

Ressources Métalliques et Economie Circulaire

Une histoire éclairante

Progrès et technologies

Une histoire éclairante

Progrès et technologies

400 000 BC

- Pierre à feu
 - Silex (SiO_2) contre Pyrite (FeS_2)
 - Embrassement des éclats - combustion



Une histoire éclairante

Progrès et technologies

1669

- Porteur de Lumière (P)
 - Découverte d'un résidu luminescent dans l'urine
- Allumettes
 - Bâtonnets imprégnés de Sb_2S_3 , KClO_3 ,...

1844

- Safety matches
 - Auto-ignition sur un grattoir (poudre de verre, P rouge)



L'ange Lucifer
Cathédrale St Paul (Liège)



Lucifers, Fósforos

Une histoire éclairante

Progrès et technologies

1885

- Découverte des terres rares Pr et Nd
 - Carl Auer



1890

- **Manchon incandescent**
 - Cotton imprégné de ThO_2 (99%) et de CeO_2 (1%)
- **Pierre à briquet**
 - Ferrocérium (mischmetall)
 - ✓ 20% Fe; 38%Ce; 22%La; 4% Nd; 4% Pr; 4% Mg



Une histoire éclairante

Progrès et technologies

1892

- Lampe électrique
- Filament porté à incandescence
 - Auer (Osmium); Edison (Carbone, Tungstène)



Une histoire éclairante

Progrès et technologies

1990

- Effet photoélectrique de InGaN – GaN
- Diode électroluminescente (LED) bleue à haute intensité
 - Akasaki, Amano, Nakamura (Prix Nobel Physique, 2014)



2012

- Mise au point de lampes LED à haute puissance



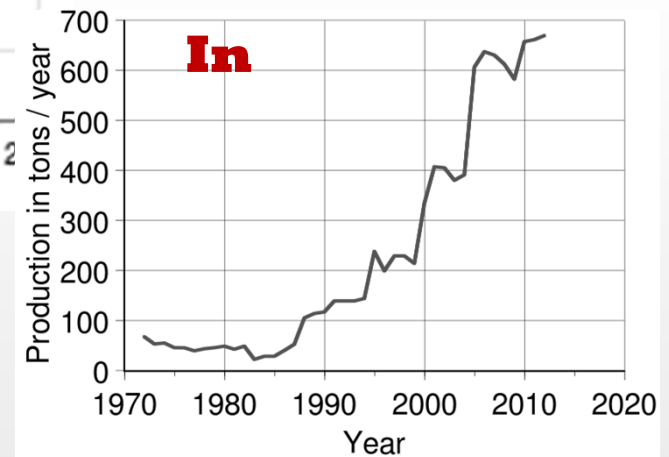
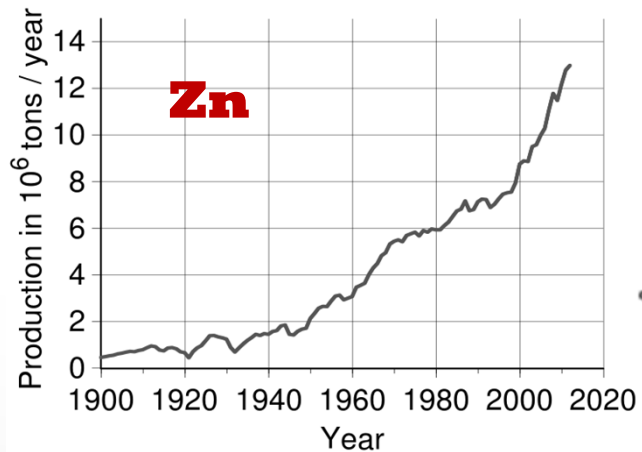
Technologies et Ressources

Une croissance sans limites ?

Technologies et Ressources

Une croissance sans limites ?

