

Ressources en Terre rare et matières premières non énergétiques

Perspective de la recherche en France et en Europe

Bruno GOFFE

10 septembre 2012

atelier terre rare Nice

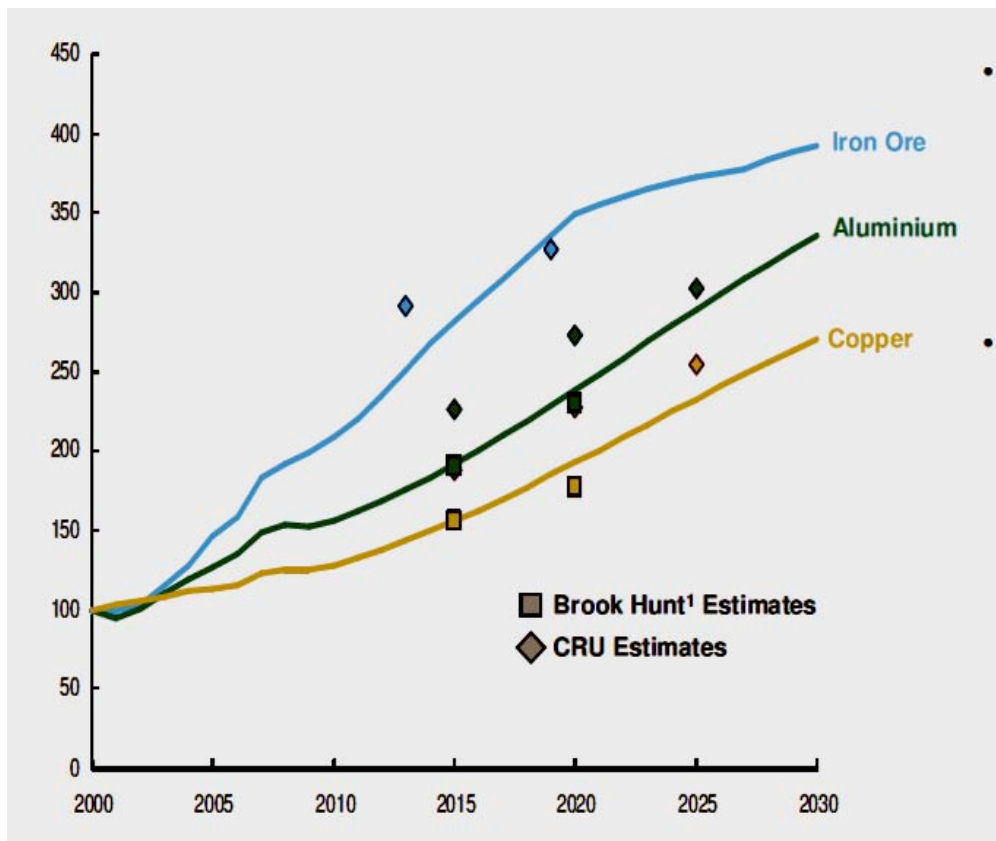
1



Octobre 2011: 7 milliards d'humain
Octobre 2050: 9 milliards d'humain

Des besoins en métaux égaleront dans les 35 prochaines années l'ensemble de la consommation mondiale cumulée depuis l'apparition de l'homme

Une demande considérablement accrue sur les métaux de base

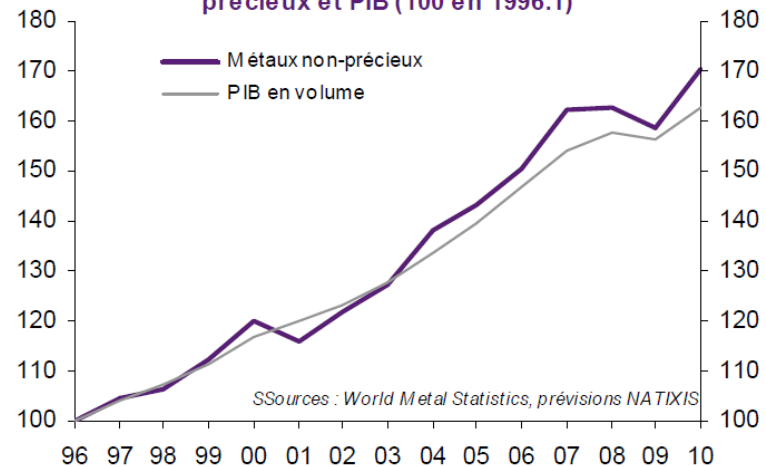


Estimation sur une base 100 en 2000 de l'évolution de la consommation globale en trois métaux de base, les autres métaux croissant de 3,6% par an

10 septembre 2012

atelier terre rare Nice

Graphique 4d
Monde : consommation de métaux non-précieux et PIB (100 en 1996:1)



Une concurrence exacerbée pour le contrôle des ressources

■ Prises de participations chinoises dans l'industrie minière mondiale
(D'après Van der Wath, Bateman Beijing Axis, « China and Africa: A Global Natural Resources Alliance? »)



