



## L'approvisionnement en **métaux critiques**

*Importance, stratégies et impact*



Prof. Eric PIRARD

---

## Histoire du **ROUGE** *De Lascaux à Barco*



## Histoire du ROUGE

- Ocres
  - Oxydes de fer et manganèse naturels
    - Hématite  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; Goethite  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ; ...



Rustrel - Colorado Provençal



« Terre de Sienne » brûlée

## Histoire du ROUGE

- Vermillon
  - Sulfure de mercure naturel
    - Cinabre  $\text{HgS}$



Cinabre



Almaden (ES) 2000 ans activité extractive

## Histoire du ROUGE

- Red Phosphor
  - Oxyde d'Yttrium  $Y_2O_3$ 
    - Dopage 5%  $Eu^{3+}$



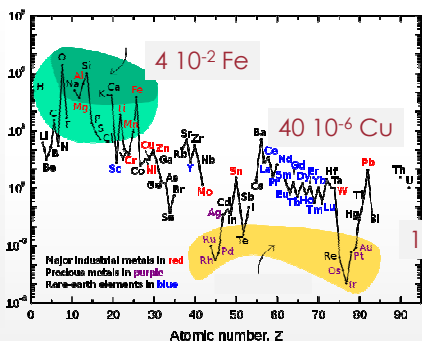
Bastnaesite  $(REE)CO_3F$   
Bayan Obo - Chine.



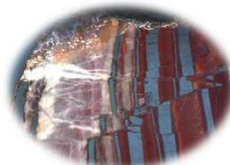
© smart-elements.com 5

## Les trois dimensions de la CRITICITÉ

# La rareté géologique



Abondance relative dans la croûte terrestre



Minéral de Fer (60 %)



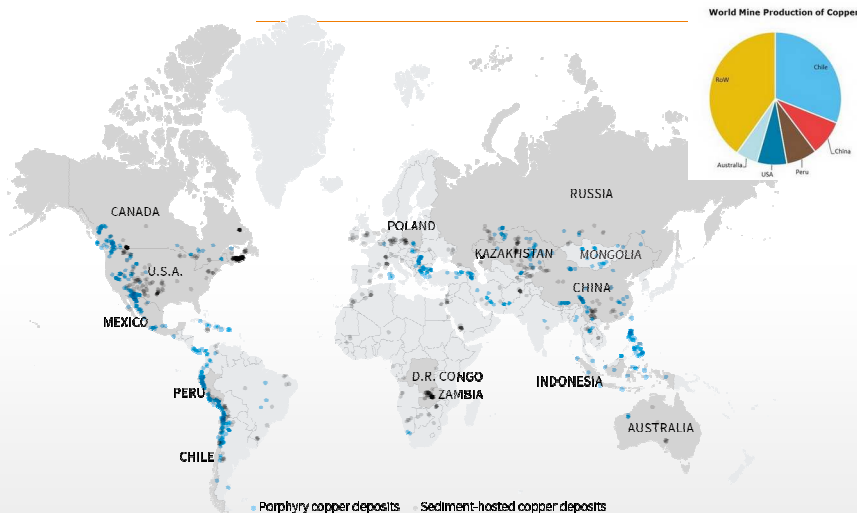
Minéral de Cuivre (0,3%)



Minéral d'Or (1 g/t)



