

L'Odyssée des Métaux ***de la mine au GSM***

Prof. Eric PIRARD

De Au à Re

Petite histoire des découvertes élémentaires

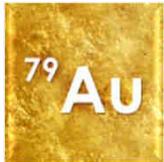


De Au à Re

Les Sept métaux de l'Antiquité



Sol



Créséide, 600 av JC

- Lydie (Crésus)
 - Fleuve Pactole (Sart Çayi, Izmir)
- Gaule Belgique
 - Trô des Massotais (< 314 ap JC).



© Eric Pirard

De Au à Re

Les Sept métaux de l'Antiquité



2982 t or/an

cube de 5,21 m



4 t minerai

Eldoradogold @ Kisladag (TK)



© Eldorado

15 Mt/an

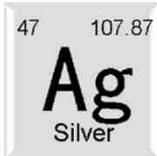
1,01 g/t

De Au à Re

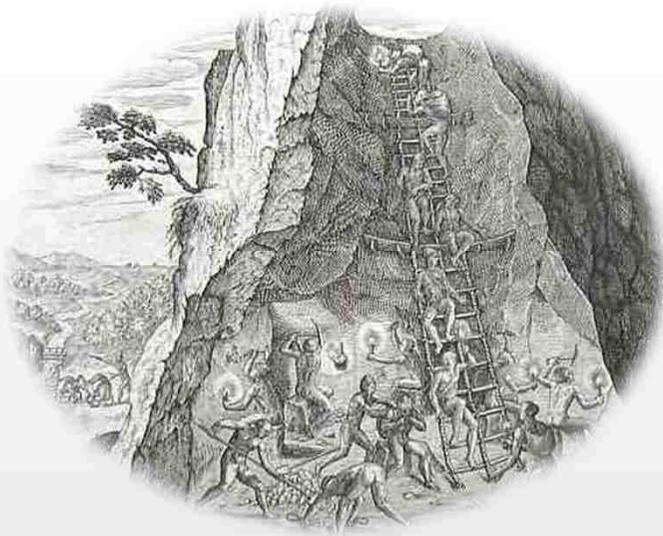
Les Sept métaux de l'Antiquité



Luna



- Grèce
 - Laurium, VI^{ème} av JC
- El Dorado
 - Potosi (Cerro Rico)
 - 120 000 hab en 1570



Descriptiones Americae (De Bry, 1602)