Situation en 2004

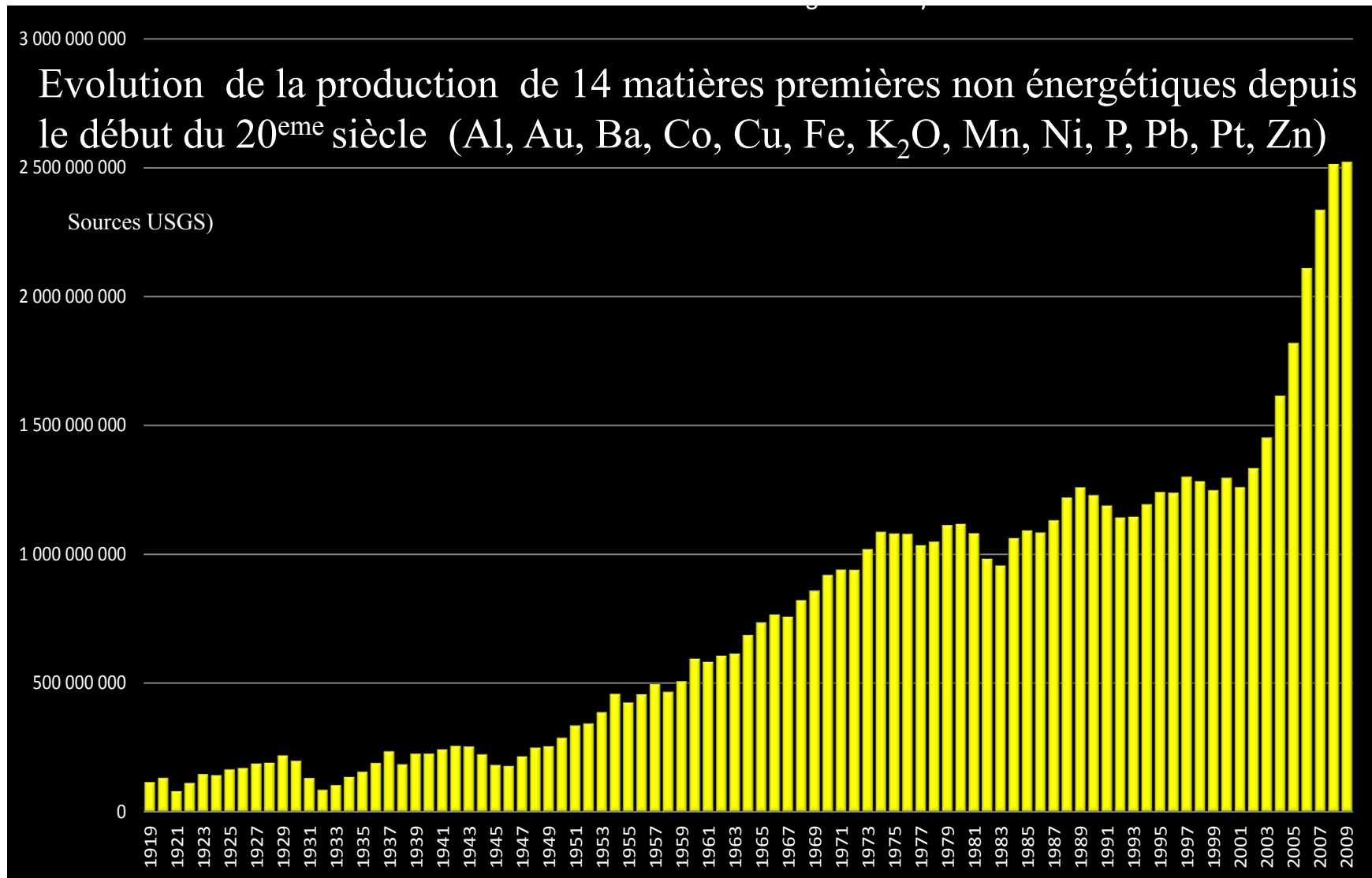


Situation en début 2009



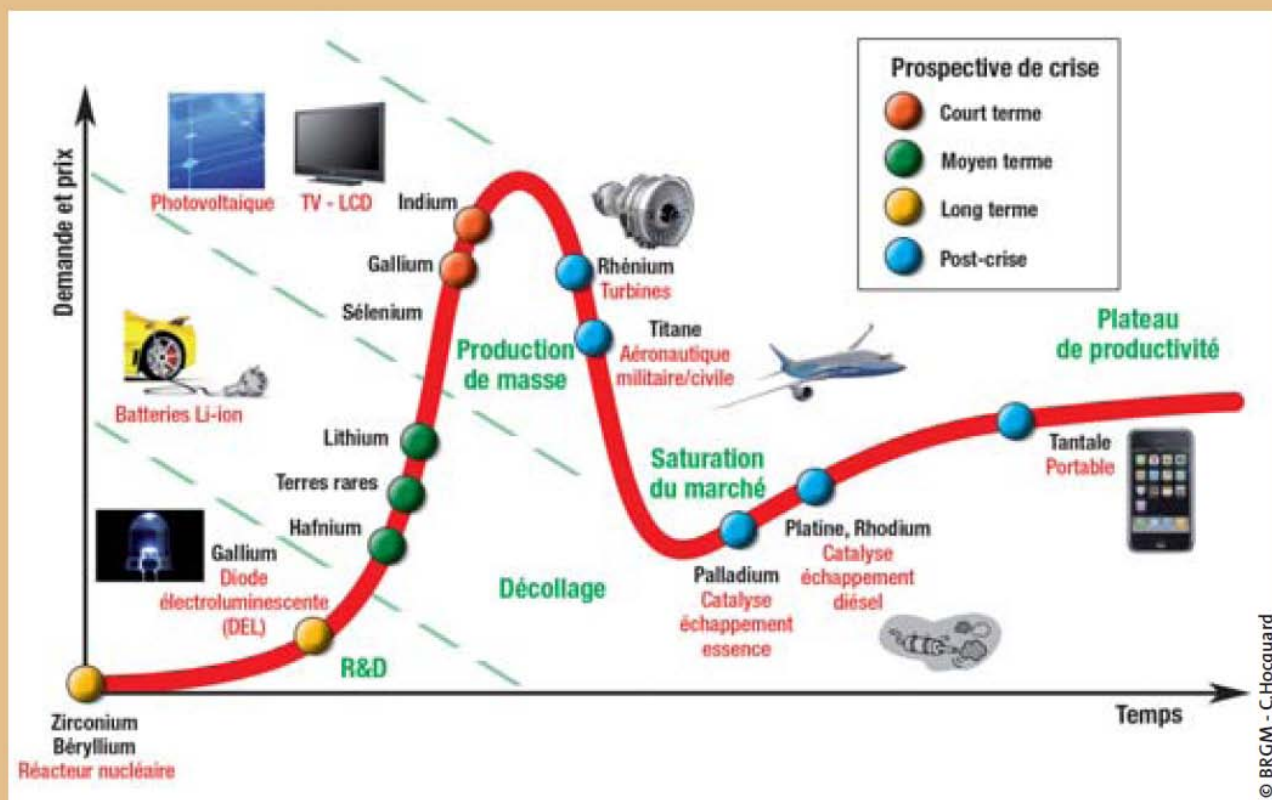
Situation en début 2010

Une tendance constante du développement



Avec un besoin croissant de nouveaux métaux

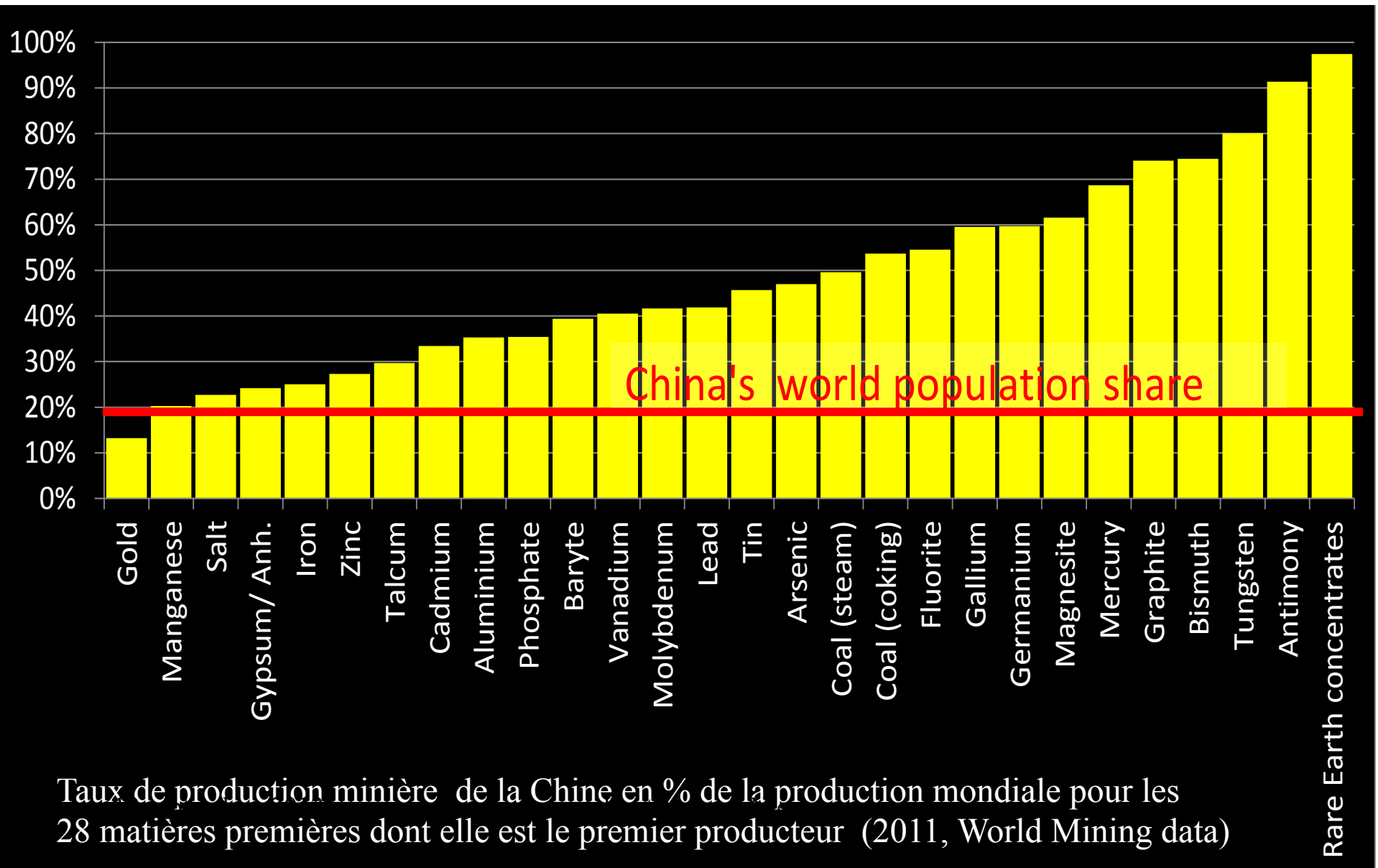
Des métaux “mineurs” indispensables au mode de vie “HIGH-TECH”



