

57 La Lanthane 138,9	58 Ce Cérium 140,1	59 Pr Praseodyme 140,9	60 Nd Néodyme 144,2	61 Pm Prométhée (145)	62 Sm Samarium 150,4	63 Eu Europium 152,0	64 Gd Gadolinium 157,3	65 Tb Terbium 158,9	66 Dy Dysprosium 162,5	67 Ho Holmium 164,9	68 Er Erbium 167,3	69 Tm Thulium 168,9	70 Yb Ytterbium 173,0	71 Lu Lutécium 175,0
--------------------------------------	------------------------------------	--	-------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--	-------------------------------------	--	-------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------

Extraction sélective de métaux critiques des résidus de bauxite



C. Lallemand, M. Auffan, J.P. Ambrosi, C. Levard

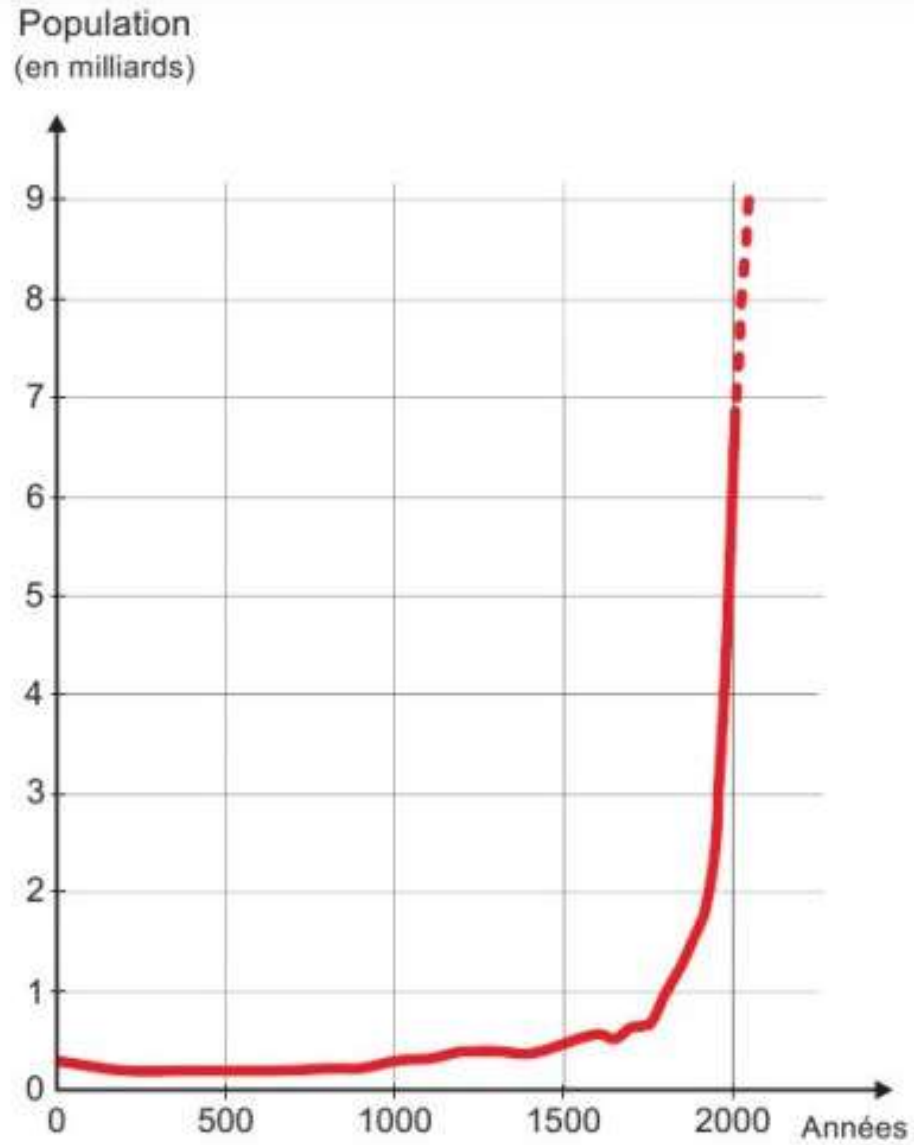
Equipe Environnement Durable



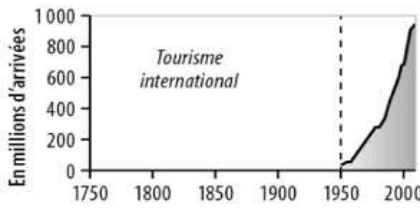
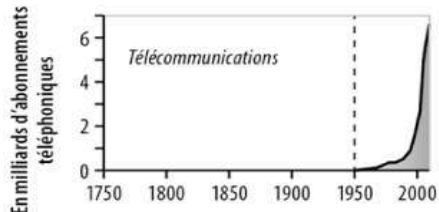
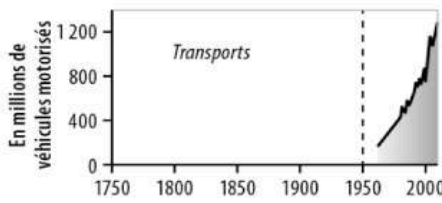
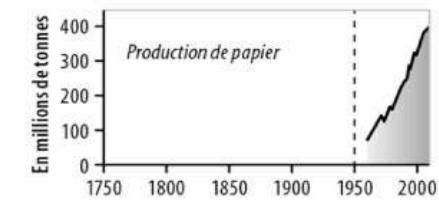
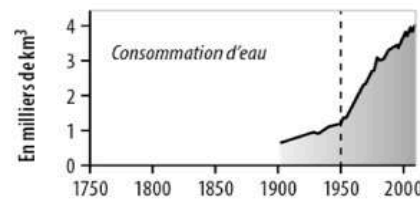
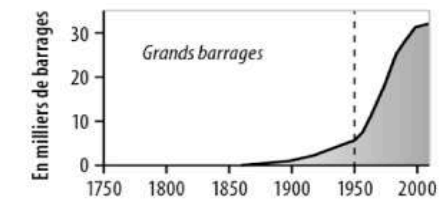
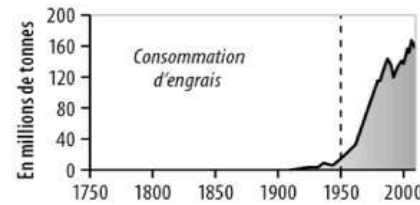
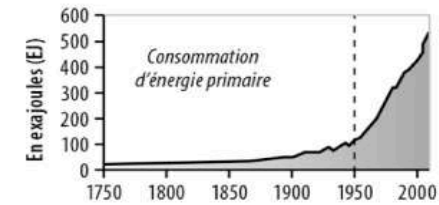
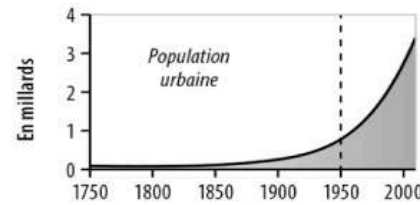
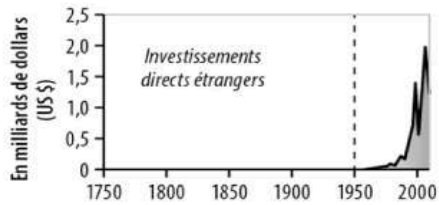
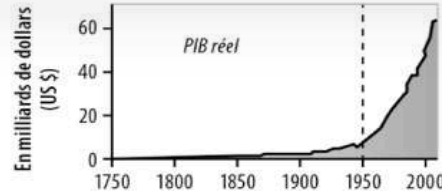
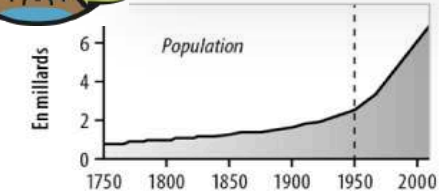
15 novembre 2019



Tout s'accélère...



