11 & 12 JUIN 2014 CONGRES EUROPEEN LILLE

8e CONGRES EUROPEEN 2014

Eco-technologies pour le futur

Métaux stratégiques

ENVIRONORD

TEAM² EVENTS

Recyclage et métaux stratégiques, un atout pour la France : Etat de l'art, avancées et perspectives

Lille 11.12 – juin 2014

Nour-Eddine Menad

Direction Eau, Environnement et Ecotechnologies
Unité Déchets et Matières Premières (DMP)
Bureau de Recherches Géologiques et Minières

Géosciences pour une Terre durable

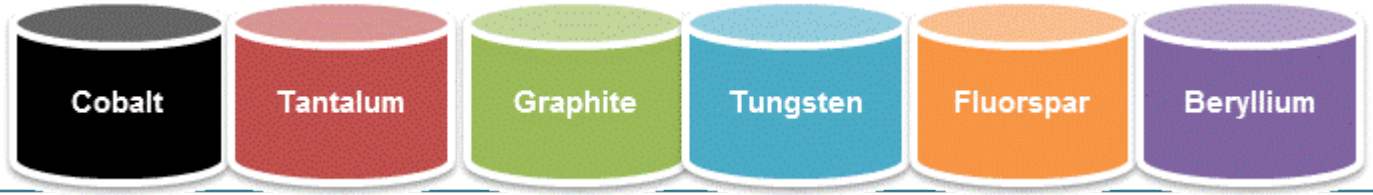
brgm

Introduction

Les pays développés font face à une inquiétude persistante au sujet de l'approvisionnement en métaux rares. Ces métaux rares, dont les TR, sont essentiels au développement d'industries innovantes de haute technologie, et tout particulièrement celles associées aux énergies vertes.

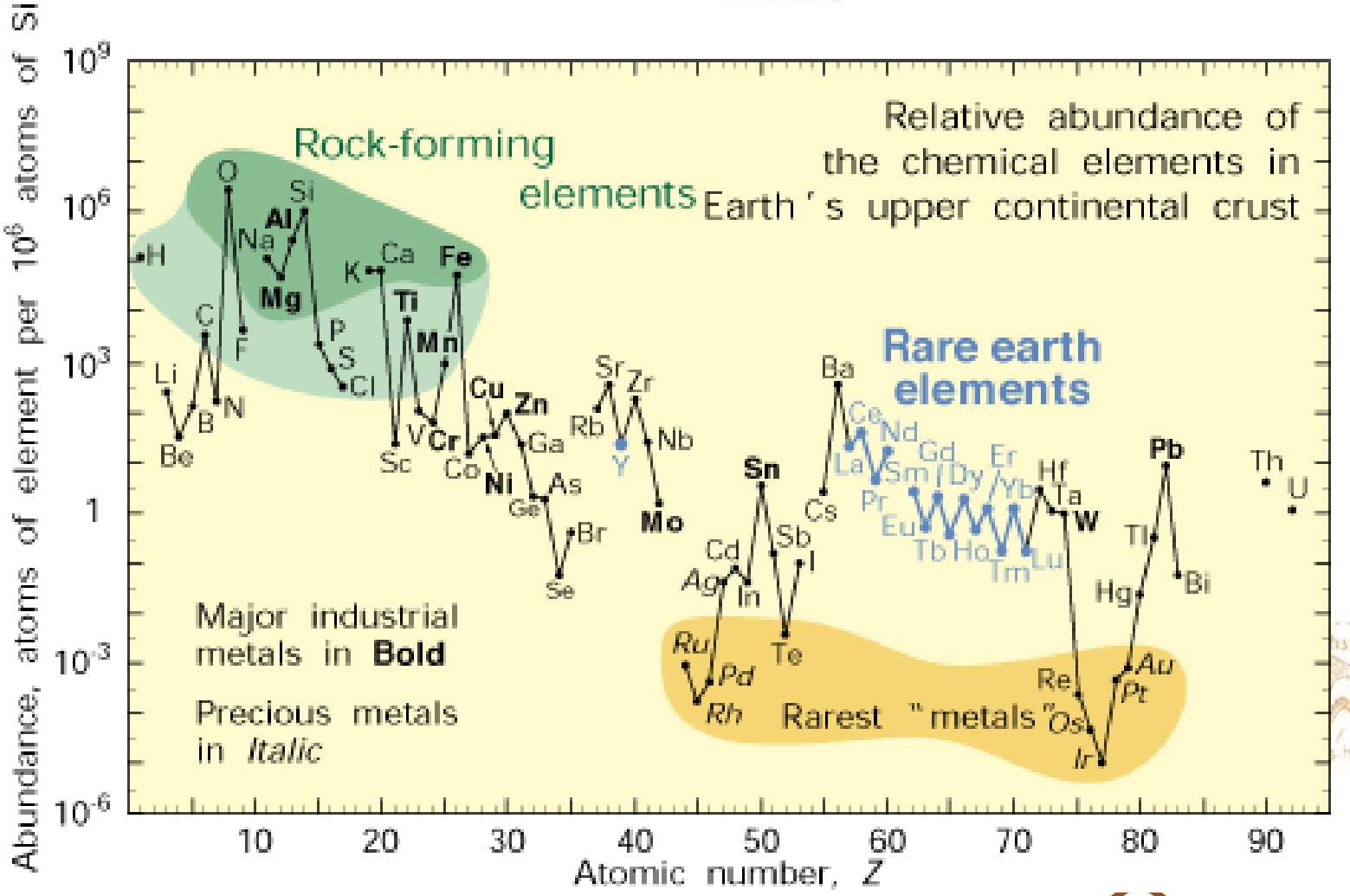
La récente crise politique provoquée par la Chine vis-à-vis du Japon en mettant l'approvisionnement en TR dans la balance (95% des besoins mondiaux) n'a fait qu'amplifier ces inquiétudes. La question fondamentale est d'assurer à temps l'approvisionnement des industries manufacturières pour lesquelles ces alliages et composés chimiques élaborés à partir de métaux rares sont indispensables, alors même que leur disponibilité présente des vulnérabilités à différents niveaux de leur chaîne d'approvisionnement.

Dans ce contexte, l'Union Européenne publie en juillet 2010 son rapport « Critical raw materials for the EU » qui identifie 14 métaux qualifiés de stratégiques (rares et critiques) pour l'ensemble de l'économie européenne. Au niveau français, la feuille de route pour améliorer la productivité des ressources est marquée par la mise en place en Avril 2010 du Plan métaux stratégiques et la création du COMES (Comité pour les métaux stratégiques) en janvier 2011