© Eric Pirard

Eric Pirard /

De Au à Re

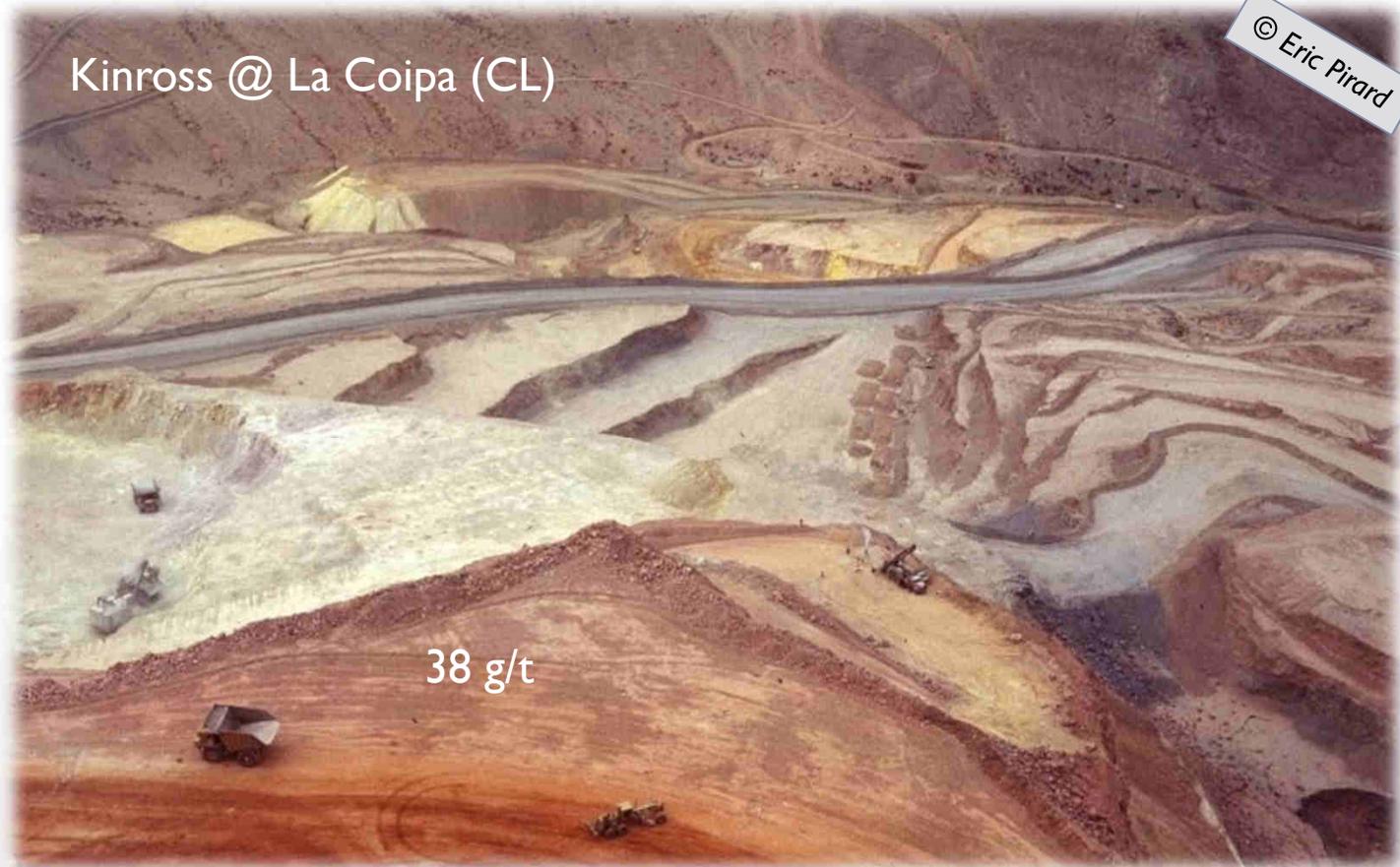
Les Sept métaux de l'Antiquité



25 500 t Ag/an
cube de 13,4 m



Soudure (PV)

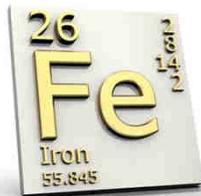


De Au à Re

Les Sept métaux de l'Antiquité

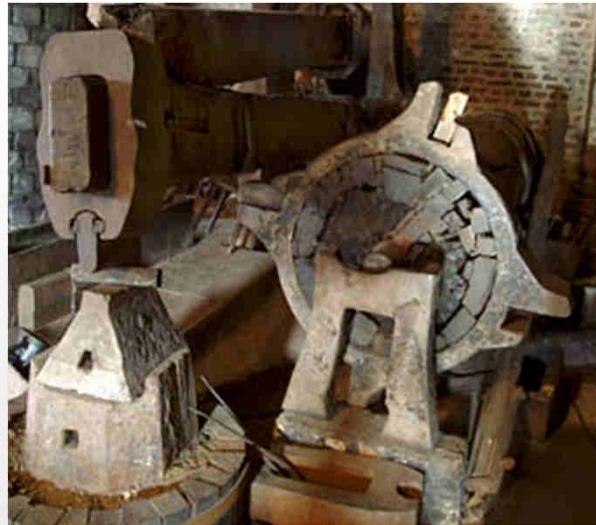


Mars

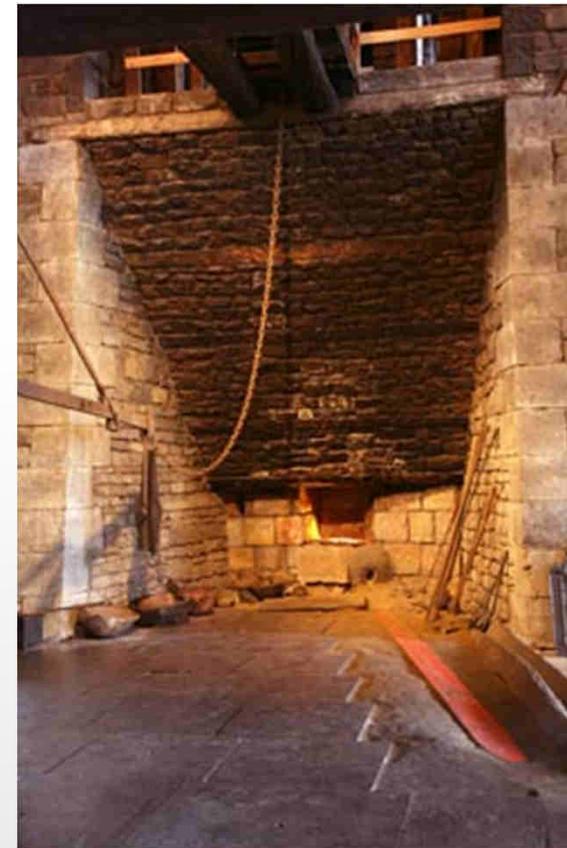


Outils gallo-romains

- Gaule Romaine
 - Bas fourneau Entre Sambre-Meuse (IV^{ème} av JC - ...)
- Maison de la Métallurgie
 - Savoir-faire wallon exporté en
 - Suède (de Geer)
 - Espagne (Curtius)
 - ...