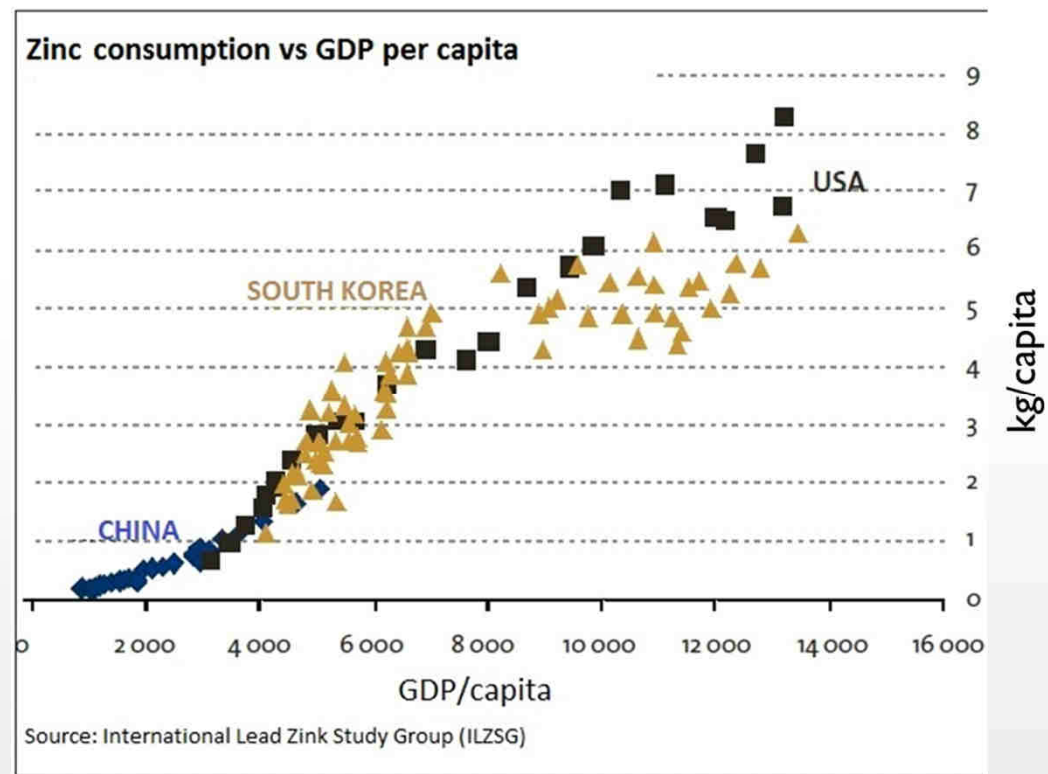
- Une consommation effrénée
 - Production mondiale de quelques métaux



Technologies et Ressources

Une croissance sans limites ?

- Une consommation effrénée
 - Production mondiale de quelques métaux



Un monde de ressources

... avec quelques réserves

Un monde de ressources

... avec quelques réserves

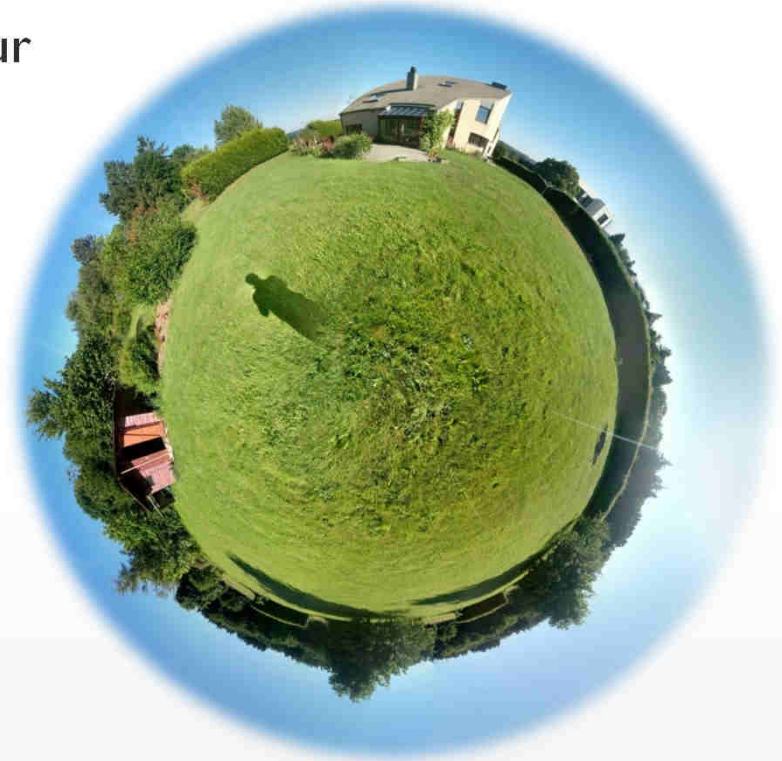
- Un jardin de 1000 m² sur 1m de profondeur
 - Contenu moyen de 2000 t de schiste

On y trouve surtout...

Élément	Contenu
O	930 t
Si	660 t
Al	160 t
Fe	60 t
Ti	8 t

et aussi...