brgm Géosciences pour une Terre durable

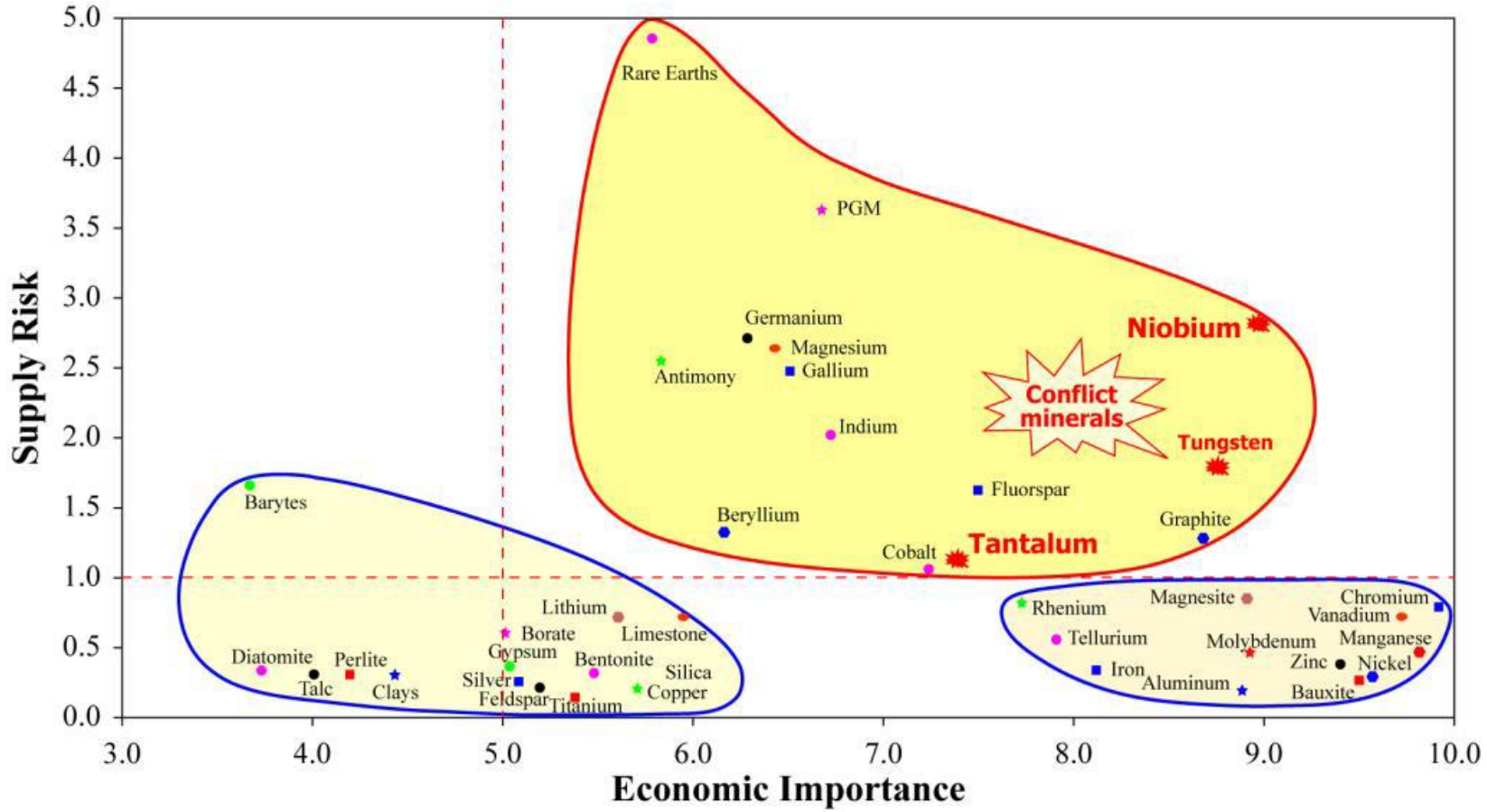
DEFINITION DES METAUX RARES



Géosciences pour une Terre durable

brgm

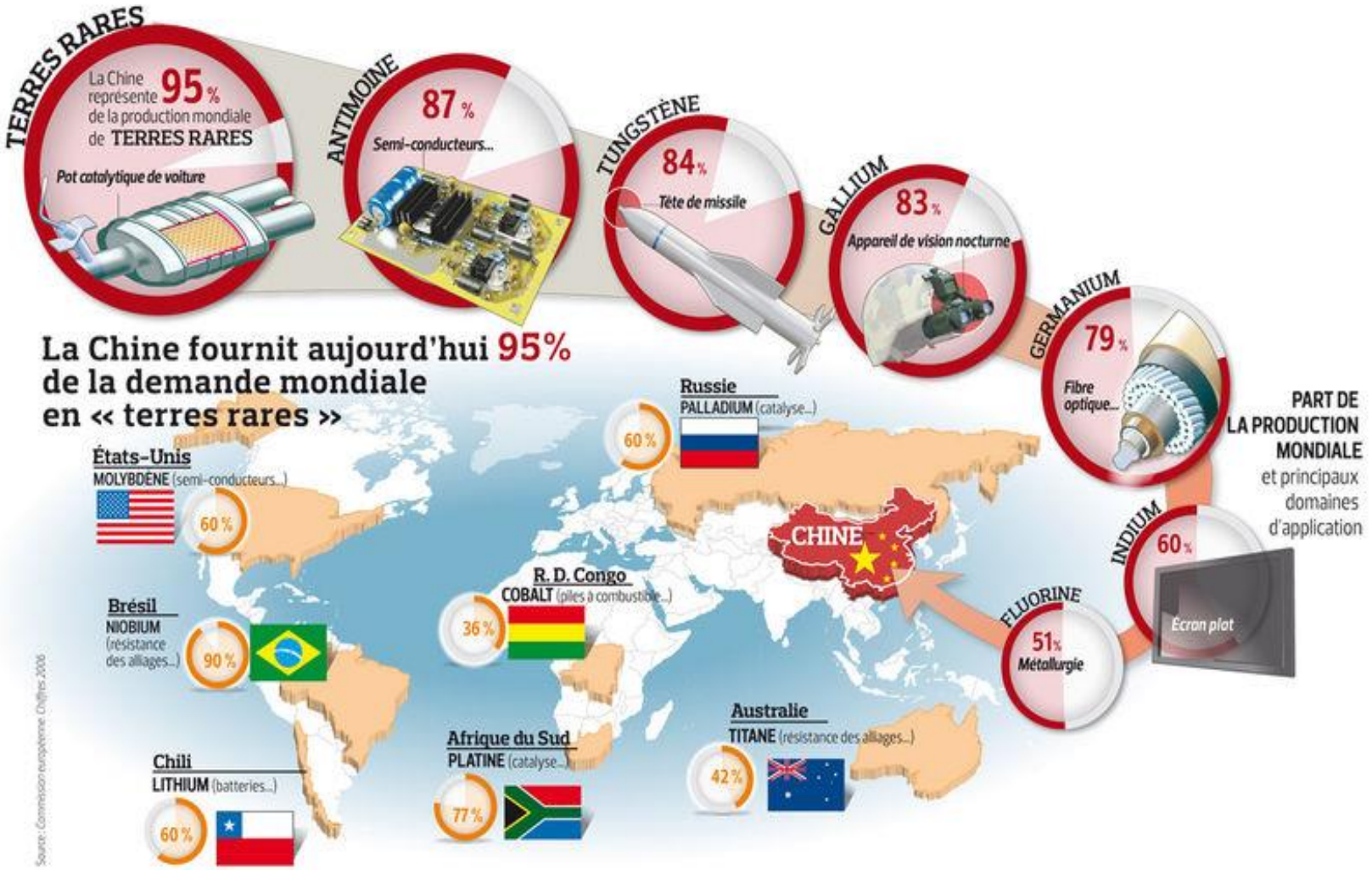
Criticité des matières premières minérales



Corrélation entre l'importance économique et les risques de rupture de l'approvisionnement des matériaux pour l'UE

Métaux stratégiques

Source : www.lexpansion.lexpress.fr



ENERGIE PROPRE

Éolien notamment, aimants permanents des générateurs électriques à très haut rendement mobilisant plusieurs terres rares

TRANSPORT

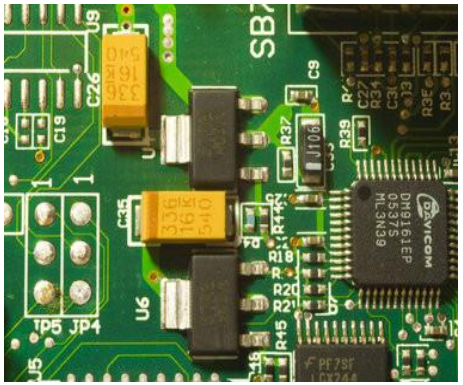
Production de lithium pour véhicules hybrides et électriques – Alliages très hautes performances