Maka © MMIL



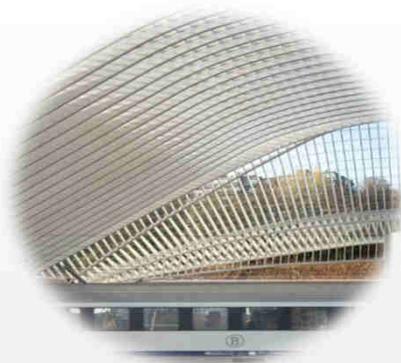
Gonrioux, 1693 © MMIL

De Au à Re

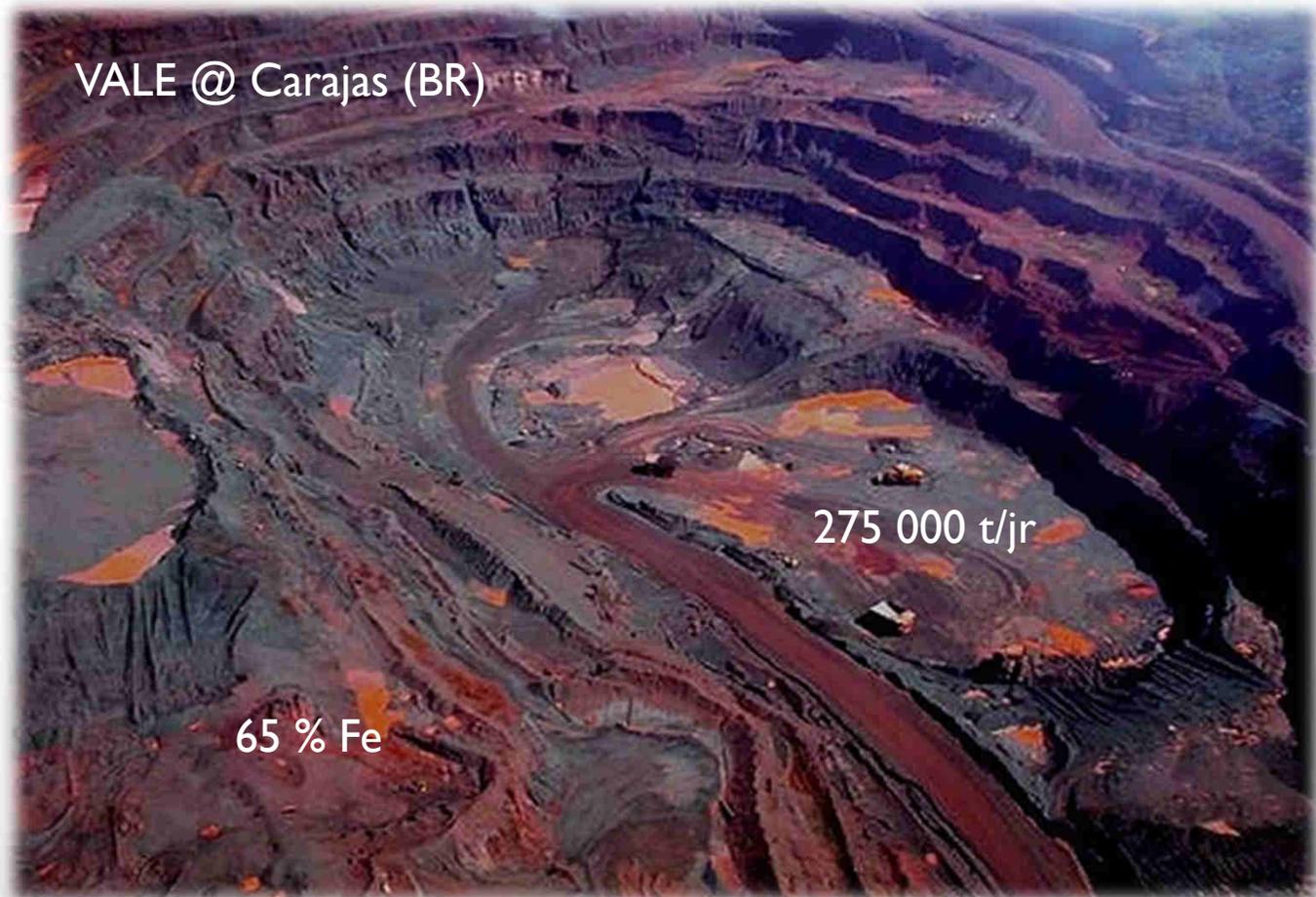
Les Sept métaux de l'Antiquité



2 950 000 000 t Fe/an
cube de 721 m

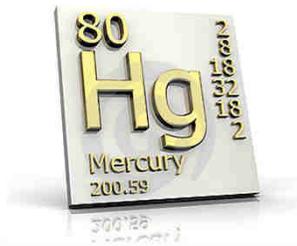


450 kg/pers.an



De Au à Re

Les Sept métaux de l'Antiquité



van der Weyden
© Prado

- Espagne
 - Almaden (2000 ans d'exploitation)
 - Amalgamation de l'or
 - Vermillon



Cinabre (HgS)