Courbe de croissance de la population mondiale depuis l'an 0



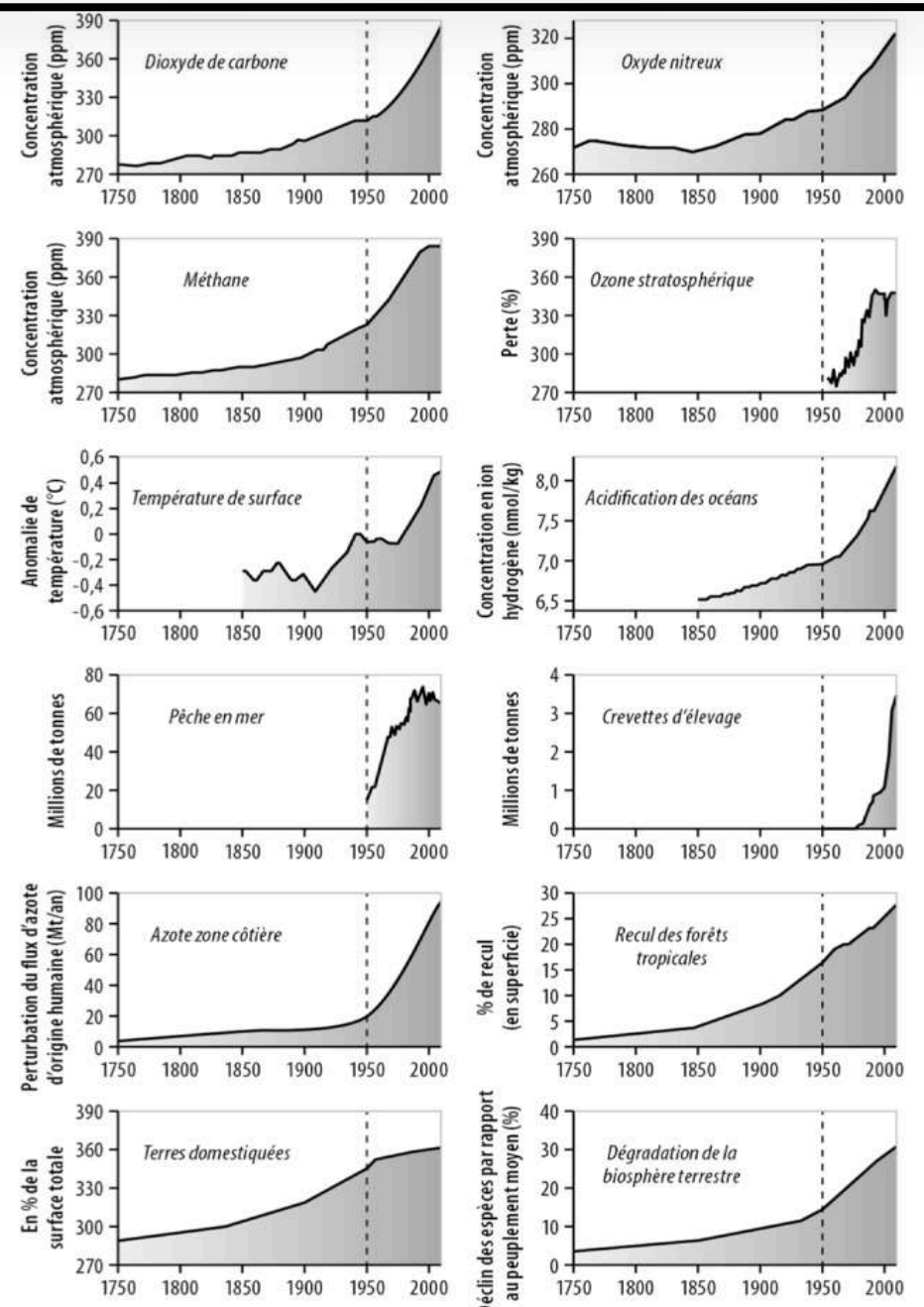
Tendances socio-économiques



Steffen, W. et al., The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review* **2015**, 2, (1), 81-98.



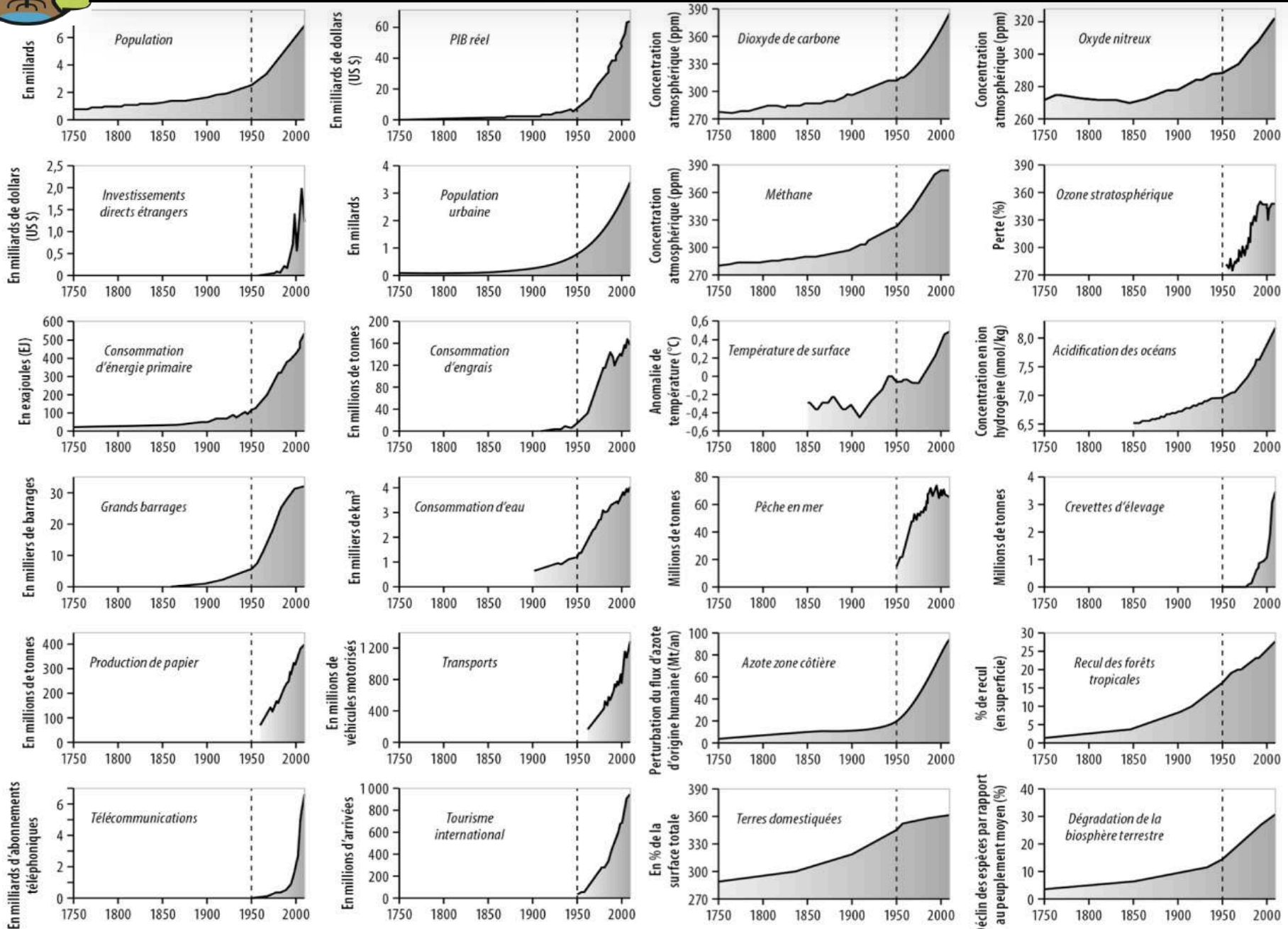
Indicateurs de fonctionnement de la planète terre



Steffen, W. et al., The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review* 2015, 2, (1), 81-98.



