



*Liberté • Égalité • Fraternité*

**RÉPUBLIQUE FRANÇAISE**

AMBASSADE DE FRANCE AU JAPON  
SERVICE POUR LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE

# La stratégie des éléments au Japon : principaux acteurs et projets

---

Rédacteur :

**Pierre FEUARDANT**

Chargé de mission en Ingénierie, Énergie et Environnement

Sous la responsabilité de :

**Sébastien CODINA**

Attaché pour la Science et la Technologie  
Chef du pôle Ingénierie, Énergie, Environnement

## Table des matières

Introduction.....	3
I- Gouvernement et institutions.....	3
1- Stratégie des éléments : une stratégie « bi-ministérielle ».....	3
2- Un projet interministériel complémentaire à la stratégie des éléments visant l'exploitation des ressources marines profondes .....	4
3- Le rôle de la Japan Oil, Gas and Metals National Corporation.....	6
II- Recherche académique .....	7
1- National Institute for Material Sciences.....	7
2- National Institute for Advanced Industrial Science and Technology .....	7
3- Tokyo Institute of Technology .....	8
4- Autres projets et acteurs de la stratégie des éléments.....	9
a- Conseil auprès des institutions gouvernementales .....	9
b- Connaissance des gisements existants.....	9
c- National Institute of Environmental Studies (NIES) .....	10
d- Universités de province .....	10
III- Entreprises.....	10
1- Activités de recyclage .....	11
a- Hitachi.....	11
b- Mitsubishi Electric .....	11
2- Regard des entreprises importatrices .....	12
Conclusion .....	12

## Introduction

Le Japon importe près d'un quart de la production mondiale de terres rares, ce qui en fait le second plus grand consommateur après la Chine. Les terres rares, ainsi que les autres matières premières stratégiques et critiques, sont essentielles notamment à la compétitivité du pays dans la production d'appareils électroniques ou électroménagers ayant une forte valeur ajoutée, de moteurs de voitures hybrides ou de lasers, domaines où le Japon excelle.

Cependant, le Japon ne dispose pas sur son territoire de gisements terrestres, et est donc totalement dépendant de ses importations, qui proviennent en grande majorité de Chine. Cette situation a montré ses limites à la fin de l'année 2010 lorsqu'à la suite d'une collision entre un navire de pêche chinois et un patrouilleur au large des îles Senkaku, la Chine avait suspendu ses exportations de terres rares vers le Japon. C'est notamment pourquoi le Japon a décidé de lancer une stratégie à grande échelle appelée *Genso Senryaku* (littéralement, stratégie des éléments) afin de sécuriser l'approvisionnement de son industrie en terres rares et matières premières stratégiques.

Un premier rapport dressant le panorama de la situation des terres rares au Japon avait déjà été rédigé en août 2015 par le Service pour la Science et la Technologie de cette ambassade<sup>1</sup>. Ce second rapport fait suite à la mission au Japon d'une délégation de l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques (OPECST) préparant un rapport sur les terres rares et les matières premières stratégiques et critiques. Cette délégation était composée de M. Patrick Hetzel, député, et de Mme. Delphine Bataille, sénatrice, accompagnés de M. Michel Antoine, directeur adjoint de l'OPECST.

L'objectif de ce présent rapport est de préciser la politique du Japon en ce qui concerne ces matières premières et d'en identifier chacun des acteurs ainsi que leurs rôles au sein de la stratégie des éléments.

## I- Gouvernement et institutions

### 1- Stratégie des éléments : une stratégie « bi-ministérielle »

La stratégie des éléments a été lancée dès 2007 par le **Ministère de l'Economie, du Commerce et de l'Industrie** (METI) et le **Ministère de l'Education, de la Culture, des Sports, des Sciences et de la Technologie** (MEXT). Cette stratégie a pour objectif de garantir l'approvisionnement des entreprises du pays en terres rares et matières premières stratégiques et critiques afin d'assurer la sécurité économique sur ce point à l'échelle du pays. Elle comporte quatre piliers :

- la sécurisation des ressources minérales, qui consiste à soutenir l'activité des entreprises japonaises ayant des intérêts dans les ressources stratégiques à l'étranger grâce à des fonds du METI et au support diplomatique du ministère des affaires étrangères,

---

<sup>1</sup> <http://www.ambafrance-jp.org/Les-terres-rares-au-Japon>

- la recherche et le développement de technologies de recyclage des métaux critiques à partir de produits en fin de vie et de procédés industriels,
- le développement de matériaux de substitution utilisant moins ou pas de terres rares,
- la constitution de stocks de métaux stratégiques par les secteurs public et privé.