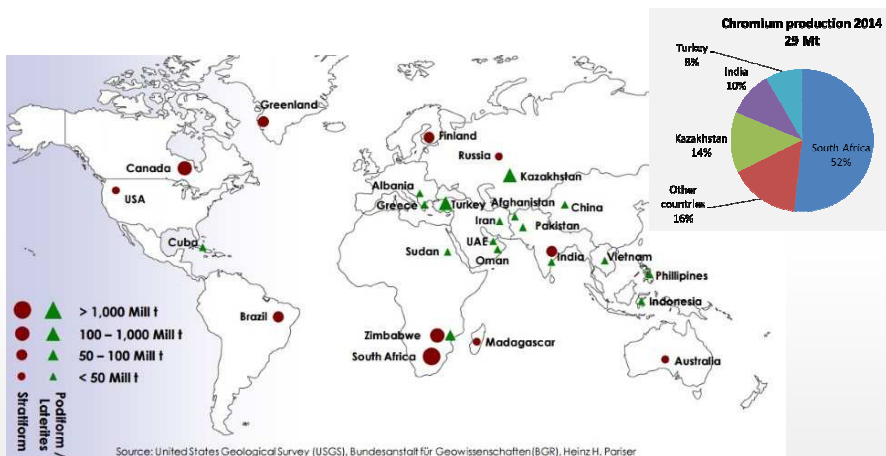
# La géopolitique des ressources



Répartition mondiale des principaux gisements de cuivre



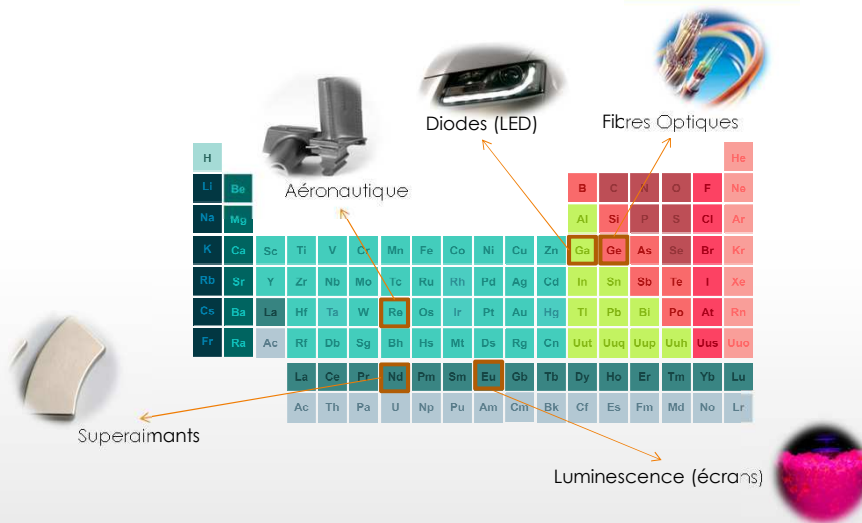
# La géopolitique des ressources



Répartition mondiale des principaux gisements de chrome



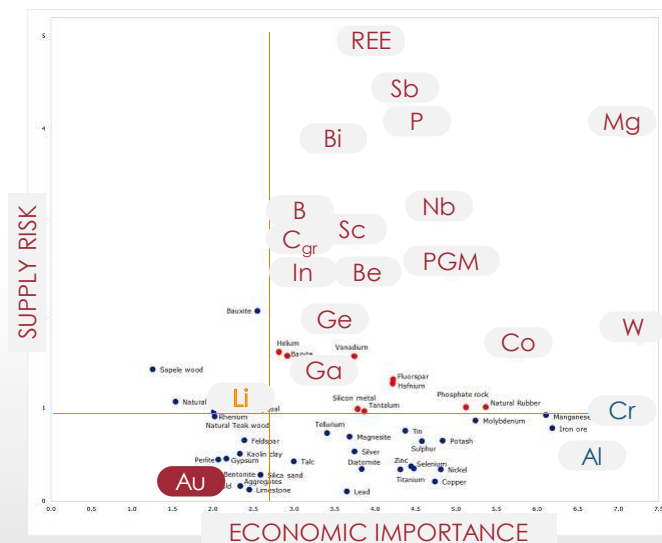
# L'importance technologique



# Critical Raw Materials for the EU ... en 2018



# Critical Raw Materials for the EU



# Critical Raw Materials for the EU



The infographic features a central circular diagram with six icons: a wind turbine, a pile of logs, a recycling bin, a globe, a pile of pipes, and a factory. The text 'Raw Materials Scoreboard' is prominently displayed in the center. Above it, the European Commission logo and 'European Innovation Partnership on Raw Materials' are visible. The entire infographic is framed by a light blue background with various red text labels.