Tout s'accélère...





Tout s'accélère...

Evolution de la production primaire mondiale des métaux

30

20

10

1

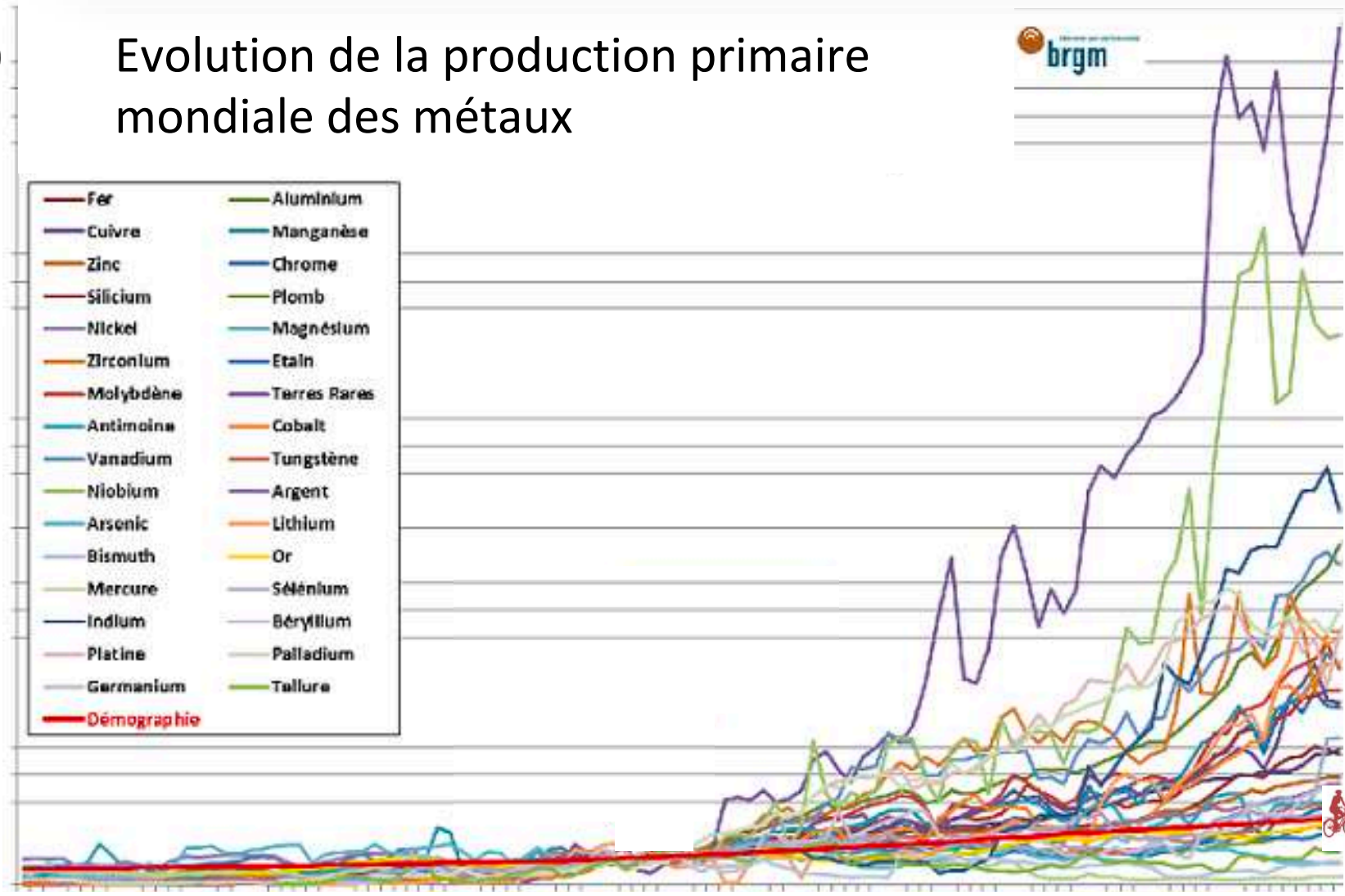
1910

1960

2015



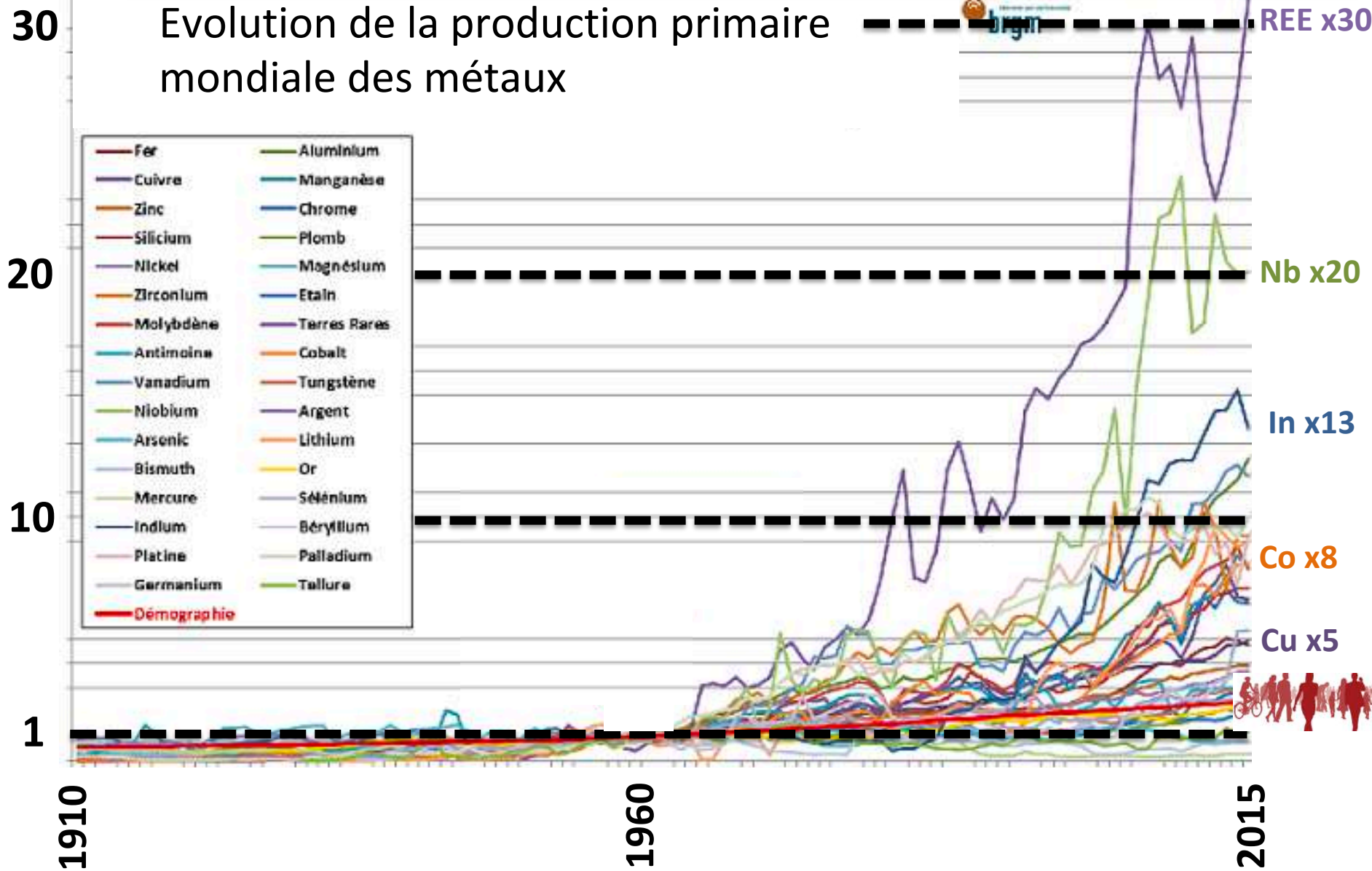
- | | |
|-------------|--------------|
| Fer | Aluminium |
| Cuivre | Manganèse |
| Zinc | Chrome |
| Silicium | Plomb |
| Nickel | Magnésium |
| Zirconium | Etain |
| Molybdène | Terres Rares |
| Antimoine | Cobalt |
| Vanadium | Tungstène |
| Niobium | Argent |
| Arsenic | Lithium |
| Bismuth | Or |
| Mercure | Sélénium |
| Indium | Béryllium |
| Platine | Palladium |
| Germanium | Tellure |
| Démographie | |





Tout s'accélère...

