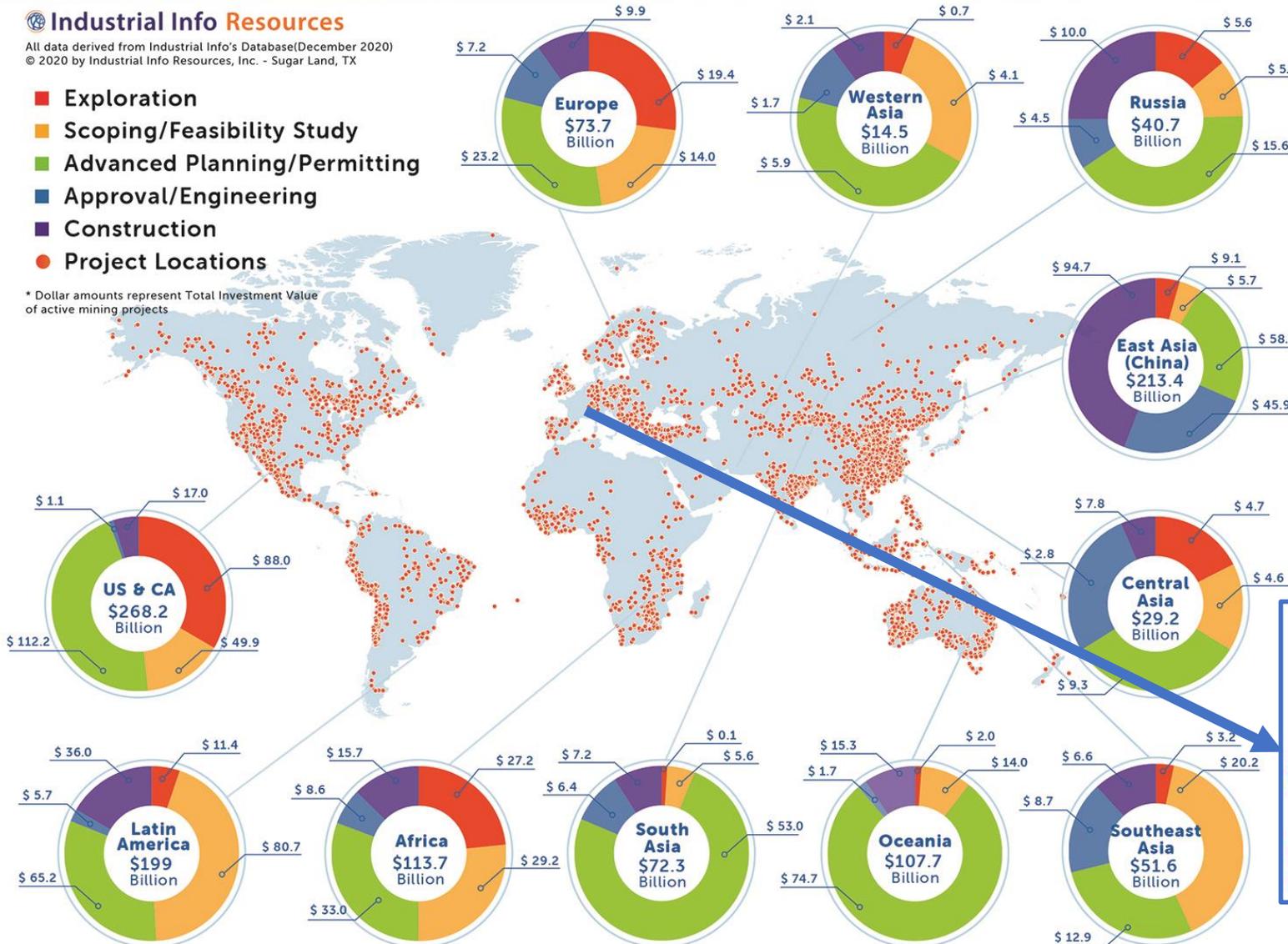
GLOBAL MINING PROJECT DEVELOPMENT

Industrial Info Resources

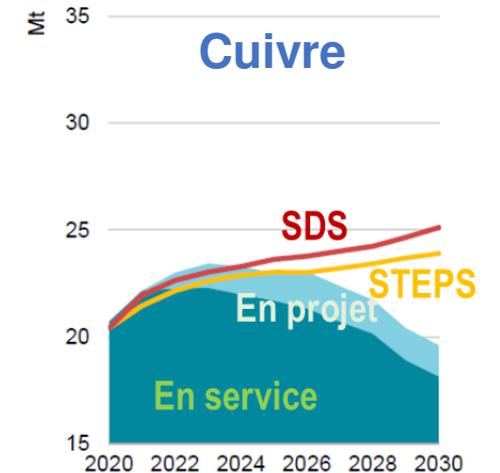
All data derived from Industrial Info's Database(December 2020)
© 2020 by Industrial Info Resources, Inc. - Sugar Land, TX