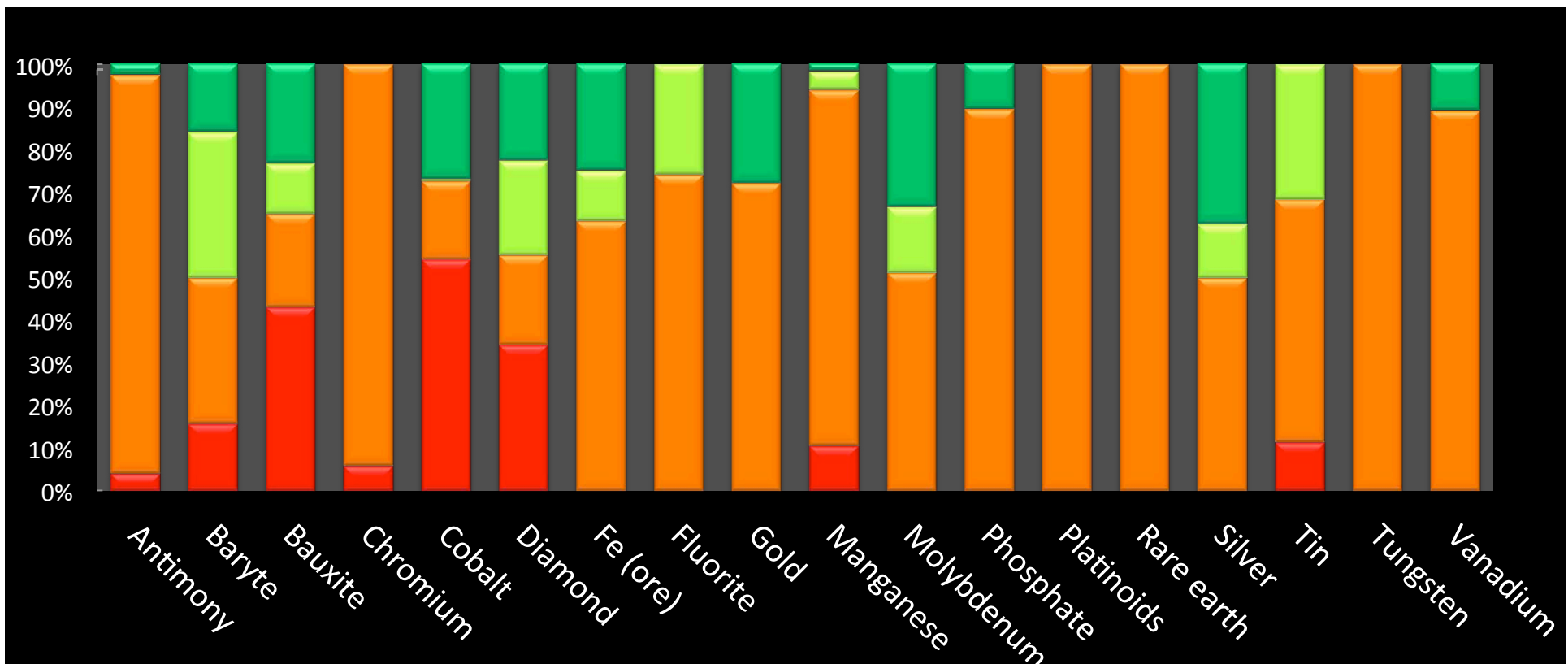
Métaux rares : innovation et prospective de crises.

© BRGM - C.Hocquard

Un impact fort des stratégies Géo-Politiques



Un impact fort des développements économiques sur la répartition géographique des matières premières!



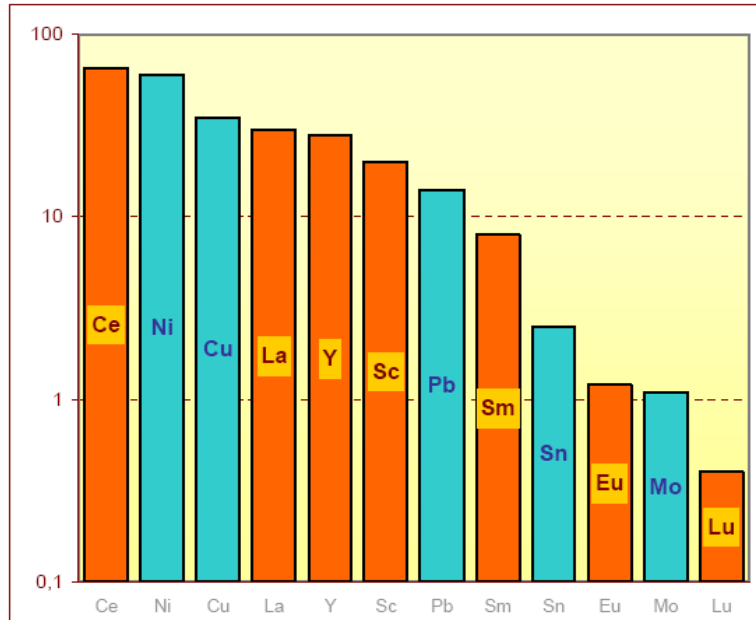
Localisation des réserves des principales matières premières minérales en fonction du PIB (USGS et Banque Mondiale)

10 septembre 2012

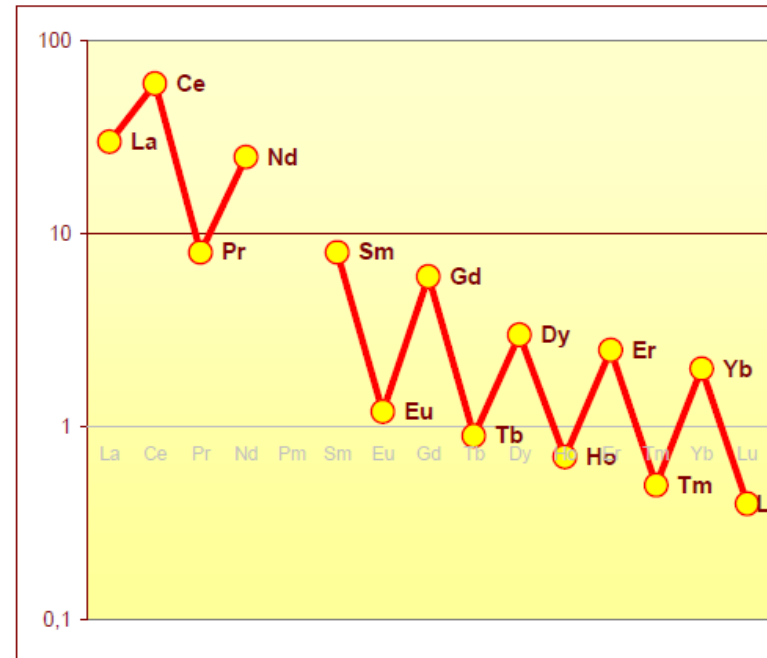
atelier terre rare Nice

Des Terres rares pas si rares que cela

RE Relative abundance in the Earth's crust



Odd / Even RE relationship



Mais très forte pression sur les TR lourdes :

Prévision 2014 : demande production

Terbium 590 350 (Tonnes d'oxyde)

Dysprosium 2000 1700

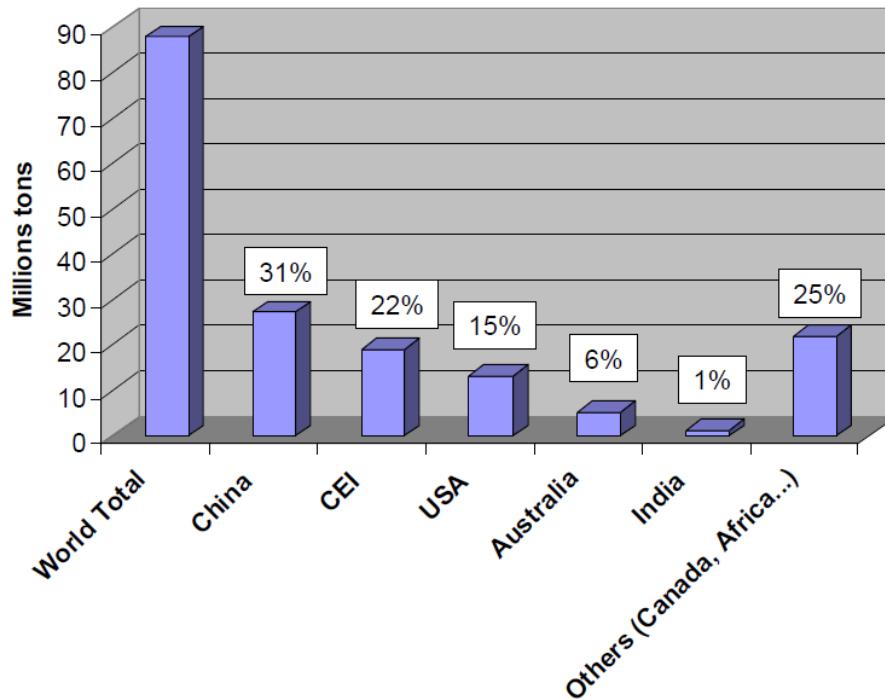
Yttrium 12000 11700

Des Terres rares pas si rares que cela

Des réserves importantes et bien réparties, **sauf en Europe!**

Proven world reserves of RE (incl Y) - USGS 2007

Depuis 2007 plusieurs gisements ont été réévalués, les réserves prouvées seraient supérieures à 100Mt



Des Terres rares pas si rares que cela

Une méconnaissance du sous-sol Européen en conséquence d'un sous investissement chronique dans la recherche dans les sciences de la terre depuis 30 ans.



Pangea 245 m.y.