© Eric Pirard

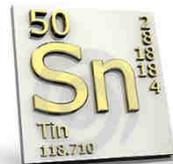
Mine d'Almaden

De Au à Re

Les Sept métaux de l'Antiquité

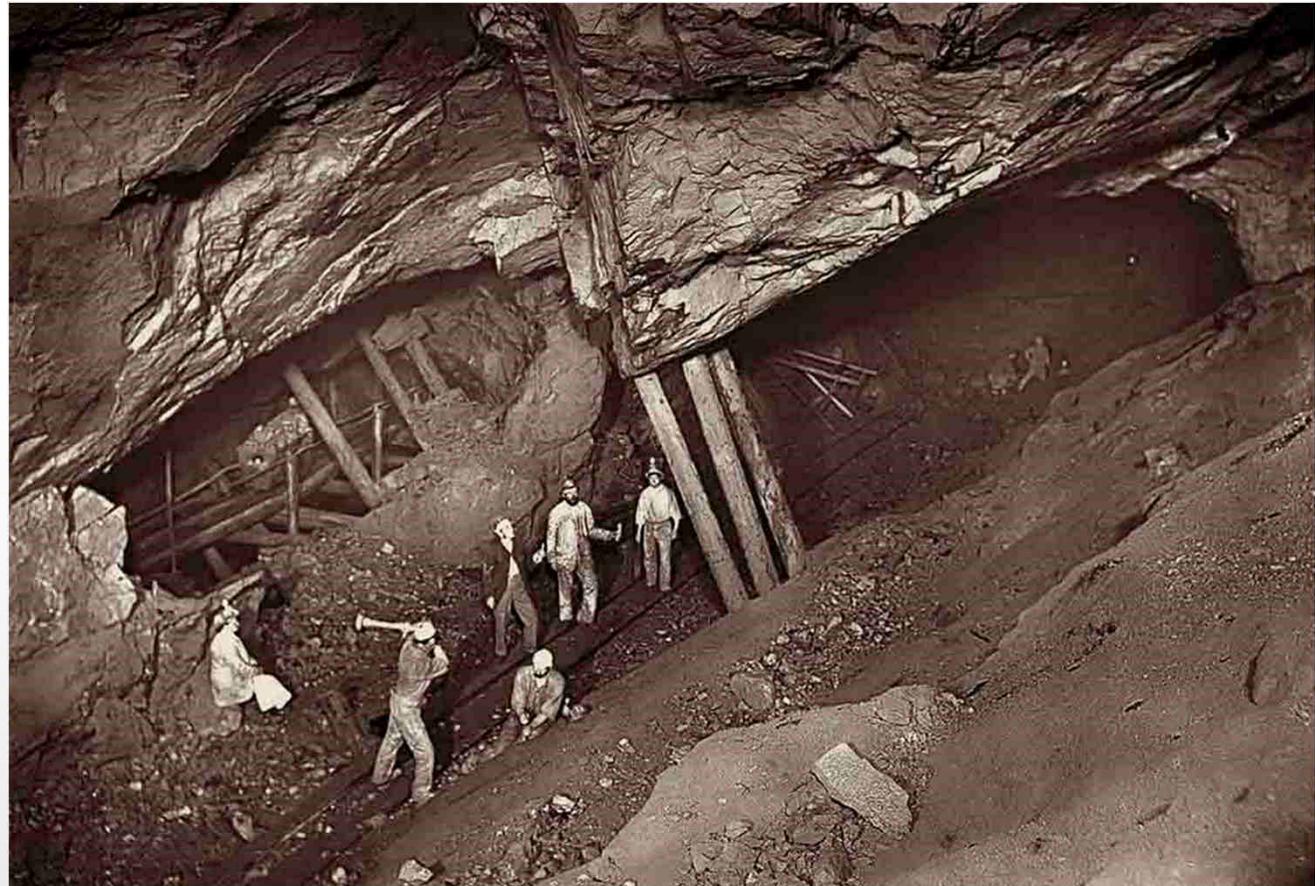
2

Iupiter



Disque de Nebra
1600 av JC

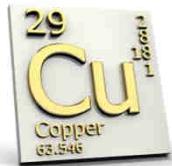
- Cornouailles
 - Cassitérides (2000 av JC - 1980)