Cela implique la définition des lignes directrices de cette stratégie des éléments par les deux ministères afin de déterminer les rôles des nombreux acteurs impliqués au sein des institutions gouvernementales, de la recherche et de l'industrie.

La politique définie par le METI et le MEXT est mise en œuvre par le biais de leurs agences de financements, respectivement la **Japan Science and Technology Agency** (JST) et la **New Energy and Industrial Technology Development Organization** (NEDO). Ces deux agences bénéficient du statut de *National Research and Development Agency* (NRDA)<sup>2</sup>.

La JST finance généralement les projets de recherche fondamentale ou appliquée des laboratoires et instituts indépendants ou académiques – plusieurs de ces projets seront cités dans ce rapport. Cela inclut également des projets de recherche en collaboration avec d'autres pays, comme c'est le cas sur le thème du développement de nouveaux matériaux pour la substitution aux métaux critiques. Trois projets de collaboration entre des universités japonaises et finlandaise, anglaise et néerlandaise, menés sur trois ans, bénéficient ainsi d'un maximum de 200 millions de yens par projet.

La NEDO quant à elle soutient des projets industriels. Elle a ainsi financé durant l'année fiscale 2010, suite à la crise des quotas chinois, un projet de 400 millions de dollars afin de promouvoir les facilités industrielles visant à réduire l'utilisation de ces ressources et l'utilisation de matériaux de substitution. Avant cela, la NEDO finançait déjà depuis 2007 le développement de matériaux de substitution et de technologies visant à réduire l'utilisation de ressources (4,35 millions de dollars durant l'année fiscale 2015). Elle a également lancé un projet sur 10 ans (2012-2021) de développement de matériaux magnétiques pour des moteurs à haute efficacité.

## [2- Un projet interministériel complémentaire à la stratégie des éléments visant l'exploitation des ressources marines profondes](#)

Le Conseil pour la Science, la Technologie et l'Innovation (CSTI) est l'un des quatre Conseils sur les politiques importantes du Cabinet Office. Il est composé du Premier Ministre Shinzo ABE, du Premier Secrétaire du Cabinet Yoshihide SUGA, ainsi que des ministres concernés (Politique pour la Science et la Technologie ; Affaires Internes et Communication ; Finances ; Education, Culture, Sports, Science et Technologie ; Economie, Commerce et Industrie) et des experts. Le CSTI a lancé en 2014 onze **Strategic Innovation Promotion Programs** (SIP), programmes interministériels de promotion de l'innovation stratégique.

---

<sup>2</sup> Les *National Research Development Agencies* (NRDA) et *Independent Administrative Institutions* (IAI) sont des structures chargées de la mise en application des stratégies décidées par les ministères. Elles utilisent un mode de fonctionnement proche de celui d'une entreprise privée et bénéficie d'une grande autonomie, les NRDA étant plus axées sur la recherche et le développement. Ces statuts ont été créés suite à la volonté du gouvernement de séparer la planification et l'opérationnel.

L'un d'entre eux concerne les technologies de nouvelle génération pour l'exploration des ressources marines. Dirigé par le Professeur **Tetsuro URABE**, professeur émérite à l'Université de Tokyo, ce programme a pour objectif d'exploiter la richesse des ressources potentielles présentes à l'intérieur des frontières maritimes du Japon, sur une surface douze fois supérieure à celle des territoires émergés du pays. Son but est de faire du Japon le leader mondial des technologies de prospection des métaux rares, des encroûtements de ferromanganèse riches en cobalt et d'autres minerais contenus dans les *Seafloor Massive Sulfides Deposits (SMS)*, des dépôts hydrothermaux présents dans plusieurs sites au large des côtes d'Okinawa, et de surmonter sa déficience en ressources stratégiques.