PHOTOVOLTAIQUE

Cellules à couches minces CIGS (cuivre, indium, gallium et sélénium), cellules au tellure de cadmium et cellules au germanium

COMPOSANTS ELECTRONIQUES

Alliages silicium-germanium, hafnium, arséniure de gallium pour les nouveaux transistors

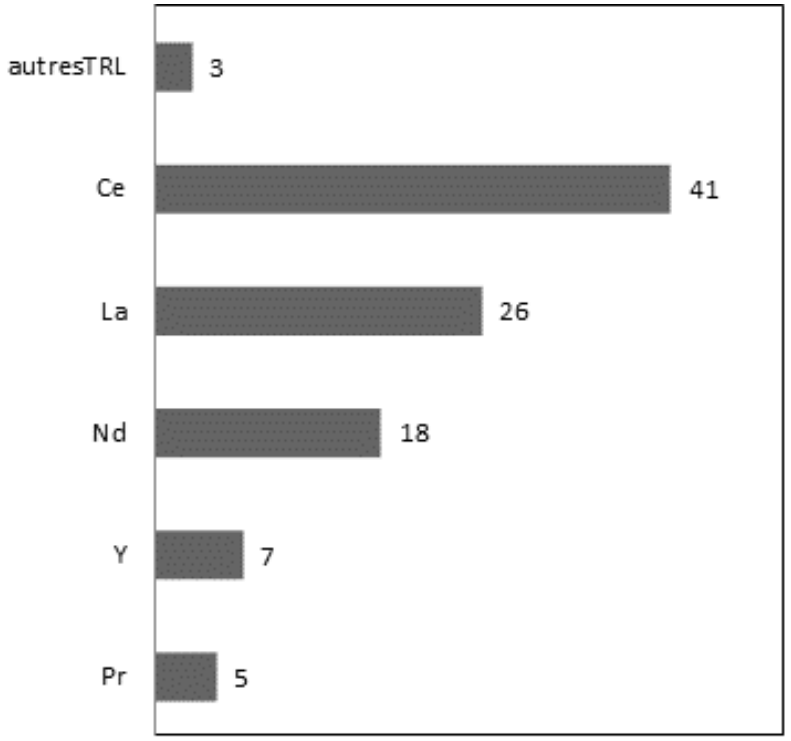


GEOLOCALISATION

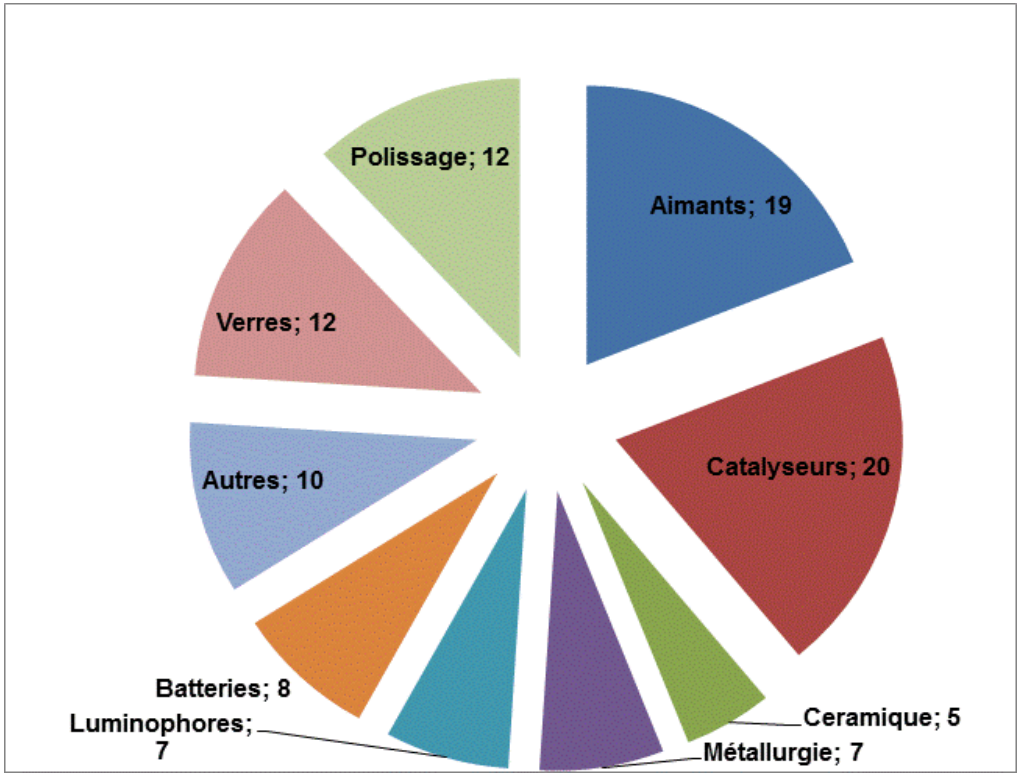
Nitrure de gallium

ECRANS LCD-LED
Indium, Galium

Demande en terres rares



Utilisation des terres rares



Moss, R.L., et al., *Critical Metals in the Path towards the Decarbonisation of the EU Energy Sector*, in *Scientific and Technical Research*. 2013, European Union: Luxembourg.

Shaw, S. and J. Chegwidden, *Global drivers for rare earth demand*. 2012, Roskill Information Services

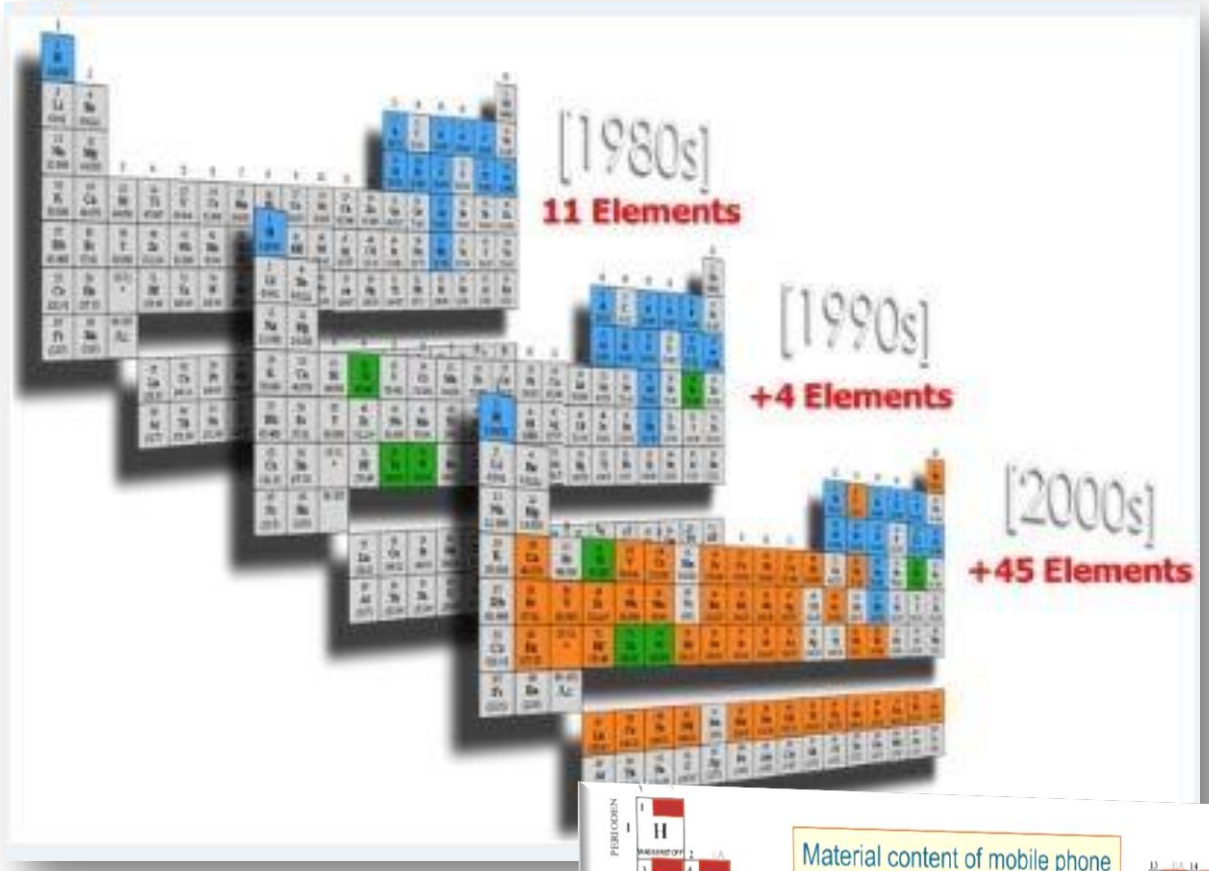
Petites quantités de TR sont extraites en Russie, en Inde et au Brésil.
La production mondiale des oxydes de TR est de 100 000 tonnes/an (données 2013)
EU importe 13% et USA importe 3%