J.C. Burrow, East Pool mine, 1893

De Au à Re

Les Sept métaux de l'Antiquité



Bronze Grec

- Chypre, Espagne, ...
 - Rio Tinto



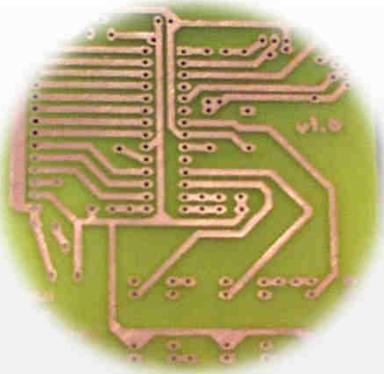
© Eric Pirard

De Au à Re

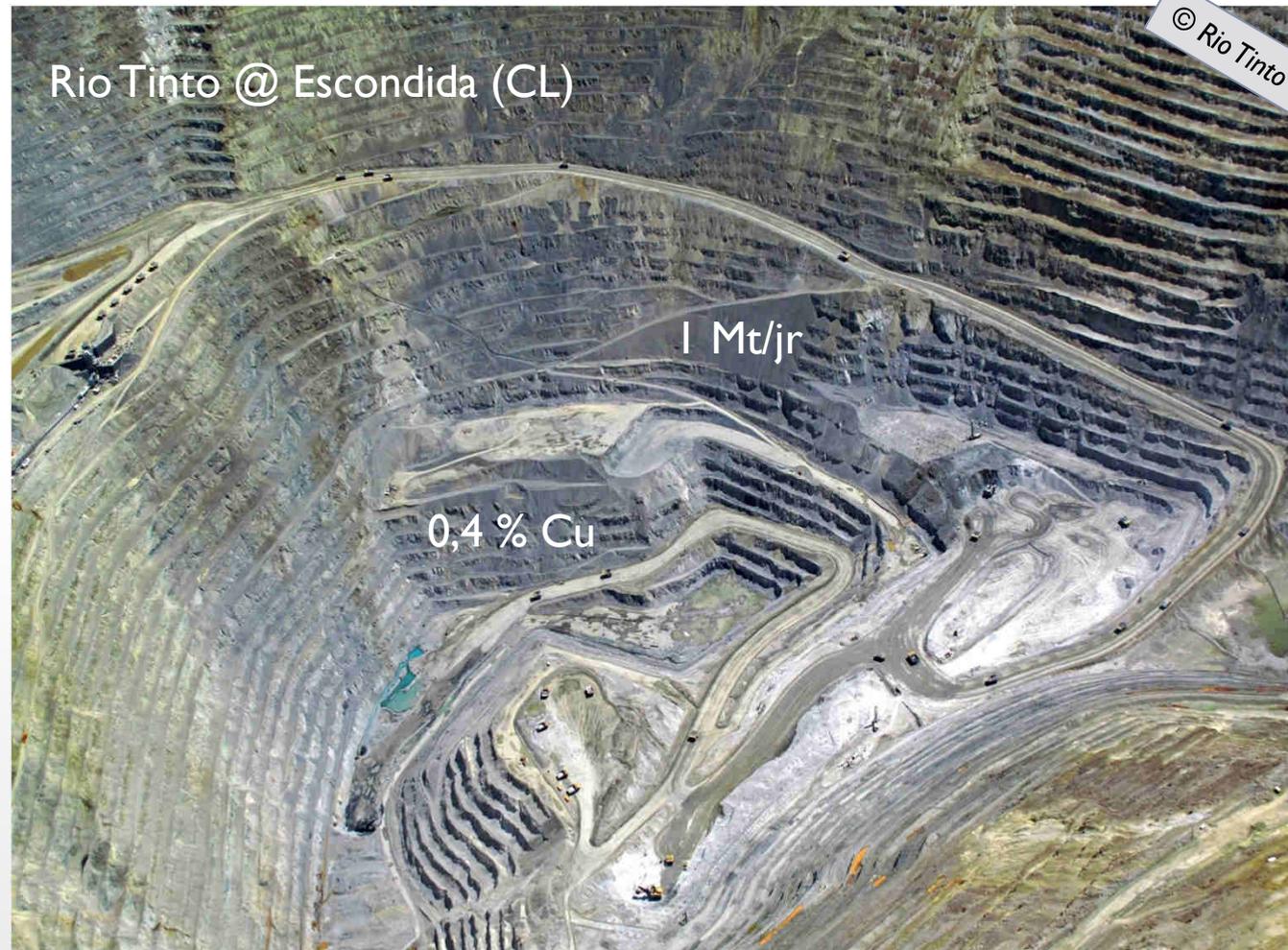
Les Sept métaux de l'Antiquité



16 100 000 t Cu/an
cube de 126 m
4,6 €/kg



Conducteur



Rio Tinto (AUS/UK) 2^{ème} compagnie minière mondiale (CAP 77 G\$)

De Au à Re

Les Sept métaux de l'Antiquité

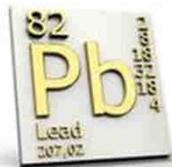
♄

Saturnus

- Belgique
 - 130 000 t Pb



Lingot de « Plumbum Germanicum »
IMPTI CAESARIS AVG GERM TEC
(Musée Gallo-Romain, Tongres) © J. Lendering



Canalisation romaine



Altenberg, 1855 (Moresnet)



Mine Stollen, La Calamine ©V. Duseigne

De Au à Re

Les Sept métaux de l'Antiquité



10 000 000 t Pb/an

1,5 €/kg



Batteries

Nyrstar @Tennessee (US)

© Nyrstar

Leader mondial :
1,1 Mt Zn
235 kt Pb

Nyrstar @ Balen (BE)



La découverte du Wallium

... sur les traces de Mendeleïev



La découverte du Wallium

... sur les traces de Mendeleïev

▶ 1875

▶ P-E LECOQ de Boisbaudran

- Isole 75 g d'un nouveau métal hors de 4t de minerais de zinc
- eka-Aluminium = Gallium (Ga)

▶ 1885

▶ Von Auer

- ▶ Terres Rares : Praseodyme (Pr), Neodyme (Nd),...

▶ 1886

▶ Winkler

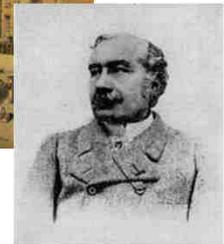
- eka-Silicium = Germanium (Ge)

▶ ...

▶ 1925

▶ Ida Tacke

- ▶ Rhenium (Re)



La découverte du Wallium

... sur les traces de Mendeleïev

- 2015
 - A chaque élément son usage

Aéronautique

Diodes (LED)

Fibres Optiques

Superaimants

Luminescence rouge (écrans)

H																				He
Li	Be													B	C	N	O	F		Ne
Na	Mg												Al	Si	P	S	Cl		Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br			Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I			Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At			Rn	
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus			Uuo	
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu				
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr				

Terre d'abondance

Des ressources sans fin ?