V	164 kg
Cr	122 kg
Zn	150 kg
Ni	54 kg
Cu	46 kg



Un monde de ressources

... avec quelques réserves

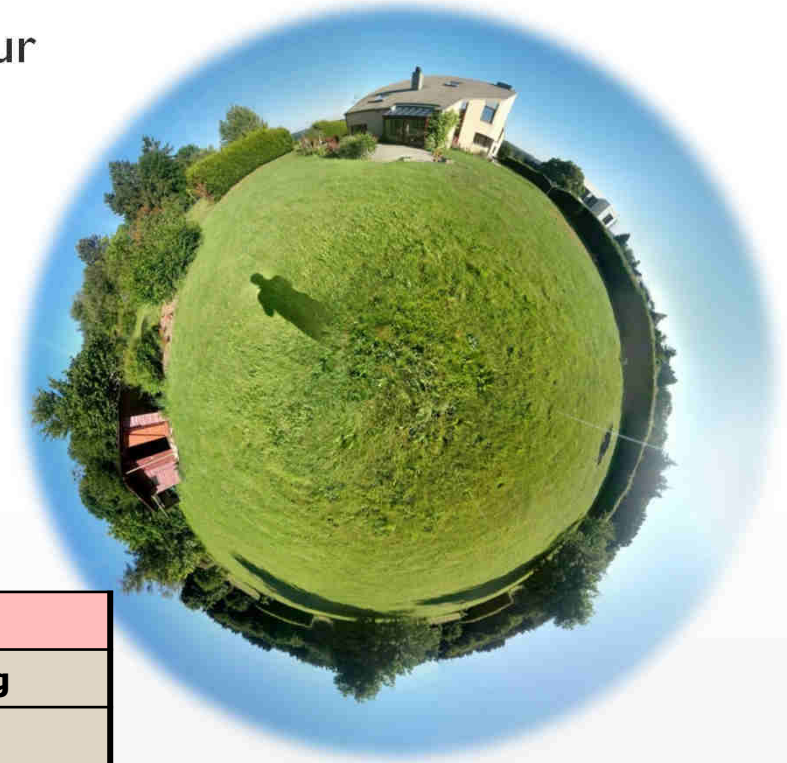
- Un jardin de 1000 m² sur 1m de profondeur
 - Contenu moyen de 2000 t de schiste

On y trouve tout ce qu'il faut pour l'électronique de pointe ...

Li	60 kg
Nd	54 kg
Co	34 kg
Ga	34 kg
Gd	8 kg

et même...

As	22 kg
Hf	15,4 kg
Ge	3,4 kg
U	5,4 kg
Tl	1,2 kg
Hg	130 g
Au	2 g
Te	<2g



Un monde de ressources

... avec quelques réserves

- Une **roche** est un agrégat naturel de minéraux
- Un **minerai** est une *substance solide*, permettant une valorisation industrielle **actuelle** dans des conditions de rentabilité **économique**.



ROCHE

Tuf rhyolitique à **1 mg/t** d'or



MINERAI d'OR

Tuf rhyolitique à **1 g/t** d'or

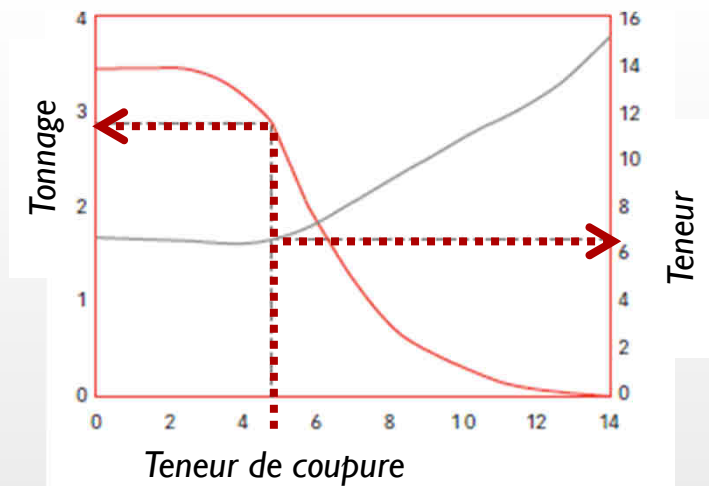
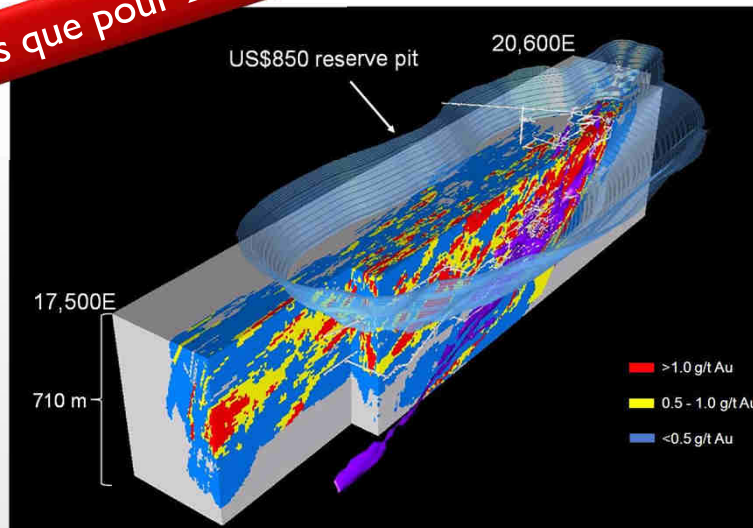
Un monde de ressources

... avec quelques réserves

- Ressources
 - Les volumes que les géologues ont pu **identifier et quantifier**
- Réserves
 - Un sous-ensemble **exploitable** selon des critères

Techniques
Économiques
Sociaux
Environnementaux, ...

