Les métaux dans les TIC

Philippe Bihouix

23 avril 2015

Agenda

Les métaux dans les TIC

Survol de la problématique métallique

Retour aux TIC

Les principaux métaux des TIC

Groupe → / ↓ Période	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	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
5	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
6	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			
7			**															
	*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											

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

Le poids des TIC dans la demande mondiale

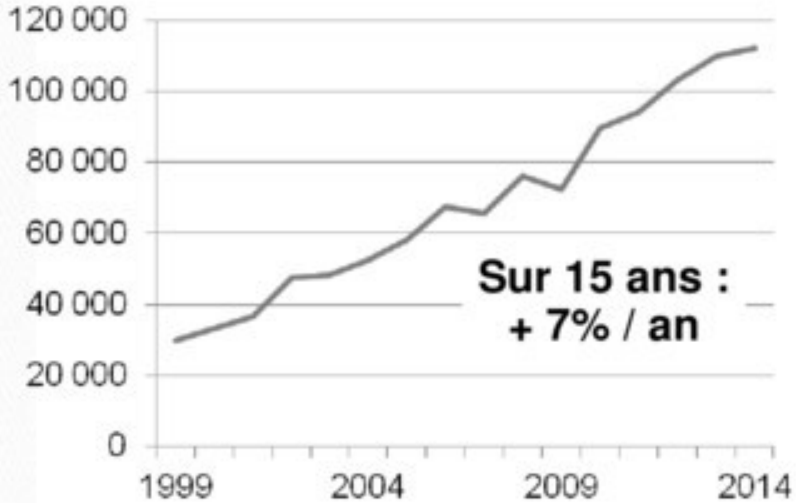
Métal	Production minière mondiale 2013 (*)	Consommation totale du secteur électronique % de la demande (**)	Commentaires
Cuivre	18,7 millions t	~ 6 %	3% équipements, 3% infrastructure télécom
Etain	296.000 t	~ 35%	
Antimoine	160.000 t	< 20 %	Total retardateur de flammes ~ 35%
Argent	26.000 t	~ 20 %	
Or	2.860 t	~ 10 %	
Platine	160 t	~ 2 %	
Palladium	190 t	~ 12 %	
Ruthénium	~ 30 t	~ 55 %	
Tantale	~ 1400 t	~ 60 %	
Indium	~ 800 t	~ 80 %	
Gallium	~ 440 t	~ 90 %	
Germanium	~160 t	30 – 50%	
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 %	

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, solaire 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