Terre d'abondance

Des ressources sans fin ?

*... Car rien ne naît ni ne périclit,
mais des choses déjà existantes se combinent,
puis se séparent de nouveau.*

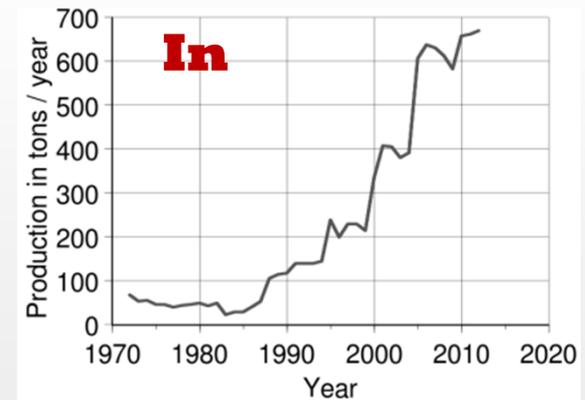
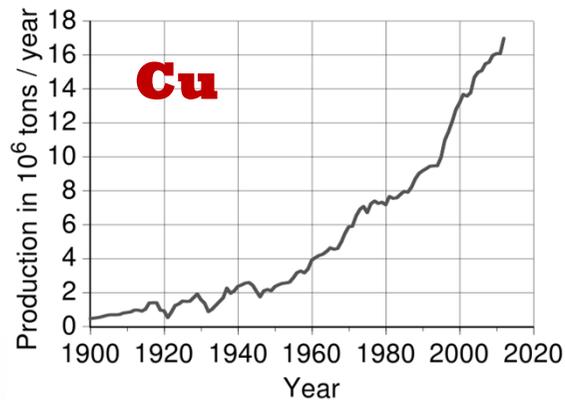
*Pour parler juste, il faudrait donc appeler
le commencement des choses une composition
et leur fin une désagrégation.*

Anaxagore (c. 500 BC – 428 BC)

Terre d'abondance

Des ressources sans fin ?

- Croissance, croissance,...



Terre d'abondance

Des ressources sans fin ?

- Génération BIC

MINE

Ressource
75 kg



... Origine



Produit
125 g

Vie
18 mois

DECHARGE

Déchet

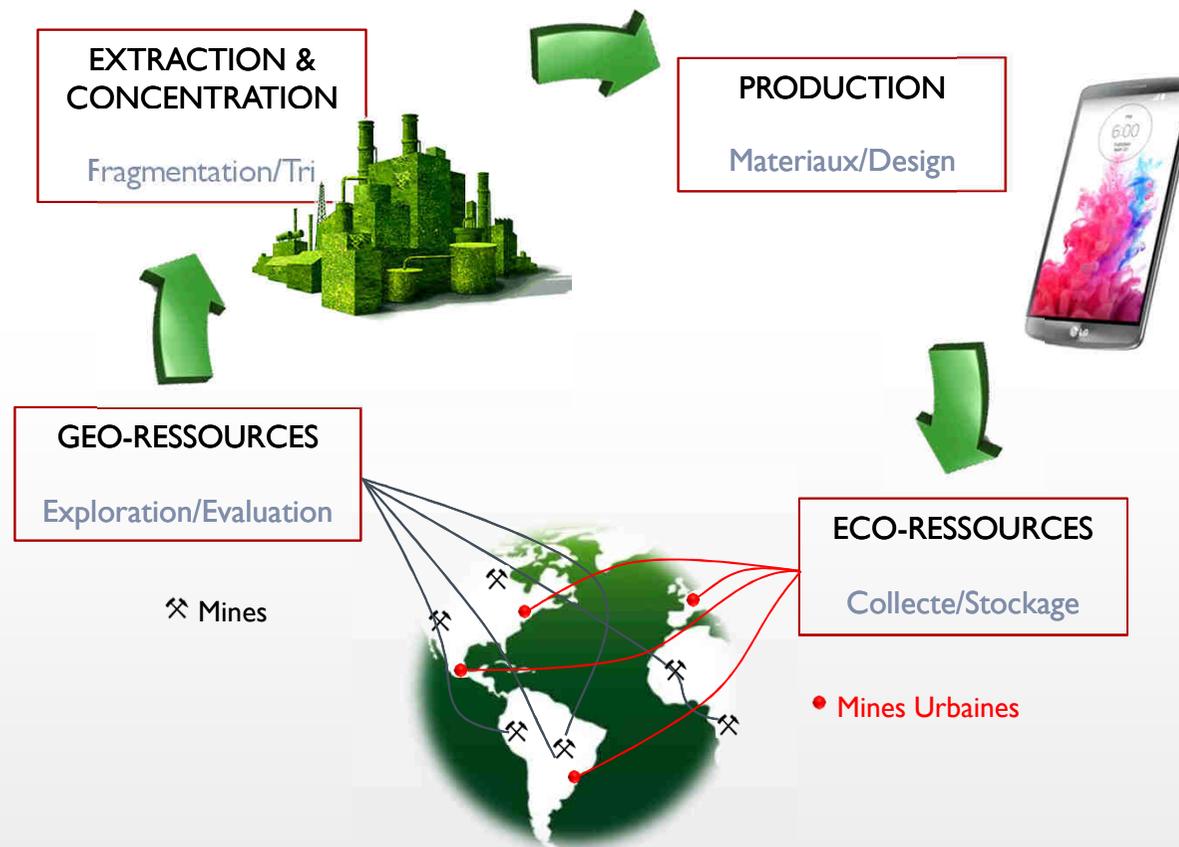


Fin de Vie ...