La géologie de l'Europe commune avec les celles des continents les plus proches (Afrique du nord-ouest, Amérique du Nord) n'en diffère pas fondamentalement sur la ressources en matières premières

Le sous-investissement dans la recherche s'est accompagné d'un déclin de l'information et la formation du grand public et des médias et en conséquence à une diabolisation de l'accès au sous-sol

Des Terres rares une vraie question environnementale

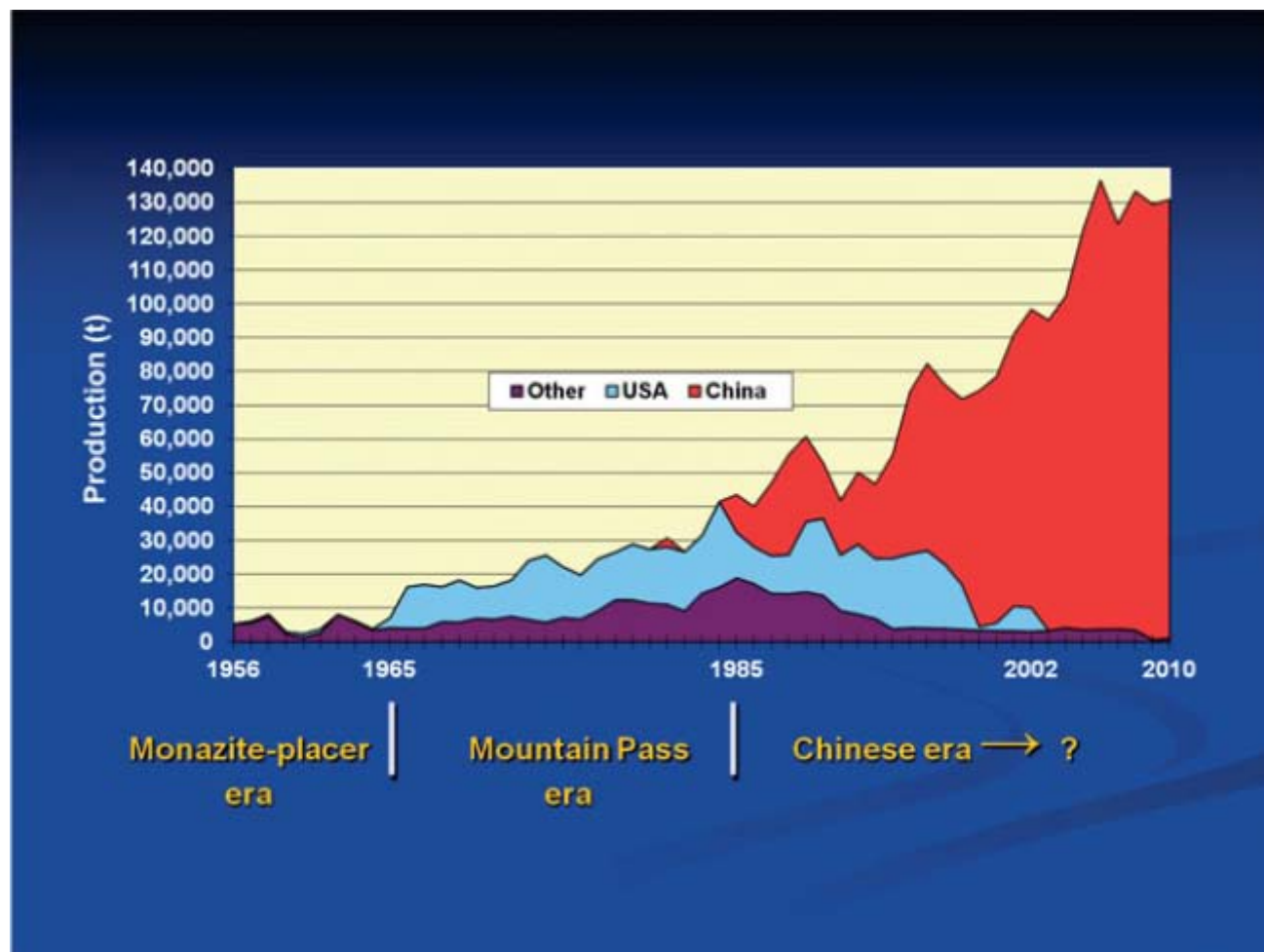
The image shows a periodic table of elements. The lanthanide series (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) and the actinide series (Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr) are highlighted in green. The main table is color-coded by groups: alkali metals (red), alkaline earths (orange), transition metals (yellow), post-transition metals (light green), metalloids (teal), nonmetals (light blue), halogens (pink), and noble gases (purple).

**Actinides et
Lanthanides sont
quasiment toujours
associés dans la
nature** (carbonates,
phosphates, silicates)

**L'exploitation des
unes entraine les
autres dans les
déchets**

La présence d'actinides dans le minerai de terre rare implique soit leur rejet dans la nature (Chine), soit leur traitement et leur stockage (France ^{La Rochelle}, Europe, USA) avec des surcoûts financiers et une acceptabilité sociétale critiques pour la pérennité des exploitations

Des Terres rares une vraie question environnementale



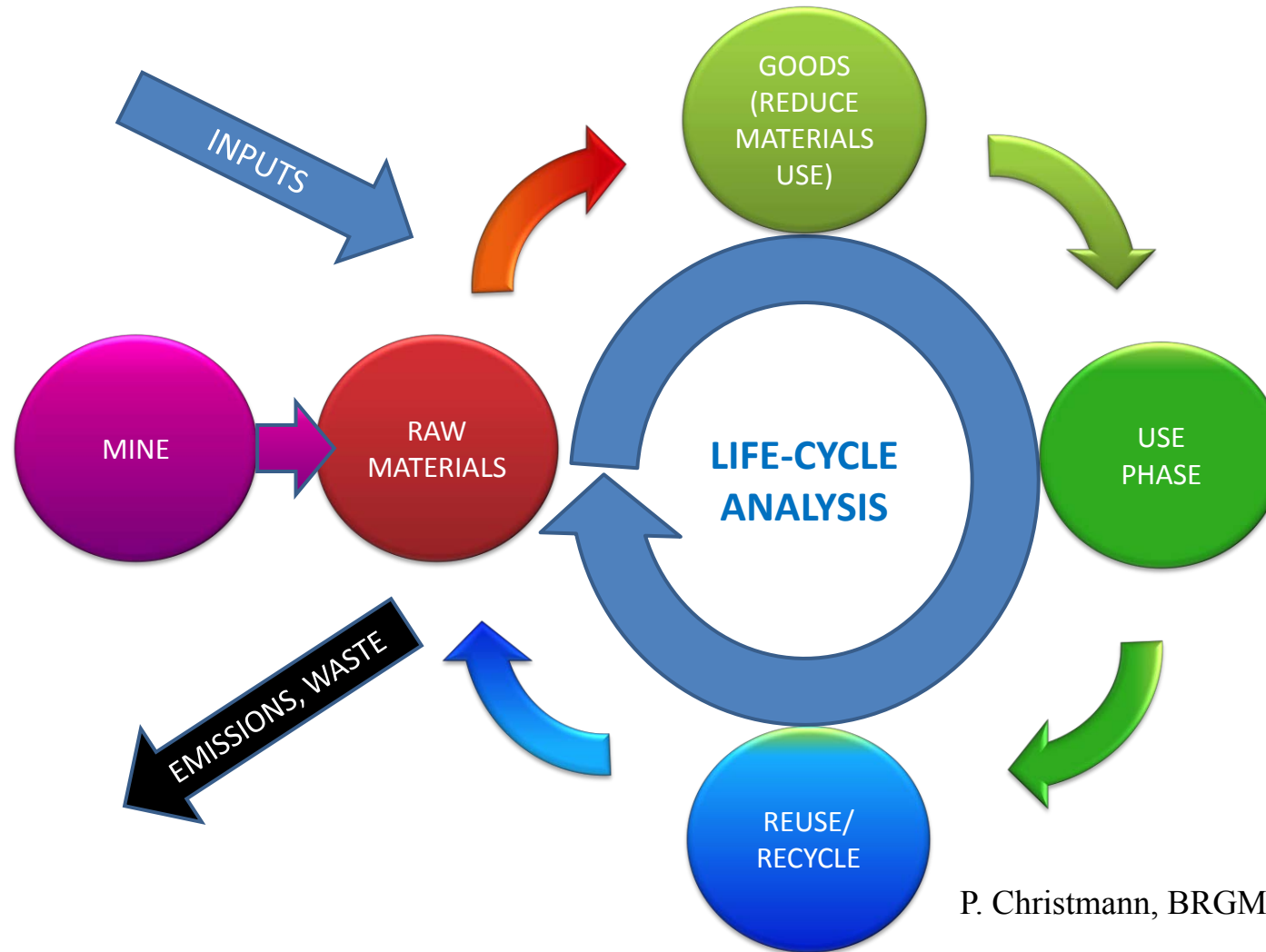
L'Europe produit ~3% des matières premières qu'elle utilise

Antimony	100%	Vanadium	100%
Beryllium	100%	Tin	100%
Boron	100%	Phosphates	92%
Manganese	100%	Rhenium	90%
Cobalt	100%	Nickel	86%
Molybdenum	100%	Iron ore	83%
Niobium	100%	Bauxite	80%
Platinoids	100%	Zinc	80%
Rare Earths	100%	Tungsten	76%
Tantalum	100%	Lead	76%
Titanium	100%	Copper	74%
Germanium	100%	Chromite	53%

Taux de dépendance de l'Europe aux principales matières premières non énergétiques

En rouge, les matières premières pour lesquelles la Chine est le premier producteur
Sources (2009) : USGS, BRGM, PGI, WMD