Ce programme, doté d'un budget de 6 milliards de yens par an (le budget le plus élevé de tous les programmes SIP), et mené sur une durée de quatre ans (2014-2018), comporte trois volets : la recherche scientifique sur l'origine des ressources marines, le développement de technologies de prospection et le développement de technologies de surveillance de l'environnement et de l'écosystème. La **Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)**, une institution dépendante du MEXT et équivalent japonais de l'IFREMER, , fournit les moyens logistiques au projet. Elle dispose pour cela d'un équipement de pointe tel que des véhicules sous-marins autonomes (AUV) pouvant plonger jusqu'à 7 000 m pour prélever des échantillons ou étudier la topographie des fonds marins. Elle prévoit également de centraliser toute la logistique de prospection regroupant deux types d'AUV (*cruising AUVs* responsables de la topographie des fonds marins et *hovering AUV* chargés de la prise de photographies) mais aussi des véhicules flottants autonomes (ASV) servant de relai pour les données récoltées sur un seul navire. Les études menées jusqu'ici sur la récurrence des espèces animales ou encore les courants des profondeurs ont permis la découverte de plusieurs séries majeures de gisements, notamment près de l'île de Minamitori, où des couches rocheuses contenant du cobalt et autres éléments rares reposent à près de 5 500 mètres. Cette découverte, rendue possible grâce au sous-marin télécommandé *Kaiko*, un des équipements capables de plonger à 7 000 mètres de profondeur, pose un nouveau défi technique. C'est en effet la première fois que l'on envisage d'exploiter un gisement à cette profondeur, les précédents projets concernant des profondeurs de 3 500 mètres tout au plus.

Cette volonté d'exploiter ces nouveaux gisements fait intervenir d'autres interlocuteurs du monde de la recherche. Parmi eux, le **Pr Yasuhiro KATO** appartient au Centre de Recherche *Frontier* pour l'Energie et les Ressources de l'Université de Tokyo, ainsi qu'au Centre de Recherche et de Développement pour les Ressources Sous-marines de la JAMSTEC. Il est depuis longtemps intéressé par les possibilités d'exploitation de ces ressources, et a publié un article<sup>3</sup> sur un gisement de boues riches en terres rares sous l'Océan Pacifique peu après sa découverte en juillet 2011. Il a également exposé les projets de prospection de terres rares au large des côtes japonaises lors du Salon International de la Culture, de la Science et de la Technologie organisé par le *Japan International Science and Technology Exchange Center*. Plus récemment, il a obtenu une bourse de 154,5 millions de yens dans le cadre d'un projet sur les nouveaux développements de la science et de l'ingénierie des ressources minérales sous les océans.

---

<sup>3</sup> *Deep-sea mud in the Pacific Ocean as a potential resource for rare-earth elements*, Y. Kato, K. Fujinaga, K. Nakamura, Y. Takaya, K. Kitamura, J. Ohta, R. Toda, T. Nakashima, H. Iwamori, *Nature Geoscience*, vol. 4, 2011

### 3- Le rôle de la Japan Oil, Gas and Metals National Corporation

La **Japan Oil, Gas and Metals National Corporation** (JOGMEC) est une Institution Administrative Indépendante (IAI) du Gouvernement Japonais issue de la fusion en 2004 de la *Japan National Oil Corporation* et de la *Metal Mining Agency of Japan*. Dépendante du METI, son rôle est d'assurer au Japon un approvisionnement stable en pétrole, gaz naturel, métaux non-ferreux et ressources minérales. Elle joue le rôle d'opérateur de la stratégie des éléments définie en amont par les ministères. Dans ce cadre, elle est chargée de deux missions : recherche de nouvelles sources d'approvisionnement en-dehors de la Chine et constitution de stocks nationaux de métaux rares dont la composition précise n'est pas rendue publique.

La première mission consiste en la prospection et l'exploitation de deux types de gisements : les gisements terrestres situés dans des pays autres que la Chine, et les ressources marines profondes. En ce qui concerne les gisements terrestres, il s'agit principalement d'aider financièrement les entreprises présentes dans les pays producteurs, comme Lynas en Australie, l'aspect diplomatique étant assuré par le Ministère japonais des Affaires Etrangères. Le rôle de la JOGMEC est plus interventionnel en ce qui concerne les gisements sous-marins, dont elle prévoit de mener les premières opérations d'exploitation dès 2018. Ces opérations entrent dans le cadre du *Development plan for Energy and Mineral Resources in Ocean*, mené sur 10 ans (2009-2019) et financé par le METI à hauteur de 6 milliards de yens par an. Elles concernent les dépôts de sulfures polymétalliques et d'hydrates de méthane. La JOGMEC a testé sur site des machines d'excavation et de collecte de minerai à l'échelle pilote entre 2012 et 2014.