- Exploration
- Scoping/Feasibility Study
- Advanced Planning/Permitting
- Approval/Engineering
- Construction
- Project Locations

* Dollar amounts represent Total Investment Value of active mining projects

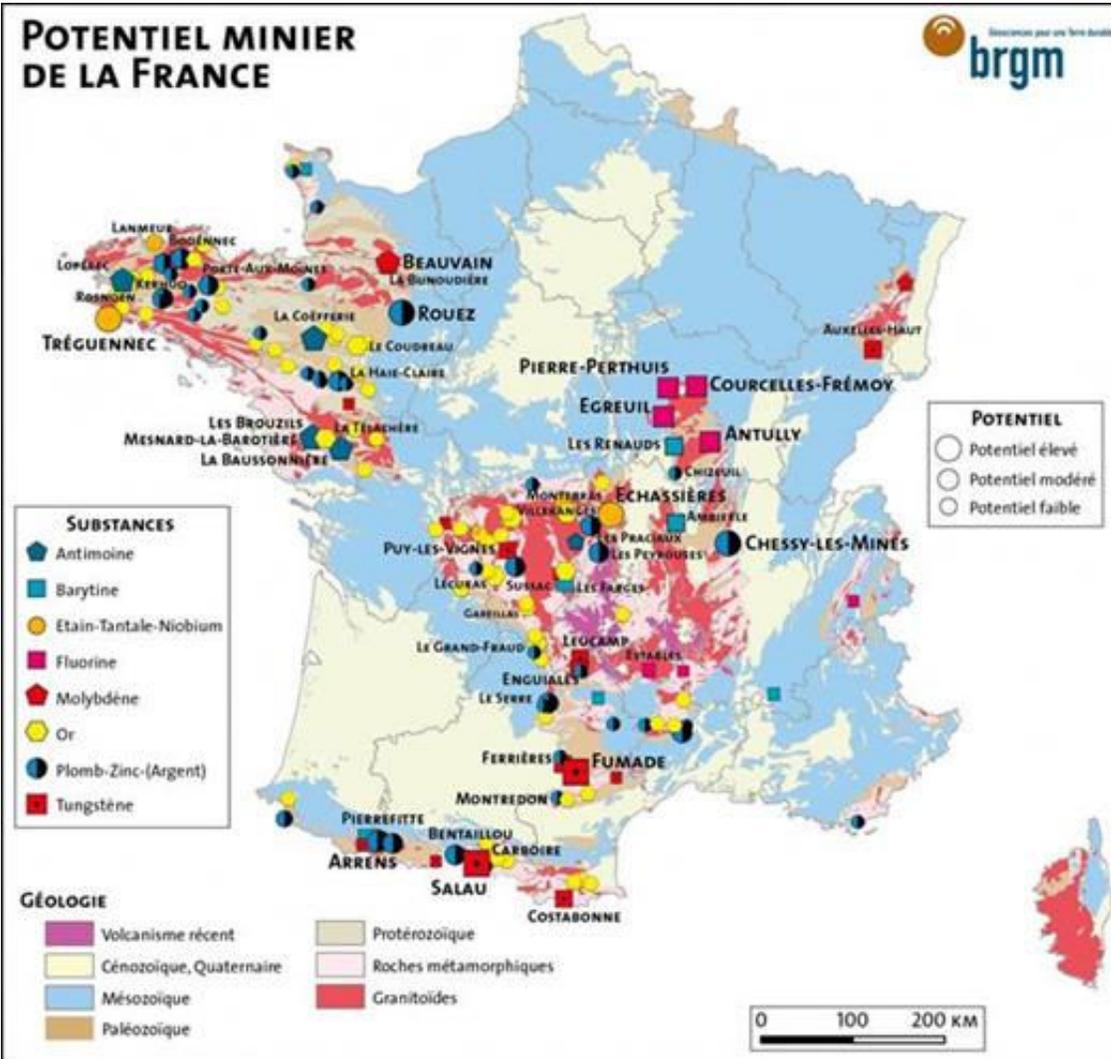


- Sous-sol reste **riche en ressource minérales** mais leur exploitation représente un défi énergétique, environnemental, politique et sociétal
- **Seuil de rentabilité** dépend du cours des matières → réserves exploitables = f(temps)
- **Investissements** dépendent du cours des matières → inadéquation avec la demande