Share of global production

Share of Imports

Value added and jobs

Knowledge & skills

Mining activity

Mineral Exploration

Social License to Operate

Waste management

Environmental Impact

Circular Economy

Recycling

LIÈGE UNIVERSITÉ

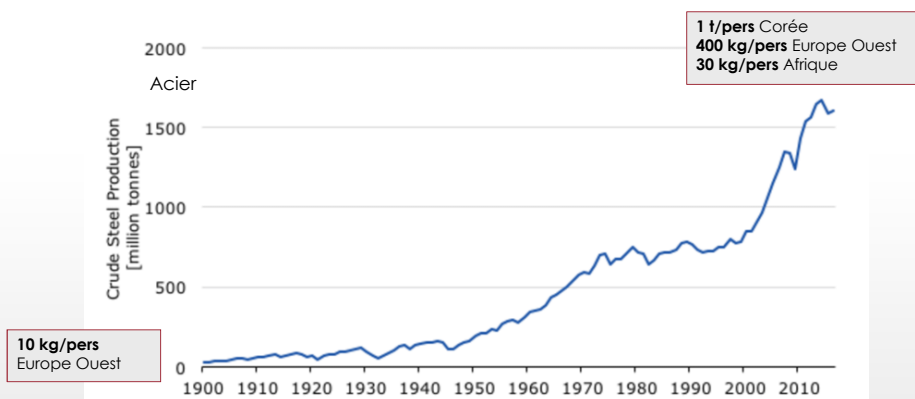
13

Croissance  
Externalisation  
Désindustrialisation

Les facteurs **aggravants**  
de la criticité

## Croissance de l'industrie extractive

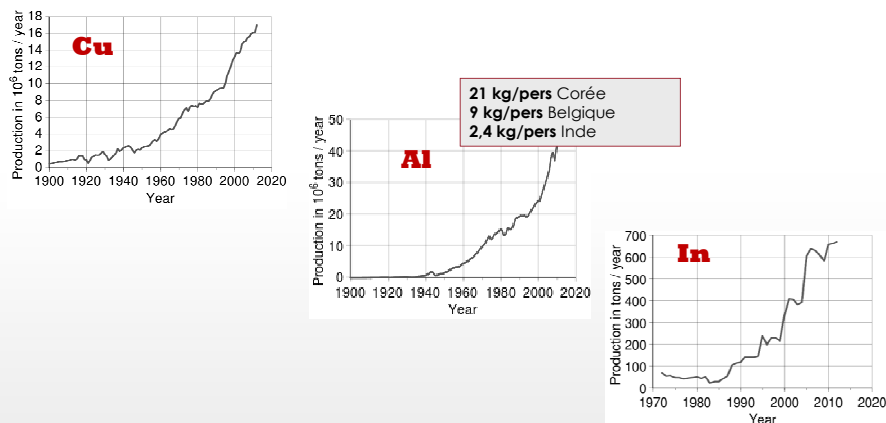