Il n'y en a plus que pour 20 ans!



15

Economie Circulaire

Un nouveau paradigme

16

Economie Linéaire

La Génération BIC

MINE

Ressource



... Origine



Produit

Vie
2 mois

DECHARGE

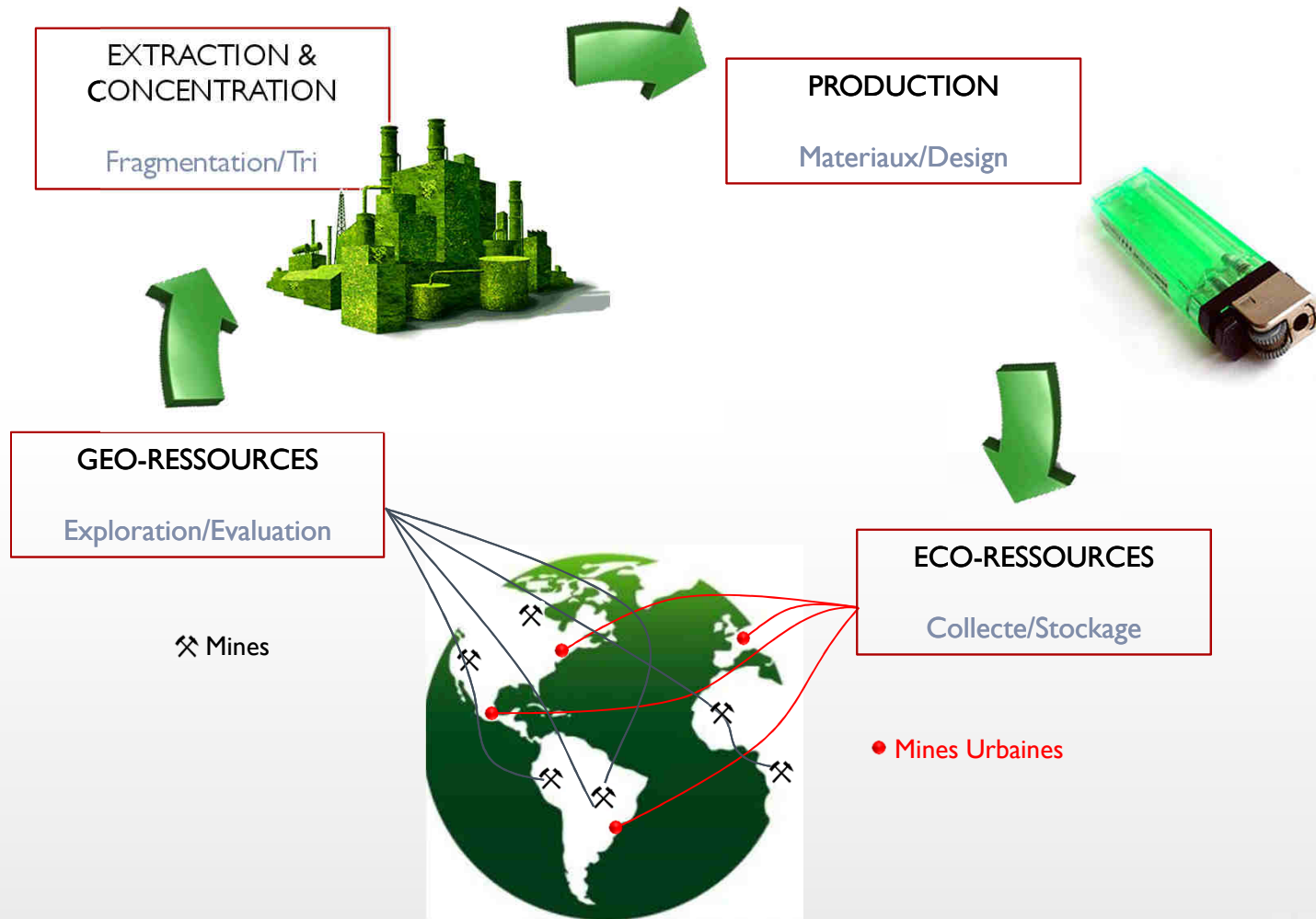
Déchet



Fin de Vie ...

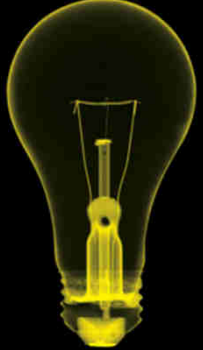



Economie Circulaire

Changer de paradigme



Economie Circulaire

Changer de paradigme

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 et matériaux sont optimisés pour leur **fonctionnalité**.
Il faut désormais se soucier de leur **recyclabilité**
et de la **disponibilité durable** des ressources.