La seconde mission concerne trente éléments que le Japon a identifiés comme stratégiques en fonction des besoins du pays et des stratégies des Etats-Unis et de l'Union Européenne. Afin de constituer ces stocks, la JOGMEC souscrit auprès des banques des emprunts dont l'Etat finance les intérêts à hauteur de 4 millions d'euros par an. Le volume et la composition des stocks sont tenus secrets afin que les pays producteurs ne puissent exploiter ces informations et d'éviter tout impact sur les cours des matériaux. La JOGMEC a cependant déclaré que les réserves du pays étaient en permanence suffisantes pour 60 jours (42 jours pour les stocks de la JOGMEC, 18 jours pour les stocks des entreprises). Les stocks apportent un sentiment de sécurité, mais les métaux (terres rares comprises) s'oxydant rapidement, il est nécessaire de les renouveler régulièrement en vendant les matériaux en voie d'oxydation aux entreprises consommatrices. Il convient également de distinguer les terres rares lourdes des terres rares légères<sup>4</sup>. Parmi les premières, des éléments tels que le néodyme connaissent une demande tellement importante que les rythmes de production n'en permettent pas la constitution de stocks. A l'opposé, des terres rares légères comme le cérium et le lanthane sont actuellement produits en surplus.

---

<sup>4</sup> Les terres rares légères regroupent le scandium, le lanthane, le cérium, le praséodyme, le néodyme, le prométhium, le samarium, l'euporium et le gadolinium. Les terres rares lourdes regroupent l'yttrium, le terbium, le dysprosium, l'holmium, l'erbium, le thulium, l'ytterbium et le lutétium.

## II- Recherche académique

### 1- National Institute for Material Sciences

Le **National Institute for Material Sciences** (NIMS) est un institut de recherche très dynamique, spécialisé dans les matériaux. Il dépend du MEXT et dispose du statut de NRDA depuis le 1<sup>er</sup> avril 2015. Il était doté d'un budget annuel de 24,8 milliards de yens en 2015 et employait 1 511 personnes dont 1 141 postes techniques ou de recherche au début de l'année 2016.

La recherche qui y est menée couvre une grande variété d'applications allant des nanomatériaux à vocation médicale aux aciers utilisés dans le génie civil. Concernant l'innovation dans le domaine des terres rares, ses deux lignes directrices sont la recherche de matériaux de substitution et la réduction de l'emploi de métaux rares dans les matériaux pour lesquels il s'agit encore du seul moyen d'obtenir les propriétés désirées. Les équipes du NIMS ont par exemple développé en 2010 un aimant haute performance dépourvu de dysprosium et plus récemment, en 2014, un composé magnétique permanent plus économe en métaux rares que l'alliage de néodyme-fer-bore utilisé actuellement et ayant de meilleures propriétés magnétiques (induction permanente et température de Curie)<sup>5</sup>. Plus généralement, afin de répondre à la stratégie des éléments, le NIMS alloue des équipes à la recherche concernant certains éléments stratégiques. Une équipe, menée par le Docteur Kazuhiro HONO, travaille ainsi sur les aimants au néodyme, une autre, menée par le Docteur Satoshi HIROSAWA, développe des matériaux alternatifs pouvant se substituer aux aimants à terres rares de haute performance utilisés dans les moteurs de véhicules hybrides.

Un des principaux objectifs de l'institut étant de mettre au point des matériaux performants, l'utilisation de terres rares dans de nouveaux matériaux n'y est cependant pas exclue. Le NIMS continue ainsi d'innover, notamment sur l'utilisation d'euporium dans les matériaux phosphorescents. En 2015, une équipe menée par le Docteur Takashi TAKEDA a ainsi développé un matériau pouvant être utilisé dans des diodes émettant de la lumière blanche<sup>6</sup>.

