EcoInfo
Groupement de service
www.ecoinfo.cnrs.fr

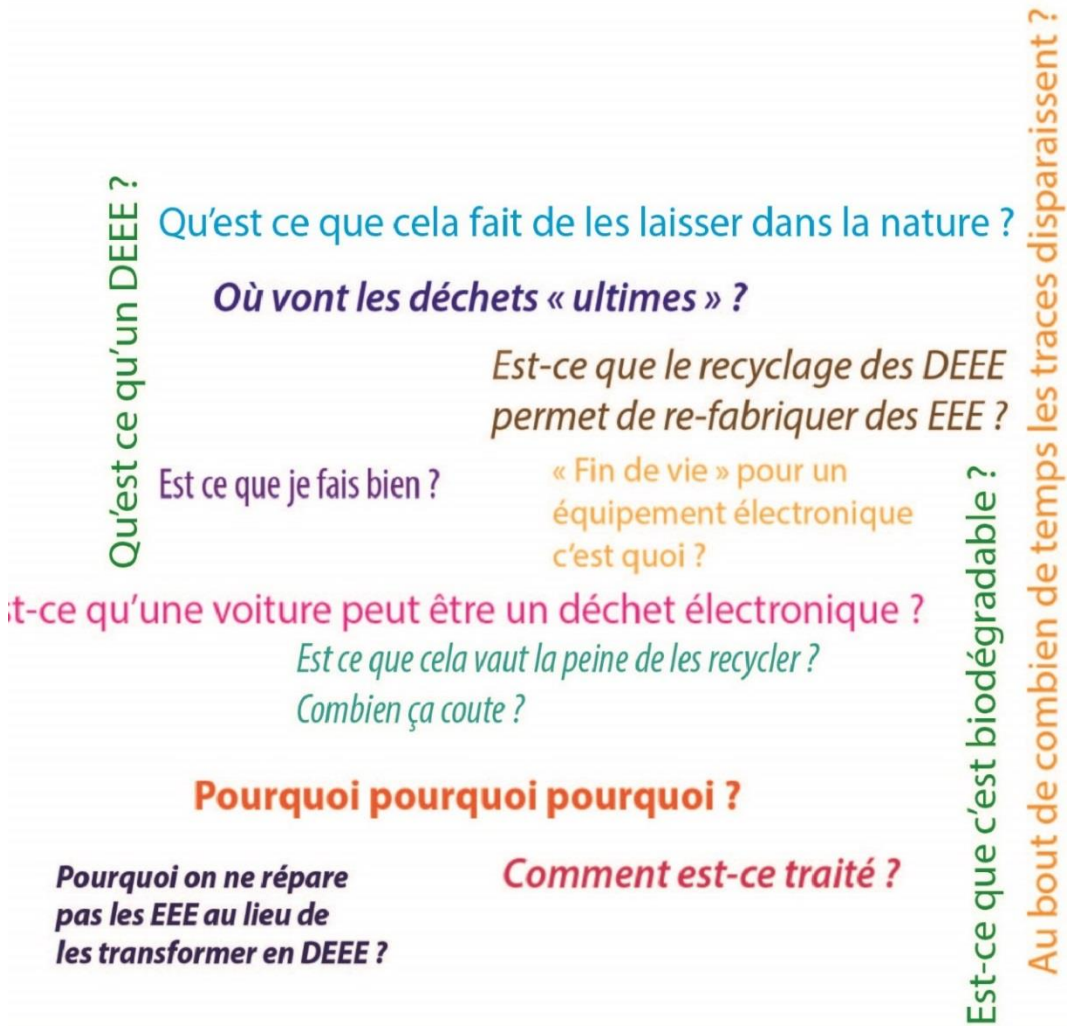
LPMC laboratoire de physique et de modélisation des milieux condensés

Que deviennent nos déchets électroniques ?

