



ETUDE DU POTENTIEL DE RECYCLAGE DE CERTAINS METAUX RARES

SYNTHESE

Juillet 2010

Etude réalisée pour le compte de l'ADEME (contrat n° 0902C0071)

Par BIO Intelligence Service S.A.S.

(Véronique MONIER – Victoire ESCALON – Laura CASSOWITZ – Florence MASSARI –
Alice DEPROUW)

Coordination technique : Claire BOUJARD – Service Filières REP et Recyclage –
Direction consommation durable et déchets – ADEME Angers

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Nicolas GARNIER pour sa collaboration et les membres du Comité de Pilotage de l'étude :

Daniel BOULNOIS, Michel COLIN, Xavier FOATA, Claude FORAY et Adeline MORLIERE – MEEDDM

Alain DERRIEN – Ministère chargé de l'industrie

Claire DE LANGERON – FEDEM

Claude PLATIER - FEDEREC

Stephan CSOMA - Eurometaux

Alain GELDRON et Claire BOUJARD – ADEME

Nous remercions également l'ensemble des experts qui ont contribué à cette étude.

L'ADEME en bref

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer et du ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Elle participe à la mise en oeuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en oeuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

www.ademe.fr

Copyright :

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par la caractère critique, pédagogique ou d'information de l'oeuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

1.1 CONTEXTE DE L'ETUDE : DES METAUX STRATEGIQUES POUR LES TECHNOLOGIES D'AVENIR

Le recyclage des produits contenant des métaux rares est un enjeu particulièrement important afin de pallier aux problèmes d'approvisionnement et à l'épuisement de ces ressources. Au Japon, par exemple, 20 millions de téléphones portables, de téléviseurs, d'ordinateurs, de baladeurs MP3 et de caméras numériques sont remplacés chaque année. Selon les calculs du professeur Komei Harada de l'Institut de la science des matériaux, les centres de stockage des déchets au Japon contiendraient 6 800 tonnes d'or (soit près de 16 % de l'ensemble des réserves exploitables dans le monde), 60 000 tonnes d'argent et 1 700 tonnes d'iridium, constituant ainsi des « mines urbaines » considérables¹.

Pour assurer la production des différentes applications de haute technologie, les sociétés occidentales, et parmi elles la France, sont de plus en plus dépendantes des métaux rares. Ces derniers, produits en faibles quantités, sont très sensibles à toute hausse rapide de la demande induite par un nouveau produit de consommation massive. Leur production, en tant que sous-produits d'extraction et localisée dans un nombre restreint de pays, est par essence très inélastique et ne peut répondre à une demande forte et soudaine. Il peut ainsi en résulter un déséquilibre offre/demande se traduisant par une hausse des cours.

De plus, les réserves de métaux rares sont limitées. D'une part, les réserves sont limitées par les moyens techniques disponibles et leur rentabilité économique. D'autre part, ces métaux sont naturellement plus ou moins abondants dans la croûte terrestre et leur ressource naturelle est finie. Même si les progrès techniques peuvent permettre d'accroître ces réserves, les nouveaux gisements exploitables sont souvent moins concentrés et les impacts environnementaux liés à l'extraction amplifiés².

1.2 OBJECTIFS DE L'ETUDE : ETUDIER LES POSSIBILITES DE PALLIER AU DEFICIT DE RESSOURCES PRIMAIRES EN METAUX RARES PAR LE RECYCLAGE

Dans ce contexte, le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM) et l'ADEME ont souhaité obtenir une meilleure connaissance de la problématique « métaux rares dans les déchets », afin d'orienter des actions futures pour le développement de leur recyclage.

Ils ont notamment souhaité identifier dans quelle mesure la récupération et le recyclage de ces métaux pourraient pallier le déficit de ressources primaires, et sécuriser l'approvisionnement de l'industrie française. Cette étude ne vise cependant ni à établir une liste exhaustive des métaux stratégiques pour l'industrie française, ni à étudier le potentiel de substitution des métaux rares.