### 2- National Institute for Advanced Industrial Science and Technology

Le **National Institute for Advanced Industrial Science and Technology** (AIST) est quant à lui le principal institut de recherche du METI, avec un effectif de 2 929 personnes dont 2 255 chercheurs au 1<sup>er</sup> juillet 2015 et un budget de 121,2 milliards de yens la même année. Il bénéficie également du statut de NRDA et regroupe de nombreux centres présents sur tout le territoire japonais et ses nombreux domaines de recherche incluent notamment l'énergie, l'environnement, les sciences de la

---

<sup>5</sup> NdFe<sub>12</sub>N<sub>x</sub> hard-magnetic compound with high magnetization and anisotropy field, Y. Hirayama, Y.K. Talahashi, S. Hirose, K. Hono, *Scripta Materialia*, volume 95, 2015.

<sup>6</sup> Euporium(II)-activated oxonitridosilicate yellow phosphor with excellent quantum efficiency and thermal stability – a robust spectral conversion material for highly efficient and reliable white LEDs, L. Wang, H. Zhang, X. J Wang, B. Dierre, T. Suehiro, T. Takeda, R. Xie, *Physical Chemistry Chemical Physics*, n° 24, 2015

vie, les biotechnologies, les technologies de l'information, l'électronique, la métrologie, la géologie, la chimie et les matériaux.

L'activité de l'AIST dans le domaine des terres rares comporte deux volets : mise au point de procédés de recyclage d'une part, et amélioration des méthodes d'évaluation de la présence de métaux rares au sein des nouveaux gisements et recherche de procédés d'extraction plus efficaces d'autre part.

Le premier volet vise à optimiser le recyclage des métaux rares. En effet, pour l'instant, la méthode de recyclage principalement utilisée au Japon n'offre pas de possibilité de récupération de ces métaux. Les appareils électroniques et électroménagers en fin de vie entassés dans les mines urbaines passent par un centre de tri où sont séparés le fer, l'aluminium, les plastiques et les résidus métalliques. Ces derniers sont envoyés dans un centre de récupération du cuivre, de l'or, de l'argent, des métaux du groupe du platine (PGM) et des métaux rares. Les résidus sont ensuite fondus, ce qui permet de récupérer les métaux précieux, puis incinérés. On obtient alors un mâchefer contenant des métaux rares, qui jusqu'ici a principalement été employé dans le revêtement des routes sans plus de traitement.

Le recyclage des matériaux disponibles dans les mines urbaines pose cependant un problème encore plus en amont. En effet, malgré une loi d'août 2012 sur le recyclage des pareils électroniques et électroménagers au Japon<sup>7</sup>, les modèles se succèdent à un rythme tel que les procédés de recyclage ont des difficultés à s'adapter. Afin de parer à cela, l'AIST s'emploie à mettre au point des procédés universels permettant d'isoler les composants contenant des métaux rares ou stratégiques (tels que des condensateurs au tantale) à partir de débris provenant d'appareils de tous types.

Le second volet de l'activité de l'AIST dans le domaine des terres rares est axé sur les sciences de la Terre. En effet, celles-ci jouent un rôle important à différents stades de la production de terres rares, comme le choix d'un site d'exploitation, la prospection géochimique, l'évaluation de la teneur en éléments rares et de la réserve totale que constitue le gisement, ou encore l'enrichissement du minerai. Bien que les compagnies de prospection et d'exploitation, notamment celles spécialisées dans les terres rares lourdes, aient peu d'expérience en dehors de la Chine, les recherches de l'AIST contribuent à la recherche sur la caractérisation de nouveaux gisements et contribuent à atténuer la criticité des terres rares.

### **3- Tokyo Institute of Technology**

Suite au lancement de la stratégie des éléments, le MEXT a initié en 2012 un projet intitulé *Element Strategy Initiative to Form Core Research Center*. Prévu pour une durée de 10 ans et financé à hauteur de 50 millions d'euros, le projet comporte quatre phases : la mise en place des moyens de recherche, l'exploration de matériaux pouvant contenir des éléments rares ou toxiques, l'extension de la recherche aux éléments abondants et non-toxiques, et leur mise en application dans les domaines de l'électronique et de l'optique. La première phase de structuration du projet a mené à la création par le **Tokyo Institute of Technology** (TITech) du *Tokodai Institute for Element Strategy*

---

<sup>7</sup> *Act on Promotion of Small Waste Electrical and Electronic Equipment Recycling Act*

(TIES), surnommé *Genso Cube* (littéralement « cube des éléments ») en juin 2015. Dirigé par le Professeur Hideo HOSONO, il fait partie du *Materials Research Center for Element Strategy*.