Françoise Berthoud
CNRS

Alternatiba, Grenoble, 26 septembre 2015

Avec mes remerciements à Philippe BIHOUIX (présentation métaux, 23 avril 2015)


Qu'est ce qu'un DEEE ?
Qu'est ce que cela fait de les laisser dans la nature ?
Où vont les déchets « ultimes » ?
Est-ce que le recyclage des DEEE permet de re-fabriquer des EEE ?
Est ce que je fais bien ?
« Fin de vie » pour un équipement électronique c'est quoi ?
t-ce qu'une voiture peut être un déchet électronique ?
Est ce que cela vaut la peine de les recycler ?
Combien ça coute ?
Pourquoi pourquoi pourquoi ?
Pourquoi on ne répare pas les EEE au lieu de les transformer en DEEE ?
Comment est-ce traité ?
Est-ce que c'est biodégradable ?
Au bout de combien de temps les traces disparaissent ?

Et vous ?

Une explosion des volumes

Ventes en 2013

- 6.2 millions de tablettes / 3.9 millions de PC portables
- 0.8 millions de PC
- 23,6 millions de téléphones (dont 15,8 de smartphones) (pour une population de 66 millions de personnes)

- 93% des terriens ont accès à un téléphone mobile (environ la moitié des terriens dispose d'un mobile individuel, env 7 milliards d'abonnements)
- 10% consommation électrique mondiale pour les TICs
- 1 milliard de smartphones vendus
- GES TIC > GES aviation civile

Une économie mondialisée

Obsolescence galopante

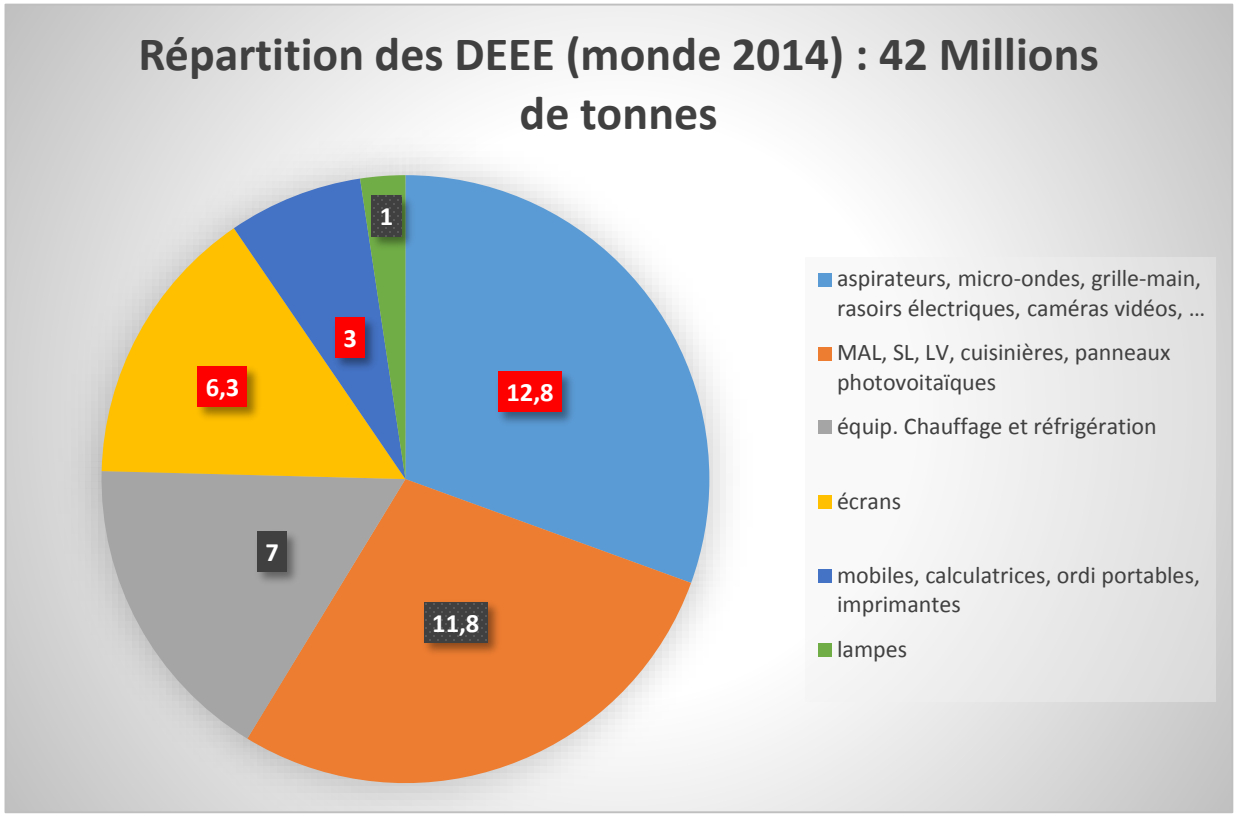
Réfrigérateur	**10 a**
Lave linge	**10 a**
aspirateur	**8 a**
téléviseur	**8 a**
ordinateur	**4 a**
imprimante	**4 a**
Téléphone mobile	**2 a**