Nécessité d'une vision intégrée du cycle des matières premières pour leur gestion durable



P. Christmann, BRGM

En réponse à ces questions

se met en place une politique nationale et européenne de la structuration de la recherche dans le domaine des ressources minérales

France

- **2008 Prospective de l'INSU**
- **2009 Métaux critiques pour l'énergie dans Ancre**
- **2010 Prospective REMIMA du MEDTL organisée par l'IFREMER,**
- **2010 Programme « Wallis et Futuna ».**
- **2011 Création COMES comité pour les métaux stratégiques Min. Industrie**
- **2011 Création groupe de travail métaux critiques au MESR**
- **2011 Proposition de programme par Ancre**
- **2011 Rapport commission développement durable du Parlement**
- **2011 Rapport de l'OPECST sur les terres Rares**
- **2011 Mise en place de l'Observatoire de la Mine au Québec en coll. avec la France**
- **2011 La France coordonne ERA-MIN**
- **2012 Création de EODI en 2012 (groupe de réflexion de chercheur en ST)**
- **2012 mise en place du Groupe Miroir ERA-MIN**

REMIMA

Ressources Minérales Marines

- Développement des connaissances scientifiques des fonds marins et approfondissement du potentiel , avec priorité à la ZEE
- Développement des technologies d'exploration et d'exploitation, et de l'industrie française dans le cadre du Partenariat public-privé (pole minier)
- Gestion patrimoniale en ZEE avec la nécessité d'un inventaire général des ressources potentielles et une ré-investigations des collections existantes pour la recherche des métaux stratégiques
- Renforcer la recherche française dans les eaux internationales
Présence française renforcée à l'AIFM
- Dépôt d'une demande de permis exclusif d'exploration sur les amas sulfurés
- Contribuer à une stratégie européenne

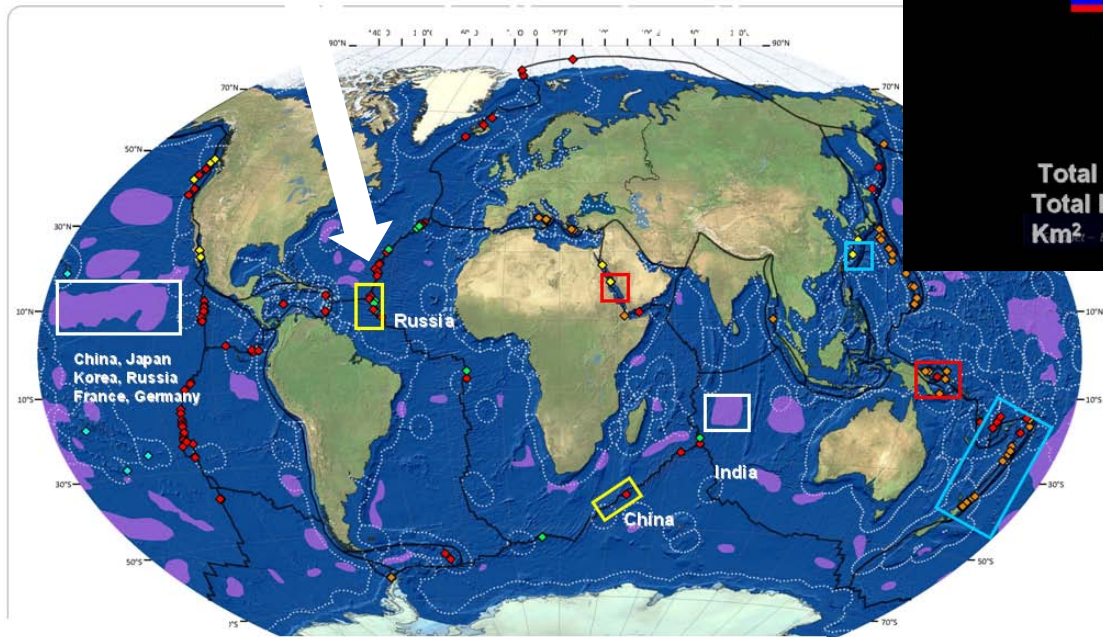
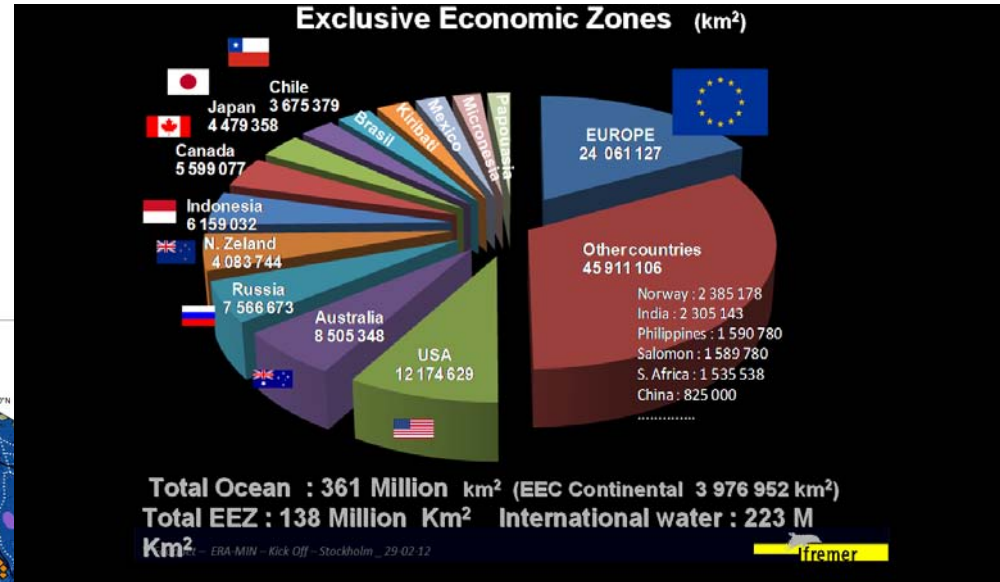
10 septembre 2012

atelier terre rare Nice



Note about the REMIMA road map and the sub sea mineral resources exploration along oceanic ridges and in EZZ

France is acquiring a 1000X250 km exploration license in mid-atlantic



Exploration licenses in EEZ : Sulfides
 Mining licenses EEZ : Sulfides 2010 _11
 Exploration licenses - International water
 Nodules
 Sulfides (July 2011)

Y. Fouquet - ERA-MIN - Kick Off - Stockholm _ 29-02-12

ifremer

Opening a route for research on serpentinitisation and associate processes

ISA International Seabed Authority

ANCRE

Alliance Nationale de coordination de la recherche pour l'Énergie

Programme de recherche sur les métaux stratégiques

Objectifs

- Mettre la sciences au service de la stratégie d'accès, de sécurisation et de gestion des ressources minérales proposées au gouvernement par le COMES
- Maintenir et valoriser le capital humain et les infrastructures de recherche, de développement et de formation en géosciences et dans les sciences connexes de l'environnement
- Renforcer les partenariats laboratoires – entreprises
- Renforcer les capacités de recherche et d'innovation dans les techniques et procédures durables, éco-compatibles de la connaissance du sous sol et de son exploitation depuis l'exploration jusqu'à la remédiation des sites
- ... et les techniques du recyclage des métaux dans les déchets
- Développer l'acceptabilité sociale des exploitations minières et activités associées

ANCRE

Alliance Nationale de coordination de la recherche pour l'Énergie

Programme de recherche sur les métaux stratégiques

■ Ressources primaires

- **Accroître les connaissances fondamentales** pour comprendre, tracer, visualiser et modéliser les processus à l'origine des migrations, des dispersions ou des concentrations des éléments en profondeur, à la surface et leurs interactions avec le vivant
- **Evaluation et la réévaluation des ressources minérales** sur les territoires français et leur ZEE
- **Exploiter les basses teneurs ou les gisements non conventionnels**
- **Développer les technologies** d'exploration, d'exploitation et de remédiation éco-compatibles et durables, et en favoriser l'acceptabilité

ANCRE

Alliance Nationale de coordination de la recherche pour l'Énergie

Programme de recherche sur les métaux stratégiques

- **Ressources secondaires**
 - **Développer et innover pour le recyclage des métaux**
 - **Favoriser les substitutions des ressources rares et réduire les quantités (nano-technologies)**

- **Questions transverses**
 - **Intelligence 'minérale': Identifier les criticités**
 - **Accroître la formation universitaire de base et de recherche**
 - **Mesurer, observer et réduire les impacts environnementaux**

Road maps

- **Alliance for Energy Ancre** (reference road map for Research, environment and industry ministries)
 - **Raw materials** (mining, recycling, substitution, Life cycle, env. impacts)
- **REMIMA** (Ifremer for Env. Ministry)
Subsea marine mineral
- **Ademe** (environment agency)
 - **Raw materials** (only recycling and mining env. impacts)
- **ANR** (research agency)
 - **Raw materials (only recycling and substitution)**