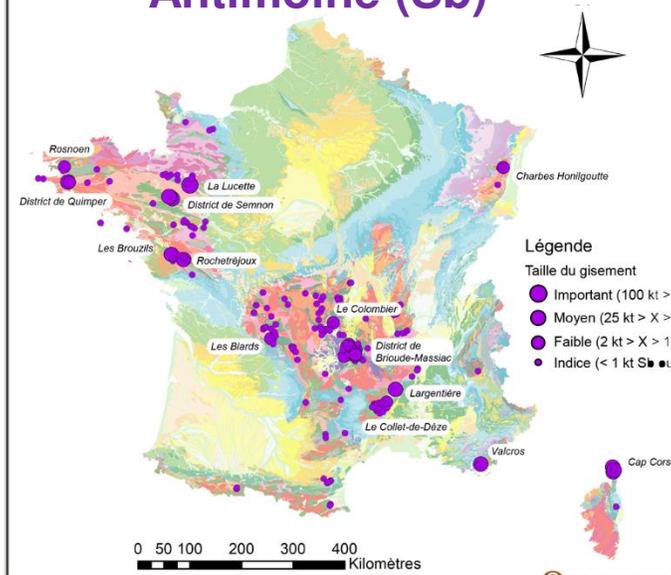


La France reste un pays avec un potentiel minier important

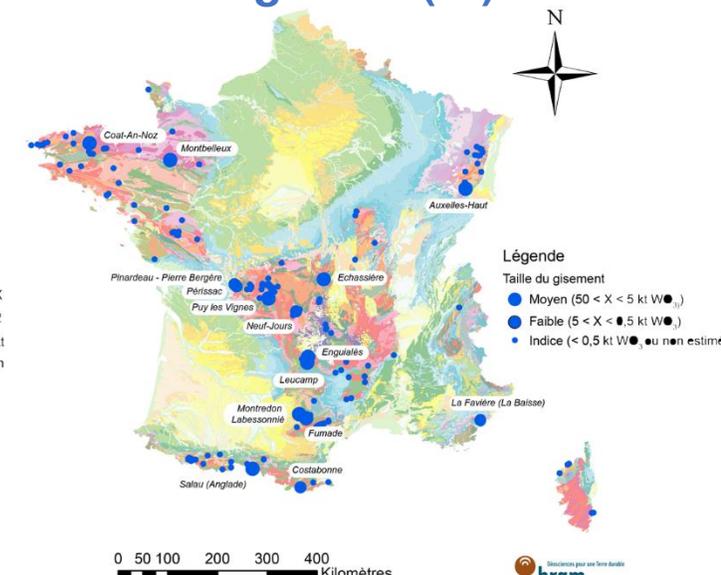
- Inventaire minier français **date des années 70-80** et restreint à la proche surface (<300m)
 - Présence de gisements d'intérêt