D'après une étude de l'ademe 2012

Obsolescence

- Technique
- Conceptuelle
- Commerciale (ref)
- Pas de pièces détachées
- Pièces détachées très chères
- Outils spécifiques
- Logiciel obsolète
- Logiciels de plus en plus gourmand en ressources
- Interdépendance équipements
- Psychologique
- Mode

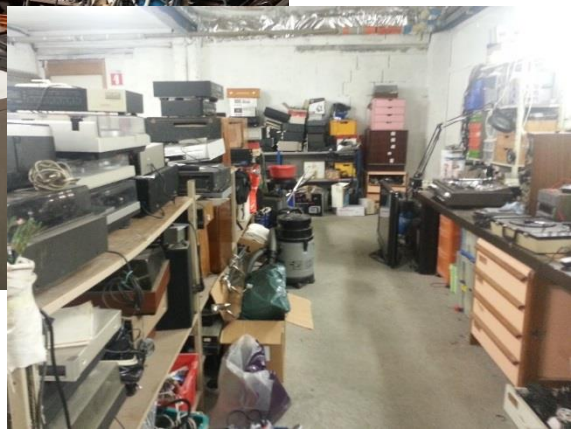
Dans le monde, en moyenne 84 % non recyclés dans filières règlementées



En France,
environ 65 %
non recyclés
dans filières règlementées

- En France (étude récente de bio intelligence service, 2013), sur **17 à 24 kg**
  - 6,9 kg sont collectés dans des filières gérées par les éco-organismes
  - 1 kg dans les ordures ménagères
  - 1 kg dans les encombrants
  - 4,9 kg dans la ferraille broyée ← Enfouis ou incinérés
  - ..
- Entre 19 et 57% qui disparaissent des circuits ??
  - Une partie dans des filières non gérés par les éco-organismes (producteurs …)
  - Une partie dans les placards
  - Une partie exportée comme « équipements d'occasion »
  - Une partie volée dans les déchetteries

Ozanam .. Répare et donne une seconde vie aux EEE



1/3 des DEEE

1/3 des DEEE

Le reste …

Pourquoi ?

Circuits imprimés de la catégorie 1 - A

- Images d'exemple =>

Description :

Les circuits imprimés de la catégorie 1-A sont des anciens circuits imprimés disposés de contacts / connecteurs dorés par procédé de galvanisation, d'un grand nombre de petites puces posées étroitement qui sont issues de systèmes d'ordinateurs / serveurs dans la plupart du temps. Les platines ne doivent pas manquer de composants courants, les adhérences (p. ex. tôles, cadres et dissipateurs de chaleur) ont été éliminées.

Prix d'achat au 22.09.2015

- **6,07 €/kg jusqu'à 1 t**

Prix pour les lots spéciaux ou les plus grands lots sur demande / après l'examination des matériaux

---

Circuits imprimés de la catégorie 1 - B

- Images d'exemple =>

Description :

Les circuits imprimés de la catégorie 1-B sont des circuits imprimés issus des ordinateurs / appareils industriels qui ont des dorures visibles, de nombreux puces / transistors et contacts mâles contenant de métaux précieux. Pour les cartes graphiques / Sound il faut noter : seulement jusqu'à l' année de production 2000. Les tôles et dissipateurs de chaleur ainsi que les batteries ont été éliminés.