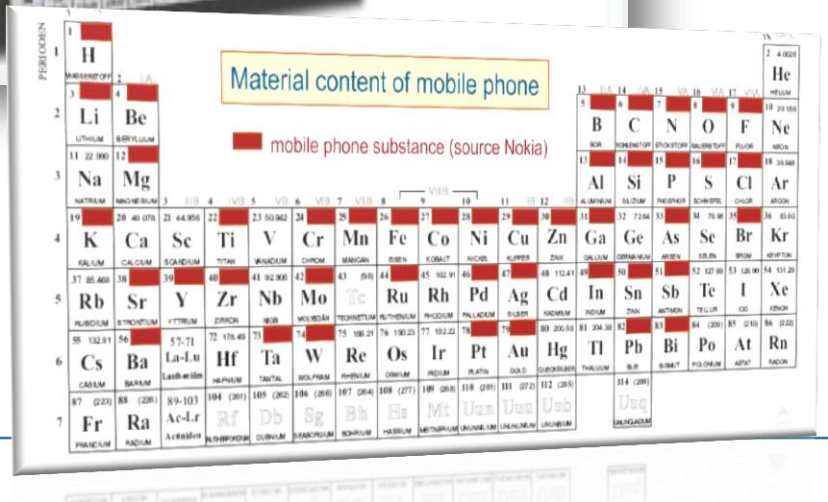
Prévisions offre/demande en terres rares en 2016

	Demande mondiale: 150-170 000 t	Offre mondiale: 180 -210 000 t
Cérium	60 - 70 000 t	75 - 85 000 t
Néodyme	25 - 30 000 t	30 - 35 000 t
Europium	625 - 725 t	450 - 500 t
Dysprosium	1 500 - 1 800 t	1300 - 1 600 t
Terbium	450 - 500 t	300 - 300 t
Yttrium	12 - 14 000 t	9 - 11 000 t

Source des données: Dudley Kingsnorth, IMCOA – 02/20

Cartes électroniques

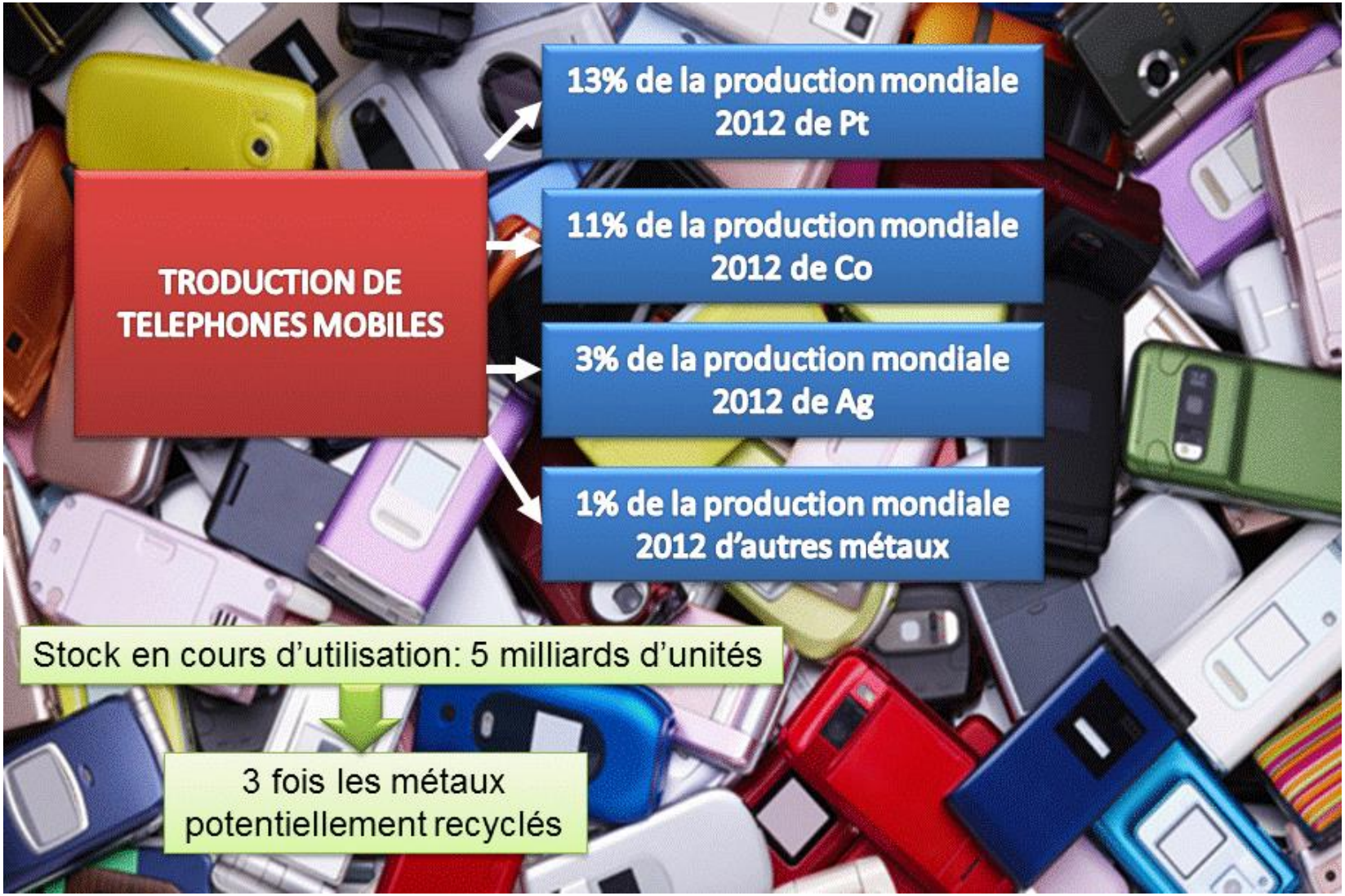




2013
+60 éléments

brgm
Géosciences pour une Terre durable

Téléphones mobiles



Usages du béryllium en aéronautique

Un Airbus A380 comporte : **530 km de câbles conducteurs,**
40 300 connecteurs;
2,9 million de contacts. Les contacts sont presque tous en alliage Cu/Be (+/- 2% Be)