économique, certains de rang mondial : W, Sb, Au



Antimoine (Sb)



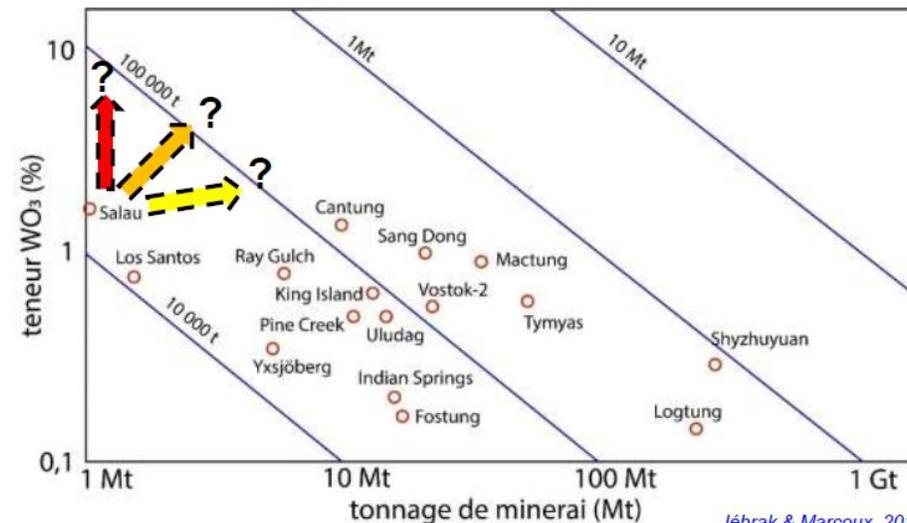
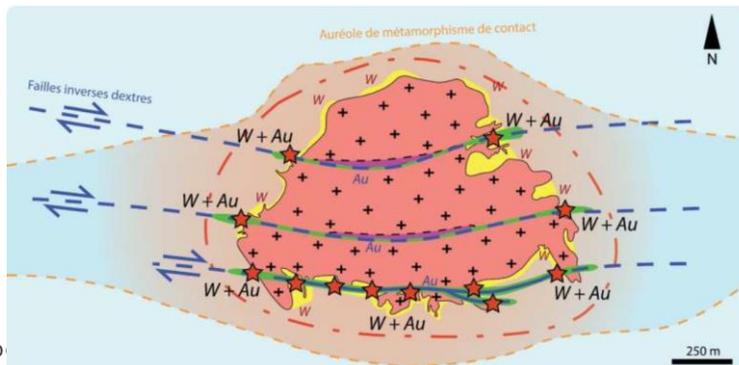
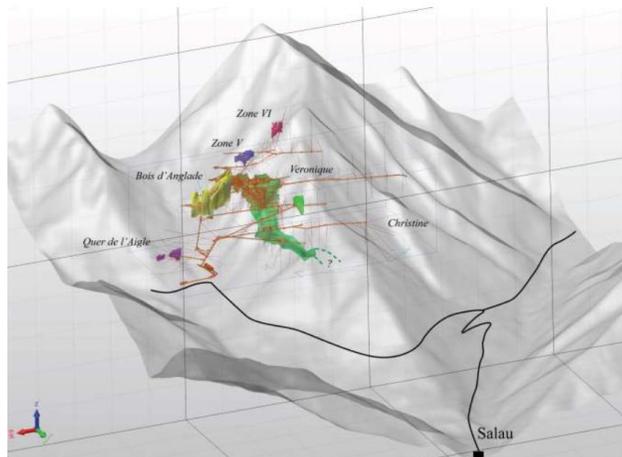
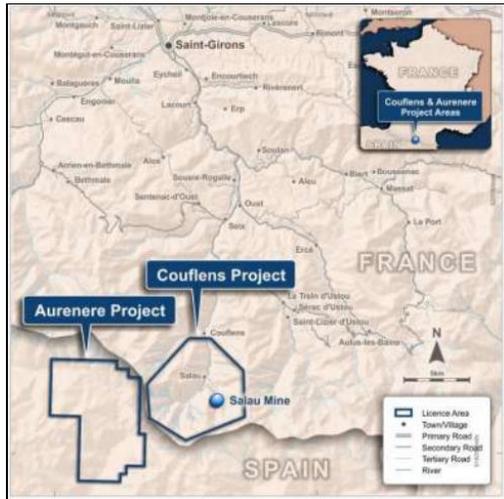
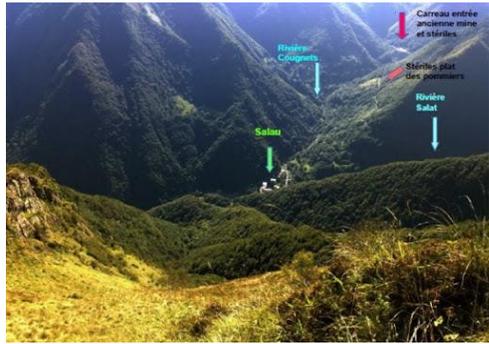
Tungstène (W)