L'étude a été organisée en deux phases. La phase 1 a consisté à réaliser un panorama général sur les gisements de 35 métaux rares dans les déchets, et sur l'état actuel de leur recyclage. La phase 2 a ensuite consisté à analyser de façon détaillée 10 cas particuliers d'applications contenant des métaux rares, en approfondissant les freins au recyclage et les pistes d'actions pour lever ces freins.

¹ <http://www.nims.go.jp/eng/news/press/2008/01/p200801110.html>

² UBA (2009), Environmental Significance of Rare Metals: Identification and Strategies for their Sustainable Management, R 09 Twin World Congress

2. PHASE 1 : ETUDE DE 35 METAUX RARES

2.1 OBJECTIFS DE LA PHASE 1 : REALISER UN PANORAMA DES GISEMENTS DE METAUX RARES DANS LES DECHETS

La phase 1 a consisté à réaliser un panorama général sur les gisements de métaux rares dans les déchets, et sur l'état actuel de leur recyclage. Chaque élément a été décrit à l'aide d'une « fiche métal » comprenant les points suivants :

- Principaux acteurs intervenant dans le cycle de vie du métal ;
- Applications industrielles du métal ;
- Caractérisation des gisements dans les déchets ;
- Etat des lieux du recyclage.

2.2 METHODOLOGIE DE LA PHASE 1

Dans un premier temps, le champ de l'étude a été défini et les sources d'information pertinentes ont été identifiées, grâce à des entretiens structurants avec la FEDEM (Fédération des Minerais, Minéraux Industriels et Métaux non Ferreux) ainsi que des représentants des industriels consommateurs et recycleurs de métaux rares, au niveau français et européen. La liste des 35 métaux à étudier en phase 1 a été établie en consultation avec l'ADEME, le MEEDDM et les interlocuteurs des entretiens structurants.

Familles	Métaux étudiés	
Platinoïdes	Platine	Ruthénium
	Palladium	Iridium
	Rhodium	Osmium
Terres Rares	Lanthane	Terbium
	Cérium	Dysprosium
	Praséodyme	Holmium
	Néodyme	Erbium
	Prométhium	Thulium
	Samarium	Ytterbium
	Europium	Lutétium
	Gadolinium	Scandium
	Yttrium	-
	Autres métaux	Cobalt
Titane		Indium
Tungstène		Tantale
Rhénium		Germanium
Béryllium		Lithium
Vanadium		Argent

Tableau 1 : Métaux étudiés en phase 1

La phase 1 a été réalisée par le biais de recherches bibliographiques (littérature spécialisée, articles scientifiques, etc.), de consultation de sites internet et de contacts téléphoniques avec

des acteurs spécialisés pour chacun des métaux (producteurs, consommateurs et recycleurs principalement).

Pour chaque métal, **les gisements collectables** correspondant à la quantité de métal pouvant être récupérée de la totalité des déchets générés potentiellement collectables ont été calculés pour les principales applications (voir Tableau 2).

Type de déchets	Quantité de déchets collectables	Gisement annuel collectable du métal
Cartes électroniques	19 000 t	60 t
Bains photographiques	1 000 m ³	2 t
Bains d'argentage	200 m ³	1 t
Films radio	-	150 t
Total		210 t

Tableau 2 : Gisements annuels collectables de métal, exemple de l'argent

Enfin, les enjeux des principales applications de chaque métal ont fait l'objet d'une représentation graphique sous forme de « radar », sur la base des paramètres suivants (voir Figure 1) :

- gisement (quantité et qualité du gisement de métal collectable) ;
- niveau de développement de la filière déchets ;
- niveau de tension de l'offre au niveau mondial et perspectives d'évolution de la demande.

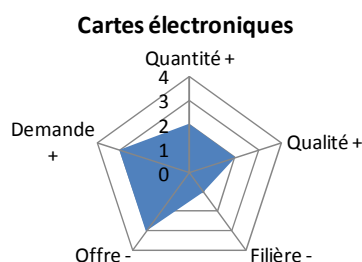


Figure 1 : Exemple de radar pour l'argent et l'application cartes électroniques

A l'issue de la phase 1, une analyse a été réalisée afin de sélectionner 10 applications contenant des métaux rares, présentant des enjeux importants en termes de recyclage.