Prix d'achat au 22.09.2015

- **4,55 €/kg jusqu'à 1 t**

Prix pour les plus grandes quantités sur demande ou après l'examination des matériaux

---

Circuits imprimés de la catégorie 1 - C

Description :

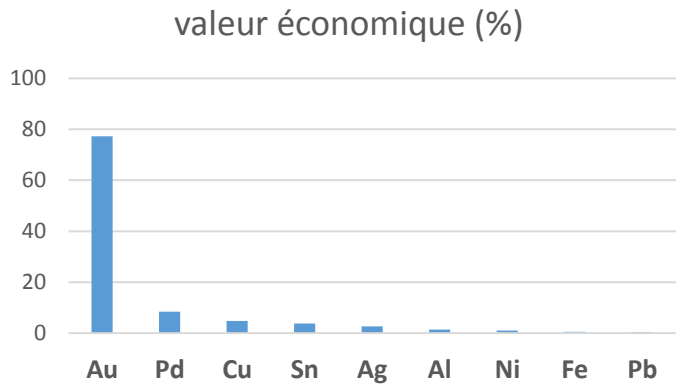
Les circuits imprimés de la catégorie 1-C sont les cartes mère colorées issues des ordinateurs (jaunes, bleues, oranges, violettes, et en plus des cartes vertes à partir de

Des informations supplémentaires sont nécessaires pour la connexion à eduroam.

Prix d'achat au 22.09.2015

- **1,97/kg jusqu'à 1 t**

Prix pour les plus grandes quantités sur demande ou après l'examination des matériaux



Conséquences

- **Perte définitive de métaux (dispersés à la surface de la planète)**

- Gaspillage énergétique (recyclage métaux = 6 fois moins de GES que extraction)

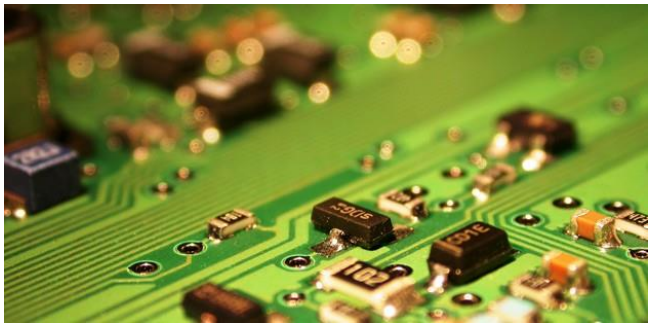
- Pollution sol/air/eau (plomb, cadmium, mercure, etc.)

- Impacts sur la santé humaine (mines, usines de production, site de recyclage « informel »)

- Impacts sur la biodiversité

Est-ce un problème ?

- Conducteurs, contacteurs, interrupteurs
- Batteries
- Retardateur de flamme
- Soudures
- Condensateurs
- Divers (précieux)
- Optoélectronique
- Divers (autres)
- Autres



1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo		44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi			
		**															
*Lanthanides (Terres rares)			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd		62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
**Actinides				90 Th		92 U											

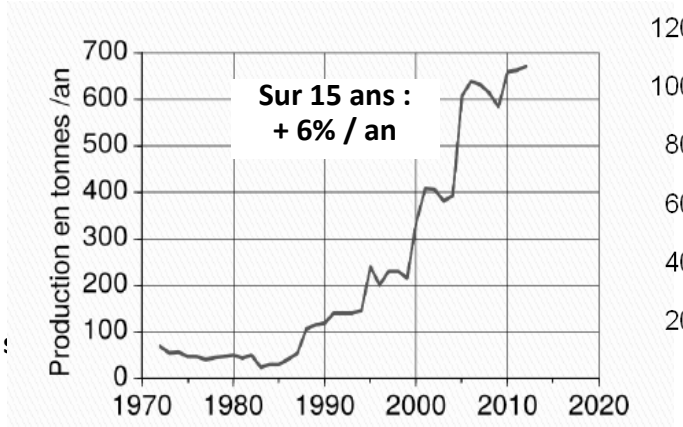
Le poids des TIC dans la demande mondiale

Métal	Production minière mondiale 2013 (*)	Consommation totale du secteur électronique % de la demande (**)	Commentaires / exemples d'utilisation
Cuivre	18,7 millions t	~ 6 %	3% équipements, 3% infrastructure télécom
Etain	296.000 t	**~ 35%**	
Antimoine	160.000 t	< 20 %	Total retardateur de flammes ~ 35%
Argent	26.000 t	~ 20 %	
Or	2.860 t	~ 10 %	
Platine	160 t	~ 2 %	
Palladium	190 t	~ 12 %	
Ruthénium	~ 30 t	**~ 55 %**	**Disques durs**
Tantale	~ 1400 t	**~ 60 %**	**condensateurs**
Indium	~ 800 t	**~ 80 %**	**Écrans plats**
Gallium	~ 440 t	**~ 90 %**	**Circuits intégrés**
Germanium	~160 t	**30 – 50%**	**Circuits intégrés**
Bismuth	8.500 t	~ 15 %	
Sélénium	~ 2.300 t (hors USA)	~ 10%	Inclus photovoltaïque
Tellure	~ 450 t (?)	< 10 %	Principalement photovoltaïque
Lithium	36.000 t	~ 20 %	
Cobalt	112.000 t	**~ 35 %**	**batteries**