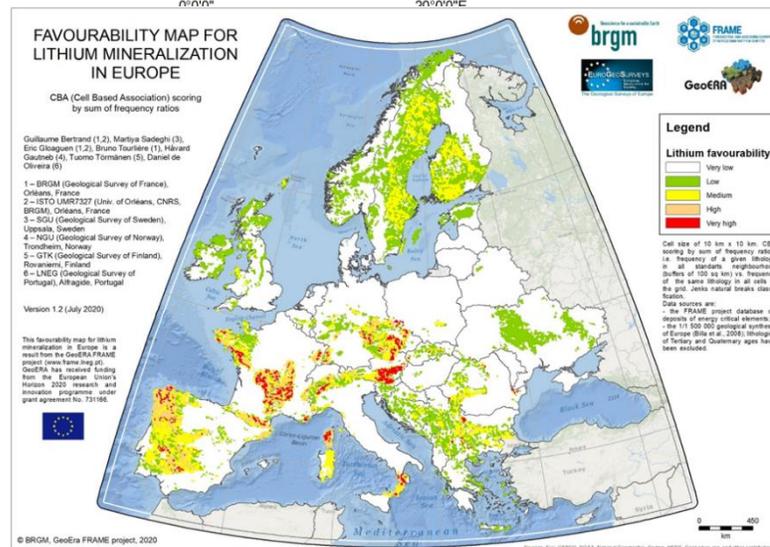
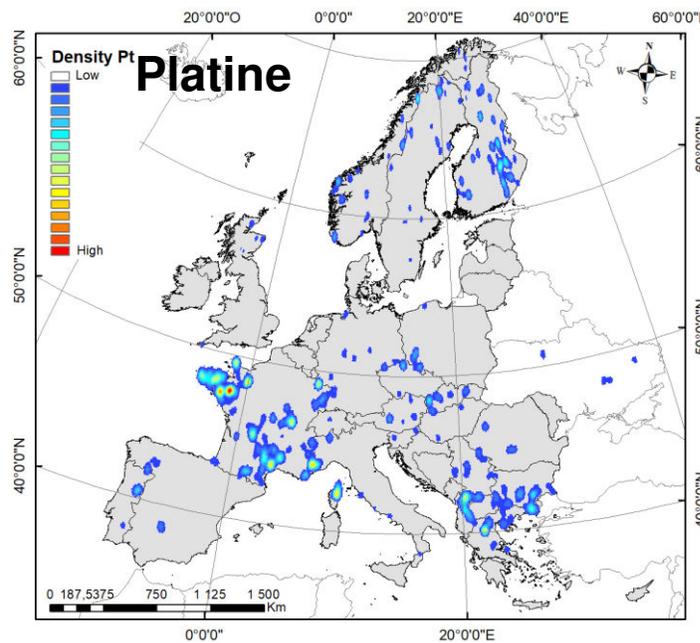
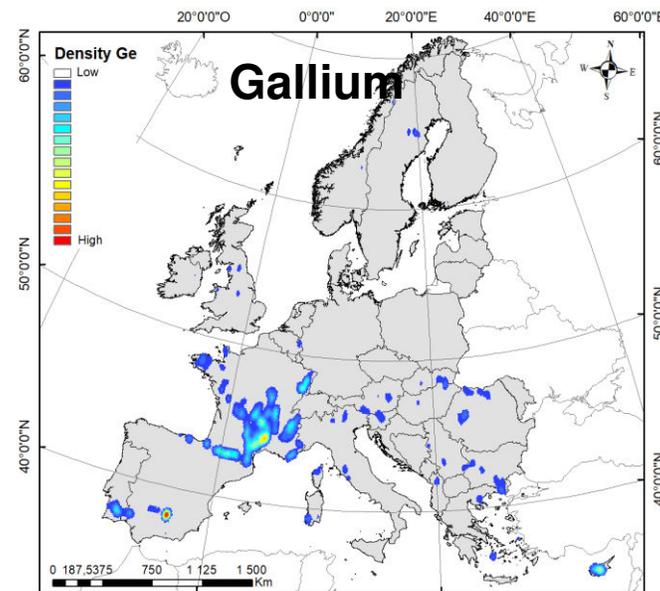
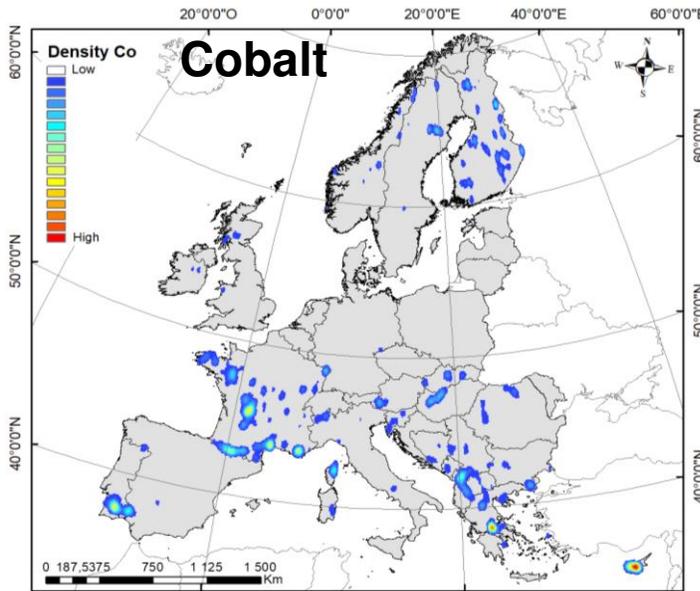
- Ressources susceptibles de devenir des réserves d'intérêt économique : Li, Pb-Zn, Ge, Ga, Nb-Ta-Sn, Mo et Cu