2.3 PRINCIPAUX RESULTATS DE LA PHASE 1

2.3.1 ENJEUX D'APPROVISIONNEMENT : DES PROBLEMATIQUES TRES DIVERSES

Suite à l'analyse des 35 métaux sélectionnés pour la phase 1, il apparaît que les enjeux d'approvisionnement sont différents en fonction des métaux.

Pour les platinoïdes, les réserves sont relativement abondantes avec une durée de la ressource d'environ 200 ans³ sur les bases de la consommation actuelle. En revanche, la

³ IFP, Panorama 2010 – Li, Ni, Pt, Pd : des métaux critiques ?

production de ces métaux est très centralisée, en Afrique du Sud (platine) et en Russie (palladium).

Pour étudier les enjeux d'approvisionnement des Terres Rares, l'indicateur utilisé est le rapport des prévisions de l'offre par la demande à l'horizon de 2014 (voir Figure 2). Cet indicateur révèle le caractère critique de l'approvisionnement en terbium, dysprosium, néodyme et yttrium.

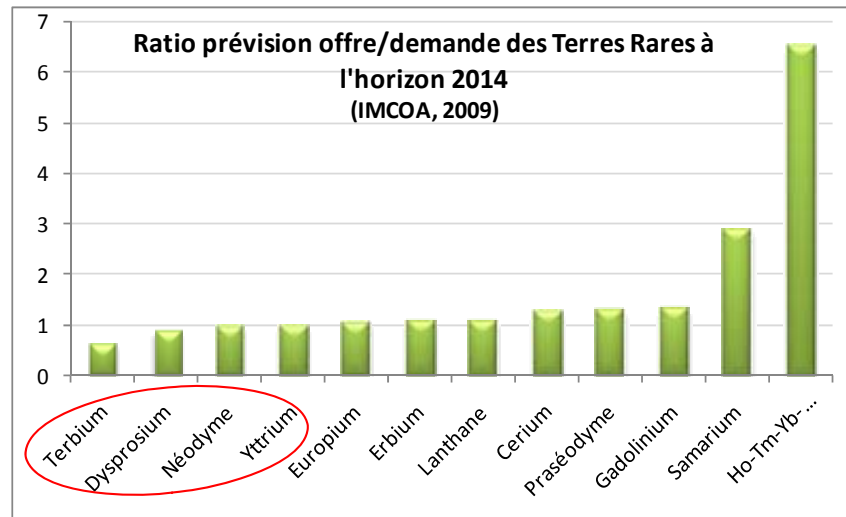


Figure 2 : Ratio prévision offre/demande des Terres Rares à l'horizon 2014

En ce qui concerne les autres métaux (voir Figure 3), les durées des réserves sont estimées entre 13 ans (pour l'argent) et 404 ans (pour le béryllium). Les métaux dont l'approvisionnement est le plus critique avec moins de 50 ans de réserves sont ainsi l'argent, l'indium, le rhénium et le tungstène.

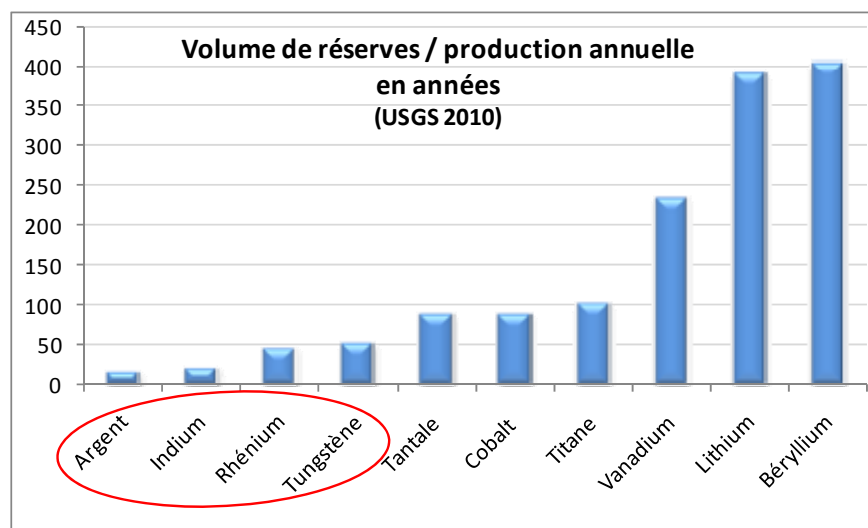


Figure 3 : Ratio de la production annuelle par le volume des réserves (en années)