Mine Urbaine

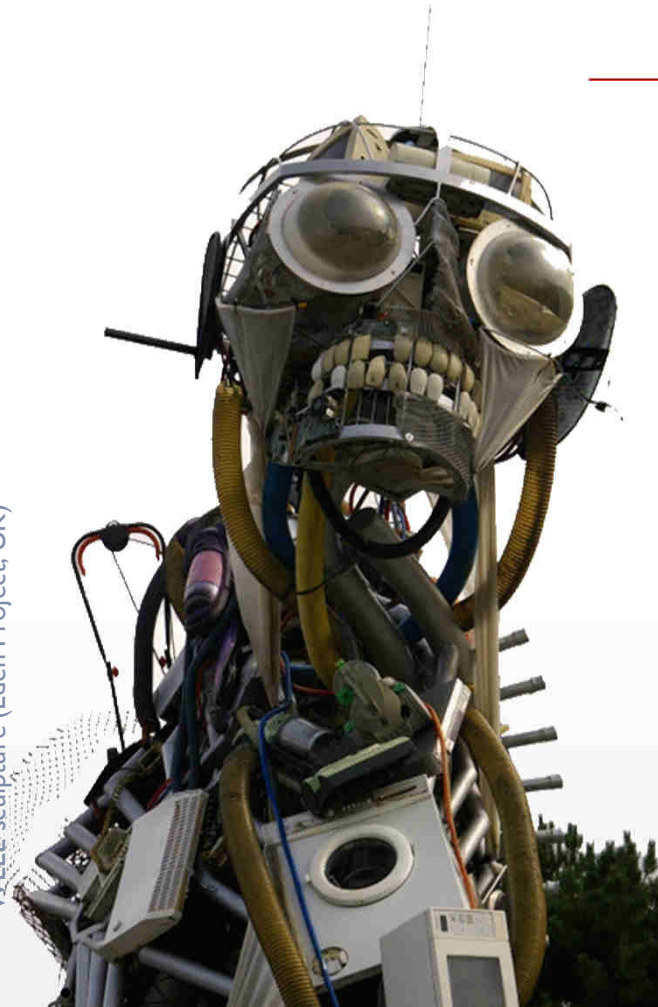
Les défis

20

Mine urbaine

Les défis

WEEE sculpture (Eden Project, UK)



21

DEEE

Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques

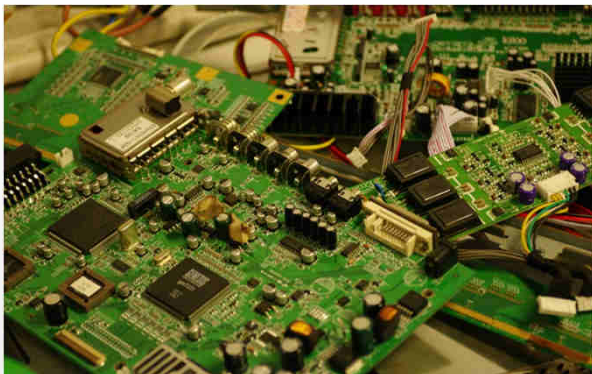
Université de Liège

- Limiter la consommation de ressources primaires
 - “Resource Efficient Design”
 - Prime à la garantie prolongée
 - Economie de la fonctionnalité
- Donner du volume aux “mines urbaines”
 - Inciter à la collecte
 - Organiser la collecte intelligente
- Donner de la valeur aux “mines urbaines”
 - Coût vérité des métaux
- Limiter la perte de ressources au recyclage
 - Design for recycling
 - Taxe sur la valeur ajoutée dégradée

Mine urbaine

Les défis du volume

- DEEE: Déchets Electriques et Electroniques (11 Mt/an en UE)
 - Electroménagers, Lampes, TV, Ordinateurs, GSM, ...
- Le défi de la collecte
 - En Belgique (2010): 9,3 kg/hab.an
 - Objectifs UE 2015: min. 4kg/hab.an
 - Objectifs UE 2019 : collecter 65% des EEE mis sur le marché



Mine urbaine

Les défis de la teneur

- Pour fabriquer une tablette de 700 g ... il faut excaver plus de 300 kg de minerais dans le monde entier!
 - 200 g de plastiques
 - 100 g Si
 - 80 g Al
 - 80 g de Fe
 - 60 g de Cu
 - 65 g de Co
 - 45 g de Zn
 - 30 g de Li
 - 15 g de Pb
 - 15 g de Sn
 - 2,1 g de Nd
 - 3 g d'Ag
 - 1,7 g de Ta
 - 200 mg d'Au
 - 40 mg de Pd
 - 10 mg de Ge
 - 10 mg d'In
 - ...