- Production mondiale d'acier



15

## Croissance de l'industrie extractive

- Production mondiale de non-ferreux

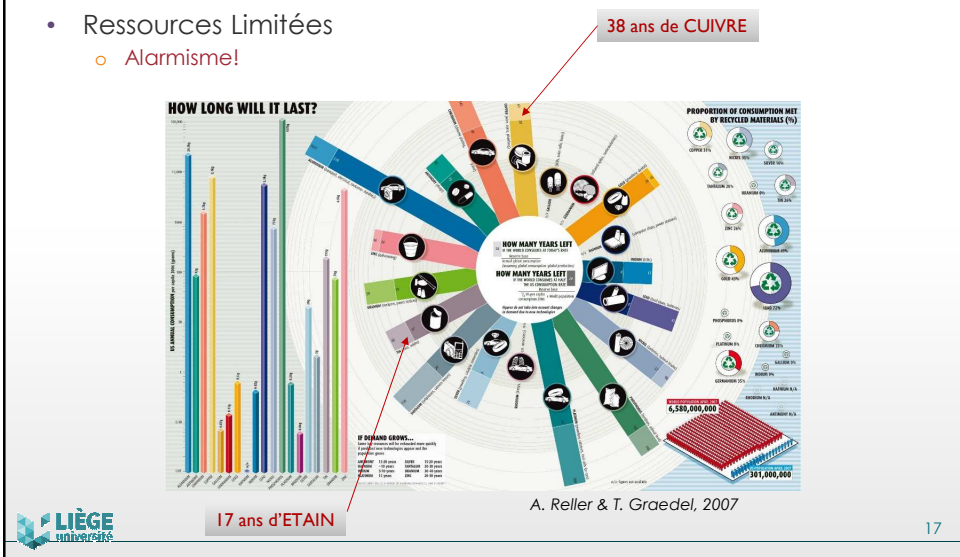


16



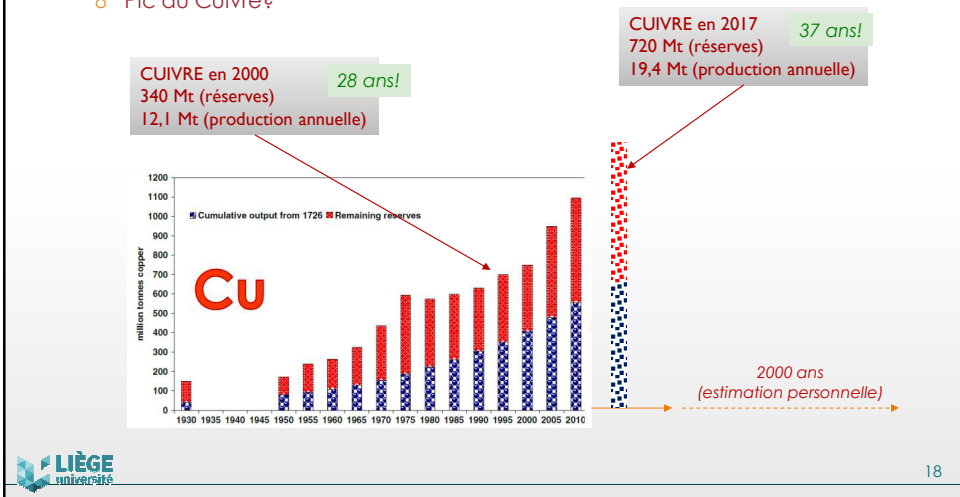
# Croissance de l'industrie extractive

- Ressources Limitées
  - Alarmisme!

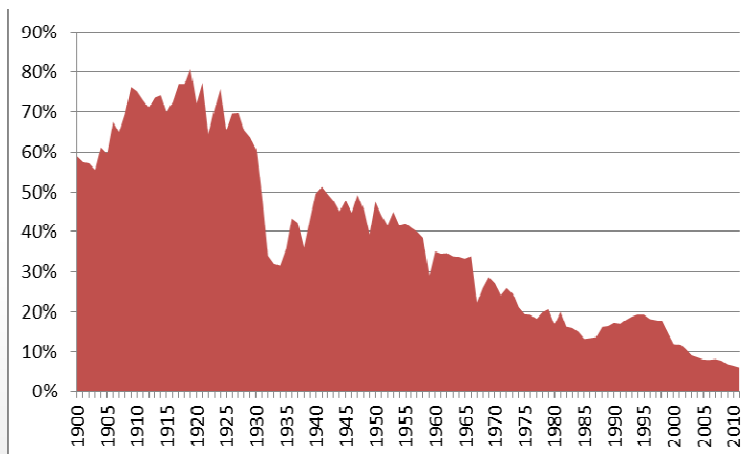


# Croissance de l'industrie extractive

- Ressources Limitées
  - Pic du Cuivre?