2.3.2 APPLICATIONS DES METAUX ETUDIÉS : DES APPLICATIONS POINTUES ET TRES VARIEES

Les métaux étudiés sont présents dans de très nombreuses applications. Les principaux domaines d'application des 35 métaux sont les suivants :

- Equipements électriques et électroniques (ordinateurs, téléphones portables, écrans, lampes fluo-compactes, aimants, etc.) ;
- Piles et accumulateurs (accumulateurs NiMH et Li-ion, piles au lithium, etc.) ;
- Automobile (pots catalytiques, équipements électroniques, aimants) ;
- Outils industriels (superalliages, outils de coupe) ;
- Industrie chimique et pétrochimique (catalyseurs, matériel de chimie) ;
- Médecine / Recherche (prothèses dentaires, implants, films radio) ;
- Armement / Défense (aciers spéciaux, missiles, radars, etc.) ;
- Production d'énergie (turbines, panneaux photovoltaïques, aimants d'éoliennes) ;
- Autres domaines (verre, céramique, photographie, etc.).

2.3.3 GISEMENTS DE METAUX RARES DANS LES DECHETS : POUR CHAQUE METAL AU MOINS UNE APPLICATION OFFRE UN POTENTIEL DE RECYCLAGE

En ce qui concerne les **platinoïdes**, ils sont souvent utilisés ensemble, pour les mêmes applications. Les gisements majoritaires sont dans les catalyseurs automobiles, les catalyseurs pour les industries chimiques et pétrolières et les DEEE.

Pour les **Terres Rares**, les gisements sont communs car ces dernières sont utilisées en association dans les applications (aimants, catalyseurs automobiles, luminophores, etc.). En revanche, les techniques de recyclage sont peu développées.

Pour les **autres métaux**, les qualités de gisement sont extrêmement variées et certains usages dispersifs ne permettent pas le recyclage. En revanche, pour tous les métaux étudiés, au moins une application par métal offrirait un potentiel de recyclage.

Si les tonnages de gisements n'ont parfois pas pu être précisés, la consommation de certains métaux est amenée à croître sensiblement et les applications concernées ont été intégrées à la réflexion globale de sélection des cas particuliers pour la phase 2 (Terres Rares pour les aimants des éoliennes ; gallium, indium, germanium et argent dans les panneaux photovoltaïques ; gallium dans les LED ; rhénium, béryllium, tungstène, scandium et cobalt dans les avions).

2.3.4 PRATIQUES DE RECYCLAGE : LES PISTES D'AMELIORATION RESIDENT PRINCIPALEMENT DANS LA PHASE DE POST-CONSOMMATION

Les pratiques de **recyclage pré-consommation** (déchets de production) sont dans la plupart des cas relativement bien développées :

- En raison du prix des platinoïdes, des techniques de recyclage existent pour les principales applications (excepté dans le cas particulier de l'osmium) et les procédés mis en jeu sont similaires.
- Pour les Terres Rares, les pertes sont contrôlées et stockées par Rhodia (seul producteur français de Terres Rares), en vue d'un futur recyclage.
- En fonction des applications, les chutes de production des autres métaux peuvent être soit directement réintroduites dans la chaîne de production, soit faire l'objet d'un recyclage spécifique.

Les pratiques de **recyclage post-consommation** sont à développer pour la plupart (excepté dans le cas des platinoïdes pour lesquels des techniques existent pour les principales applications) :

- Pour les Terres Rares, les procédés de recyclage ont été étudiés depuis l'augmentation des prix, mais les filières restent à créer.
- Pour les autres métaux, les filières et les techniques de recyclage sont bien rodées pour certaines applications, en revanche pour les applications émergentes les filières sont à mettre en place et les techniques de recyclage à développer.