Evolution de la production primaire mondiale des métaux





Tout s'accélère...

1990



29 éléments

2019



55 éléments



Composition d'un Smartphone

DALLE TACTILE + VITRE

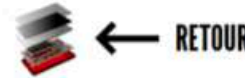
In Indium	Sn Etain	Si Silicium	Al Aluminium	K Potassium
---------------------	--------------------	-----------------------	------------------------	-----------------------

ÉCRAN

Eu Europium	Tb Terbium	Y Yttrium	
Gd Gadolinium	Ce Cérium	Tm Thulium	
La Lanthane	B Bore	Ba Baryum	
S Soufre	Mg Magnésium	Mo Molybdène	Hg Mercure

BATTERIE

Li Lithium	Co Cobalt	C Carbone	F Fluor
Mn Manganèse	V Vanadium	P Phosphore	Al Aluminium



CARTE ET COMPOSANTS

Ni Nickel	Pb Plomb	Sn Etain	Bi Bismuth
Au Or	Ag Argent	W Tungstène	Pt Platine
Rh Rhodium	Be Béryllium	Cu Cuivre	P Phosphore
As Arsenic	Ga Gallium	Ge Germanium	Si Silicium
Zr Zirconium	Ru Ruthénium	Nd Néodyme	Fe Fer
B Bore	Sm Samarium	Co Cobalt	Pr Praséodyme
Cl Chlore	Dy Dysprosium	Ta Tantale	
	Nb Niobium	Pd Palladium	

BOÎTIER

Mg Magnésium	C Carbone	Sb Antimoine	Br Brome	Ni Nickel	Zn Zinc
------------------------	---------------------	------------------------	--------------------	---------------------	-------------------

Eléments critiques

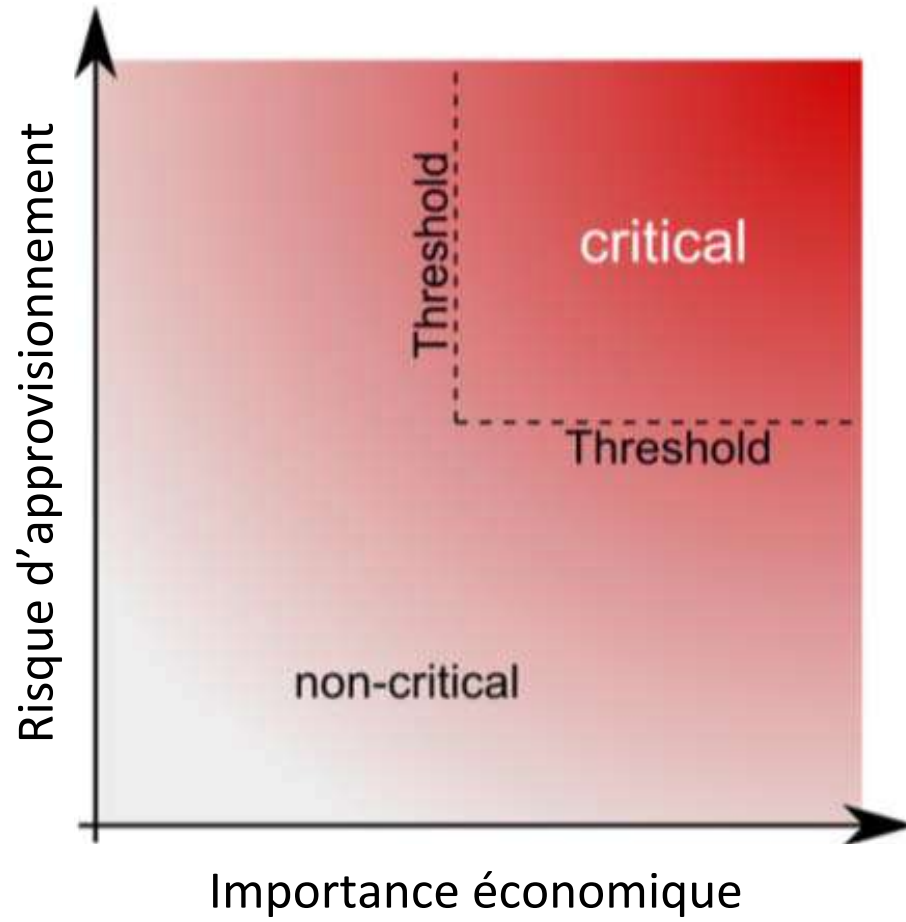


Les éléments dits **critiques** sont des éléments qui sont à la fois:

- Jugés comme stratégiques pour l'économie d'un pays, car susceptibles d'altérer la compétitivité des industries qui en dépendent
- Sujets à des risques d'approvisionnement ou à une grande volatilité des prix