France

Programmation

- **Ademe** (environment agency)
 - 40 M€/an engaged to fund research public-private contracts (300k€/contract) and thesis (60), 24 months mean duration.
 - Contribution to ERA-MIN
- **ANR** (research agency)
260 M€ will be engaged in about 60 thematic programming in 2013
 - **MATETPRO program** (new materials for renewable energy , new processes, recycling and substitution of raw materials, env. impact) Partnership with Norway and Germany for 2013
 - Contribute to **M Eranet** (recycling)
- **CNRT nickel** (ppp funding agency)
2009-2012 programs on Ni resource, env. Impacts and mining technologies. 5 years budget 2.5 M€

Few possibilities, limited funding, **nothing for natural processes**

Programme d'initiative d'avenir

Labex et Equipex

7 labex

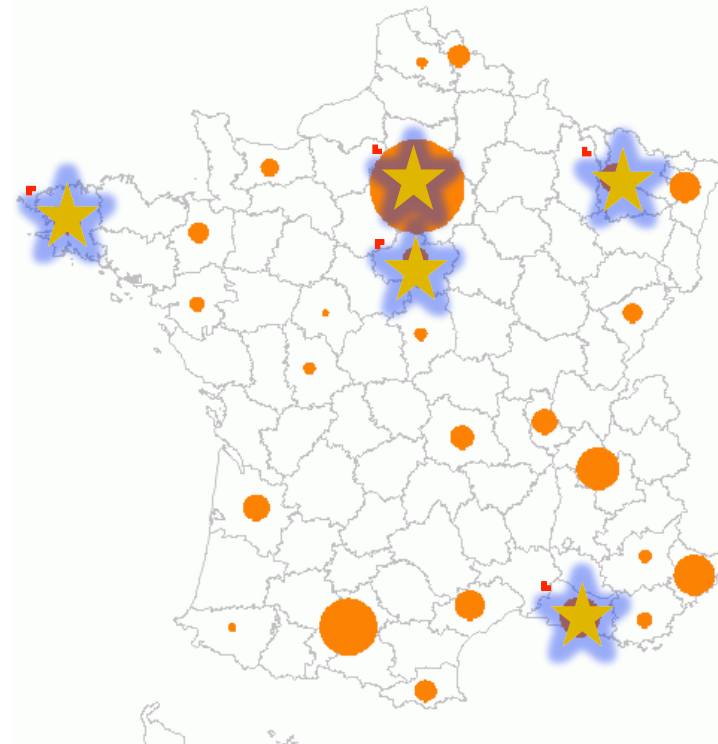
Abordent les questions des ressources minérales

- **Ressources 21** (Lorraine)
- **Voltaire** (Orléans)
- **MER** (Brest)
- **SERENADE (nano)** (AMU)
- **Damas (métallurgie)** (Lorraine)
- **Matisse (matériaux)** (Paris)
- **DRIIHM (environnement)** (INEE)

2 équipex

- **Planex (expérimentation)** (Orléans)
- **Resif (tomographie, risques)** (INSU)

Laboratoires d'excellences



Europe



EUROPEAN INNOVATION PARTNERSHIP EIP

Horizon 2020 new priorities

- **HEALTHY Ageing**
- **AGRICULTURE (4.5 Billion €)**
- **RAW MATERIALS (x Billion €)**

Raw Materials
Alternate
Recycle
Extract

Europe



EUROPEAN INNOVATION PARTNERSHIP

EIP

Horizon 2020

➤ RAW MATERIALS

(com du 02-02-2011)

Pilier 1 : Régulation des marchés

Pilier 2 : Renforcer les capacités propres de l'Europe

Pilier 3 : Promouvoir le recyclage et l'économie d'usage

Europe



Outils :

- Plateformes technologique : ETP-SMR (2007)
- Projets intégrés :
 - Promine (2009) (base de données minérales et modèle géologique 4D)
 - I2Mine (01-11-2011) (nouvelles technologies de la mine, mine invisible)
- ERA-Net : ERAMIN et M Eranet
- Works program 2013
- EIT KIC matière première (en discussion via ERA-MIN)

EIT European Institute of Innovation and Technology, KIC = Knowledge and Innovation Communities

Europe FP7 2013 cooperation CALLs



NMP work programme

NANOSCIENCES, NANOTECHNOLOGIES, MATERIALS AND NEW PRODUCTION TECHNOLOGIES

Raw materials

**Breakthrough Solutions for Mineral Extraction and Processing
in Extreme Environments** (NMP.2013.4.1-2 large project, min 8M€)

Linked to the call (ENV.2013.6.2-6) in the **Environment work
programme**

**"Sustainable Management of Europe's Deep Sea and Sub-
Seafloor Resources"**, where the emphasis is on assessing the
environmental impacts

ERA-MIN

(NMP.2011.4.0-6)

Un réseau de 9 pays coordonné par la France, qui veut s'étendre à 15 pour préparer la feuille de route de la recherche européenne sur les matières premières non énergétiques

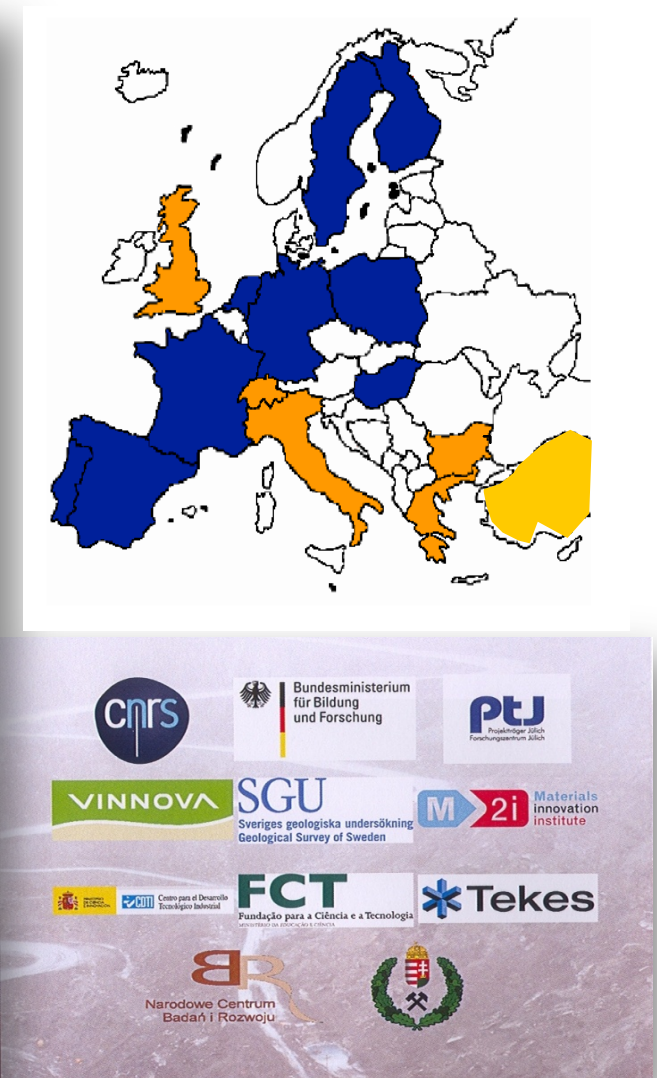
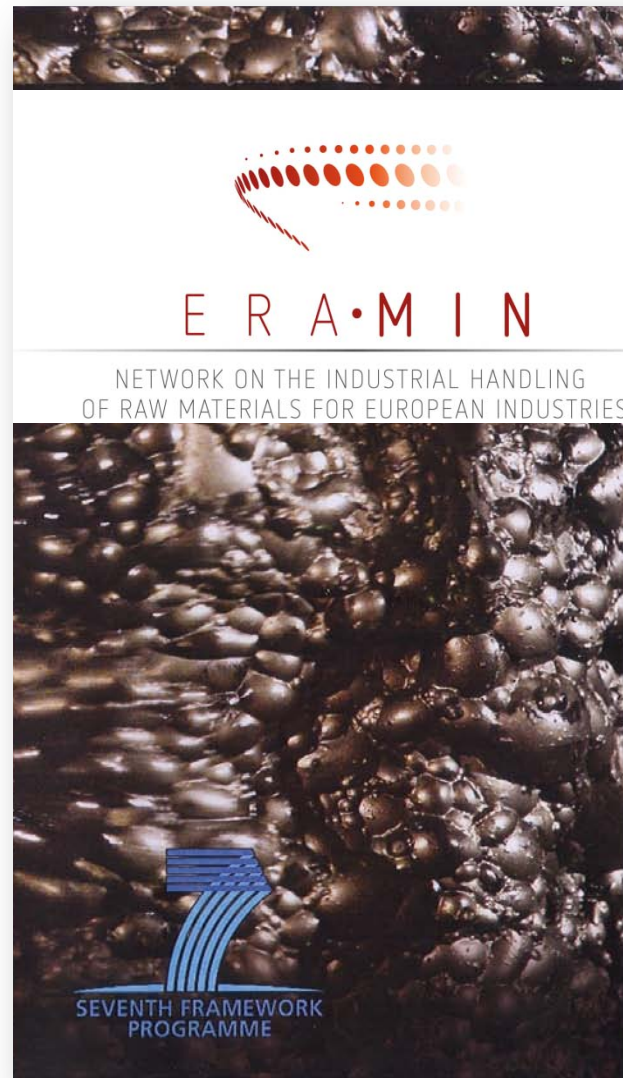
Durée: 4 ans