2.4 SELECTION DES 10 APPLICATIONS ETUDIEES EN PHASE 2

Suite à l'étude des 35 métaux rares en phase 1, plusieurs étapes ont permis de sélectionner les 10 couples applications/métaux rares présentant des enjeux particuliers en termes de recyclage et dont l'analyse a été réalisée en phase 2.

Le caractère peu stratégique de l'osmium, l'iridium, du prométhium, du scandium, de l'holmium, du thulium, de l'ytterbium et du lutétium a ainsi été établi en raison de leurs applications très limitées ne justifiant pas le recyclage. Le vanadium a également été considéré comme peu stratégique car il s'agit d'un métal relativement abondant pour lequel des techniques de recyclage existent déjà et aucun enjeu spécifique n'a été identifié.

Dans un second temps, les couples application/métal (une application associée à un métal rare), qui se dégagent de l'analyse des 26 métaux restants ont été identifiés et ont fait l'objet d'une notation en additionnant sans pondération les 5 notes données dans les « radars » (quantité, qualité, filière, offre et demande).

Enfin, les dires d'experts sur les applications ont également été pris en compte.

Les 10 applications suivantes ont ainsi été finalement sélectionnées, en accord avec l'ADEME, le MEEEDM et l'ensemble des membres du Comité de Pilotage de l'étude :

- Accumulateurs Li-ion (cobalt, lithium) ;
- Aimants [Nd-Fe-B] (dysprosium, néodyme, praséodyme, terbium) ;
- Cartes électroniques (argent, palladium, platine, gallium) ;
- Condensateurs (tantale) ;
- Ecrans LCD (indium) ;
- Lampes fluo compactes (terbium, yttrium, europium, gadolinium, lanthane, cérium) ;
- LED (gallium, germanium) ;
- Panneaux photovoltaïques (argent, gallium, germanium, indium) ;
- Pots catalytiques (platine, palladium, rhodium, cérium, lanthane, praséodyme) ;
- Poudres de polissage (lanthane, cérium, praséodyme).

Ces 10 applications sont des applications de pointe, dans lesquelles plusieurs métaux rares sont associés (à l'exception des condensateurs au tantale).

3. PHASE 2 : ETUDE DE 10 APPLICATIONS PARTICULIERES

3.1 OBJECTIFS DE LA PHASE 2 : ANALYSER 10 APPLICATIONS PARTICULIERES DE METAUX RARES DE FAÇON DETAILLEE

La phase 2 a consisté à analyser de façon détaillée 10 cas particuliers, en approfondissant les freins au recyclage et les pistes d'actions pour lever ces freins. Chaque cas particulier a été décrit à l'aide d'une « fiche application » comprenant les points suivants :

- Utilisations de l'application et différentes technologies,
- Filière de collecte et de traitement des déchets en France,
- Panorama des autres pratiques et de la recherche dans le monde,
- Freins au recyclage et pistes d'action.

De plus, pour chacun des acteurs du recyclage des métaux rares impliqué dans le recyclage des 10 cas particuliers identifiés en phase 2, une fiche d'identité reprenant les principales informations relatives à l'entreprise (activités principales dans le domaine, capital social, investisseurs principaux, etc.) a été réalisée.

3.2 METHODOLOGIE DE LA PHASE 2

La phase 2 a été réalisée par le biais de recherches bibliographiques (littérature spécialisée, articles scientifiques, etc.), de consultation de sites internet et de contacts téléphoniques avec des acteurs spécialisés dans chacune des applications (producteurs, utilisateurs, collecteurs, recycleurs).

Les différents types suivants ont été distingués pour les freins et les leviers :

- Frein / levier technique,
- Frein / levier réglementaire,
- Frein / levier organisationnel,
- Frein / levier économique.