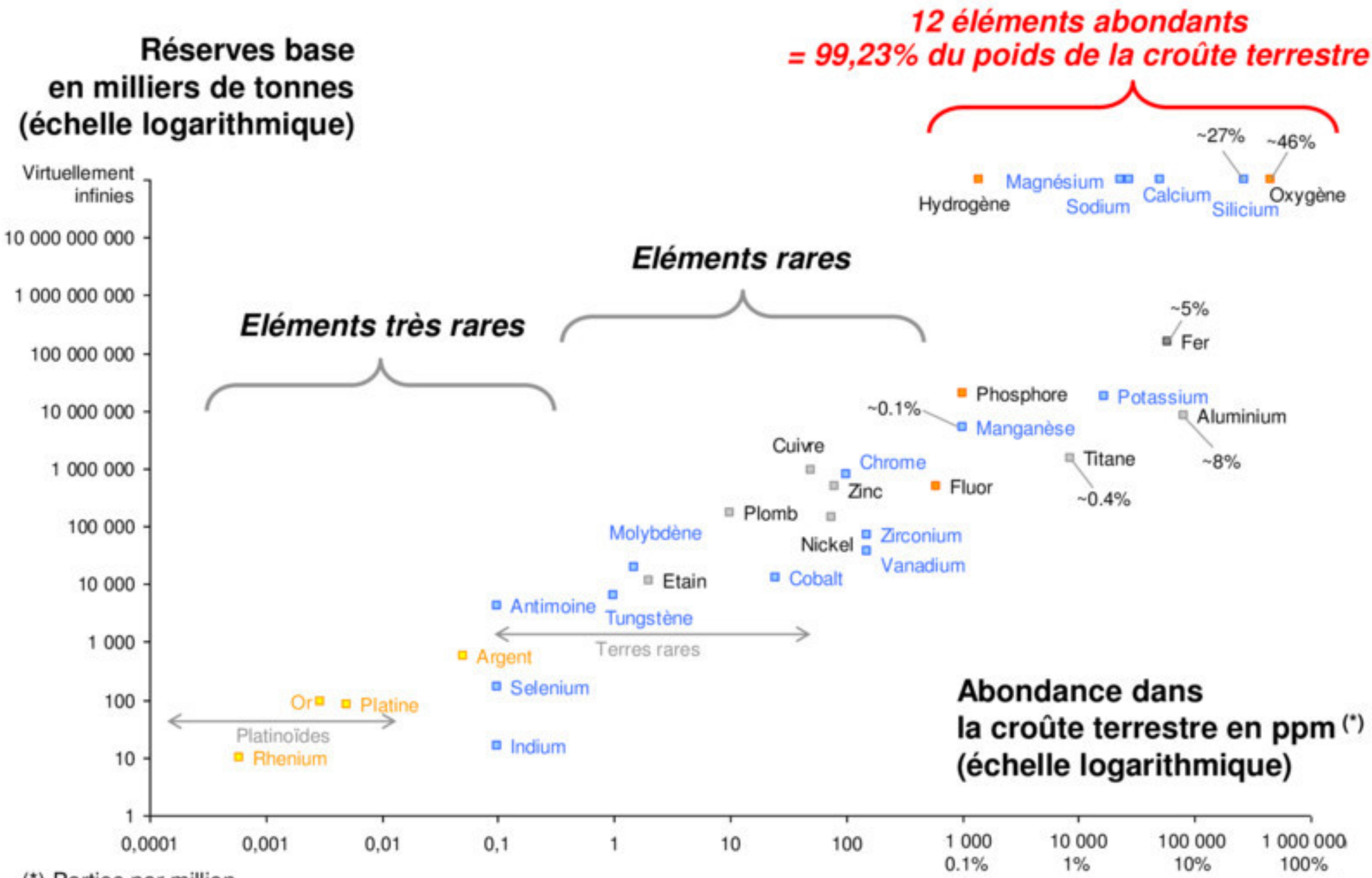
Agenda

Les métaux dans les TIC

Survol de la problématique métallique

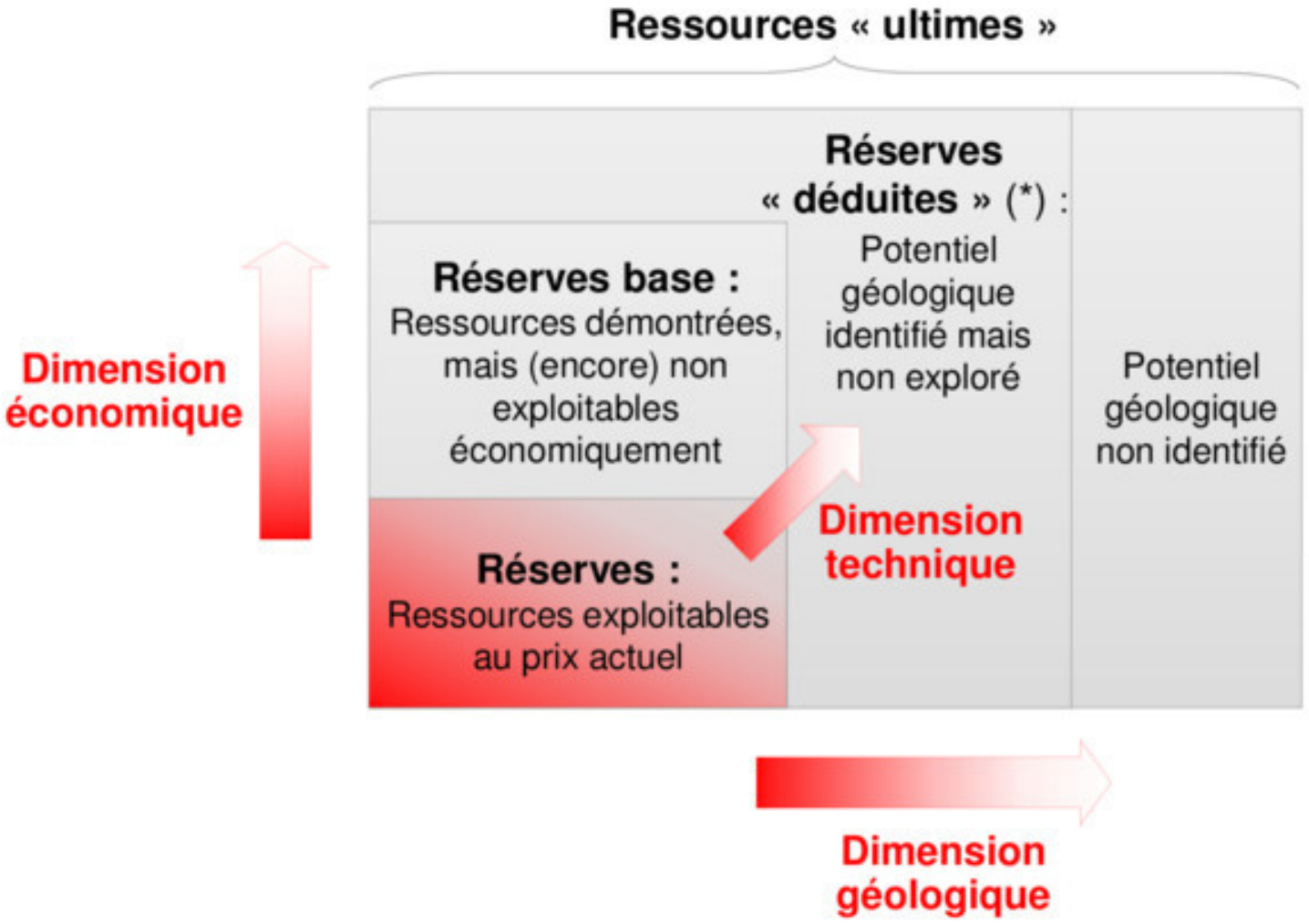
Retour aux TIC

Abondance des éléments dans la croûte terrestre



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

Réserves et ressources



(*) "Inferred reserves" en anglais

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

Les métaux pour les “nouvelles” énergies

Groupe → / ↓ Période	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	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
5	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
6	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			
7			**															
	*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											

Pic géologique ou pic « systémique » ?

Instabilités réglementaires, problèmes d'accès aux ressources, nationalisme minier…

Profondeur, complexité technique, dépense énergétique et coûts croissants

Crise financière, disponibilité en capitaux, moindre appétence des investisseurs aux risques

Interdépendance géologique et économique entre métaux

Soubresauts de la crise économique, visibilité réduite sur une demande plus erratique..

Capacité de croissance de la filière, disponibilité des compétences clés (géologues…)

Instabilité des prix, incapacité des consommateurs à payer plus (élasticité demande)

L'interdépendance entre métaux

Groupe → / ↓ Période	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	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
5	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
6	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			
7			**															
	*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											