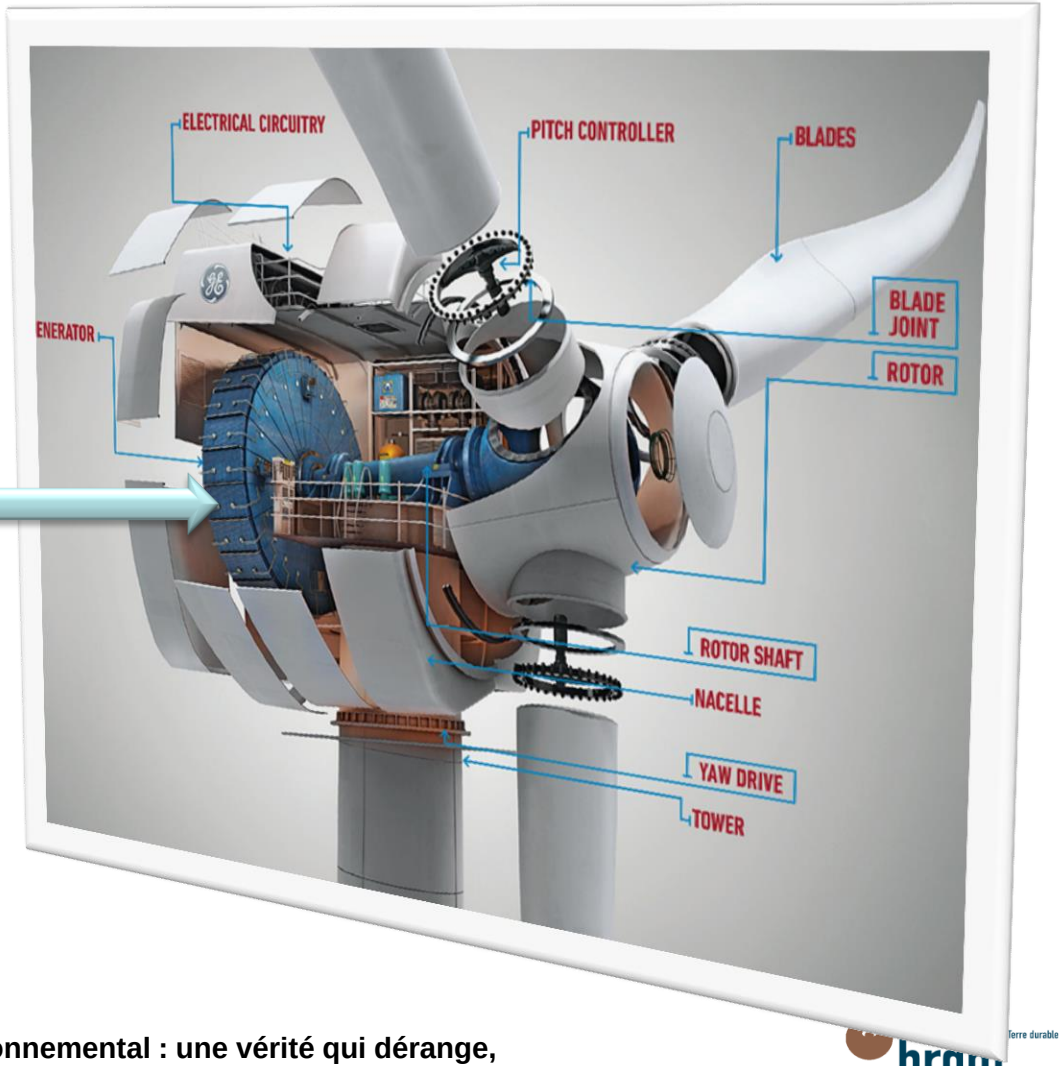
Patrice Christmann, direction stratégique BRGM, Paris – 15 mai 2014

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Aimants: les éoliennes à générateur synchrone à base d'aimants permanents

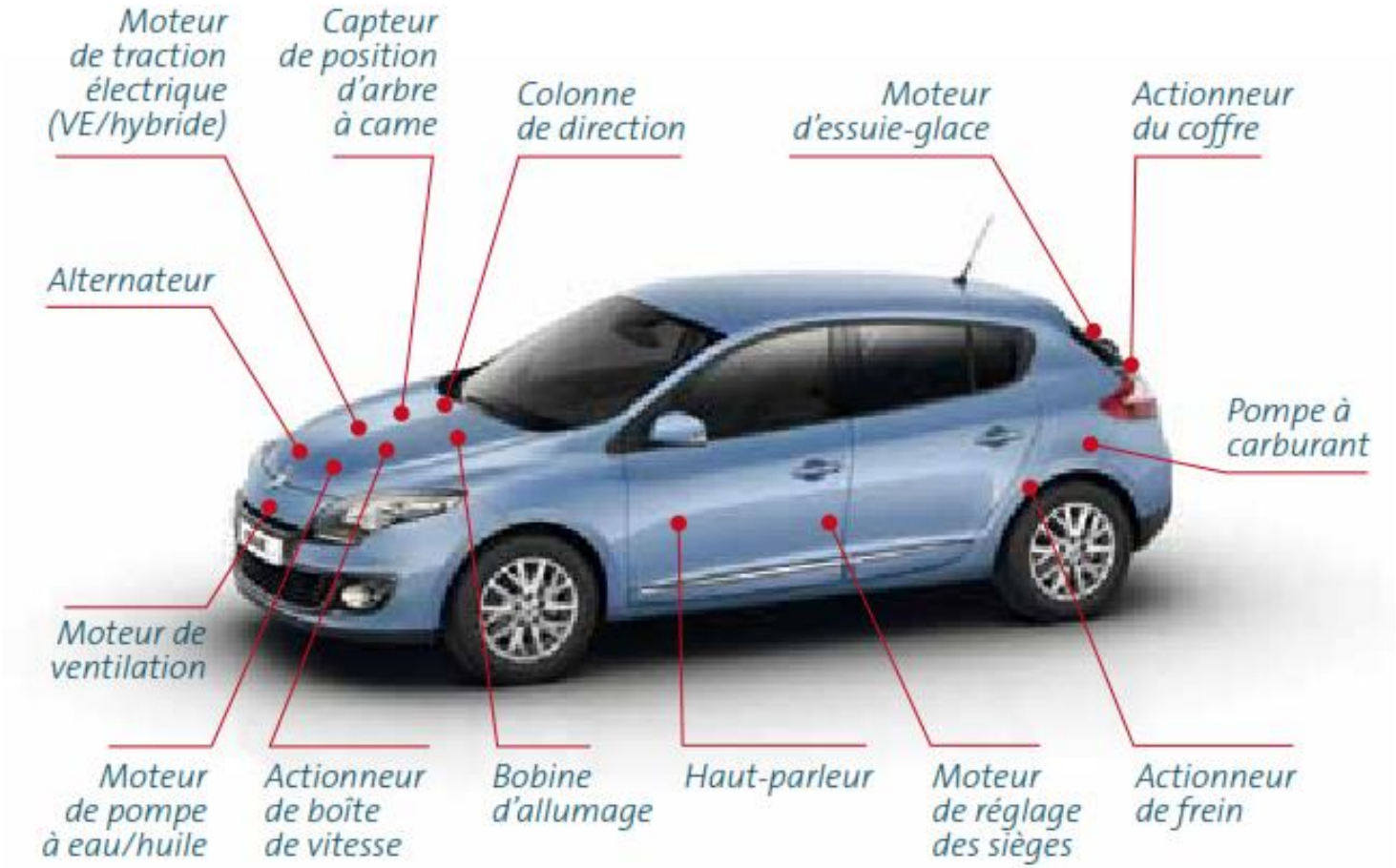
Par MW installé de capacité de production :