Terre d'abondance

Des ressources sans fin ?

- Economie Circulaire



Terre d'abondance

Des ressources sans fin ?

- Le GSM mieux qu'une bête roche ?



O	35 %
Si	21 %
Al	11 %
Fe	6 %
Ni	1,5 %
Ga	27 ppm
Pb	15 ppm



Terre d'abondance

Des ressources sans fin ?

- Le GSM mieux qu'un minerai ?



Minerai de Cu (0,3%)

	Minerai	GSM
Cu	0,3 %	x 30
Au	1 g/t	x 100
Co	0,4 %	x 20
Li	0,2 %	x 4



Le Réveil Européen

Des opportunités



Le réveil européen

Des opportunités

Critical Raw Materials for the EU

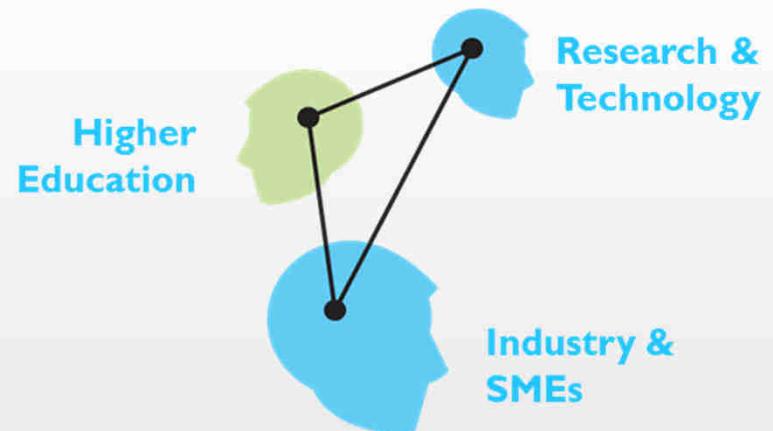
Raw Materials Initiative

KIC Raw Materials

European Innovation Partnership

H2020 – SPIRE - ...

- Promouvoir l' innovation tout au long du cycle de vie
 - Exploration & Mine
 - Design Produits
 - Recyclage
- Promouvoir des formations nouvelles



Liège Réactive

Des initiatives



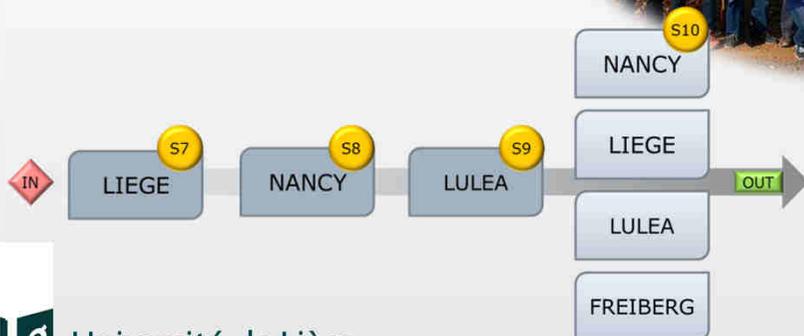
Liège Réactive

Au cœur de l'Europe de l'éducation

- **EM**erald Master in Georesources Engineering
 - Master « full english »
 - Triple diplôme (BE, FR, SE)
 - Mobilité internationale
 - Advisory Board Industriel



