



Penser le cycle des métaux

Clé de voûte pour une énergie plus renouvelable

Eric PIRARD

Choix Technologiques
Choix de Société?

Technologie et Société

- Ni ingénieur...
- Ni géologue...



Georges-Louis LECLERC (1707-1788)

Progrès Technologique

- ... sous contrainte écologique



Haut-fourneau dans la région de Spa(1612) Jan Brueghel

« Bientôt on sera forcé de s'attacher à la recherche de ces anciennes forêts enfouies dans la terre, et qui, sous une forme de matière minérale, ont retenu tous les principes de la combustibilité des végétaux, et peuvent les suppléer pour l'entretien des fours et fourneaux ... pourvu qu'on donne à ce charbon minéral les préparations convenables »

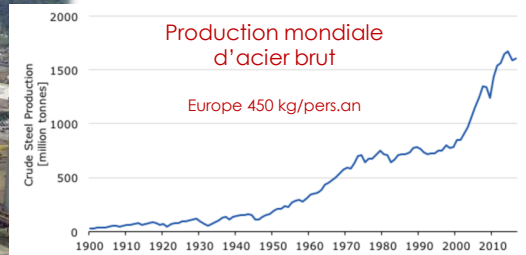
Buffon, 1783, *Histoire des minéraux*, p417

Progrès Technologique

- ... sous contrainte écologique



Haut-Fourneau HFB d'Ougrée



1,9 tonnes CO₂ par tonne acier

5% des émissions mondiales de GES

Progrès Technologique ?

- ... sous contrainte économique
 - o Economie de fabrication - Economie d'usage

Incandescent



12-20 lm/W

Halogene



18-25 lm/W

Fluo-compact



60-80 lm/W

LED



25-140 lm/W

Progrès Technologique ?

- Puissance

Locomotive Cockerill T 12 (1939)



Progrès Technologique ?

- Démocratisation



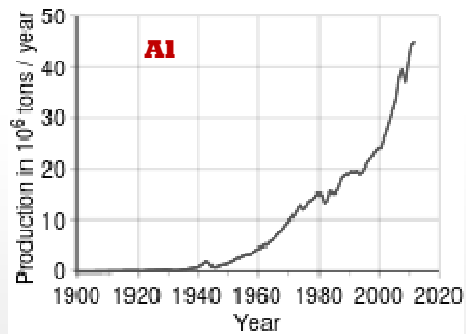
Progrès Technologique ?

- Confort/Sécurité



Fuite en avant Technologique ?

- Croissance, croissance,...
 - Génération BIC

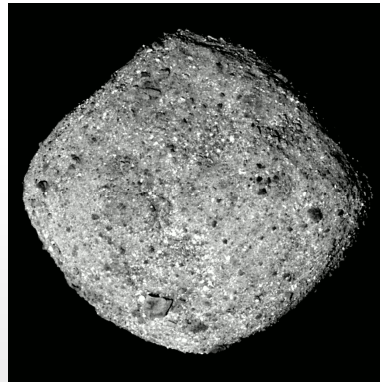


Consommation mondiale d'aluminium 1900-2018



Fuite en avant Technologique ?

- Plus Ultra



Choix de Société



Economie Sphérique

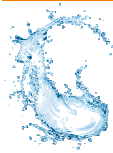
- o Art d'administrer un bien (*une planète!*) par une gestion prudente et sage afin d'obtenir (*pour tous et pour les générations futures*) le meilleur rendement en utilisant les moindres ressources



If you can't grow it...
you'll have to dig it!