Début: 1/11/2011

Budget : 1,5 M€

Coordination CNRS

10 septembre 2012





ERA-MIN

Objectifs

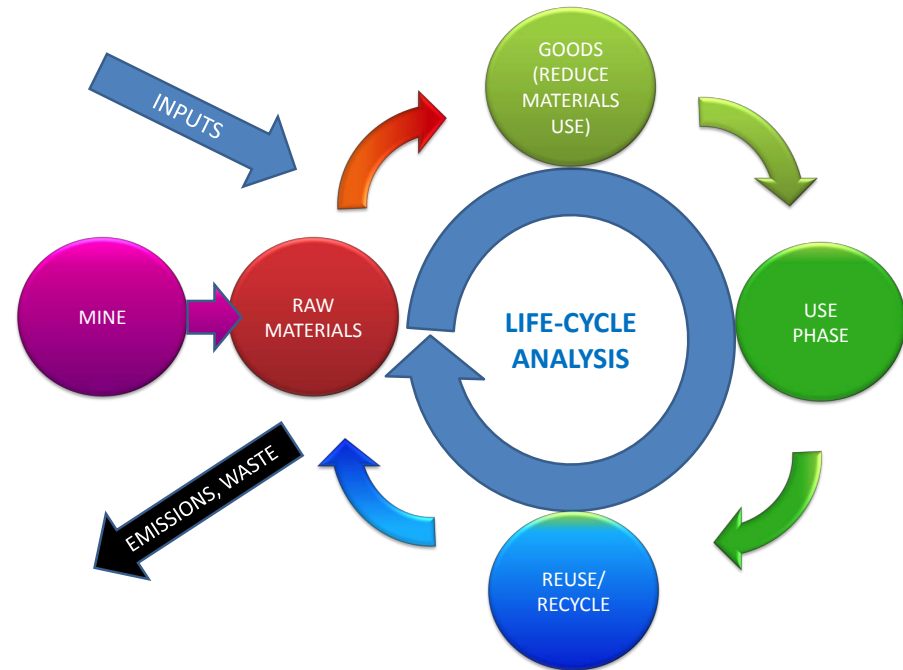
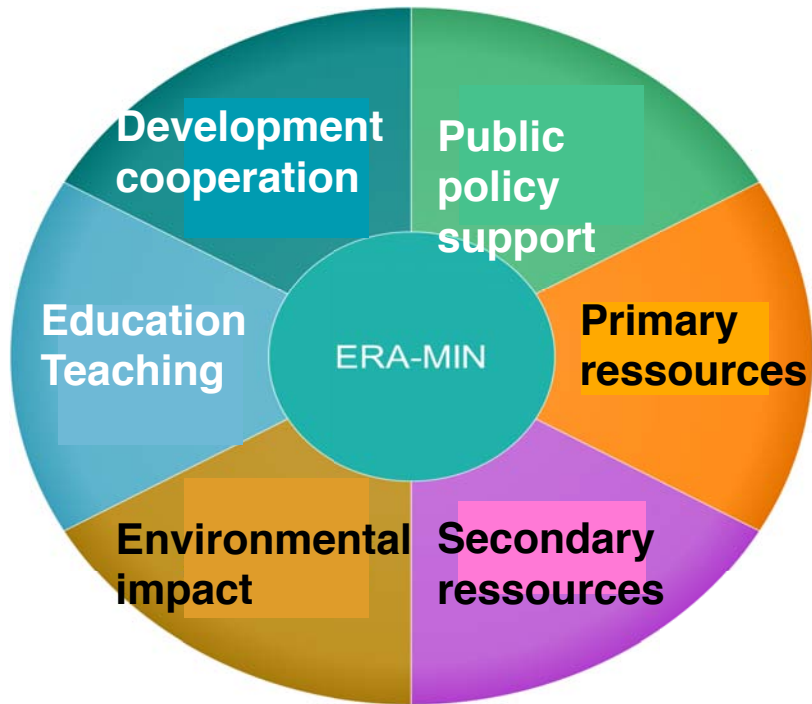
Coordination des programmes de recherche dans le domaine de la production Industrielle et de l'approvisionnement en matières premières non énergétiques dans le cadre de l'Initiative Matière Première de l'Europe

avec

- **La cartographie de l'ENERC (European non-energy mineral raw materials research community)**
- **L'identification les actions communes possibles entre les institutions de recherche, les agences de financements et les décideurs publics et les industriels Européens**
- **La mise en place d'un programme de recherche commun**

ERA-MIN

Thèmes



Primary resources



• **Continental resources**

□ **Exploration**

- **Investment in research**
- **Re-appraisal of rare metal occurrences and concentrations and Multi-criteria data mining**
- **Development of 4D imaging of the European crust to a depth of about 3 km**
- **Development of European infrastructures for imaging, exploring, monitoring (EPOS-ESFRI)**

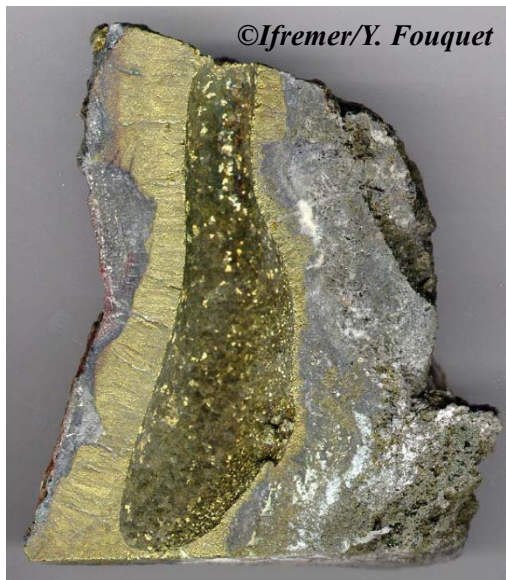
□ **Mining and mineral processing:**

- **Improvement of mining environment , mineral processing and metallurgy sustainabilities**
- **Efficiently recover valuable minerals from low-grade and/or refractory ores.**
- **Development the future intelligent deep-mine,**
- **Develop public understanding and acceptance of mineral resources related issues.**

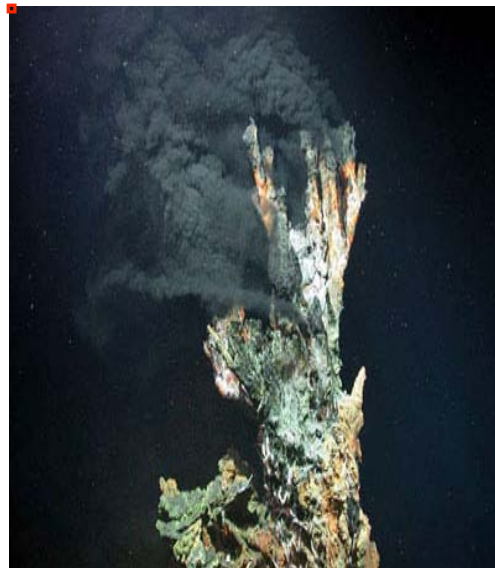
Primary resources

• Marine resources

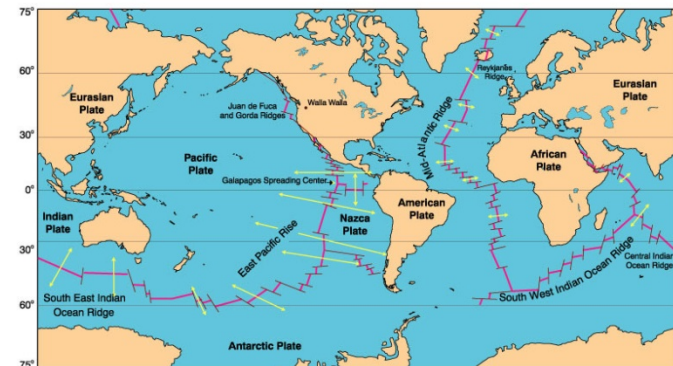
- Development of a knowledge base on Europe's marine mineral assets,
- Development of methods and technologies for evaluating the long-term impact of deep seaming on marine ecosystems
- Development of infrastructure (e.g., ships) and technologies necessary to recover metals from the seafloor
- Development of specific technologies that have minimal environmental impact when ocean mining ore deposits



10 septembre 2012



atelier terre rare Nice



Secondary resources

❑ Recycling

- Increasing the recycling
- Improved design and methods for efficient dismantling of end-of life
- Products and recovery of their mineral and metal contents.
- Reprocessing of existing mining, processing, metallurgical or combustion waste from which valuable minerals and metals can be extracted
- Geo- and bio- processes mimetic of natural processes responsible for metal concentrations.