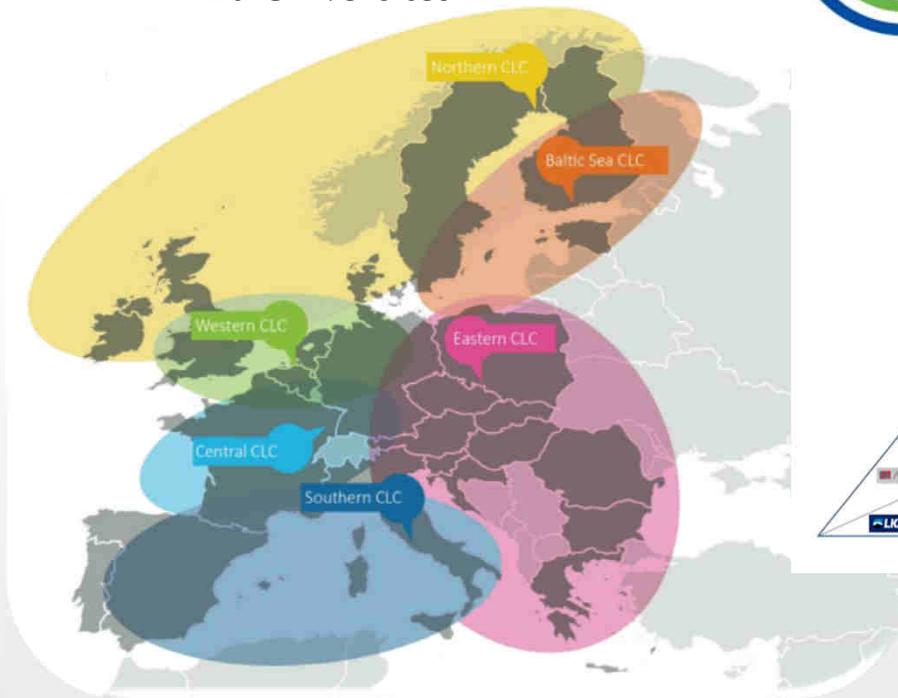
www.em-georesources.eu



Liège Réactive

Au coeur de l'Europe de la recherche

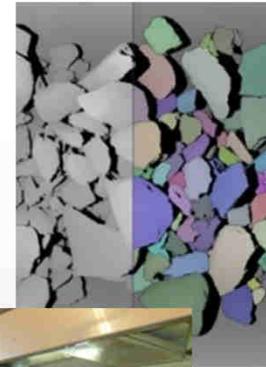
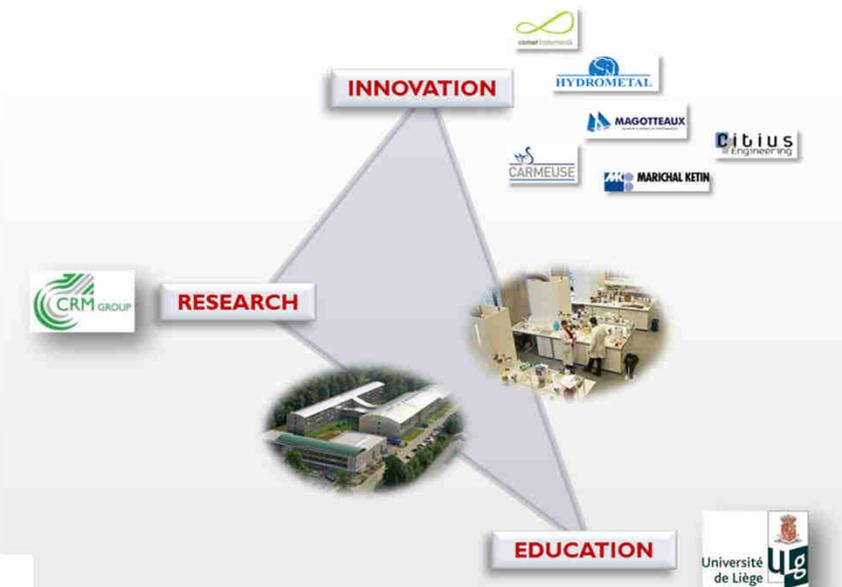
- Knowledge Innovation Community (KIC)
 - EIT Raw Materials (400 M€, 7 ans)
 - 20 Entreprises
 - 20 Centres de recherche
 - 20 Universités



Liège Réactive

Au coeur de l'innovation régionale

- Reverse Metallurgy
 - PME, CRM, ULg
 - 41,5 M€ (Plan Marshall - Mecatech)
- Portefeuille de projets d'innovation industrielle
- Plateforme de référence pour le recyclage des métaux et produits complexes



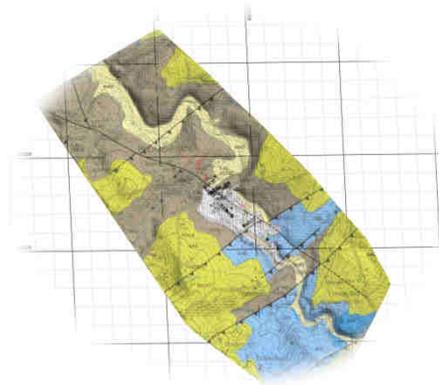
Liège Créative

Economie Circulaire & ré-Industrialisation

Liège Créative

Economie Circulaire & ré-Industrialisation

- Ressources Primaires
 - Alimenter la boucle!
- Stratégie (EU)régionale
 - Connaissance de notre sous-sol
 - Modernisation du code minier
 - Evaluation de nos ressources
 - Lontzen 537 kt @ 21,9% Zn et 3,6% Pb
 - Bleyberg 850 kt @ 13,5% Zn et 5% Pb
 - Exploitation ?
 - Volonté commune
 - Vitrine de haute technologie
- Développement Durable
 - Ex. alternative au Ge des centrales électriques chinoises



Mine de Lisheen en Irlande



Centrale électrique en Chine

Liège Créative

Economie Circulaire & ré-Industrialisation

- Ressources Secondaires
 - Boucler la boucle!
- Stratégie (EU) régionale
 - Collecte transfrontalière
- Mines Urbaines
 - Donner du volume
 - Collecte
 - Logistique
 - Tri intelligent

WEEE sculpture (Eden Project, UK)



RECYCLING VALLEY





Merci

Le **fer** dans l'hémoglobine de votre **main droite**
provient d'une étoile qui a explosé il y a 8 milliards d'années ...

Le **fer** de votre **main gauche** provient d'une autre étoile.

Dr. Jill Tarter