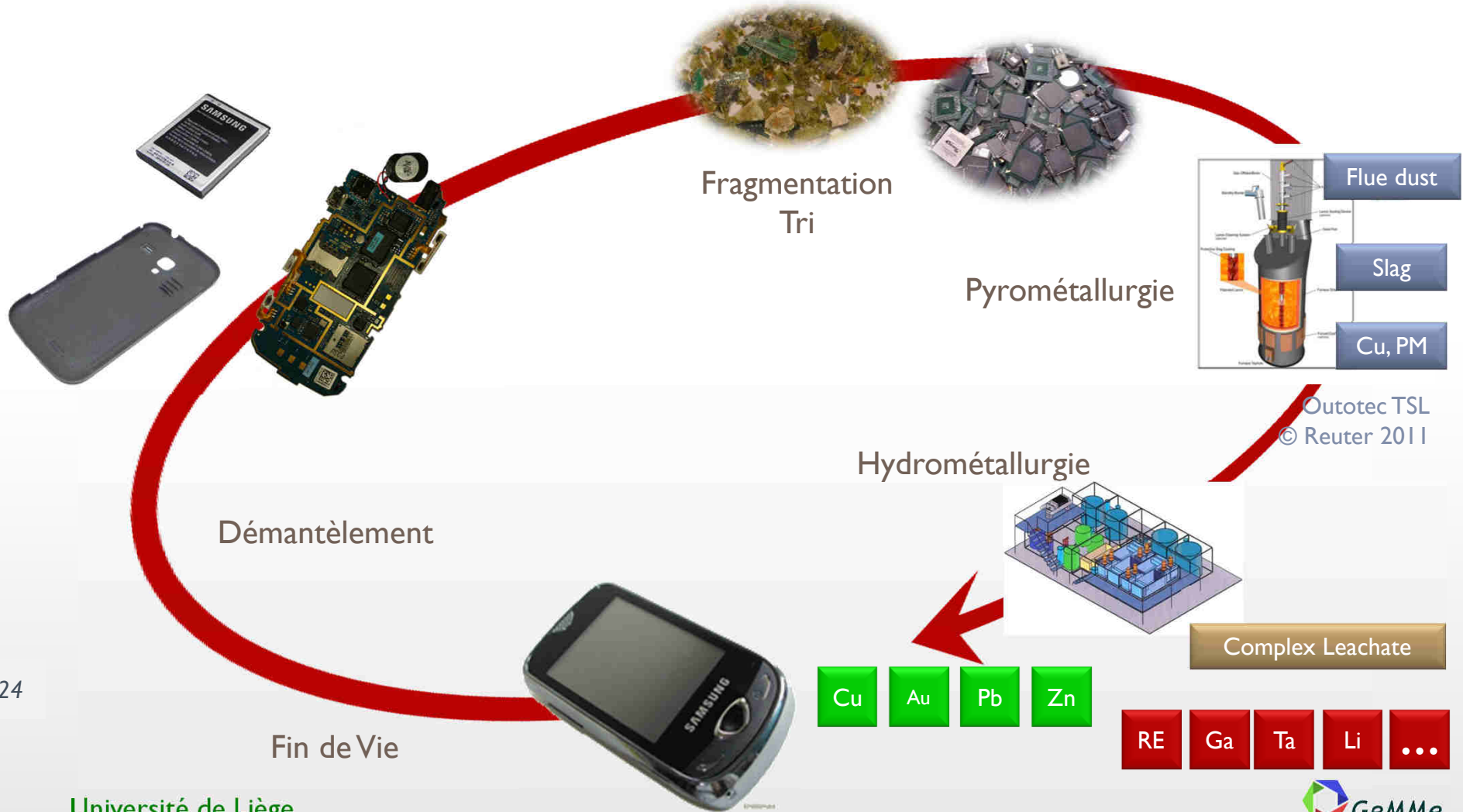
Valeur résiduelle d'une tablette = 2 €!



- Les DEEE contiennent moins de Si, Al ou Ga que mon jardin, mais 5x à 10x plus de Cu, Co ou Sn que des gisements économiques

Mine urbaine

Les défis de la technologie



Mine Urbaine

Les opportunités

25

Raw Materials

Le réveil européen

Critical Raw Materials for the EU

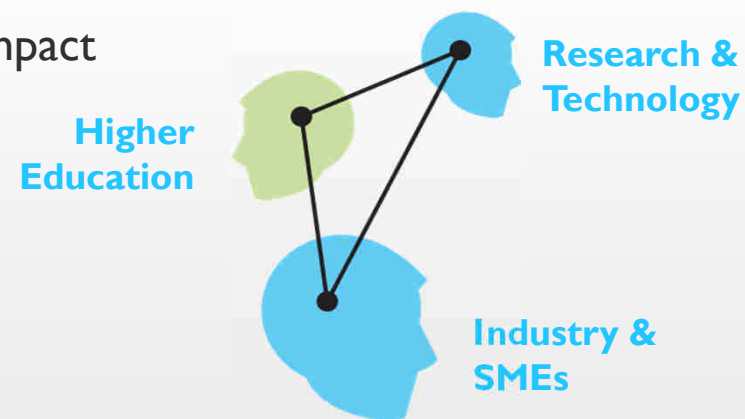
Raw Materials Initiative

KIC Raw Materials

European Innovation Partnership

H2020 – SPIRE - ...