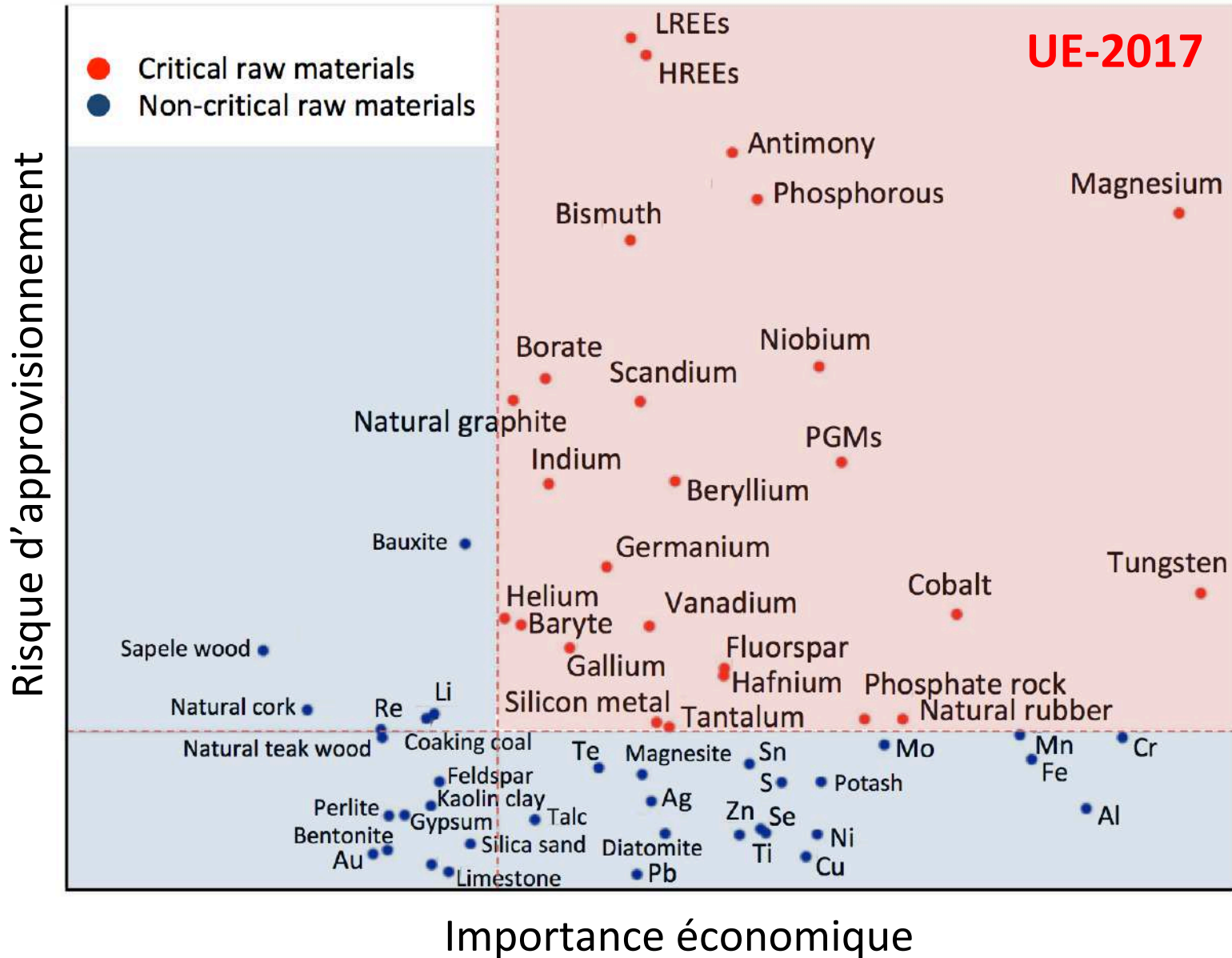


Éléments critiques: Définition





Éléments critiques: Définition





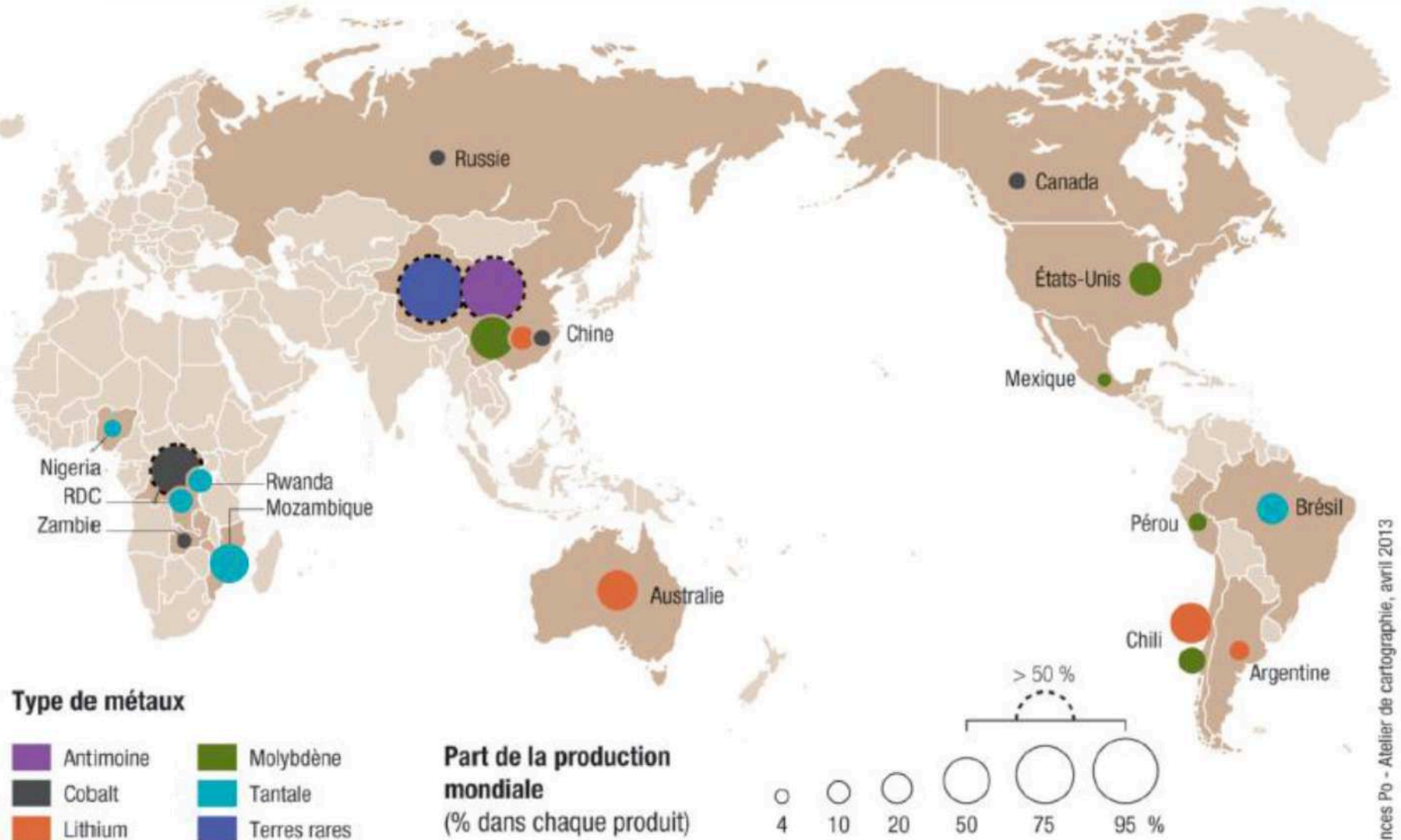
Importance économique



éléments critiques, des éléments stratégiques!