Terres rares

Groupe du platine

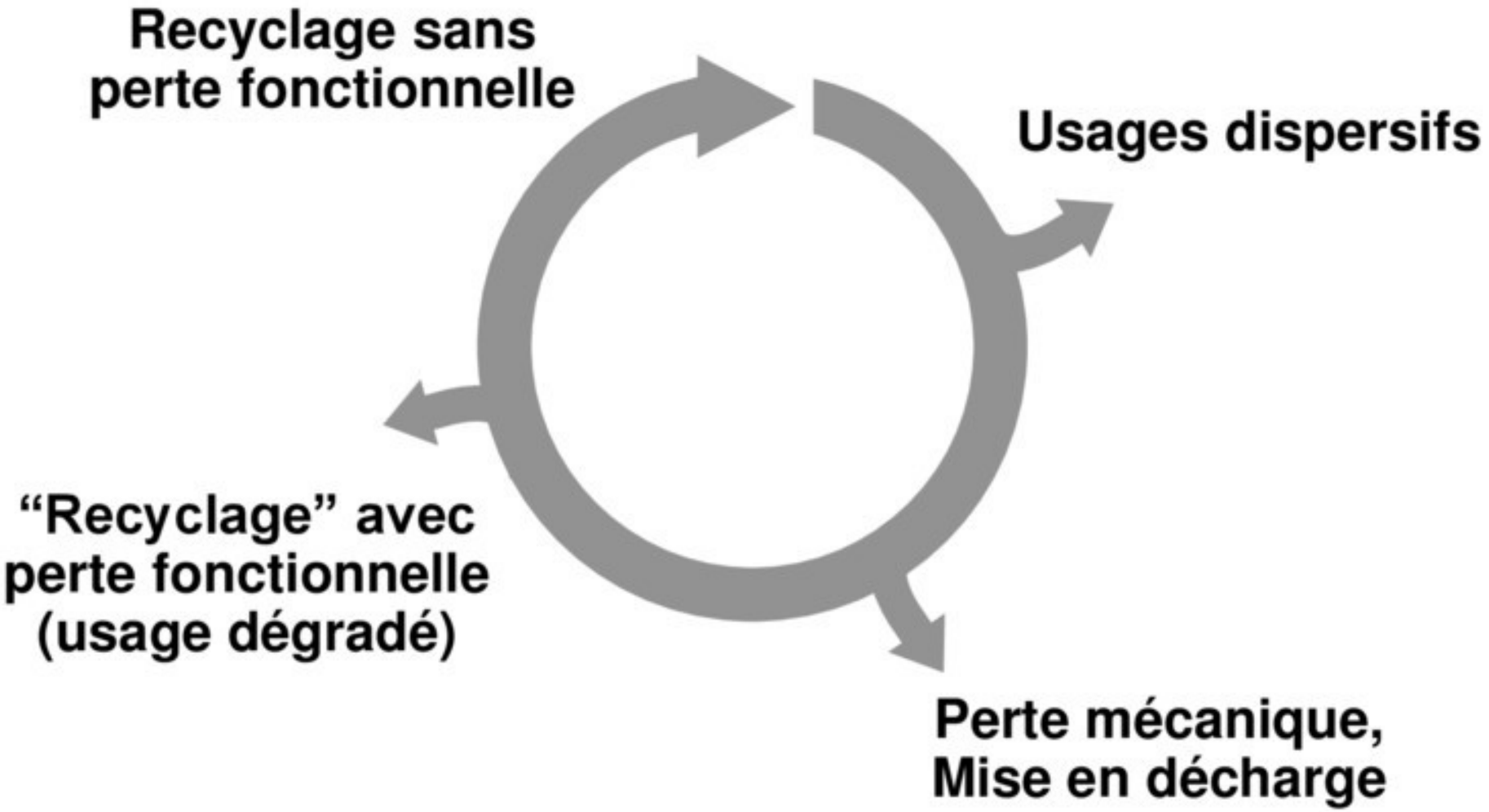
- Grands métaux exploités
- Sous-produits des grands métaux
- Terres rares (exploitation commune)
- Petits métaux exploités ou sous-produits de grands métaux
- Petits métaux exploités
- Sous-produits des petits métaux et grands métaux
- Non exploité ou non métaux