Quatre domaines sont au cœur du projet du MEXT : les matériaux magnétiques, ceux utilisés en catalyse et dans les batteries, les matériaux électroniques, et les matériaux de structure. Chaque domaine comporte trois groupes de recherche : la création de matériaux, leur analyse et évaluation, et la théorie électronique. Le *Genso Cube* travaille sur ces trois aspects en collaboration avec le NIMS, l'Université de Tokyo et la *High Energy Accelerator Research Organisation* (KEK, basée à Tsukuba). Le centre mène des recherches pour la création de matériaux innovants à partir de matières premières abondantes. Il participe ainsi à trouver des matériaux de substitution aux matières premières critiques.

Dans le cadre de la stratégie des éléments, le professeur HOSONO est à la tête d'un projet financé par la JST sur 10 ans (2012-2021) et visant à établir des méthodes de design de matériaux électroniques innovants utilisant des métaux usuels tels que l'aluminium, le silicium, le fer, le calcium, le sodium, le potassium, le magnésium ou encore le titane. Des équipes du TITech mènent également des recherches sur des matériaux utilisant des hydrides et des anions métalliques ou encore un électrolyte inorganique dopé au rutile comme catalyseur pour la synthèse de l'ammoniac.

#### **4- Autres projets et acteurs de la stratégie des éléments**

Outre les acteurs majeurs du monde de la recherche cités précédemment, il existe d'autres chercheurs, équipes ou instituts de recherches jouant un rôle plus ponctuel dans la stratégie des éléments.

##### **a- Conseil auprès des institutions gouvernementales**

C'est le cas par exemple du Professeur **Teruo KISHI**, qui a notamment été le premier directeur du NIMS entre 2001 et 2009, période au cours de laquelle des projets visant à contourner l'utilisation de métaux rares dans certains matériaux ont été lancés, menant par exemple à la création d'un alliage de magnésium pour une utilisation dans la machinerie de transport. Il est à présent directeur d'un programme SIP intitulé *Structural Materials for Innovation*, dont l'objectif est de concevoir des matériaux de structures innovants par leurs propriétés de résistance à la chaleur, solidité et légèreté. Sa carrière au sein de différents instituts dans le domaine des matériaux lui confère une vue d'ensemble sur les projets touchant aux terres rares et aux matériaux stratégiques au Japon, et il est maintenant conseiller scientifique auprès du Ministère des Affaires Etrangères au Japon.

##### **b- Connaissance des gisements existants**

Le Professeur **Toru OKABE**, de l'Université de Tokyo, est quant à lui spécialisé dans le recyclage des matériaux ayant une longue durée de vie tels que le titane, mais il possède également une excellente vue d'ensemble sur la cartographie mondiale des gisements et leur contenu, les techniques d'exploitation et leur coût ou encore les normes environnementales en vigueur dans les différents pays producteurs. Ces connaissances sont précieuses à l'élaboration d'une stratégie adaptée à chaque élément et comprenant l'ensemble de sa durée de vie, de l'extraction du minerai à son recyclage éventuel en passant par son importation. Selon lui, il n'y a pas de risque de pénurie de

terres rares à l'échelle mondiale. La production actuelle est en effet de 134 000 tonnes par an (environ cent fois moindre que la production de cuivre à titre d'exemple) alors que les réserves connues se comptent en millions de tonnes. Cependant, ces réserves incluent des minerais ayant une teneur en terres rares faibles ou contenant des éléments radioactifs qui doivent être séparés avant importation, autant de raisons entravant leur rentabilité.

#### c- National Institute of Environmental Studies (NIES)

Le *National Institute of Environmental Studies* (NIES, à Tsukuba) vise à intégrer les matériaux et matières premières courants et stratégiques dans des systèmes d'économie circulaire. Cela inclut le développement de méthodes de recyclage et l'optimisation de la gestion des ressources. Ces travaux, dirigés par le Professeur **Keisuke NANSAI**, ont mené à la publication d'articles sur des sujets tels que l'impact environnemental des activités minières des métaux rares et l'empreinte de ces métaux utilisés dans la vie courante des foyers japonais. Il est également spécialisé dans les flux de métaux critiques tels que le néodyme, le platine et le cobalt lors de leur utilisation dans des technologies à faible bilan carbone.