- +/- 600 kg d'aimants permanents Nd-Dy-Fe-B magnets
- 4,1% Dy = 24,6 kg par MW, soit +/- 40 t Dy utilisées en 2013 (production mondiale de +/- 1600 t)
- 31% Nd = 186 kg Nd par MW



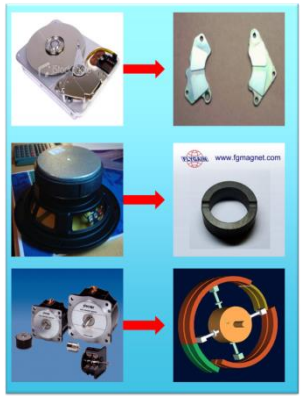
Éoliennes, Terres rares et désastre environnemental : une vérité qui dérange, Publié Par Kevan Saab, le 5 novembre 2013 dans Environnement

Aimants permanents dans un véhicule standard (Renault, Europe, 2011)



Source: P. Schulz, in Géosciences n° 15

Aimants à base de TR dans les D3E



Disques durs

Haut- parleurs

Petits moteurs électriques

K. Binnemans et al. / Journal of Cleaner Production 51 (2013) 1–22

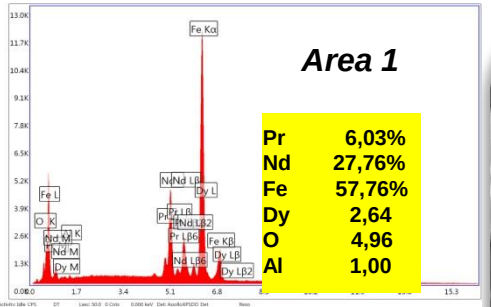
Recycling potentials for REE from magnets, nickel-metal-hydride batteries and phosphors.

REE application	Estimated REE stocks in 2020 (tons)	Estimated average lifetime (years)	Estimated REE old scrap in 2020 (tons)	Pessimistic scenario: recycled REE in 2020 (tons)	Optimistic scenario: recycled REE in 2020 (tons)
Magnets	300,000	15	20,000	3300	6600
Lamp Phosphors	25,000	6	4167	1333	2333
Nickel-metal-hydride batteries	50,000	10	5000	1000	1750
Total	375,000		29,167	5633	10,683

<u>à l'échelle européenne (2012)</u> :

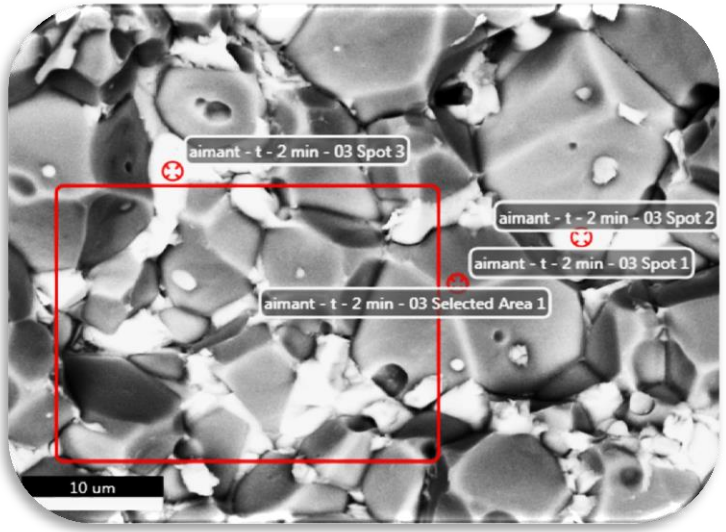
- **Gisement total d'aimants estimé à 2 500 t/an**
- **Gisement de néodyme estimé à 550 t/an**
- **Triplement des volumes à l'horizon 2016 ?**

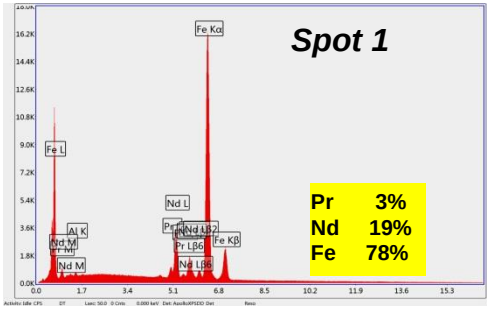
Les aimants permanents dans les DD



Area 1

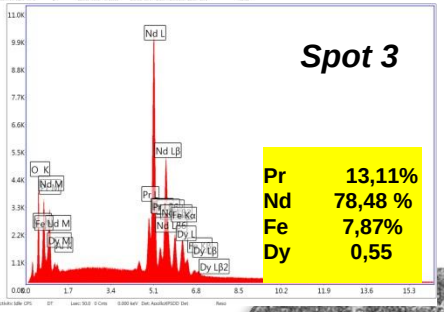
Pr	6,03%
Nd	27,76%
Fe	57,76%
Dy	2,64
O	4,96
Al	1,00