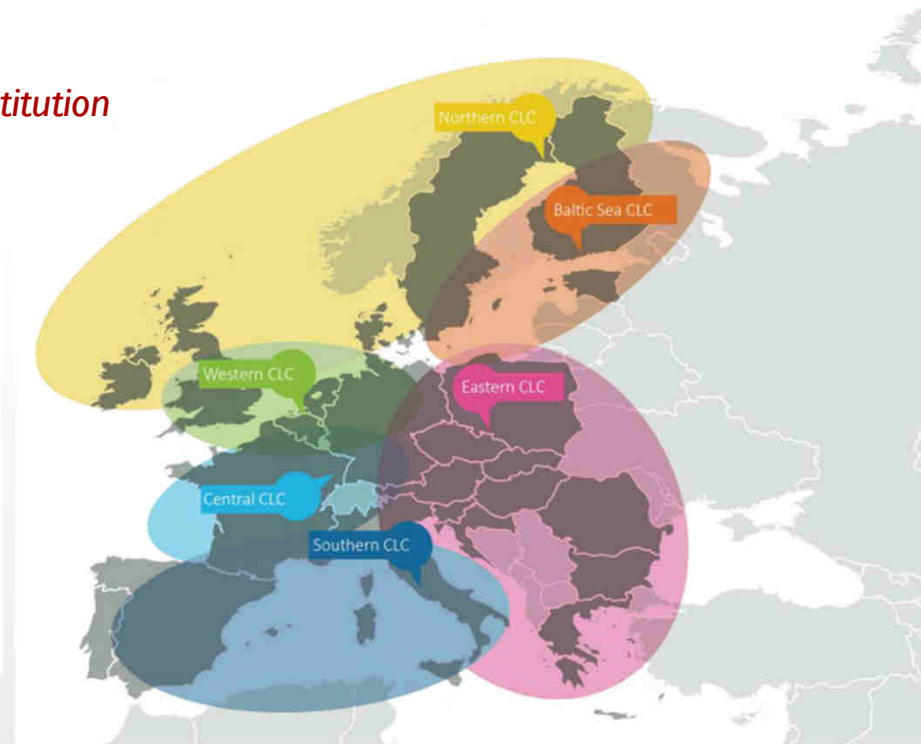
- Knowledge Innovation Community (KIC) : un réseau européen **unique**, sur le **long terme** et géré par un **management** de haut-niveau
- Financement de projets générateurs d'impact
 - 50 à 100 M€/an
 - Usines pilotes
 - Incubateurs
 - Education
 - Innovation & Entreprise



Raw Materials

Le réveil européen

- Knowledge Innovation Community “EIT Raw Materials”
 - Sustainable Exploration
 - Extraction
 - Processing
 - Recycling
 - Substitution



Raw Materials

Une opportunité pour la Wallonie

Strengths

- Position Centrale en Europe
- Longue tradition en métallurgie
- Engagement dans l'économie circulaire
- Capacité de recherche
- Friches prêtes à la réindustrialisation
- Logistique

Weaknesses

- Déficit de ressources académiques
- Déficit en experts de haut niveau
- Euregio très compétitive
- Besoin de formations techniques
- Sites d'essais dispersés