La substitution… pas si simple

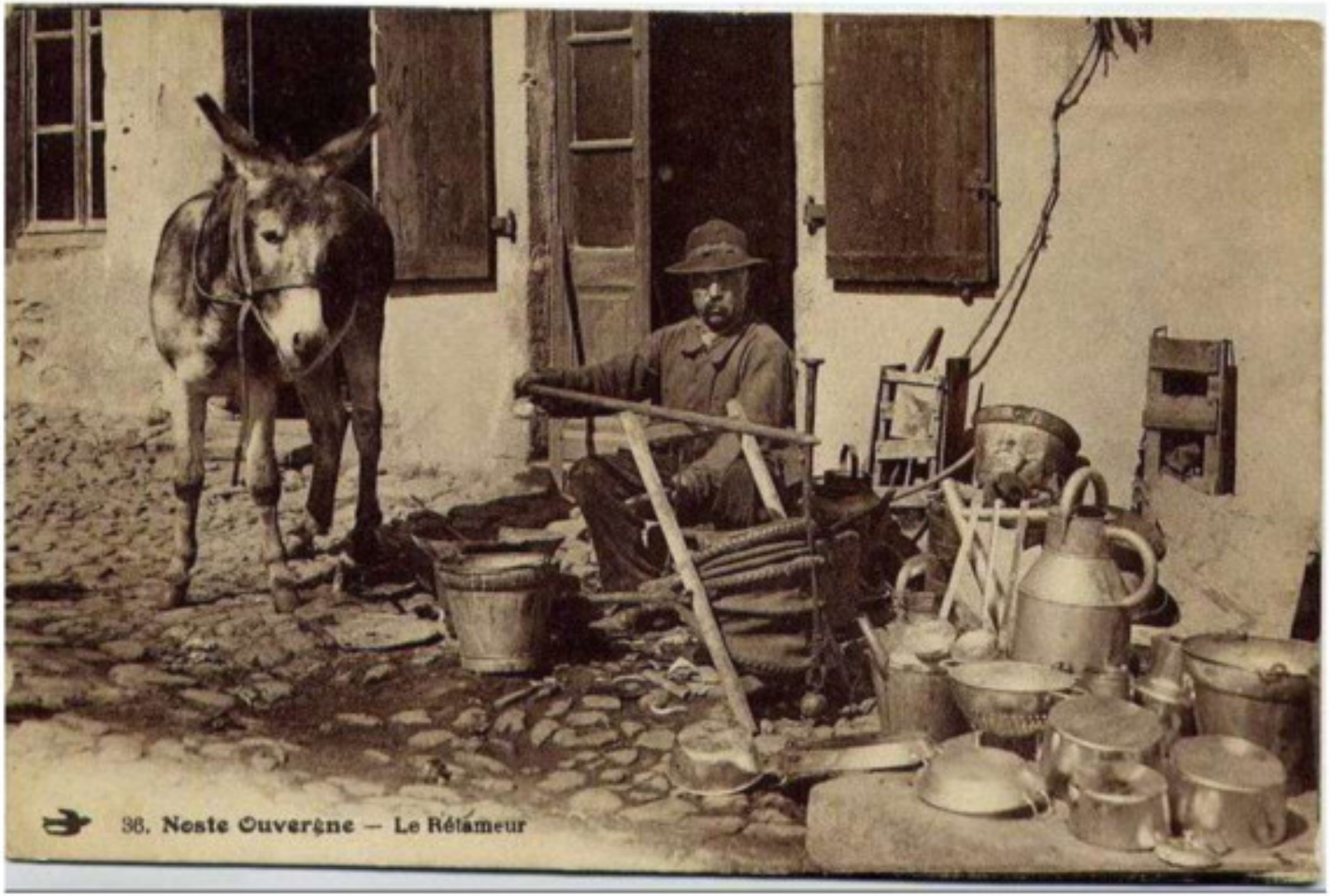
Les « indispensables »… et rares

29 Cu	Applications électriques
28 Ni, 24 Cr	Aciers inox
50 Sn	Soudure (y compris électronique)
78 Pt	Catalyse
74 W	Outillage (carbures)
27 Co	Chimie, superalliages
47 Ag	Electronique, chimie