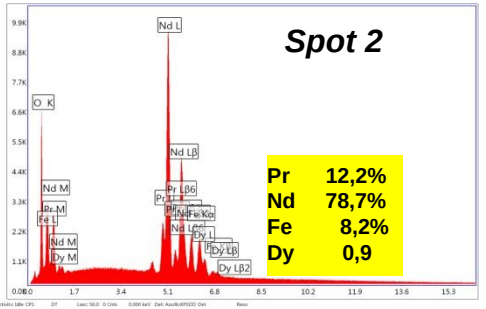
Spot 1

Pr	3%
Nd	19%
Fe	78%



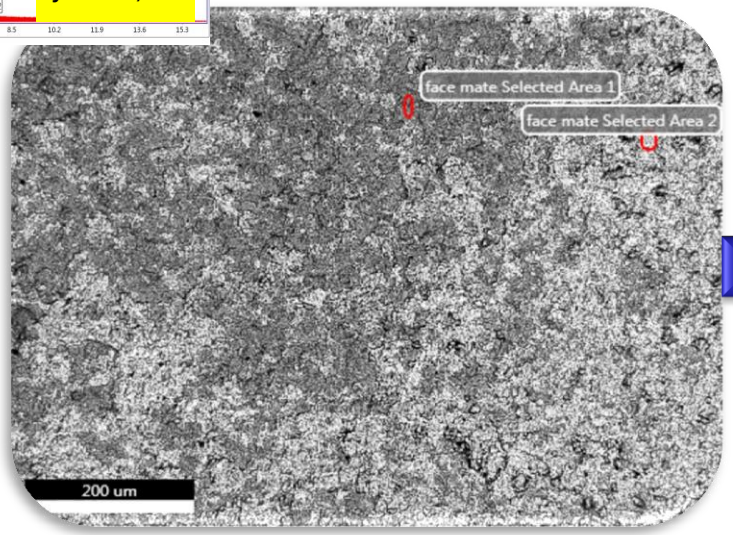
Spot 3

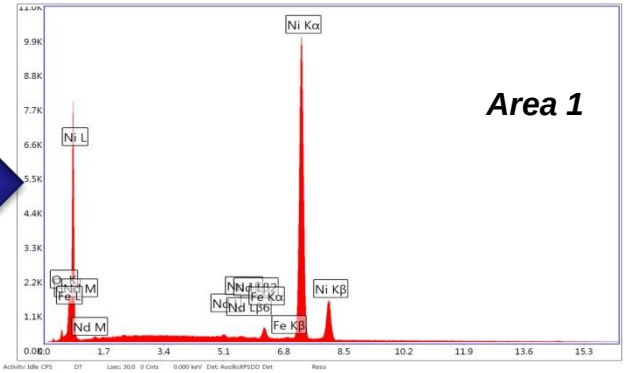
Pr	13,11%
Nd	78,48 %
Fe	7,87%
Dy	0,55



Spot 2

Pr	12,2%
Nd	78,7%
Fe	8,2%
Dy	0,9



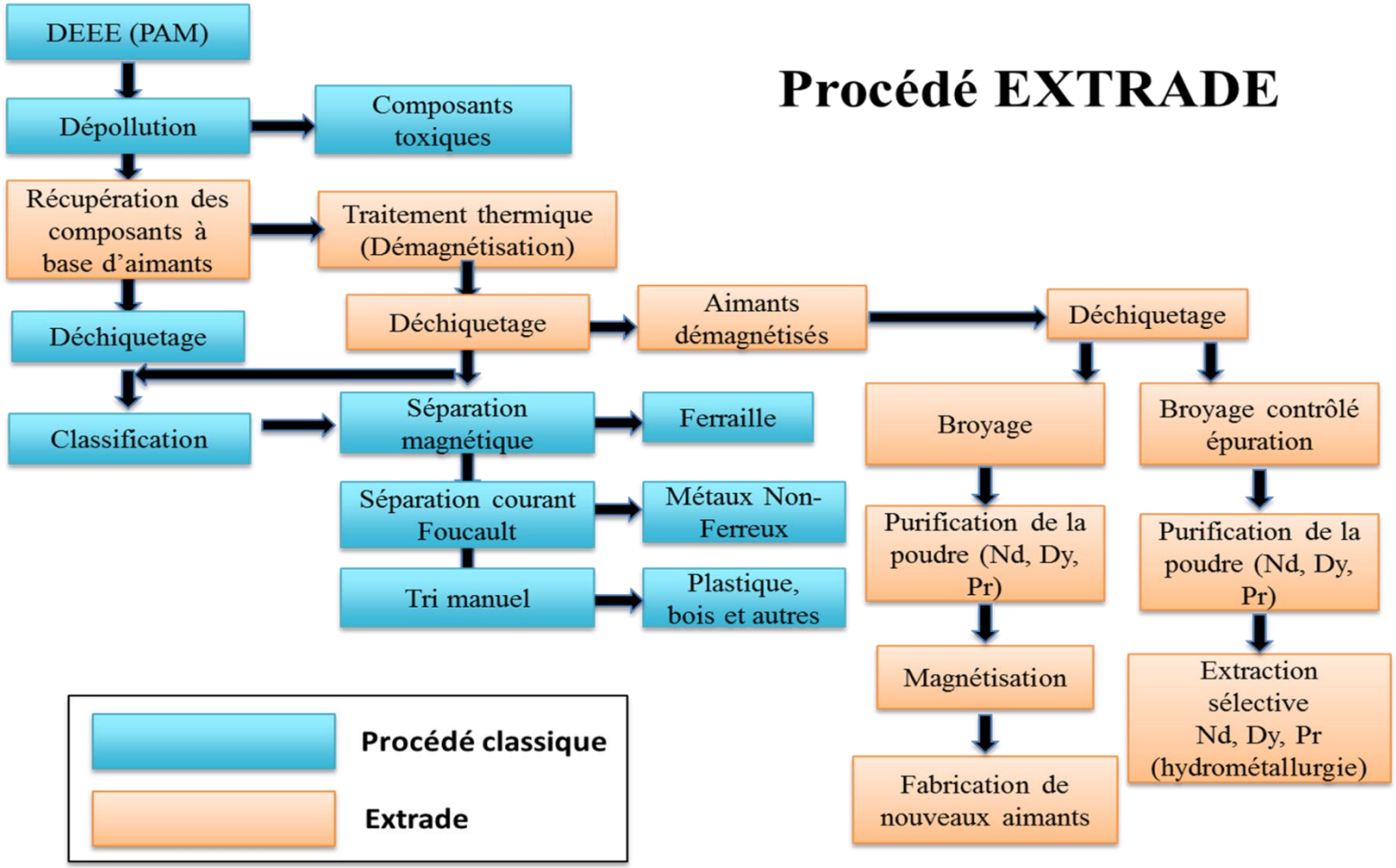


Area 1

Activités de recherche BRGM

Cibles	Nom du projet	Partenaires	Techniques étudiées
• **Déchets métallurgiques**, (laitiers, poussières , HF, FAE etc… • **DEEE**; PA1M, TIC, TVs, poussières TRC, Métaux rares (Ga, Ta, In, Ge etc..) • **VHUs (RBAs)** • Déchets d'incinération	ORLA ANR **2008 – 2010**	BRGM, Arcelormittal, CEMHTI, CEREG, LERM	Concassage, Broyage, Tamisage, SMBI, SMHI (sèche et humide)
	Valoplus ANR **2009 - 2012**	Rhodia, BRGM, Géo ressources (Nancy), Véolia Veri,	Hydro cyclonage, SMBI, SMHI humide), Flottation, Densimétriques
	REFORBA ANR **2011 - 2014**	BRGM, Arcelormittal, Géo ressource, INRS, Recylux (GDE)	Tamisage, SMBI, SMHI (sèche), Densimétriques, Flottation
	EXTRADE ANR **2014 - 2017**	BRGM,, Galloo Fr, Ecosystèmes, GPM(Rouen), SR Fr, Selfrag	Concassage, tamisage, Thermiques, CF, SMBI, chimiques, etc
	1. PROPHY 2. STRAMEX	Projet développement	Techniques physiques, physico-chimiques et thermiques
	METAMINE **2011 - 2014**	Projet développement	Techniques physiques, physico-chimiques et thermiques
	REWARD Eco-Innovation (Européen) **2009 - 2012**	Promikron (NI), RNS(NI), TiTech (D), Delphin (NI), PhB(NI, Recycling consult)	Techniques physiques, physico-chimiques et tris optiques
Projets en perspective	Recyclage des LED (ANR), Eau supercritique des cartes électroniques (région), Poudres fluorescentes des TRC, Mimetic (Eu H2020), Production d'un matériau à partir des poussières métallurgiques		

PROJET EXTRADE (ANR 2014 -2017)



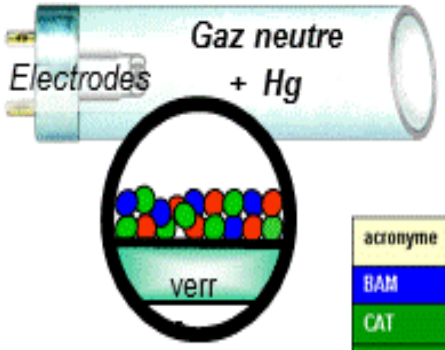
TEAM²
Technologies de l'Environnement Appliquées aux Matières et Matériaux

brgm
Géosciences pour une Terre durable

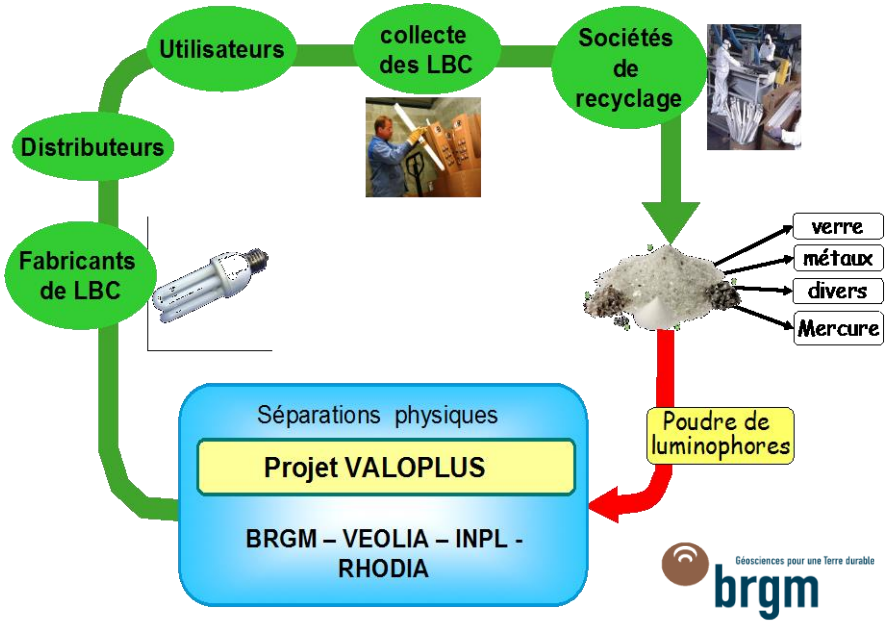
Les luminophores (projet Valoplus)