3.3 PRINCIPAUX RESULTATS DE LA PHASE 2

3.3.1 GISEMENTS DE METAUX RARES DES 10 APPLICATIONS : CERTAINS GISEMENTS SONT DEJA DISPONIBLES ET D'AUTRES APPARAITRONT DANS LE FUTUR

Plusieurs stades de développement ont été distingués parmi les 10 applications étudiées :

- Certaines applications existent depuis de nombreuses années et leur composition est globalement bien établie (poudres de polissage, lampes fluo-compactes, aimants),
- Certaines applications existent depuis de nombreuses années mais sont en évolution continue (cartes électroniques et condensateurs au tantale sous l'effet des

nombreuses innovations dans le domaine de l'électronique, pots catalytiques sous l'effet des réglementations anti-pollution et des innovations techniques).

Des **gisements collectables significatifs** de produits en fin d'usage sont ainsi déjà disponibles pour ces applications, avec des teneurs en métaux rares stables pour les premiers ou variables dans le temps pour les seconds.

- D'autres applications sont en revanche encore en plein développement et le gisement de métaux rares dans les produits en fin d'usage n'est pas mobilisable avant plusieurs années :
 - Dans le cas des écrans LCD, les mises sur le marché ont débuté dans les années 2000 ;
 - Les panneaux photovoltaïques ont commencé à se démocratiser au cours des années 2000, entraînant le développement de nouvelles technologies ;
 - Pour les lampes à LED, les mises sur le marché viennent de débuter ;
 - Enfin, concernant les accumulateurs Li-ion, la commercialisation de véhicules électriques et hybrides devrait être amenée à se développer fortement d'ici à 2020.

Pour ces applications, **les gisements collectables de produit en fin d'usage sont actuellement en train d'apparaître** (pour les écrans LCD en particulier) et devraient devenir significatifs à plus ou moins long terme selon les cas (voir Figure 4).

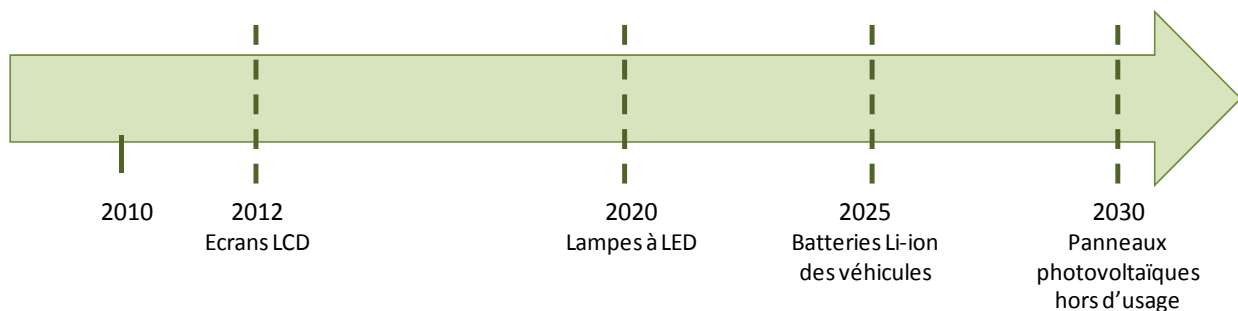


Figure 4 : Apparition de volumes significatifs de produits en fin d'usage pour les applications en développement

3.3.2 FILIERES DE COLLECTE ET DE TRAITEMENT DES APPLICATIONS COLLECTEES SUR LE TERRITOIRE FRANÇAIS : PLUSIEURS DEGRES DE DEVELOPPEMENT

A l'issue de l'étude de ces 10 applications, on distingue plusieurs degrés de développement des filières de collecte et de traitement des déchets étudiés :

- **La filière de collecte est inexistante** pour les boues de polissage. En ce qui concerne les panneaux photovoltaïques, une filière de collecte est actuellement en cours de mise en place mais le gisement est quasi-nul à ce jour.
- **Une filière de collecte est en place mais aucun traitement spécifique n'est effectué** pour certaines applications liées à la filière DEEE telles que les aimants, les condensateurs et les LED, les déchets en fin d'usage étant collectés et traités au sein de la filière DEEE sans séparation spécifique. De la même manière, les aimants des véhicules sont collectés au sein de la filière VHU et ne font pas l'objet d'un traitement spécifique. Les métaux rares contenus dans ces déchets ne sont alors pas récupérés.