## Externalisation de l'activité extractive

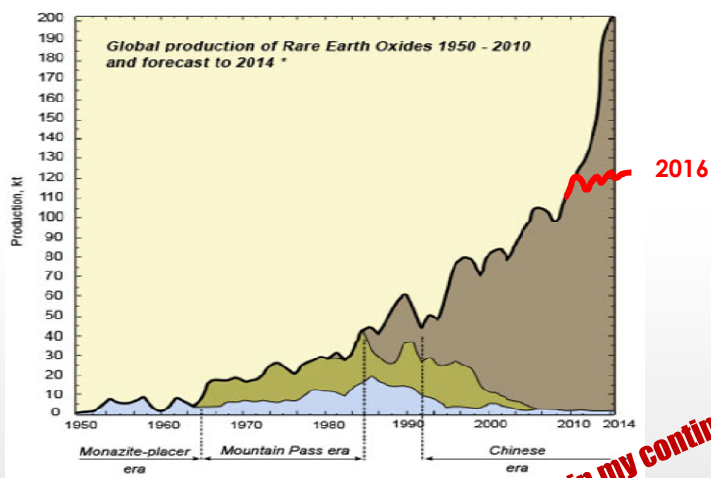


Evolution historique de la part des USA dans la production mondiale de cuivre. (d'après USGS, 2012)



**Not in my continent!**

## Externalisation de l'activité extractive



**Not in my continent!**

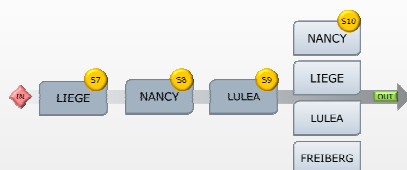
## Désindustrialisation de l'Europe

- Perte d'infrastructures de base
  - Mine
  - Raffinerie
  - Fonderie
  - Manufacture



## Désindustrialisation de l'Europe

- Perte de savoir et savoir-faire
  - Formations techniques et universitaires
  - Maîtrise industrielle des procédés complexes

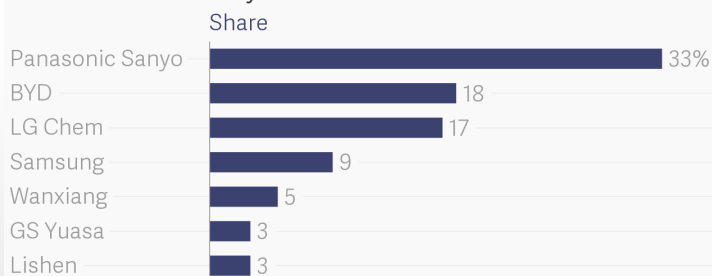


## Désindustrialisation de l'Europe

- Batteries : tout se passe en Asie
  - Extraction des métaux
  - Chaîne de transformation
  - Fabrication du produit fini
  - Innovation et production



2018 Lithium-Ion Battery Market Share



## Désindustrialisation de l'Europe



---

# L'Innovation et L'Economie Circulaire des pistes de solution?



---

## Génération BIC



# Economie Circulaire

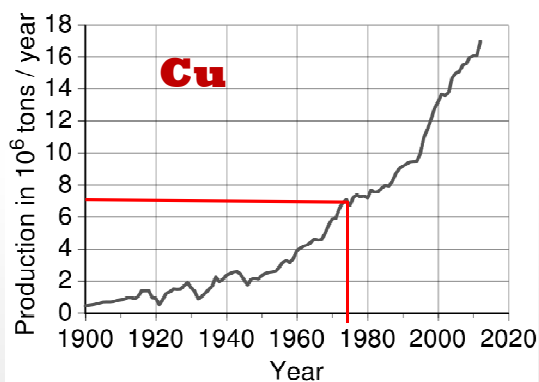


# Les 4 DEFIS de la circularité



## Défi 1 : FEED the loop

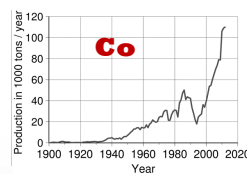
- Le recyclage, même parfait est insuffisant pour nos besoins