Les lampes d'éclairage sont constituées principalement de verre, métaux, mercure, poudres fluorescentes et autres. Actuellement le taux de recyclage de ces lampes est supérieur à 90%. Seules les poudres fluorescentes qui représentent 1 à 4% en poids des lampes sont déposées en décharges contrôlées. Ces poudres, de compositions variables sont polluées par des débris de verre, électrodes, etc, et sont impropres tel quel à une réutilisation directe en lampe. Ces poudres contiennent des matériaux très coûteux et difficiles à élaborer. C'est pour cette raison qu'il est nécessaire de trouver des solutions pour les recycler.

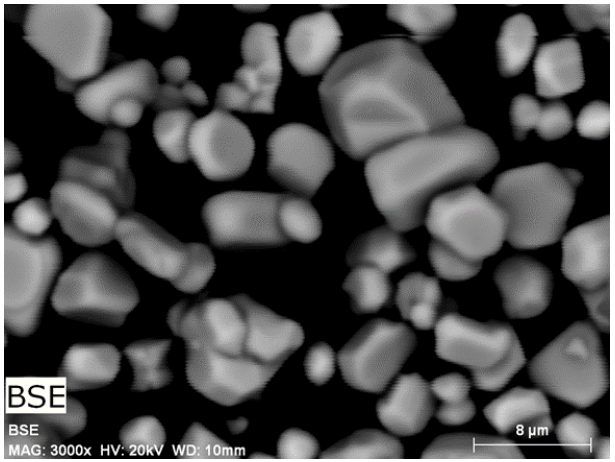
Objectif du projet est de définir des techniques innovantes de séparation physique des luminophores usagés et, idéalement, les obtenir purs pour une revalorisation directe en lampes si leur performance en application est préservée

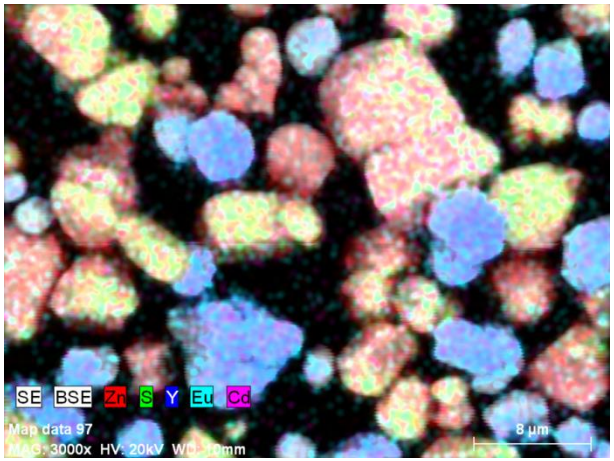


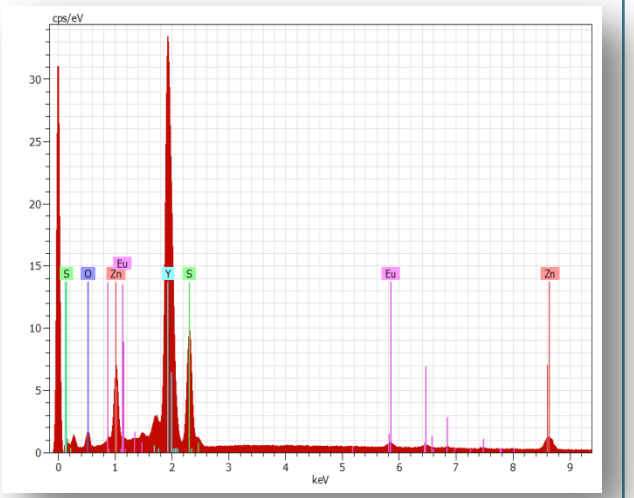
acronyme	Luminophores lampes
BAM	$BaMgAl_{10}O_{17}:Eu^{2+}$
CAT	$(Ce,Tb)MgAl_{11}O_{19}$
CBT	$(GdMg)B_5O_{10}:Ce^{3+},Tb^{3+}$
LAP	$LaPO_4:Ce^{3+},Tb^{3+}$
YOX	$Y_2O_3:Eu^{3+}$
HALO	$(Sr,Ca)_{10}(PO_4)_6(Cl,F)_2:Sb^{3+},Mn^{2+}$



Poudres des Tubes cathodiques (TRC)







Conclusions

- **Les métaux stratégiques ont des propriétés uniques et sont difficilement substituables**
- **La mine urbaine constitue un véritable gisement de métaux à des teneurs souvent plus importantes que les gisements primaires**
- **L'exploitation minière et celle de la mine urbaine sont complémentaires**
- **La récupération des métaux high-tech se heurte à plusieurs verrous technologiques, notamment la difficulté d'identifier, de concentrer et de séparer ses constituants et les limites techniques de traitement des unités actuelles**
- **Plusieurs concepts de récupération des TR à partir de la mine urbaine sont en développement en France**
- **Les taux de recyclage de 60 métaux sont:**
  - Plus de 50% pour 12 métaux
  - 25-50% pour 8 métaux
  - 10-25% pour 4 métaux
  - <1% pour une large de métaux dont les terres rares.

  Metal stocks & recycling rates (UNEP)

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Pour en savoir plus :

email: n.menad@brgm.fr
site: www.brgm.fr

Application	Typical Dy content (%)[a]
Hybrid and electric cars	8.7
Generators	6.4
Wave guides: TWT, undulators, wigglers	6.4
Electric bikes	4.1
Electric storage systems	4.1
Magnetic brakes	4.1
Magnetically levitated transportation	4.1
Motors, industrial, cars, etc.	4.1
Pipe inspection systems	4.1
Relays and switches	4.1
Reprographics	4.1
Torque coupled drives	4.1
Wind turbines	4.1
Gauges	2.8
Hysteresis clutch	2.8
Magnetic separators	2.8
Magnetic refrigerators	1.4
MRI scanners	1.4
Sensors	1.4
HDDs, CDs, DVDs	0.0
Transducers and loudspeakers	0.0
Toys and gadgets	0.0

C. Bény essais MEB-Raman RENISHAW et son couplage

L'indium est la huitième ressource mondiale non renouvelable amenée à disparaître en 2025. Son taux de recyclage ne dépasse pas 1 %. À Auby, la filiale française du groupe raffineur Nyrstar produit 172 000 tonnes par an de zinc recyclé notamment sorti du four géant de Recytech. Elle produit également 40 tonnes d'indium par an, le site d'Auby et ses 290 salariés étant le premier producteur européen de ce métal indispensable à la fabrication des écrans plats. Le pôle Team2 développe des projets sur l'indium (Medusa pour recycler les écrans plats, Recycled pour récupérer l'indium des néons).

LA VOIX DU NORD
MERCREDI 21 MAI 2014