- **La filière de collecte et de traitement dédié existe mais il n'y a pas de récupération des ou de certains métaux rares.** L'indium des dalles LCD et les **Terres Rares** des poudres fluorescentes des lampes fluo-compactes ne sont ainsi pas récupérés. En ce qui concerne les pots catalytiques, seuls les **platinoïdes** sont à ce jour recyclés et les **Terres Rares** ne sont pas récupérées. Pour les cartes électroniques, si les métaux précieux sont récupérés (**argent** et **platinoïdes**), le **gallium** n'est pas recyclé et pour les accumulateurs Li-ion, le **cobalt** est toujours récupéré, mais le **lithium** n'est pas toujours valorisé à l'issue du traitement.

En ce qui concerne la localisation géographique des opérations de recyclage, le pré-traitement des cartes électroniques et des pots catalytiques est effectué en France mais les métaux précieux (**argent**, **platinoïdes**) sont recyclés **hors France** (Allemagne, Belgique, Suède, Royaume-Uni, Canada). Le pré-traitement et le traitement des accumulateurs Li-ion sont effectués en France et le **cobalt** et le **lithium** (à l'échelle pré-industrielle) des accumulateurs Li-ion sont recyclés **en France**.

3.3.3 AUTRES PRATIQUES A L'ETRANGER : DES PRATIQUES IDENTIFIEES POUR TOUTES LES APPLICATIONS, A L'EXCEPTION DES LED

- Deux **pratiques de collecte** ont été identifiées, les filières françaises (ou européenne) restant mieux ou semblablement organisées :
 - Aux Etats-Unis, le programme volontaire Call2Recycle de reprise et de recyclage des accumulateurs est financé par les producteurs,
 - Toujours aux Etats-Unis, l'entreprise PV Recycling vise à organiser la collecte et le traitement des panneaux photovoltaïques en fin d'usage.
- Quelques pratiques identifiées pour le **traitement de chutes de production** peuvent donner des pistes pour le recyclage des déchets en fin d'usage :
 - Au Japon, Hitachi Metals recycle les chutes de production d'aimants de la marque Neomax®,
 - En Asie, les chutes de production des condensateurs au tantale sont recyclées,
 - Aux Etats-Unis, Umicore recycle les chutes de production de la couche d'oxyde d'indium des écrans LCD,
 - Umicore recycle les chutes de production des panneaux photovoltaïques en Allemagne et aux Etats-Unis (recyclage de l'argent des panneaux Si cristallin, de l'indium des panneaux Si amorphe, de l'indium et du gallium des panneaux CIGS).
- Enfin, deux pratiques de **recyclage de produits en fin d'usage** ont été identifiées :
 - L'usine de Recupyl à Singapour utilisant le procédé permettant la récupération de cobalt et lithium à l'échelle industrielle,
 - Au Japon, il existe un système de recyclage des boues usagées par les utilisateurs, ce dispositif étant à ce jour inefficace pour les boues contenant des Terres Rares.

3.3.4 ETAT DES LIEUX DE LA RECHERCHE : DES PROJETS IDENTIFIES POUR TOUS LES METAUX, A L'EXCEPTION DU GALLIUM ET DU GERMANIUM

- Terra Nova monte actuellement une installation de prétraitement des cartes électroniques qui préparera le recyclage des **métaux précieux (argent et platinoïdes)**

chez les affineurs. Un procédé de recyclage de ces métaux précieux est par ailleurs en développement (projet Eldorado) qui permettra de réaliser à terme le traitement complet.

- Des projets ont été identifiés en France, au Royaume-Uni et en Asie (en particulier au Japon) pour le recyclage des **Terres Rares**. Ces projets sont en cours et au stade de la recherche amont, excepté pour le projet de récupération des Terres Rares des pots catalytiques en France qui avait été mené jusqu'au stade du pilote de démonstration puis abandonné pour des raisons économiques.
- Le recyclage du **cobalt** et du **lithium** des accumulateurs Li-ion des futurs véhicules hybrides et électriques est à l'étude en France.
- Le recyclage de l'**indium** des écrans LCD est très étudié, dans le monde et en France. La construction d'une unité industrielle en France est en cours (Recupyl).