L’économie circulaire, c’est bien mais…



Les limites du recyclage… la thermodynamique



Le rétameur disparu de nos campagnes

99%, ce serait déjà très bien

Taux de recyclage des métaux

Groupe → / ↓ Période	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	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
5	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
6	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			
7			**															
	*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											

< 1% | 1 – 10% | 10 – 25% | 25 – 50% | > 50%

Source : UNEP / Recycling rates of metals 2011

Les limites du recyclage… les usages dispersifs

Produits d'hygiène et cosmétiques

Peintures et pigments

Encres

14 juillet…

Usages agricoles

Papier

Les limites du recyclage…
alliages, pureté et « dégradation de l'usage »

La « croissance verte » emballe le système…

La recherche du graal de l'auto « propre »

Lutte « high tech » contre les émissions de CO_2 dans le bâtiment

La croissance verte va faire (a fait ?) long feu

Le fossé à venir est trop grand :
il faut travailler sur la demande, pas seulement sur l'offre

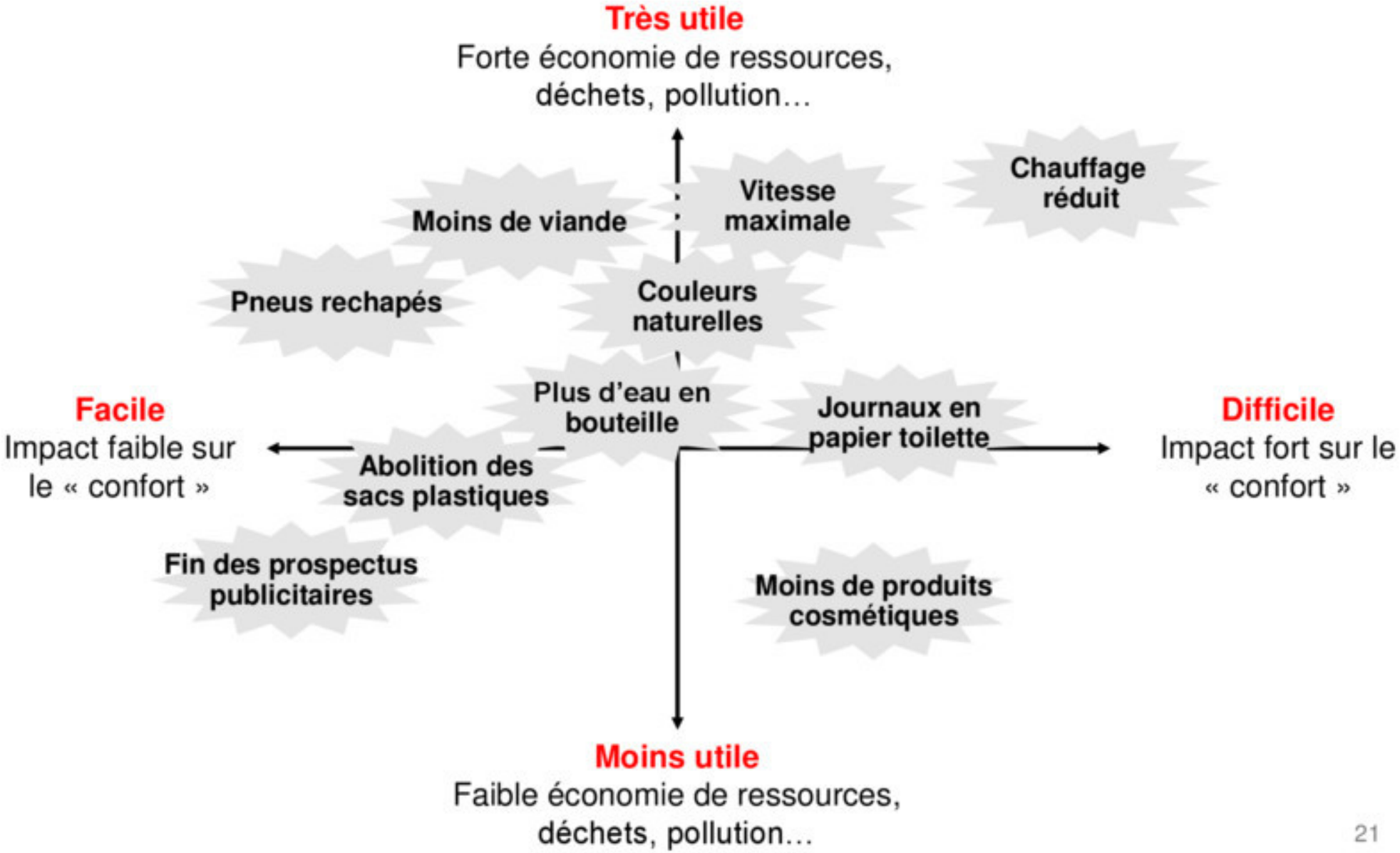
Le bon temps des « ingénieurs thaumaturges » est révolu