Cycle naturels et activités anthropiques

- Cycle de l'eau
 - o Coût Vérité
- Cycle du carbone
 - o Taxe Carbone
- Cycle du sable ?
 - o Erosion naturelle : 15 Gt/an
 - o Activité extractive : 100 Gt/an
- Cycle de l'argile ?
 - o Minéraux de surface, non-synthétisables
 - o Produits cuits (non recyclables)



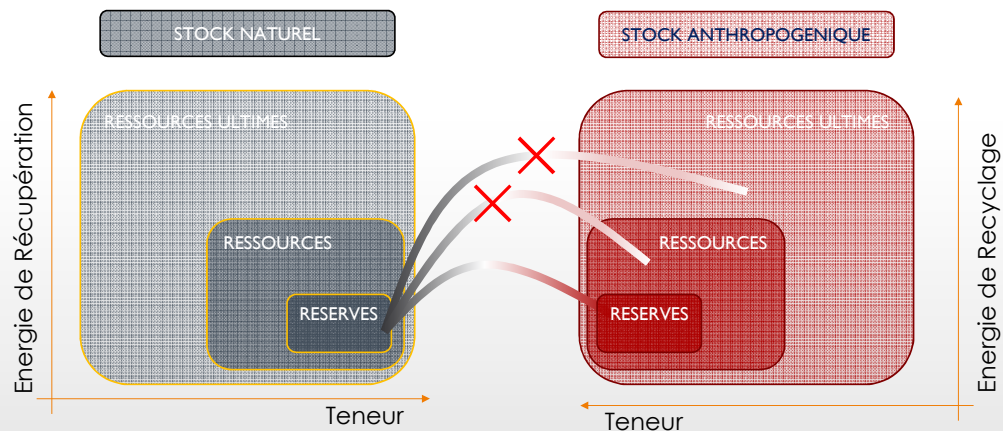
Cycle naturels et activités anthropiques

- Quel cycle anthropique pour les métaux ?



Cycle naturels et activités anthropiques

- Géomimétisme - reconstituer les gisements de demain
 - Teneur – Tonnage – Récupération



Durabilité et recyclabilité optimale

o FER

- Gisements à 60% Fe
- Poutrelles métalliques à 99% Fe



o PLOMB

- Gisements à 5% Pb
- Batterie à 60% Pb



Dispersion et non-recyclabilité

o NIOBIUM

- Gisements à 1% Nb
 - ✓ Araxa, Brésil
- Acier microallié à 0,1% Nb

- Ultra High Strength Steel
- Extra High Strength Steel
- Very High Strength Steel
- High Strength Steel
- Mild Steel / Forming Grades
- Aluminium
- Magnesium



o GALLIUM

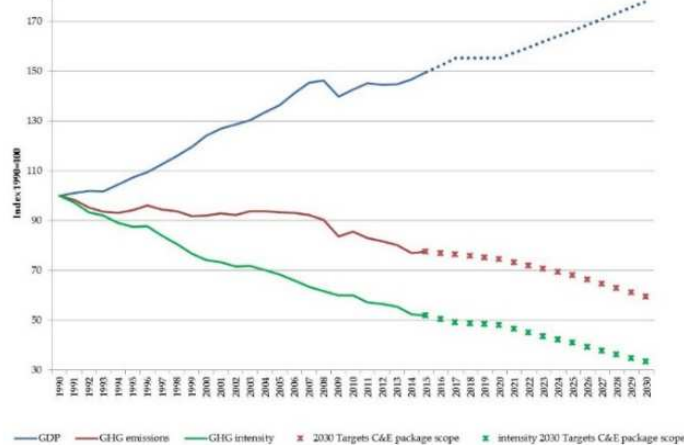
- Gisements à 45 g/t Ga
- Co-produit de Al (Bauxite)
- GSM à 15 g/t Ga
- Assemblage multimétallique