Exemple de l'ancienne mine de Salau (Ariège)

- Exemple du site de Salau qu'Apollo Minerals a réinvestigé dans le cadre d'un PER
 - Mine exploitée de 1970-1986, production ~14kt WO₃, teneur ~ 1,5%
 - Se prolonge jusqu'en Espagne (Aurenere)
 - Ressources estimées > 15kt WO₃
 - Teneur en or également importante (5-10g/t)
 - Taux de coupure dans les haldes importants (0,8%) → potentiel de reprise
- Forte opposition locale ayant conduit à une suspension des travaux



Métallogénie prédictive confirme le potentiel de la France



- Méthode DBQ développée par le BRGM dans le cadre du Projet ProMine (2009-2013), pour évaluer la favorabilité de « petits métaux » (sous-produits) dans des gisements où ils ne sont pas identifiés;
- La favorabilité est évaluée en fonction du degré de similarité de chaque gisement à une « signature multi-élémentaire caractéristique » établie à partir des gisements contenant la substance ciblée;
- Applications à Li, Co, Ta, Nb, graphite, phosphates et REE en Europe

L'Europe dispose également de ressources importantes

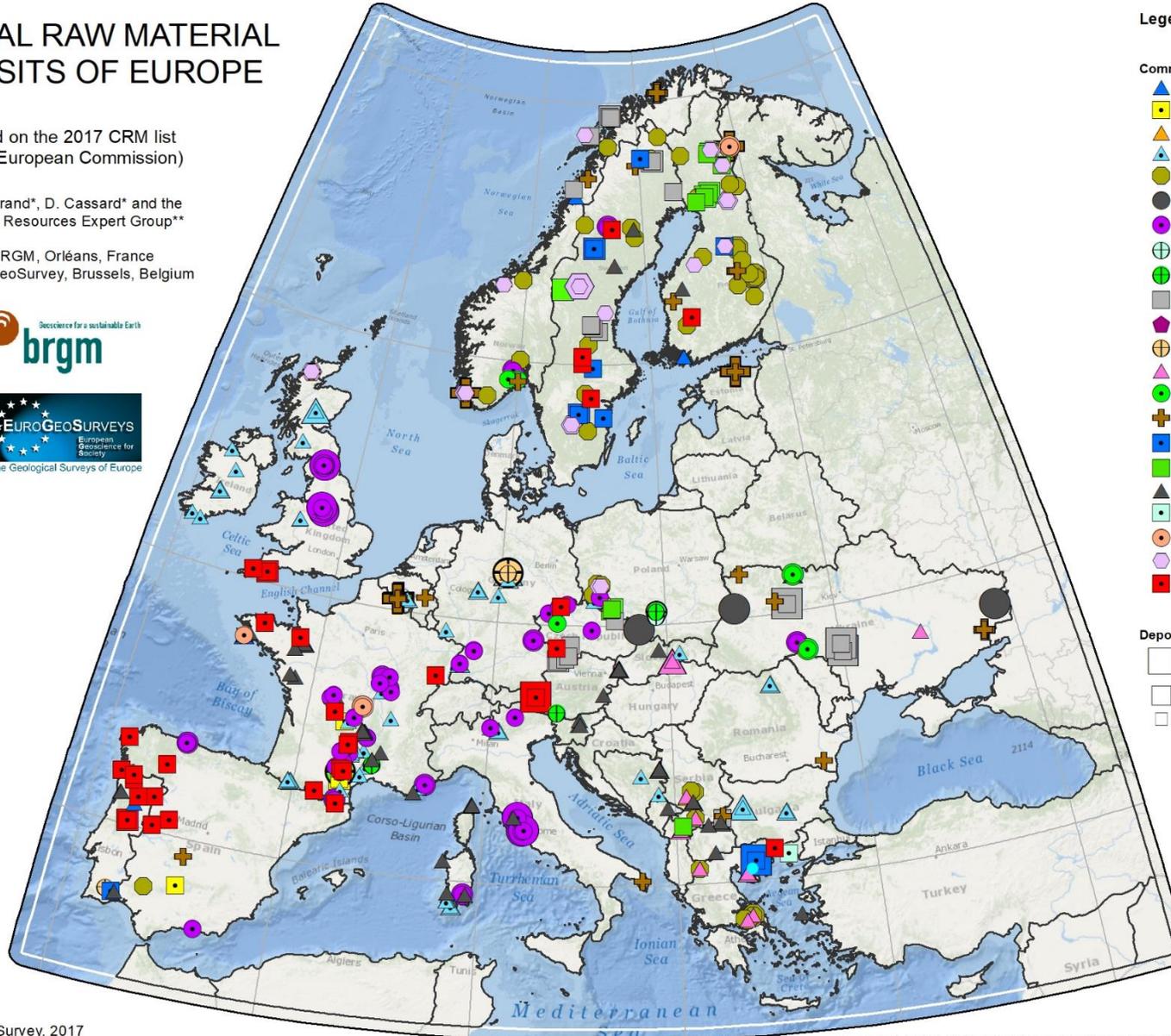
CRITICAL RAW MATERIAL DEPOSITS OF EUROPE

(based on the 2017 CRM list of the European Commission)