Il ne faut pas s'en remettre à une « sortie par le haut » technologique

Plus que jamais, besoin d'innovation, d'intelligence :
mais pas celle qui a prévalu jusqu'à présent !

Il faut passer du HIGH TECH au LOW TECH

Les *low tech* #1 : Remettre en cause les besoins



Les *low tech* #2 : Concevoir réellement durable

Des objets :

- Réparables
- Modulaires
- Réutilisables
- Faciles à démanteler
- …

Privilégier :

- La robustesse
- La simplicité
- Le mono matériau
- Le choix des matières
- Le moins d'électronique possible

Dégrader le cahier des charges fonctionnel, si nécessaire :

- Esthétique
- Moindre performance
- Perte de rendement
- Taille, portabilité, intégration
- Intermittence…

Les *low tech* #3 : Revoir nos modes de production

Territoires : local ou global ?

Echelle : ateliers ou giga-usines ?

Place de l'humain : mécanisation, robotisation ?

Concurrence : sur quels métiers ?

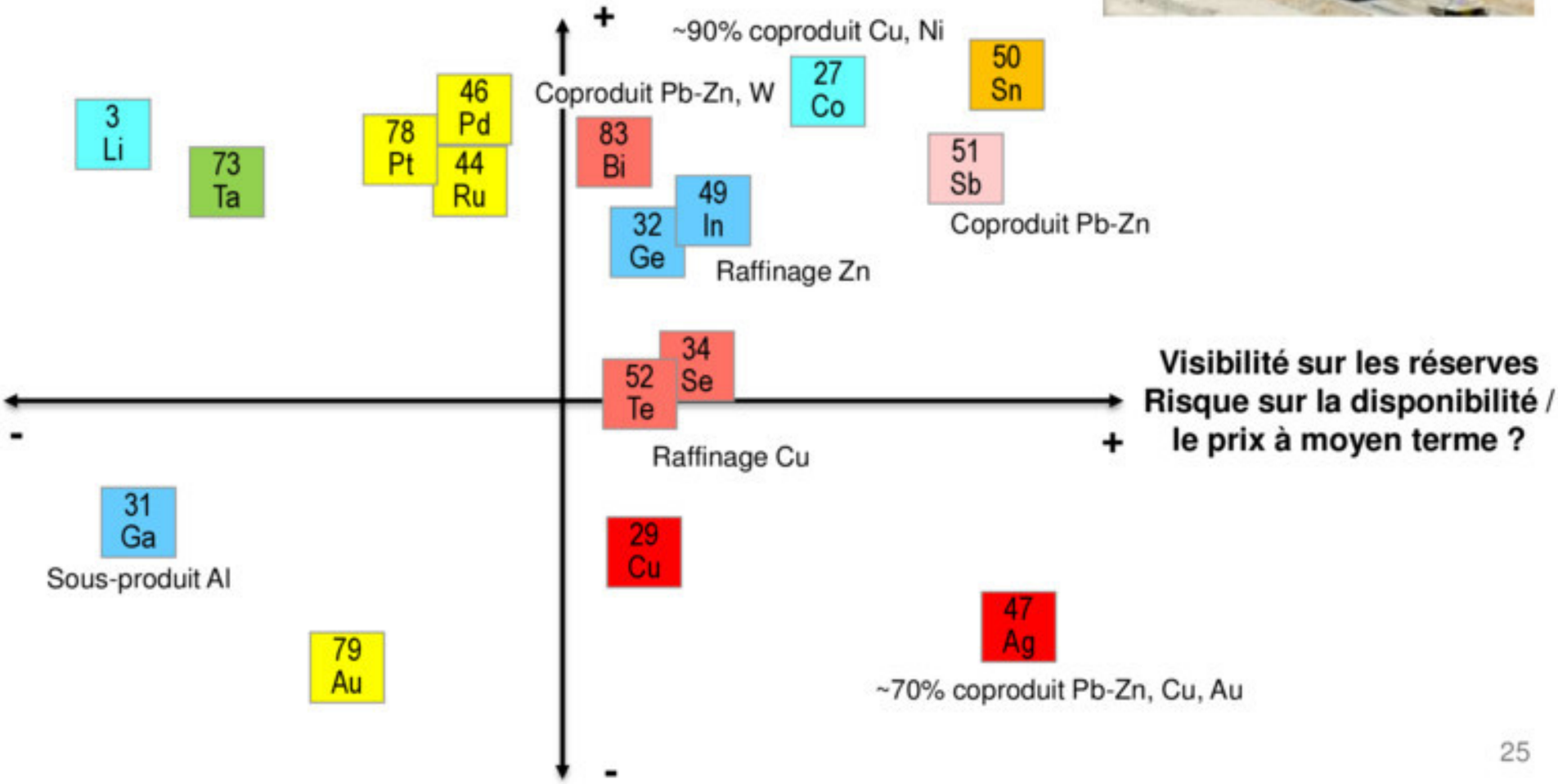
Agenda

Les métaux dans les TIC

Survol de la problématique métallique

Retour aux TIC

Les métaux des TIC sont-ils « critiques » ?



Dans les TIC aussi, donc

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 à date 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

Pas gagné tout ça…

GPS
WiFi
Bluetooth
Capteurs de proximité
Capteur de lumière
Infrarouge
Thermomètre
Hygromètre
Baromètre
Accéléromètre
Gyroscope à 3 axes
Magnétomètre
2 micros
2 caméras
4 microprocesseurs 1,9 GHz (60 images / seconde)

Ouf !

… et dans un volume en baisse de 10%

Alors, les low tech dans les high tech ??

Avant d'imaginer freiner, déjà ne pas accélérer !

Objets connectés

Big data

« Machinisation » et « électronicisation » des services

Ville « intelligente »

Domotique

Drones

…

Alors, les low tech dans les high tech ??

Infrastructure :

- Moins de redondance ; filaire vs. Wifi
- Volume de données échangées
- Impact du temps réel

Serveurs, centres de données :

- Optimisation de l'architecture - Performance
- Mutualisation / Décentralisation (localisation)

Equipements :

- Nombre (d'appareils, d'écrans, de périphériques)
- Fonctionnalités, performances, intégration
- Durée de vie : modularité, réparabilité, compatibilité…
- Systèmes d'exploitation

Logiciels, Pages Web :

- Eco-conception