#### d- Universités de province

Des universités de province s'intéressent également aux terres rares, comme l'Université d'Akita dont le Professeur **Yasushi WATANABE** est affilié au département des sciences des ressources terrestres de la faculté des sciences des ressources internationales. Son domaine de recherche privilégié est la géologie économique ; il a ainsi publié une revue des défis de la production de terres rares en masse du point de vue japonais. Selon lui, il est nécessaire de chercher à produire des terres rares à partir de gisements peu conventionnels. Par exemple, les minerais de phosphates extraits chaque année afin de produire des engrais contiennent près de 300 000 tonnes d'éléments de terres rares sous forme d'oxydes, soit plus du double de la production annuelle actuelle. La valorisation de ces terres rares aurait le double avantage d'augmenter la disponibilité de ces éléments sur le marché, et de réduire la pollution due à leur rejet dans la nature.

C'est également le cas de l'Université d'Osaka, dont des équipes travaillent sur les propriétés des semi-conducteurs dopés aux terres rares. Le Professeur **Nobuhito IMANAKA**, également affilié à cette université, est le président de la *Japan Rare Earth Society*, qui regroupe des chercheurs et des chefs d'entreprises pertinents dans le domaine des terres rares.

L'université du Tohoku est elle aussi active sur la recherche de matériaux de substitution. Une de ses équipes a ainsi mis au point en 2015 un aimant cosmique à base de fer et de nickel dépourvu de métaux rares<sup>8</sup>.

Enfin, l'Université de Kyoto compte deux équipes travaillant sur deux projets financés par la JST. Le premier, dirigé par le Professeur Tsunehiro TANAKA, cherche à développer de nouveaux matériaux pour les catalyseurs de pots d'échappement et pour les électrodes de batteries de voitures. Le second, mené par le Professeur Isao TANAKA, étudie la déformation et la rupture de matériaux.

### III- Entreprises

---

<sup>8</sup> Artificially produced rare-earth-free cosmic magnet, A. Makino, P. Sharma, K. Sato, A. Takeuchi, Y. Zhang, K. Takenaka, *Scientific Reports*, n°5, 2015

## 1- Activités de recyclage

Depuis la loi sur le recyclage de 2012 et la prise de conscience que la valorisation des métaux rares présents dans les mines urbaines avait un potentiel important, des procédés ont été mis en place afin d'exploiter cette source. Deux entreprises sont particulièrement avancées dans ce domaine : Hitachi et Mitsubishi Electric.

### a- Hitachi

**Hitachi** est une entreprise d'électronique ayant des secteurs d'activités variés, qui produit notamment des disques durs, des climatiseurs, des puces magnétiques, des téléviseurs et autres appareils électroménagers. La fabrication de la plupart de ces produits requérant l'utilisation de terres rares, Hitachi effectue des recherches visant à réduire cette utilisation. L'entreprise travaille en permanence à diminuer la teneur en dysprosium de son aimant phare NEOMAX, un aimant permanent connu comme le plus puissant au monde et utilisé dans les moteurs de voitures hybrides, les climatiseurs, les machines à laver ou encore l'imagerie médicale par résonance magnétique.

Le METI a ainsi choisi Hitachi pour son projet de recherche sur des solutions techniques pour le recyclage des métaux rares à partir des mines urbaines. L'entreprise a donc une stratégie efficace de récupération des métaux rares dans les appareils électroniques en fin de vie, notamment en ce qui concerne le recyclage des aimants permanents. Ces activités s'appuient sur trois centres de recyclage ; il en existe 16 au Japon, les autres appartenant à Mitsubishi Electric, Sony ou Sharp, mais ceux d'Hitachi sont les seuls disposant d'une technologie permettant de récupérer le néodyme des aimants des disques durs. Le principal centre de recyclage du groupe est l'entreprise *Tokyo Eco Recycle*, qui utilise le procédé décrit ci-dessous pour recycler jusqu'à 4 kg d'aimants par jour.