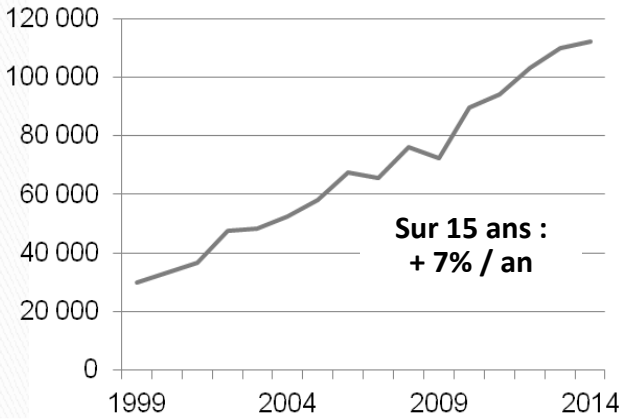
Source : (*) USGS 2015, (**) Demande totale = Production minière + Recyclage + Déstockage

Une demande en (très) forte croissance

Production d'indium



Production de cobalt



52 Te

Mémoires flash, PV…

32 Ge

Wifi…

49 In

Ecrans plats…

63 Eu

65 Tb

Lampes fluocompactes…

73 Ta

Condensateurs…

Disques durs…

44 Ru

60 Nd

57 La

66 Dy

Eolien offshore, voitures hybrides…

Batteries…

27 Co