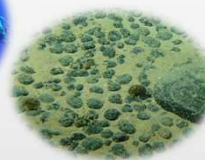
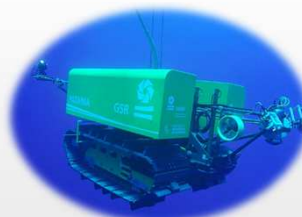
## Défi 1 : FEED the loop

- Nouveaux besoins

- Batteries Li-ion
  - NMC Li ( $\text{Ni}_{0.5}\text{Mn}_{0.2}\text{Co}_{0.3}\text{O}_2$ )
- Production Mondiale de Co
  - DR Congo (53%)
- Réserves Mondiales
  - DR Congo (>50%)
- Ressources Alternatives?
  - Latérites Ni
  - Sulfures Cu-Ni
  - Nodules Polymétalliques





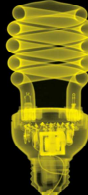

World mine production of cobalt (USGS)



(GSR (Groupe DEME) Patania, 2017)



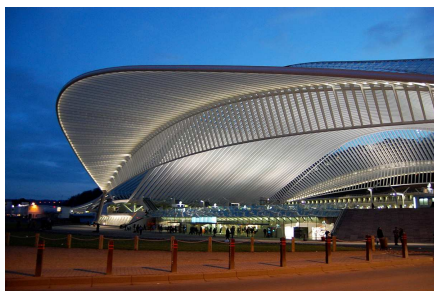
## Défi 2 : OPTIMIZE the loop

Incandescence	Halogène	Fluo-compacte	LED
			
12-20 lm/W	18-25 lm/W	60-80 lm/W	25-140 lm/W
Tungstène Verre,...	Tungstène Iode, Brome, ... Verre,...	Tungstène Mercure, Terres Rares, ... Verre, Plastique, ...	Gallium Indium, Cérium, Yttrium, Cuivre, Argent, Silicium, ... Plastique, ...

Les produits ont été optimisés pour leur **fonctionnalité**.  
Il faut désormais se soucier de leur **recyclabilité**  
et de la **disponibilité** durable des ressources.



## Défi 3 : SLOW DOWN the loop



Prime à la garantie prolongée



Indice de réparabilité





## Défi 4 : CLOSE the loop

- Faible valeur résiduelle

	Smartphone AVEC Batterie
Polymères	19,2 %
Verre	19,4 %
Cu	10,7 %
Co	8,4 %
Ni	1,2 %
Li	0,8 %
Nd	1935 ppm
Ag	868 ppm
Au	95 ppm
Ga	17 ppm



## Défi 4 : CLOSE the loop

- Inciter au recyclage
  - Faibles Volumes
    - On collecte moins de 30 % des GSM (< 500 000/an en Belgique)