Un aimant contient environ 30% de néodyme, soit 1 000 fois la teneur du minerai à l'état naturel. Il dispose d'un revêtement de surface en nickel, il faut donc passer par un grenailage au sable pour l'éliminer. Puis, l'aimant est plongé dans un bain de magnésium fondu (un procédé breveté Hitachi), les métaux rares (néodyme à 72,4%, praséodyme à 20,6% et dysprosium à 5,9%) passent en phase liquide et on retire le fer encore solide. En théorie, le néodyme est récupéré avec un rendement de près de 100%, mais ce n'est pas le cas du dysprosium, qui est lui valorisé à 80%. On récupère ainsi des métaux rares ayant une pureté de 98,8%. A l'échelle industrielle cependant, 61% des terres rares présentes dans les aimants sont récupérées avec une pureté de 81%.

Bien que les activités de recyclage de Hitachi soit rentables financièrement dans leur globalité, le recyclage des seuls aimants ne l'est pas en raison des cours bas. Pour que le procédé devienne rentable, les cours des métaux rares contenus dans les aimants devraient remonter au-delà d'un seuil tenu secret mais bien inférieur aux cours en vigueur durant la crise chinoise, et moins de trois fois supérieurs aux cours actuels.

### b- Mitsubishi Electric

Mitsubishi Electric a également des activités très variées et produit entre autres des télévisions et des climatiseurs. Le groupe possède deux centres de recyclage dépendant des entreprises *Hyper Cycle Systems* et *Green Cycle Systems*. La première est spécialisée dans le recyclage des plastiques et métaux usuels présents dans les téléviseurs, machines à laver, réfrigérateurs et climatiseurs. *Green Cycle Systems* recycle également les plastiques à l'aide de procédés de pointe,

mais aussi les échangeurs de chaleur des climatiseurs et les compresseurs de réfrigérateurs dans lesquels elle récupère les aimants permanents contenant du néodyme et du dysprosium.

## **2- Regard des entreprises importatrices**

Si la Chine produit aujourd'hui 90% des terres rares mondiales, elle était loin d'avoir un tel monopole dans les années 1980. A l'époque, les entreprises importatrices avaient une stratégie d'intégration de l'amont vers l'aval et menaient des activités minières. Si les coûts chinois sont si bas, c'est notamment parce qu'*a priori* la réglementation du traitement des matières radioactives n'y est pas rigoureusement appliquée par les exploitants chinois, bien qu'ils respectent les normes de radioactivité des matières premières de 1 000 bq/kg à l'exportation. La Chine offre donc des coûts plus attractifs pour les mêmes méthodes d'extraction que celles utilisées partout dans le monde. La solution pour pallier à leur monopole serait donc de développer de nouvelles techniques, cependant, le Japon ne possédant pas de gisement terrestre, il lui est difficile d'innover sur ce sujet. Puisqu'il est impossible d'importer le minerai brut à cause de sa radioactivité, il est également difficile d'effectuer des recherches sur les méthodes de séparation au Japon. A l'heure actuelle, la capacité de séparation du Japon est de 3 000 tonnes par an, contre 10 000 tonnes pour la France et la Malaisie, et 300 000 tonnes pour la Chine.

Les sociétés importatrices (sociétés de commerce, *etc.*) et consommatrices semblent donc sceptiques quant à l'efficacité de la stratégie des éléments pour apporter une solution au problème d'approvisionnement.

## **Conclusion**

Les terres rares et les matières premières stratégiques font l'objet au Japon aussi bien d'une stratégie gouvernementale bien encadrée que d'un effort de recherche global. Si le pays a adopté des solutions à court terme comme la constitution de stocks, son objectif à long terme est de diversifier la provenance des matières premières afin d'atténuer sa dépendance à la Chine.

En attendant de pouvoir exploiter les gisements sous-marins dont dispose le Japon, qui sont l'élément le plus décisif de sa stratégie d'émancipation par rapport à la Chine, les instituts de recherche publics et les entreprises consommatrices travaillent à réduire la consommation de matières premières stratégiques et critiques par l'industrie en développant de nouveaux matériaux. Le recyclage des éléments présents dans les mines urbaines, autre moyen de réduire la dépendance aux importations, fait également l'objet d'une recherche active. Le Japon espère ainsi conserver sa compétitivité en matière de produits de haute technologie.