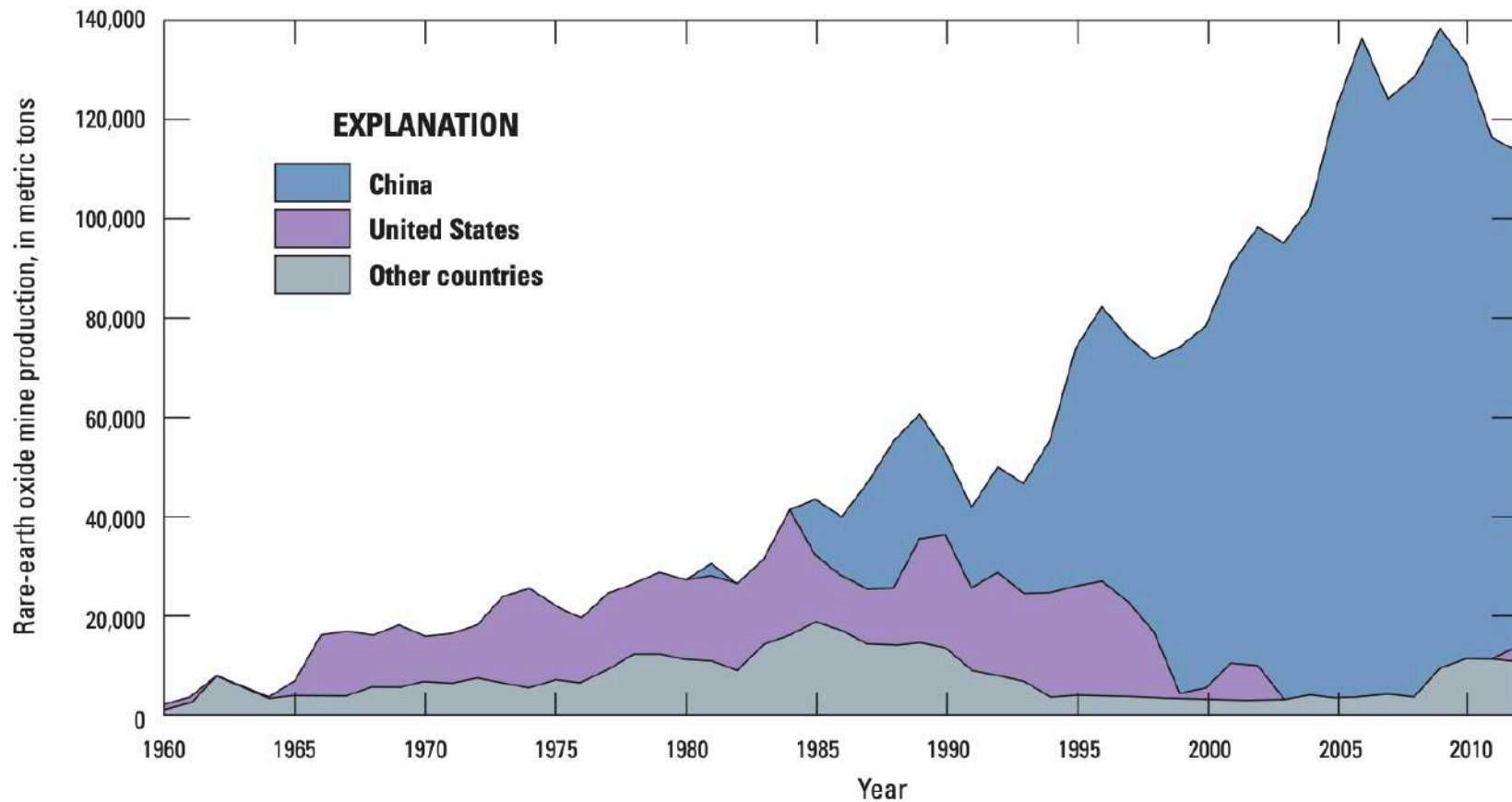


Principaux producteurs mondiaux et monopoles, 2011





Risque d'approvisionnement: cas des terres rares



Van Gosen et al. 2017



Le Point International

MENU

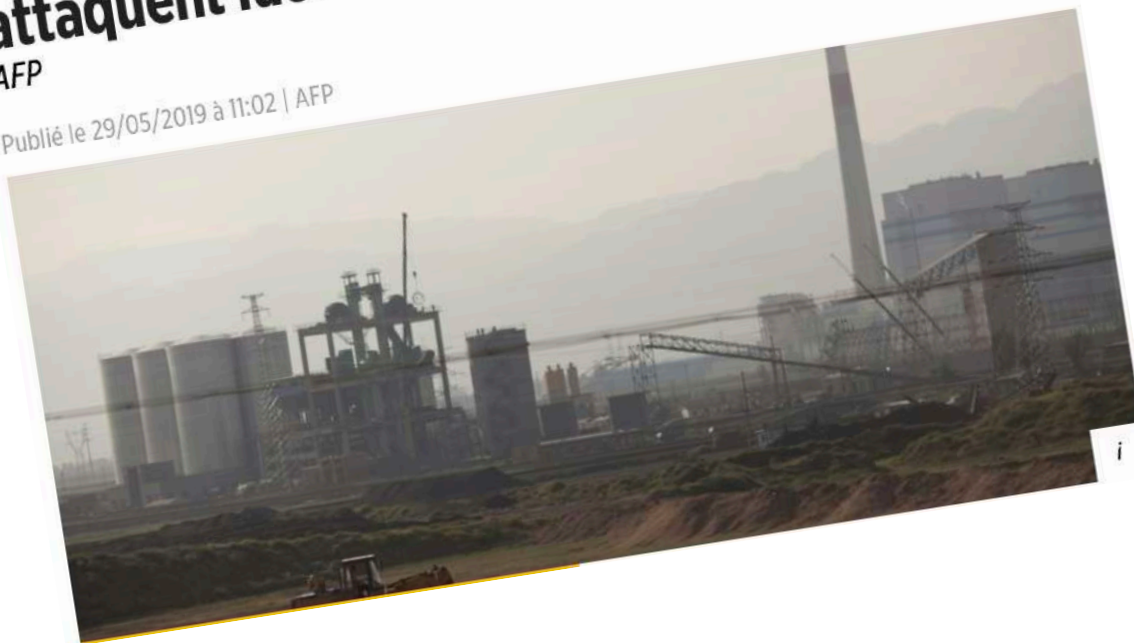
Politique International Économie Tech & Net Culture Débats Sciences Santé Sports Lifestyle

Actualité > International

Huawei, terres rares: les Chinois contre-attaquent face à Trump

AFP

Publié le 29/05/2019 à 11:02 | AFP



i



Risque d'approvisionnement: cas des terres rares

Le Point International

MENU
Politique Inter

À la une Idées Économie Politique Monde Tech-Médias Entreprises Bourse Finance - Marchés Régions Patrimoine

Les Echos

Actualité

Conflit Huawei/Trump : Pékin prêt à prendre des mesures de représailles

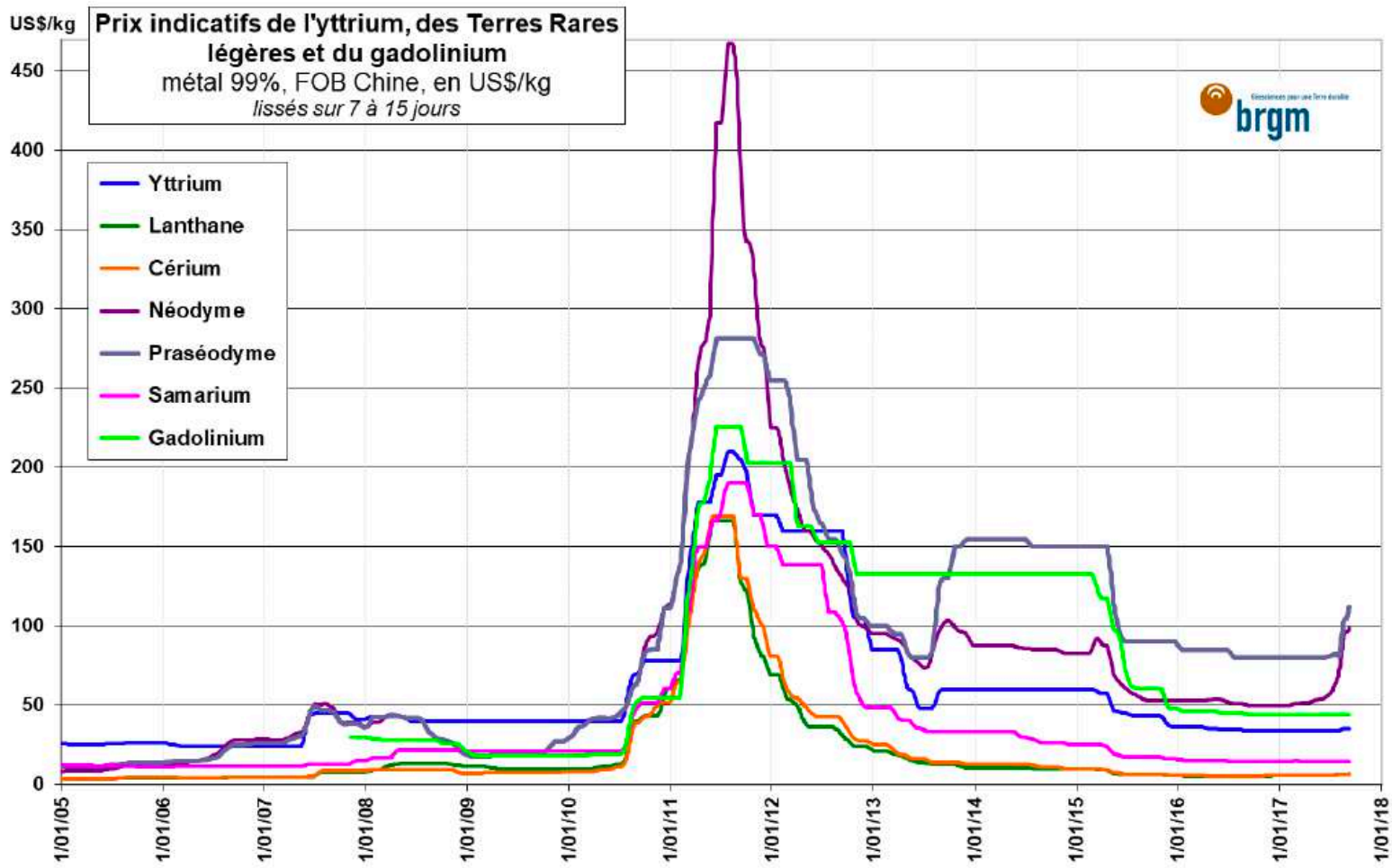
Le président Xi Jinping a visité lundi un site d'extraction de terres rares. La Chine a un quasi-monopole sur ces minéraux extrêmement stratégiques dans la high tech. Elle pourrait s'en servir dans la guerre commerciale.