G. Bertrand*, D. Cassard* and the Mineral Resources Expert Group**

* BRGM, Orléans, France

** EuroGeoSurvey, Brussels, Belgium



Legend

Commodity

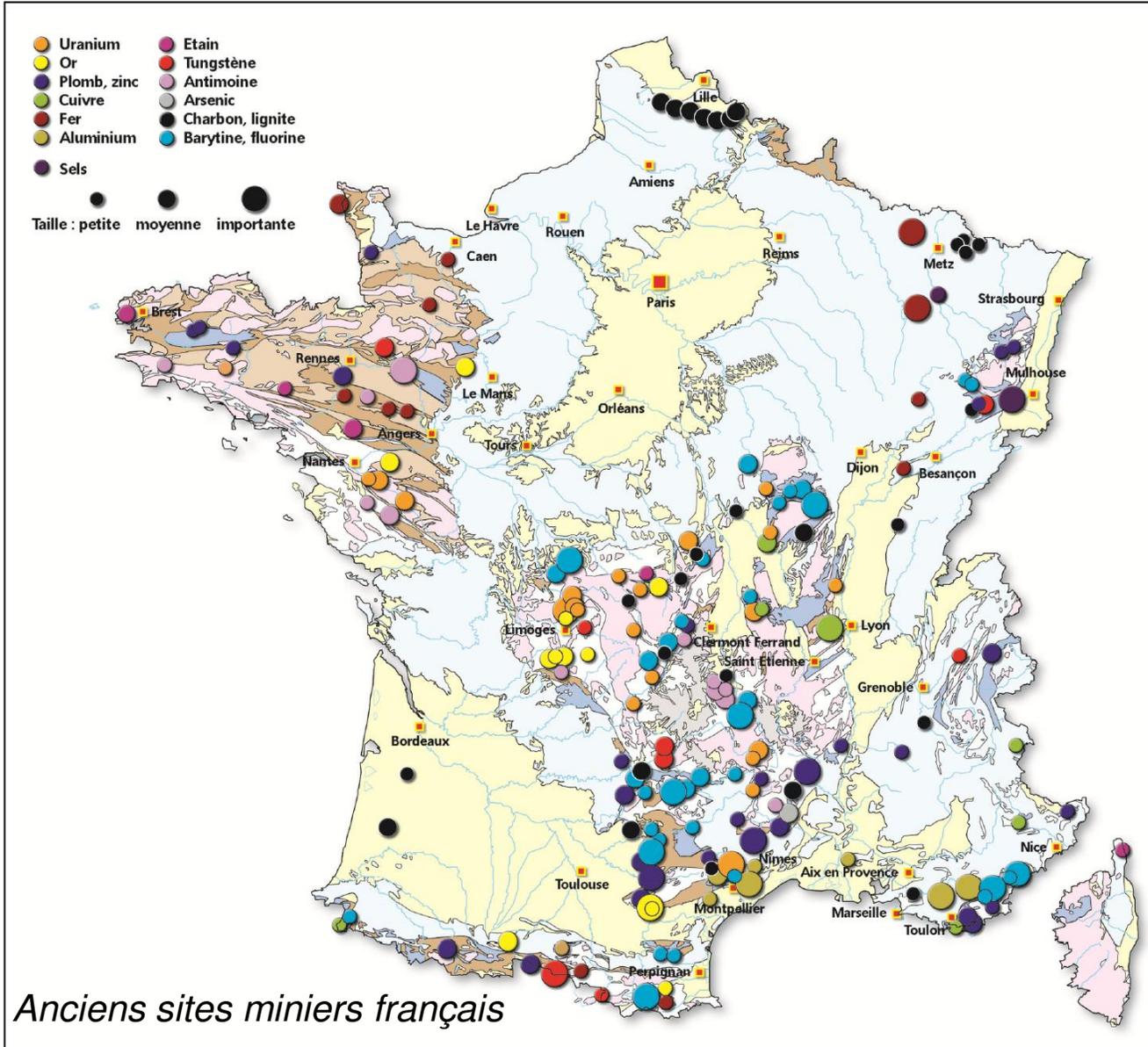
- ▲ Beryllium (BeO)
- Bismuth (metal)
- ▲ Borates (B2O3)
- ▲ Baryte (BaSO4)
- Cobalt (metal)
- Coking coal
- Fluorite (CaF2)
- ⊕ Gallium (metal)
- ⊕ Germanium (metal)
- Graphite
- ◆ Hafnium (metal)
- ⊕ Indium (metal)
- ▲ Magnesite, magnesium (MgCO3)
- Niobium - columbium (Nb2O5)
- ⊕ Phosphate (P2O5)
- Rare earths elements (RE2O3)
- Platinum, platnoids group metals
- ▲ Antimony (metal)
- Scandium (metal)
- Tantalum (Ta2O5)
- Vanadium (metal)
- Wolfram (WO3)

Deposit size

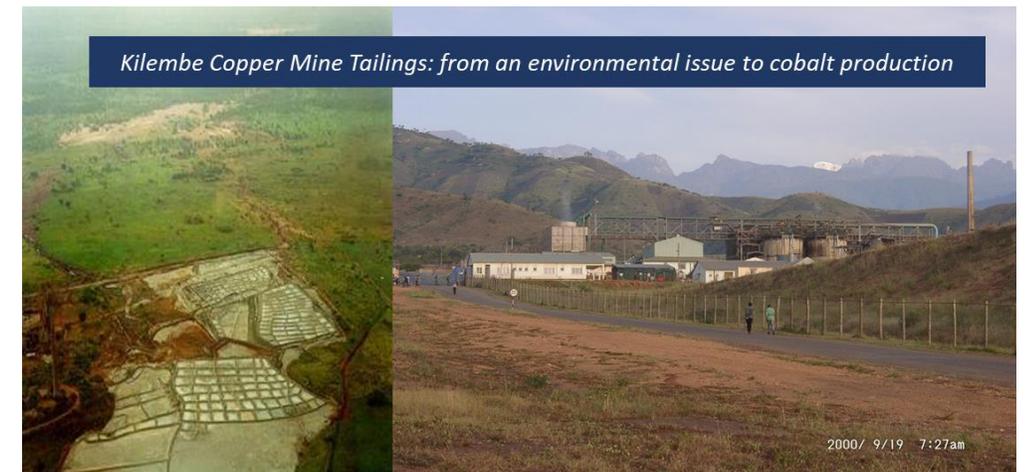
- Class A (super-large)
- Class B (large)
- Class C (medium)

- Europe dispose de ressources qui permettraient de réduire la dépendance aux importations et regagner en souveraineté
- Complémentarité des ressources disponibles dans différents pays.
- Intérêt à se rapprocher des pays scandinaves qui ont su maintenir une activité extractive en intégrant les enjeux socio-environnementaux