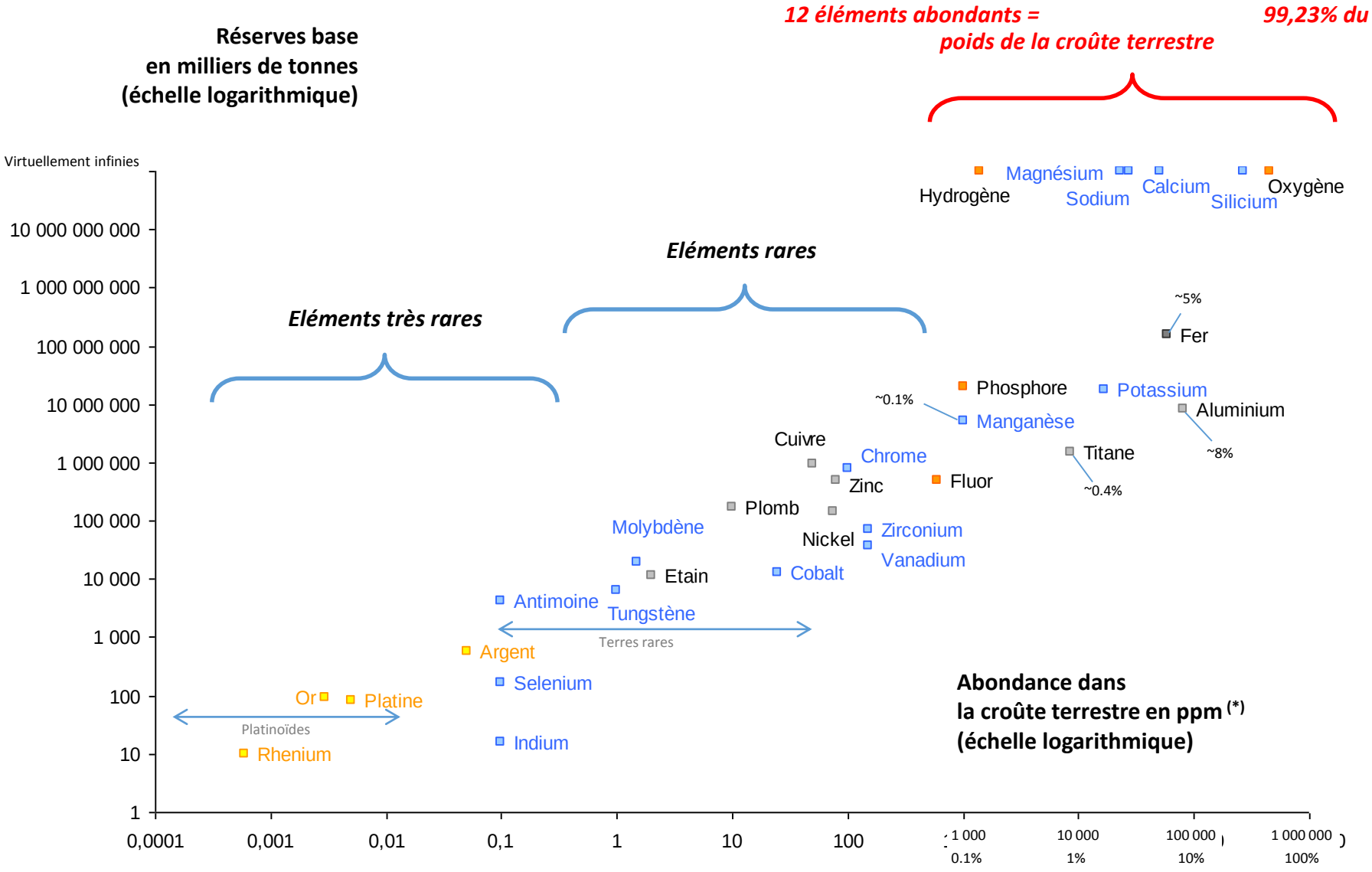
3 Li

31 Ga

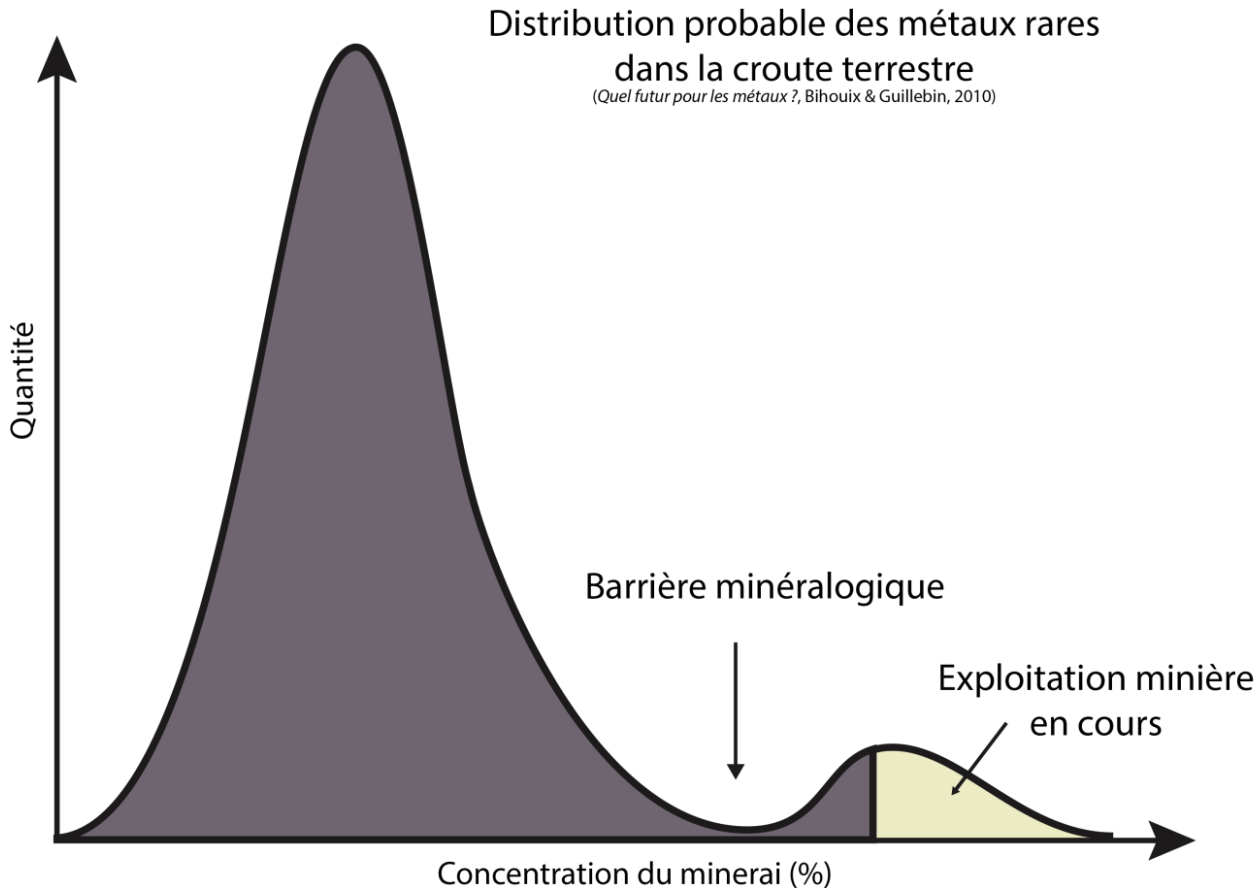
LED…

Sources : USGS

Abondance des éléments dans la croûte terrestre



(*) Parties par million
Sources : BRGM, USGS 2007


Distribution probable des métaux rares
dans la croute terrestre
(*Quel futur pour les métaux ?*, Bihouix & Guillebin, 2010)
Quantité
Barrière minéralogique
Exploitation minière
en cours
Concentration du minerai (%)