Aucun projet n'a été identifié pour le recyclage du gallium des cartes électroniques et des LED ainsi que du germanium des LED et des panneaux photovoltaïques.

3.3.5 FREINS AU RECYCLAGE ET LEVIERS IDENTIFIES : 4 AXES PRIORITAIRES STRUCTURENT LES ACTIONS PROPOSEES

Les actions proposées pour lever les freins au recyclage identifiés pour chacun des cas particuliers sont structurées selon quatre axes prioritaires :

- **Agir en amont de la chaîne de recyclage**

Cet axe repose sur la mise en place de mesures favorisant l'éco-conception des produits suivant deux idées directrices principales. D'une part il s'agit de faire en sorte que les composants soient conçus de façon à être aisément séparables des produits qui les contiennent afin de pouvoir subir un traitement spécifique (**accumulateurs Li-ion** contenus dans les DEEE, **aimants** contenus dans les DEEE et les VHU). D'autre part, il s'agit d'impliquer les producteurs à la recherche de solutions techniques pour le recyclage des produits qu'ils mettent sur le marché et dont la technologie peut être spécifique. Cette mesure s'applique notamment aux **panneaux photovoltaïques** et aux **LED** dont la composition varie selon les producteurs. Toutefois, le levier d'action de la France est limité sur cet axe d'approche, dans la mesure où les producteurs sont le plus souvent basés à l'étranger notamment hors Europe.

- **Mobiliser le gisement des métaux rares dans les déchets**

Différentes pistes d'action réglementaires peuvent être envisagées afin d'élargir le champ de collecte de certains produits, comme imposer la séparation des **écrans LCD** de toutes tailles, ou fixer des objectifs de collecte par type d'accumulateur pour favoriser la collecte des **accumulateurs Li-ion**. Des nouvelles filières de collecte pourraient également être mises en place pour les **poudres de polissage**, ou les **aimants contenus dans les éoliennes** qui constitueront un gisement important à l'avenir. Enfin, il s'agit de limiter les exportations de déchets hors Europe (amélioration de l'application de la Waste Shipment Regulation).

- **Orienter et soutenir la R&D**

Les travaux de R&D pourraient viser à développer des techniques permettant la séparation de certains composants des produits qui les contiennent pour leur faire subir un traitement spécifique (**aimants** des DEEE et VHU, **condensateurs** et **LED** des cartes électroniques). Une autre option serait de chercher à améliorer les procédés existants de façon à pouvoir récupérer tous les métaux rares des **cartes**

électroniques (gallium en plus des métaux précieux), des **condensateurs** (tantale) et des **LED** (gallium et germanium). Enfin, des nouvelles techniques de recyclage doivent être développées (**poudres de polissages**, poudres fluorescentes des **lampes fluo-compactes**).

- **Activer le recyclage des métaux rares**

Enfin, le recyclage des métaux rares peut également être activé de deux façons : instaurer par voie réglementaire des objectifs de recyclage sur les métaux rares (gallium des **cartes électroniques**, indium des **écrans LCD**) ou favoriser par des incitations financières le recyclage de certains métaux rares dont la récupération n'est pas encore rentable (lithium des **accumulateurs Li-ion**).

D'autres leviers, valables pour toutes les applications étudiées, peuvent également être envisagés :

- Favoriser le stockage des déchets en attendant que les techniques de recyclage soient développées,
- Réaliser des études techniques pour mieux connaître les gisements mal connus à ce stade (gallium et germanium dans les LED par exemple) afin de mieux cibler les projets R&D,
- Réaliser des études de marché pour déterminer la stratégie industrielle de la France en matière de recyclage des métaux rares :
 - pour les produits dont le recyclage n'est pas encore effectué en Europe (aimants par exemple),
 - pour les produits dont le recyclage est déjà effectué hors France (marché potentiel pour les étapes intermédiaires du recyclage, comme Terra Nova pour les cartes électroniques par exemple).