Publie -





Risque d'approvisionnement: cas des terres rares





Comment diminuer la pression anthropique sur cette ressource stratégique?

Comment réduire notre dépendance par rapport au pays producteurs

→ Exploitation de sources secondaires



Comment diminuer la pression anthropique sur cette ressource stratégique?

→ Exploitation de sources secondaires

Fin de vie des produits, ex: les smartphones

- **1,5 milliards** de téléphone vendus dans le monde en 2017!
- En France **15%** de téléphones recyclés
- Aujourd'hui les métaux principalement recyclés: Au, Ag, Cu



Photo: Lucas Jackson

Sous produits ex: **les résidus miniers et industriels**

- Tonnages très conséquents et non valorisés
- Pas ou peu de pré-traitement nécessaire avant extraction
- Impact sur les paysages limités



Potentiel de la mine urbaine



Boues de STEP
280\$/tonne

Westerhoff et al. 2015



Résidus de bauxite

Boris Horvat / AFP

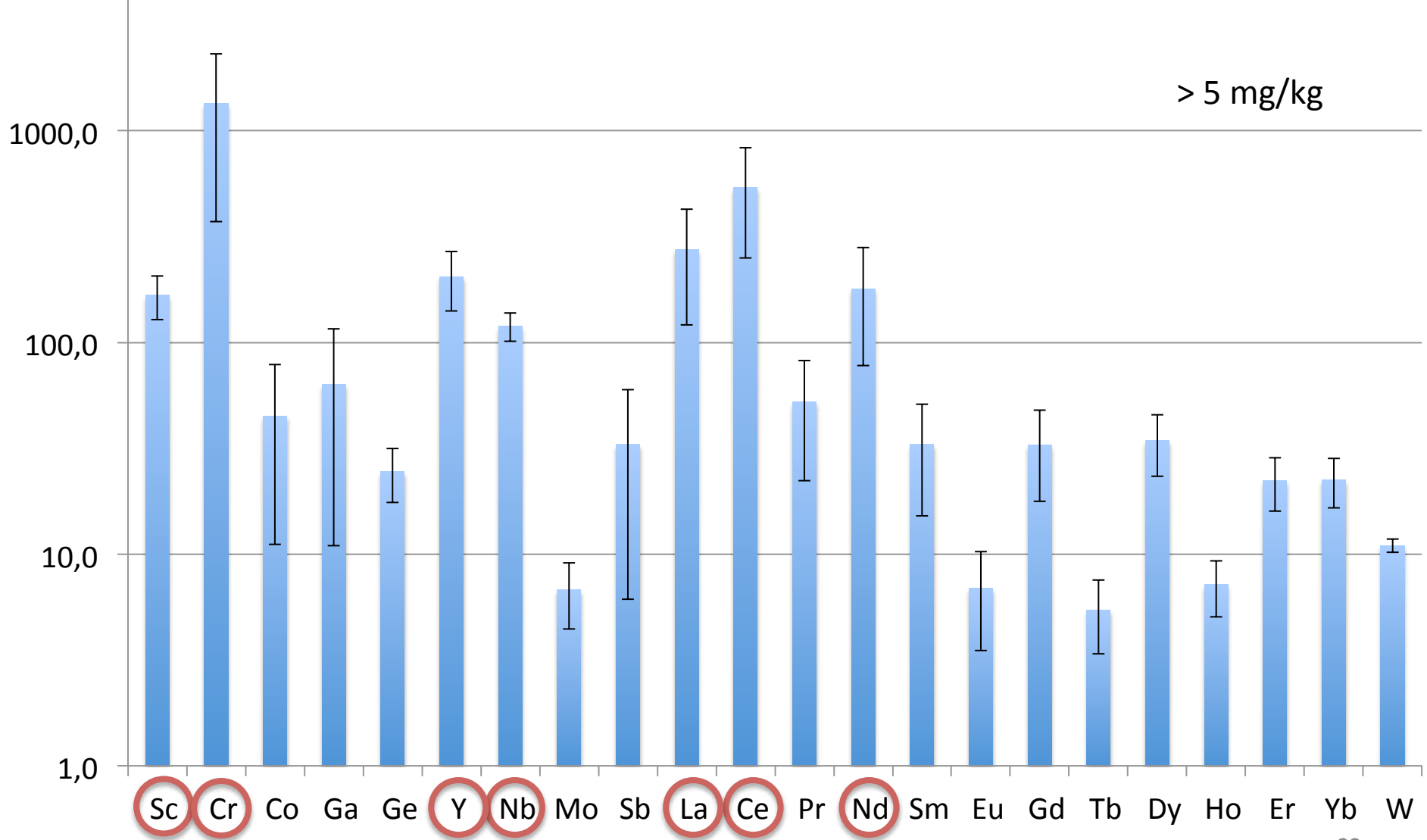


Déchets miniers



Concentration en métaux critiques dans les résidus de bauxite

mg/kg de boues rouges





Développer des protocoles d'extraction **sélectifs**
des métaux critiques dans des **déchets non conventionnels**