Un problème de ressources, pas juste d'énergie

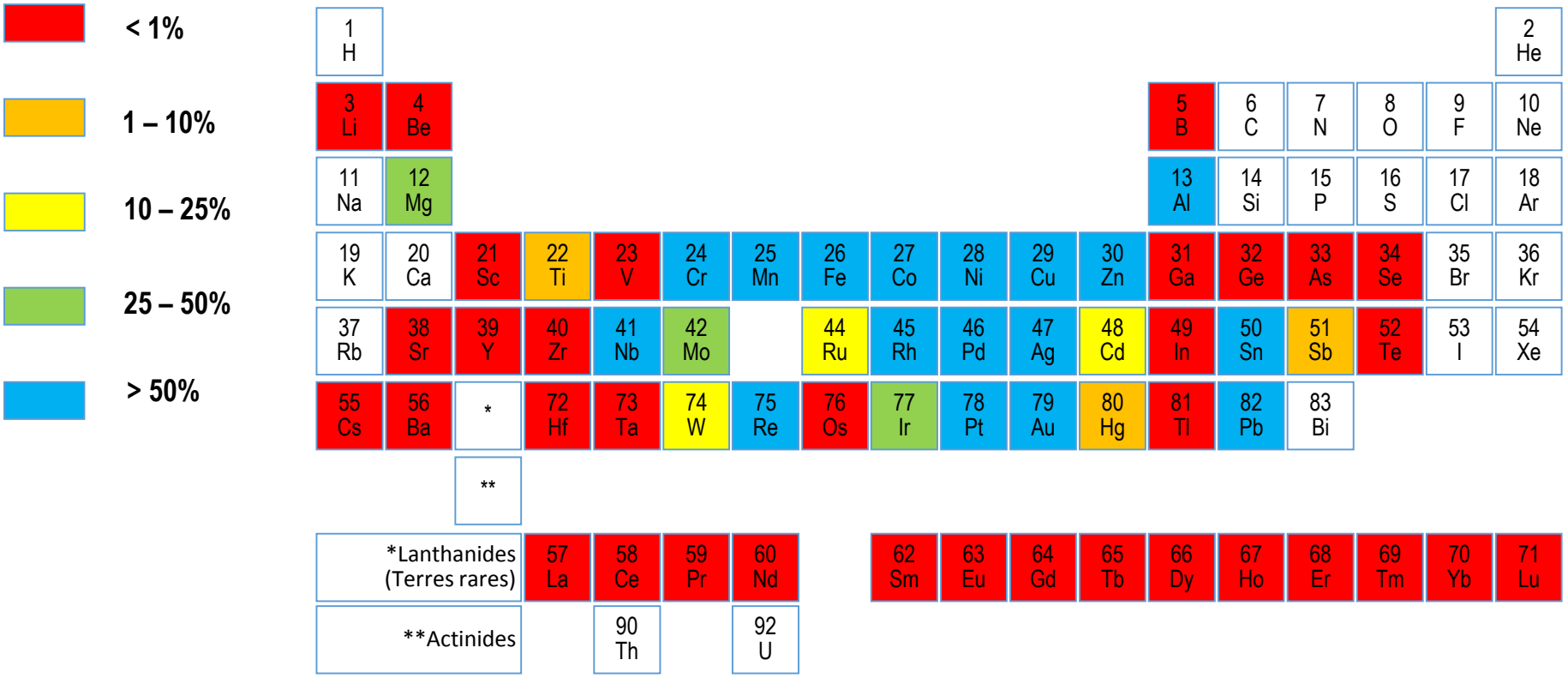
Minerais de moins en moins concentrés

Extraction des matières premières requérant toujours plus d'énergie

Production d'énergie requérant toujours plus de matières premières

Energie toujours moins accessible

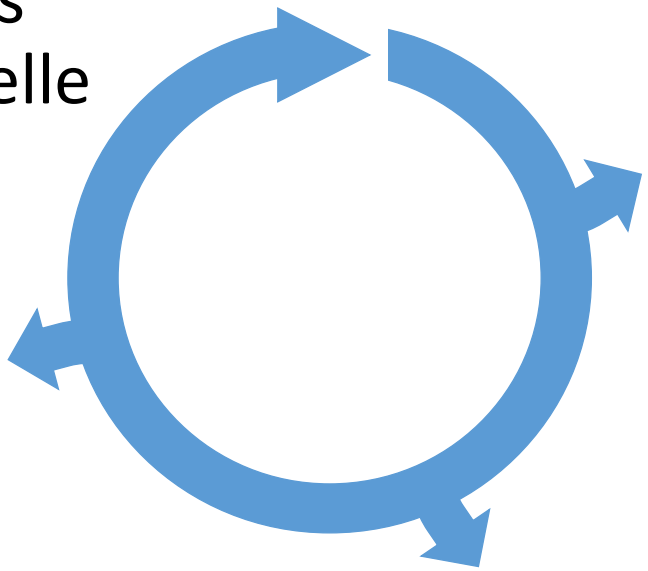
Le recyclage dans la vraie vie …



Source : UNEP / Recycling rates of metals 2011

Une solution ??? L'économie circulaire, c'est bien mais…
Cercle vertueux percé de partout ..

Recyclage sans perte fonctionnelle



Usages dispersifs

"Recyclage" avec perte fonctionnelle (usage dégradé)

Perte mécanique, Mise en décharge

Limites du recyclage

- Mélanges, complexité des produits, quantités trop faibles (usages dispersifs ou quasi-dispersifs)
- Une grande partie des ressources non captée ou non traitée correctement ; capacité limitée (une poignée d'usines)
- Toujours des pertes en métallurgie : des métaux non récupérés (difficultés techniques, ex. Ta, ou coût inintéressant, ex. Li), un rendement inférieur à 100%
- Une efficacité qui dépend du tri et du démantèlement en amont.
- Des arbitrages possibles selon les prix en sortie.

Vitesse des cycles

Obsolescence technique et / ou marketing

Quelles pistes d'amélioration ?

Producteur :

- Matériel plus robuste
- Plus facile à démanteler
- Modulaire
- Plus facile à réparer
- Plus robuste

Législateur :

- Augmenter les contrôles aux frontières
- Renforcer l'arsenal législatif pour lutter contre l'obsolescence programmée
- Renforcer les objectifs de recyclage et le contrôle des pratiques en interne (label, etc.)

Politique :

- Améliorer la collecte
- Mise en place de dispositifs pour inciter à la réparation …
- Informer
- Acheter éco-responsable (acheteurs publics)
- …

Et nous ?

depuis 1h dans le monde ...

22 millions

1 million

16 millions

1,6 milliards (hors spam)

375

> 3 millions

Google

180 millions de recherche

YouTube

4000 heures

et .. 8200 habitants de plus sur terre

Chacun de nous est acteur du changement et du non-changement, aussi !

www.ecoinfo.cnrs.fr

merci

Illustrations : Eric DREZET, CNRS