❑ Reduction of mineral and metal consumption, and their eco-efficient use,

- Smart design of goods and development of new materials based on concepts such as Nanotechnologies
- Substitution of rare minerals and metals by more common ones.
- Reduction of energy and water and restriction of harmful emissions



atelier terre rare Nice



Cross cutting issues



- **Methodology of mineral criticality assessment,**
 - reliable data and indicators,
 - periodically revision the list of critical minerals
 - yearly edition of a European Minerals Yearbook
- **Development of a life cycle assessment data as a public service.**

comparison and assessment of the environmental impact of production processes
(open pit/ underground mine, hydro/pyro metallurgy etc..)
- **Measurement of land use competition,**
- **Development of an EU minerals intelligence capacity**
 - industrial supply chains including identification of criticality factors specific to individual minerals and metals,
 - global production and trade of minerals and metals,
 - market forces technology shifts and regulatory evolutions that underpin long-term trends and contribute to trade distortions.
 - mining companies: regions of interest, exploration and mining goals and methods, market factors (mergers and acquisitions).
- **Development of public understanding and acceptance of mineral resources related issues.**

Environmental impacts



❑ Development of the Mine Observatory concept :

- **Establish an environmental information systems including baseline reference data on flora, fauna as well as on the trace-element contents of soils, surface and groundwater.**
- **Monitoring of mining activities and develop a data base and data distribution system.**
- **Coordinate the research on the environmental impact of mining, including health and ecotoxicology, for the entire life cycle of the mine and its remediation.**
- **Evaluate the environmental impact of mine waste and effluents.**

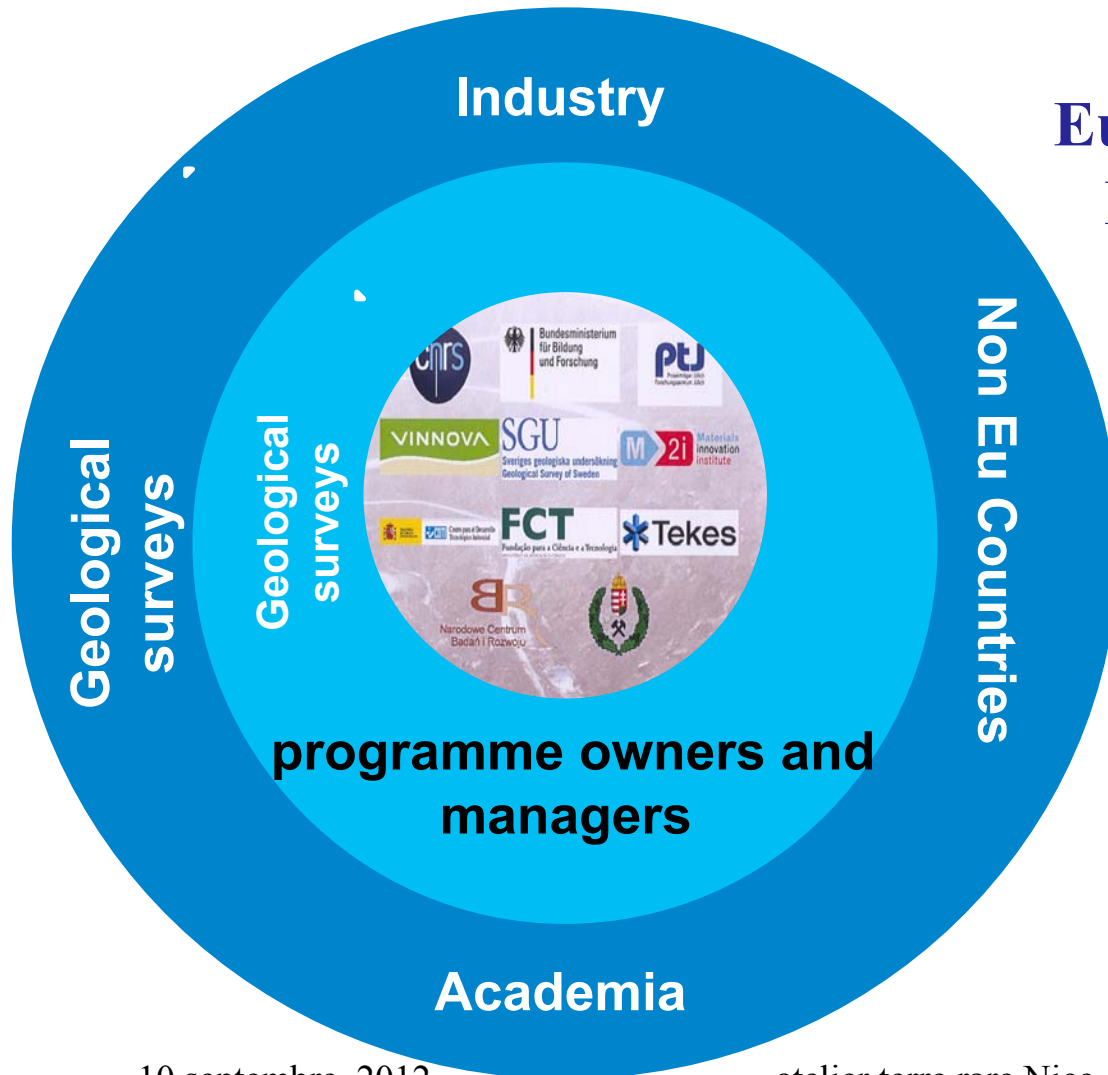
❑ Development of a socially and environmentally friendly yet economically viable "model mine".

❑•Reduction of the impacts of abandoned mine field and facilities.

Development cooperation, dissemination of information, public education, teaching

- **Development of strong links with the key stakeholders of the ENERC:** industry, public institutions and countries with expertise in mineral deposits research, exploration and mining;
- **Development of cooperation with developing countries**
- **Development of teaching in all these scientific and technical fields** and provision of access to EU training centres to students and professionals from developing countries;
- **Development of the mobility of researchers** across the EU and between the EU and the mineral rich developing world/ EU neighbouring countries.
- **Create an efficient long-lasting working platform to benchmark national programs** and establish joint RTD programs between the involved partners,.
- **Establish efficient collaboration with industry**, in cooperation with the ETP-SMR.
- **Contribute to the development of the “*Raw Materials for a Modern Society*”** Innovation Partnership ERA-MIN by developing networking between Member States and more specifically between industry and research institutions (such as geological surveys and research institutes involved in materials science, ore beneficiation, metallurgy, recycling technologies).

ERA-MIN organisation



ENERC

European Non Energetic
Research community

Full
Members

Associated
Members

Forum
Members

Groupe Miroir ERA-MIN France

3) Comité de recommandation au niveau National et Européen (28 institutions, 60 personnes)

2) Comité de coordination établissements publics (20)

1) Comité des experts (Alliances)

Ressources Primaires
Ressources Secondaires
Questions transverses

- EPST (CNRS, IRD)
- EPIC (BRGM, CEA, Ifremer, Ineris)
- Universités (labex, GDR)
- Pôles de compétitivité

Etablissements publics de R&D

+ Agences, Ministères (3) et COMES

+ Industriels et représentants économiques (8)

EODI

European Ore Deposits Initiative

➤ **Objectifs : Promotion de la recherche et de l'enseignement sur les gisements de minerais en Europe**

➤ **Constitution : Géologues des Universités, Instituts et de l'Industrie**

- **Pour assurer que la recherche et l'enseignement sur ces questions sont réellement incluse dans la politique européenne des matières premières**
- **Pour faciliter la coopération entre les universités les instituts et l'industrie**
- **Pour promouvoir l'enseignement en organisant, au niveau européen, des écoles de formations théoriques et sur le terrain**
- **Pour informer les décideurs et le public de la qualité des minéraux et minerais européens pour l'industrie et démontrer l'intérêt leur exploitation sur le territoire**
- **Se positionner comme un groupe de travail de ERA-MIN et de participer à l'inventaire des capacités européennes en recherche et formation sur les gisements de minerai en Europe**
- **Participer à la rédaction de la feuille de route européenne**

ERA-MIN programmation

**Un appel d'offre dès fin 2013
sur un ou plusieurs thèmes de ERAMIN**

Avec contribution des états

Pour la France :

- CNRS (mission sur l'interdisciplinarité?)
- ADEME
- ANR?

**Ultérieurement (2015) un programme européen ou un KIC
dans le cadre de
European Innovation Partnership et European Institute of
Innovation and Technology**



Merci de votre
attention