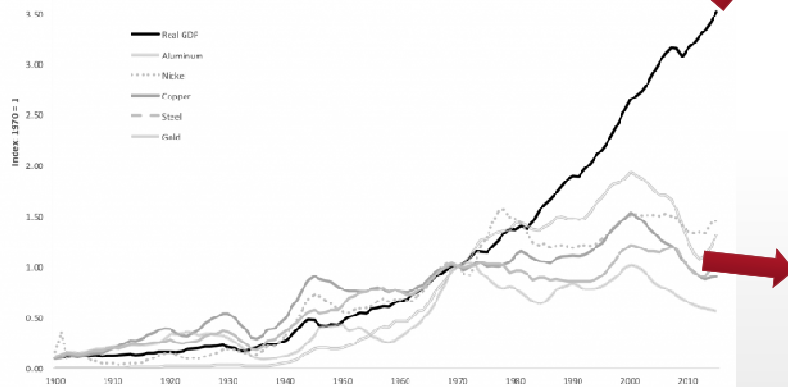
Green Deal

- Décarboner !
 - Découpler croissance du PIB et émissions de GES



Green Deal

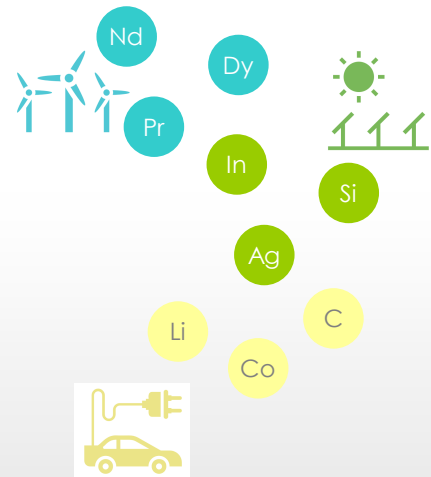
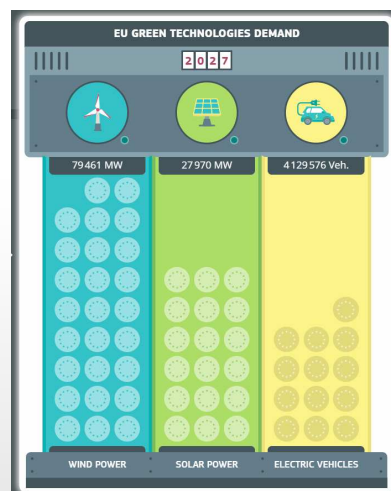
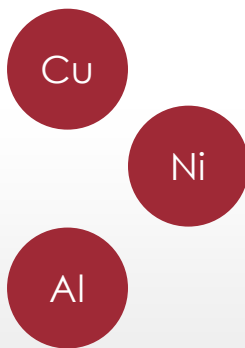
- Dématérialiser !
 - Découpler croissance du PIB et consommation de ressources



PIB des USA et consommation de métaux de base (1900-2015)

Green Deal

- Energies Renouvelables et Mobilité Electrique



Green Deal

- Des besoins énormes pour la transition énergétique



Objectif 30% EV en 2030

Co + 400%

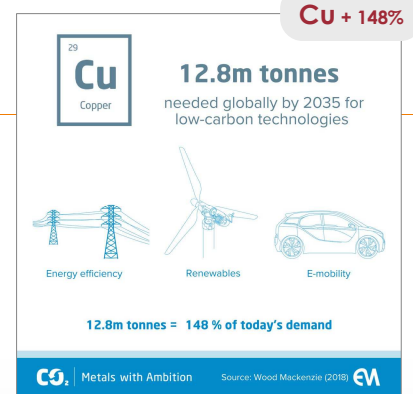


Ni + 56%

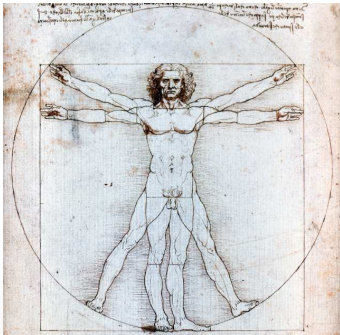
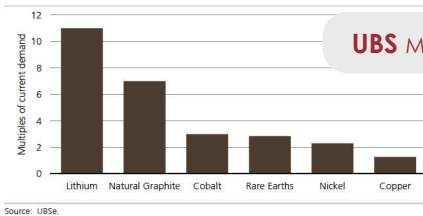
Cu + 20%



Demande en métaux pour l' e-mobilité à l'horizon 2030 (CRU)