Opportunities

RECYCLING VALLEY



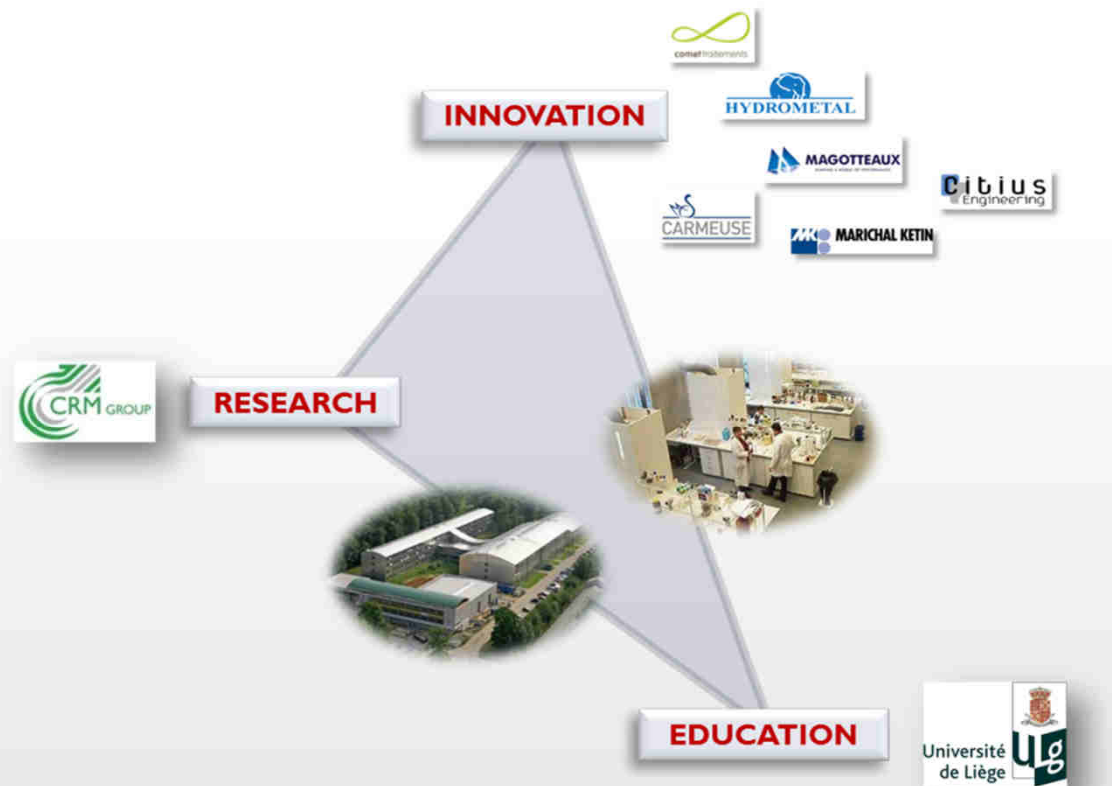
Trends

- Raw Materials = thème phare en H2020
- Intégration de plateformes recherche
- Approche multidisciplinaire
- Réseau d'expertise au niveau EU

Reverse Metallurgy

KIC Wallon

- 41.5 M€ investis
 - Plan Marshall, Labellisation MECATECH, Plateforme Ecologie Industrielle (NEXT)
- Portefeuille de projets à finalité industrielle dans le domaine du recyclage des métaux et produits complexes



Reverse Metallurgy

KIC Wallon

Missions :

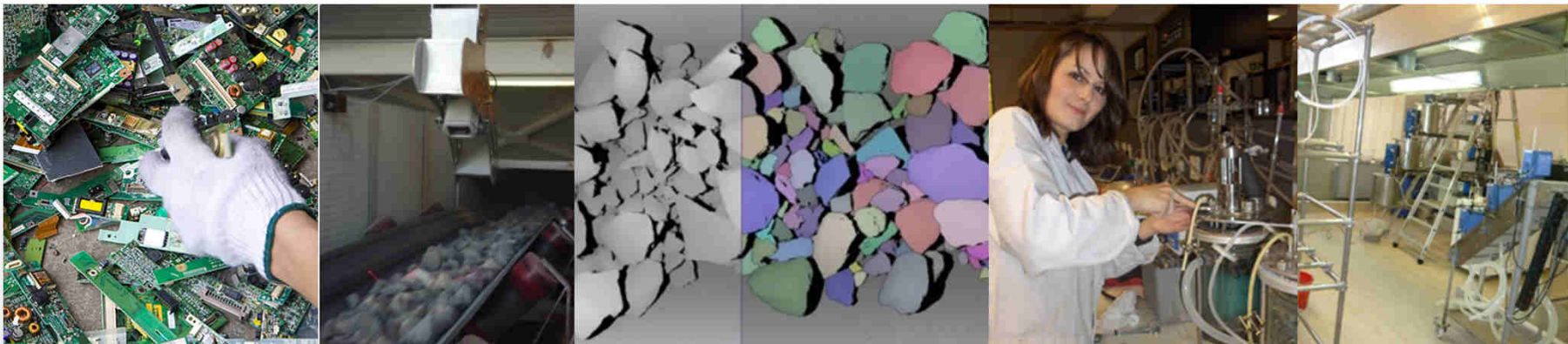
Plateforme polyvalente combinant prétraitement, bio-hydro-pyrométallurgie et techniques de caractérisation avancées

Guidance dans la conception de produits et le développement de procédés de recyclage

Certification d'indices de recyclabilité

Mise au point de procédés et technologies originales

Formation de chercheurs et professionnels pour des métiers nouveaux



L'alternative au recyclage

A Life at the Museum



31

*Bronze grec retrouvé au large du Cap Artemision
ayant miraculeusement échappé au recyclage par les romains...*