1. Caractérisation fine des déchets



2. Extraction (sélective) des métaux
critiques

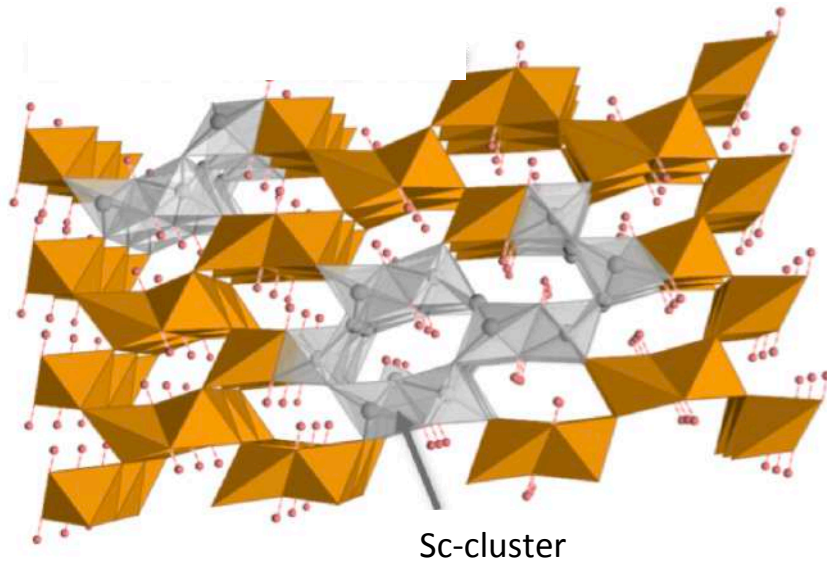
En milieu aqueux à température ambiante



Lien entre spéciation et sélectivité

Exemple de la spéciation du Sc et Y dans 2 matrices riches en Fer

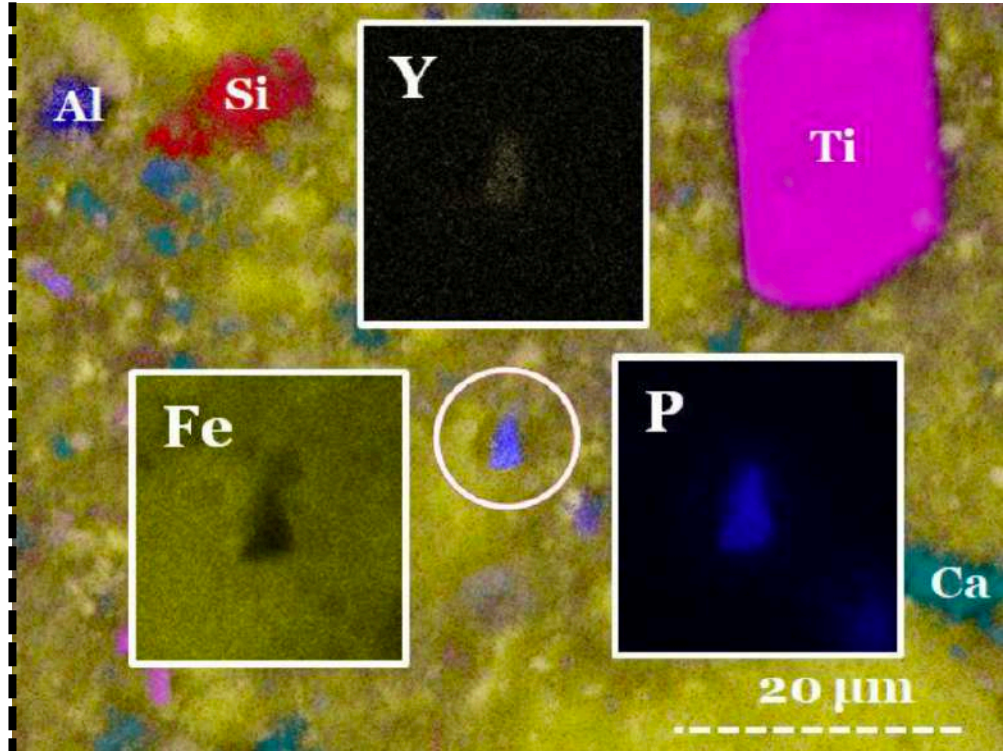
Latérites de Nouvelle Calédonie



Goethite riche en Scandium

Levard et al., 2018

Résidus de bauxite



SELECTIVITE





Lixiviation sur les résidus de bauxite

En cours de valorisation



Méthode douce vs. Méthode de pointe

Davris et al. 2016

Liquide ionique

Extraction à 150°C

Rendement d'extraction similaire!

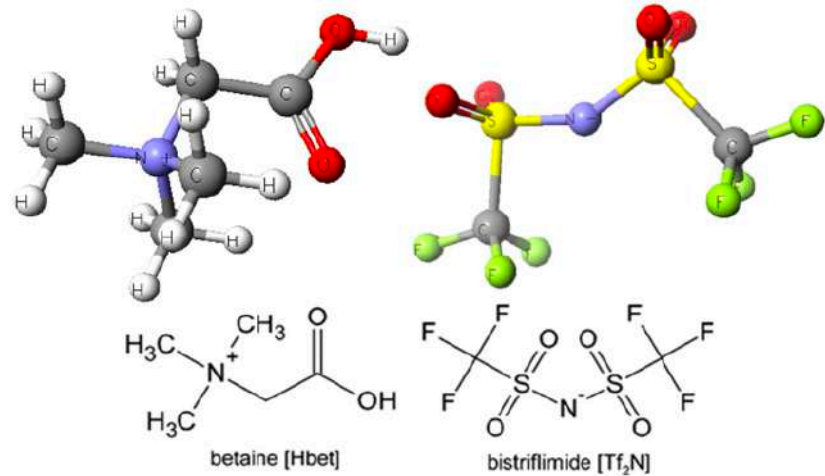
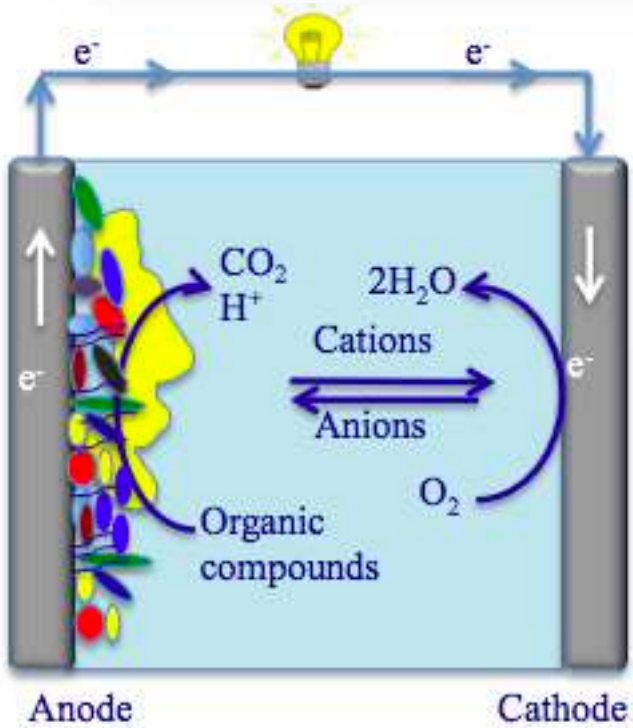


Fig. 1. HbetTf₂N molecular structure.

Besoin d'une approche Analyse de Cycle de Vie !

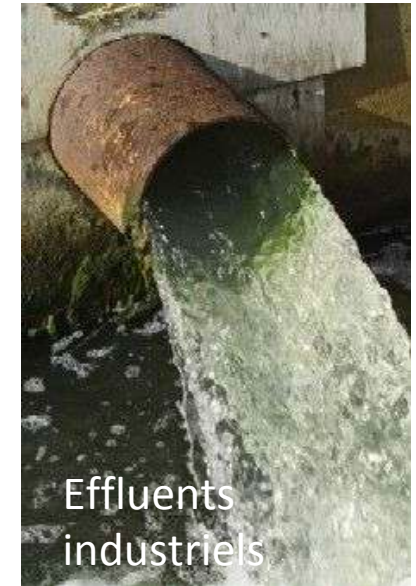


Perspectives sur les résidus de bauxite



Thèse de Luis Macias Perez
2018-2021

Approche ACV !





Valorisation: 1 article en cours de rédaction

Projet ANR soumis:

- CEREGE (C. Levard)
- AMSE (D. Ami)
- ICSM (G. Arrachart)
- ALTEO (L. Poizat)
- HYMAG'IN (C. Bonnaud)

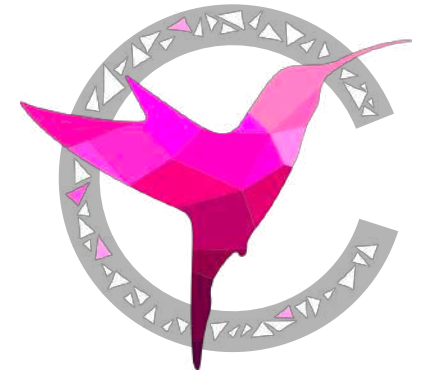
Demande de financement d'une bourse de thèse en cours...



CIRCULAR GAME

L'Avenir de la Planète est en jeu

Un projet d'exposition « Tout
Public » sur l'économie circulaire



La cité de l'Environnement



Objectif: 2022 au puits Morandat



Merci !