Demand growth through to 2030e



La quadrature du cercle
Penser une économie plus circulaire



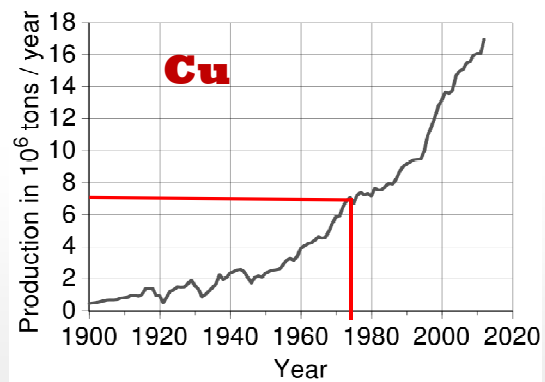
Métaux et Economie Circulaire

- Les 4 défis de l'économie circulaire



Défi 1 : FEED the loop

- Le recyclage, même parfait est insuffisant pour nos besoins

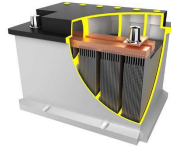


Défi 2 : DESIGN the loop

- La recyclabilité des produits s'est dégradée

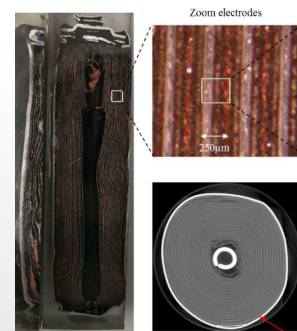
- Batteries Pb-acide

- Collecte et recyclage optimal



- Batteries Li-ion

- Problèmes de tri
 - Récupération limitée du Co, Ni,...
 - Non-récupération du graphite, Li, ...



Défi 2 : DESIGN the loop

- La recyclabilité des produits s'est dégradée

- Recyclage des chutes de production







- Recyclabilité très limitée des panneaux en fin de vie

- Argent, Alu, Verre,...



Défi 2 : DESIGN the loop

Incandescent	Halogene	Fluo-compact	LED
			
12-20 lm/W	18-25 lm/W	60-80 lm/W	25-140 lm/W
Tungsten Glass, ...	Tungsten Iodine, Bromine, ... Glass, ...	Tungsten Mercury, Rare Earths, ... Glass, Plastics, ...	Gallium Indium, Cerium, Yttrium, Copper, Silver, Silicon, ... Plastics, ...

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



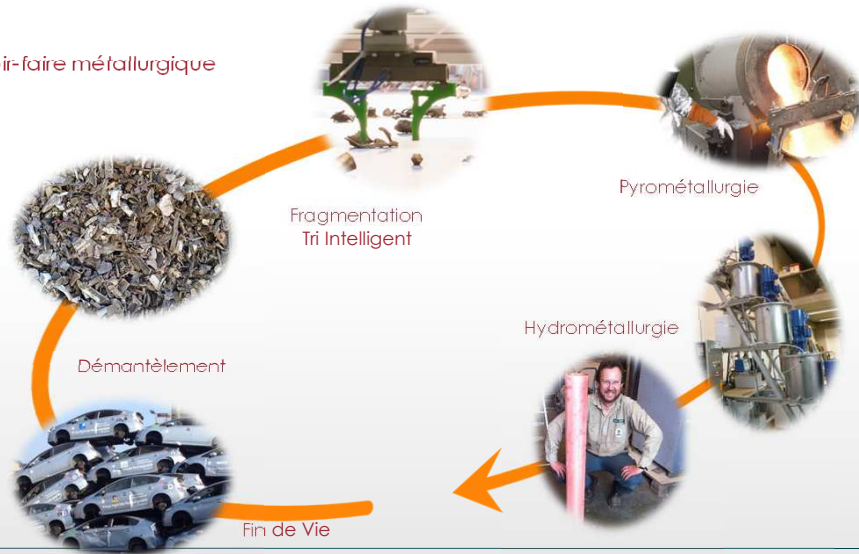
Défi 3 : SLOW DOWN the loop

- Durée de vie des produits beaucoup trop courte
 - Education du consommateur
 - Economie de la fonctionnalité / Economie du partage



Défi 4 : CLOSE the loop

- La Mine Urbaine
 - Remobilisation du savoir-faire métallurgique



Anthropie
... ou Entropie?

Anthropie ou Entropie?



Ce qui est **critique** ce n'est pas tant la matière première
que l'**utilisation** que nous en faisons!