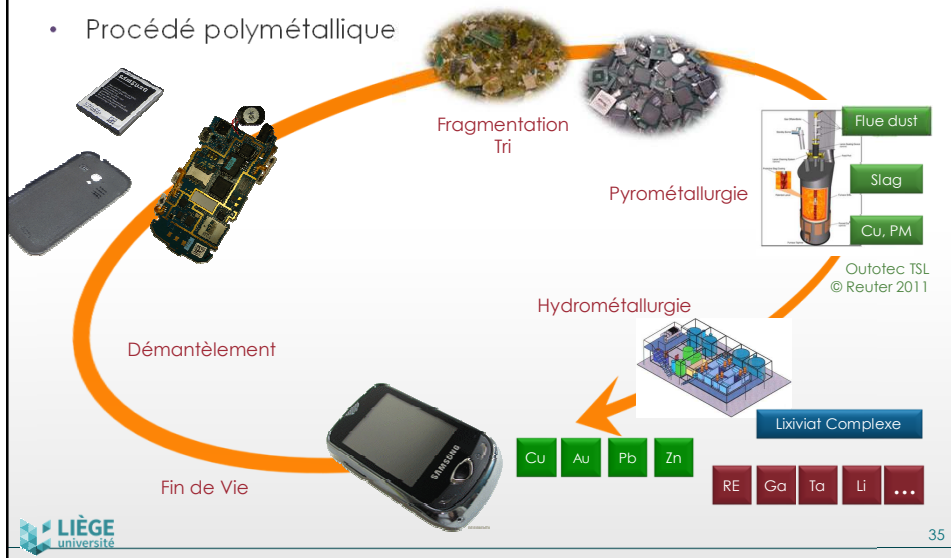


1 année de production de la mine correspond à 10<sup>9</sup> GSM!



## Défi 4 : CLOSE the loop

- Procédé polymétallique






# Resourceful Engineers



- 40+ Research Staff
- 3 M€ annual turnover
  - 40% contracts with private partners


- **Resource**
  - Particular attention given to **MINERAL** and **METALLIC RESOURCES**
  - Interest for both **MINING** and **URBAN MINING**
- **Efficiency**
  - Contribute to developing a more **CIRCULAR ECONOMY**
  - Privilege a **HOLISTIC** approach of the material cycle
  - Put engineering to the service of a more **SUSTAINABLE** societal project
- **Engineering**
  - Contribute to the **EDUCATION** of creative and open-minded engineers
  - Be a source of **TECHNOLOGICAL INNOVATION** for increased recovery of valuable metals




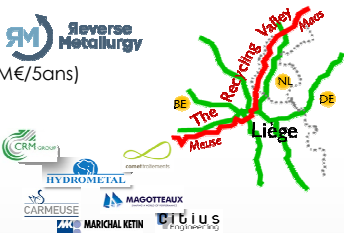



## Minerals Engineering, Materials & Environment

- Membre de « Knowledge Innovation Communities »
  - **Région Wallonne**
    - NEXT-Mecattech : Reverse Metallurgy (61 M€/5ans)
  - **Europe**
    - EIT Raw Materials (3 G€/7ans)









# Research

## SMART SORTING

Advanced 3D imaging and hyperspectral sorting

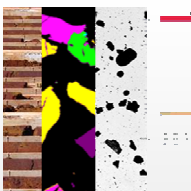


## PHYSICAL PRE-PROCESSING

Energy-Efficient fragmentation and conditioning

## GEOMETALLURGICAL CHARACTERIZATION

Process oriented "mineralogical" mapping



## BIO - HYDROMETALLURGY

Resource efficient processes for end-of-life goods



# Research

## SMART SORTING

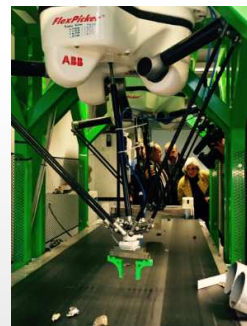
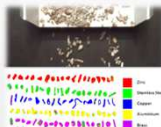
Advanced 3D imaging and hyperspectral sorting



- LaserSieve
  - Online volumetry and 3D size distributions



- Iliade
  - Hyperspectral particle identification
- Pick It
  - Multisensor online imaging and sorting
    - 3D, VNIR, XRT, LIBS,...



# Research

- Comminution
  - Magotteaux Mill
    - Galvanic interaction in ball mills
  - SelfFrag
    - Electro-dynamic fragmentation
  - RoStar
    - Fine grinding (vertical mills)



**PHYSICAL  
PRE-PROCESSING**

*Energy-Efficient  
fragmentation and  
separation*



# Research

- BIOLIX
  - Bio/Hydrometallurgical processing of shredder residues
- CERES
  - Coprocessing of waste and ores



**BIO -  
HYDROMETALLURGY**

*Resource efficient  
processes for  
end-of-life goods*