De l'intérêt de réinvestir les anciennes haldes minières

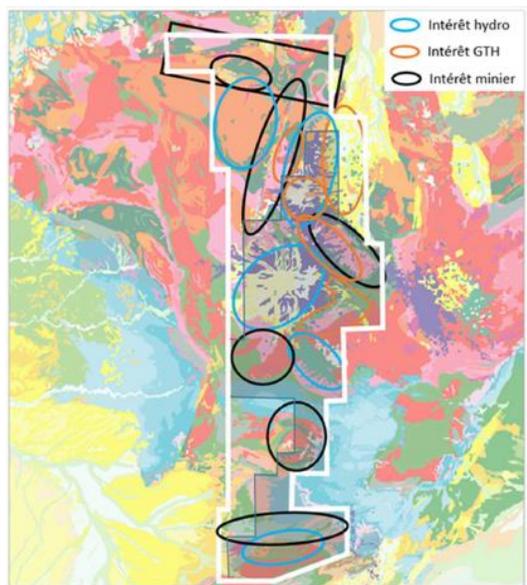


- France → ancien pays minier dont certains sites possèdent des haldes posant des problématiques environnementales → nécessité de mettre en œuvre des mesures correctives
- Reprise de certaines haldes pourrait dans certains cas être une solution permettant
 - De résoudre un désordre environnemental
 - De récupérer des ressources minérales d'intérêt
 - De démontrer la capacité à implanter une activité extractive responsable

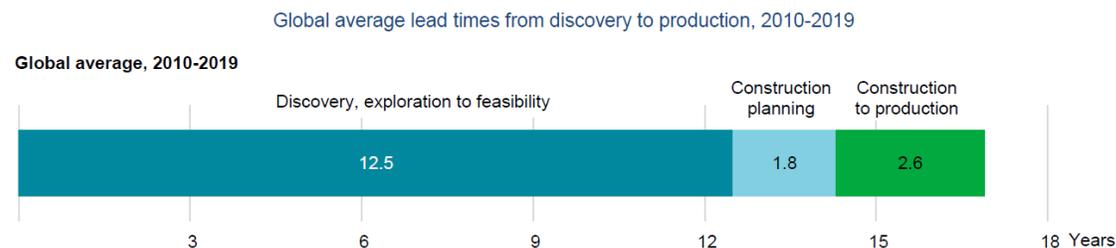


Ouvrir de nouvelles mines, un défi de plus en plus complexe

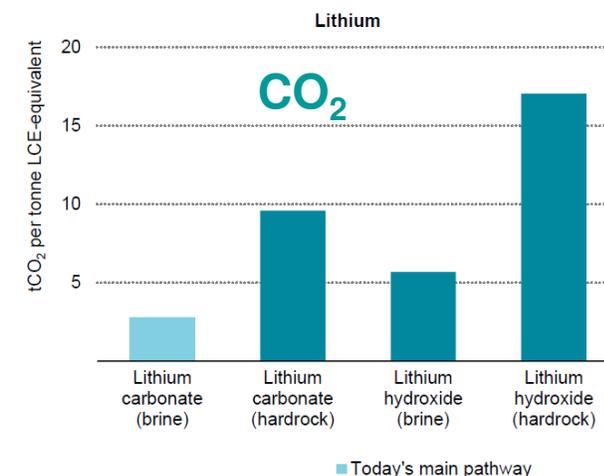
❶ Redémarrage en France d'un programme de prospection aéroportée de ressources minérales sur 3 ans (5M€) financé par MTE



❷ Phase d'exploration longue et coûteuse, 17ans en moyenne (exception = salars)



❸ Nécessité d'évaluer et réduire l'impact environnemental qui est spécifique à chaque minerais/site : CO₂, eau, pollution, landuse ...



❹ Nécessité d'associer les populations locales aux prises de décision pour éviter les blocages, mais complexité à trouver compromis intérêt collectif vs intérêts locaux



➔ Nécessité d'une norme EU "mine responsable" pour l'ensemble des approvisionnements

4 – Conclusion



Conclusion

- ❑ Transition énergétique → besoin en ressources minérales ↗ ↗
 - Passage d'une dépendance aux énergies fossiles à une dépendance aux ressources minérales → nouvelles dépendances géopolitiques
- ❑ Malgré des réserves abondantes, industrie aura du mal à répondre à la demande
 - Frein probable au déploiement des transitions énergétiques et numériques
- ❑ Europe et la France sont fortement dépendantes des importations → reconquérir une souveraineté industrielle via sécurisation des approvisionnements
 - Contrats long-terme & valorisation des ressources EU (mines & recyclage)
- ❑ Nouvelles activités minières ↔ durables, responsables et respectueuses de l'environnement et des populations locales
 - Développer procédés performants, compétitifs et écoresponsables
 - Développer norme, traçabilité des approvisionnements & contrôles importations
- ❑ Nécessité d'une veille prospective sur les chaînes de valeurs : intelligence minérale ... → observatoire national OFREMI auprès du BRGM

Merci



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



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Pour tout complément, c.poinssot@brgm.fr