



Ambassade de France au Japon
Service pour la Science et la Technologie

Recherche et développement au Japon au service de l'autosuffisance en terres rares

Rédactrices : Daphné Lecellier, Sophie de Bentzmann
avril 2019

Le Japon développe depuis dix ans une politique stratégique à grande échelle appelée *Genso Senryaku* ou stratégie des éléments afin de sécuriser l'approvisionnement de son industrie en terres rares et matières premières stratégiques mêlant intérêts industriels et efforts de recherche dans un même objectif.

I. Contexte mondial

Le groupe des terres rares rassemble 17 éléments métalliques aux propriétés électroniques, magnétiques, optiques et catalytiques très recherchées dans l'industrie des nouvelles technologies. Les terres rares sont présentes dans tous les objets du quotidien: écrans plats, smartphones, voitures hybrides, mais également dans les éoliennes et les équipements militaires. Les terres rares sont donc une ressource **critique et stratégique pour l'économie mondiale et pour la transition écologique**. L'utilité des terres rares, en particulier dans les énergies renouvelables et l'électronique, a fait augmenter fortement la demande pour ces métaux au cours des dernières années. L'évaluation des gisements terrestres mondiaux de terres rares publiée en 2018 par l'*US geological survey* montre que, sur les 120 Millions de tonnes estimés de terres rares en 2017, les réserves chinoises représenteraient 40% des réserves mondiales (Fig. 1A).

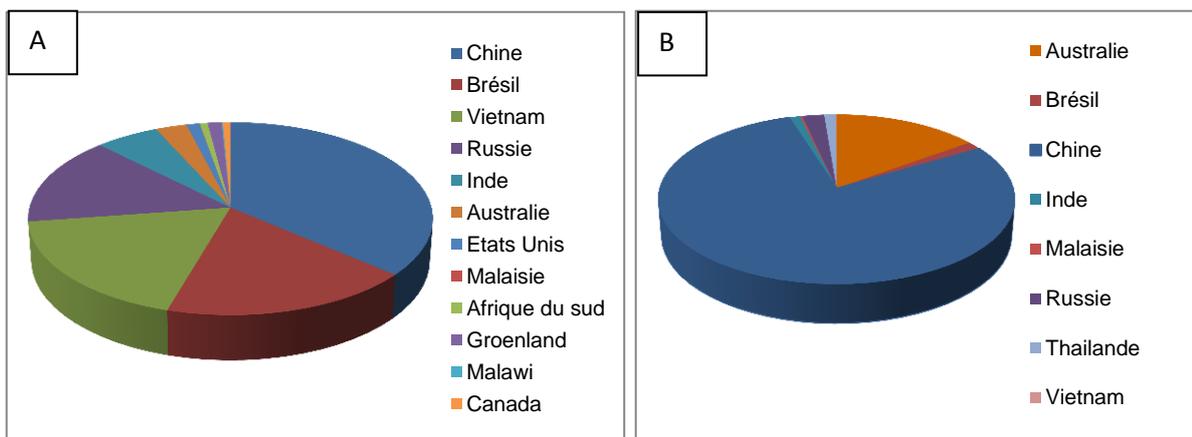


Figure 1: A. Gisements mondiaux terrestres de terres rares. B.: Principaux pays producteurs de terres rares de terres rares en 2017

Outre la richesse de son sol, la Chine est aussi le premier acteur mondial du domaine puisqu'elle produit 81 % des terres rares mondiales en 2017 (Fig. 1B), d'après l'*US geological survey*. Des pays comme les Etats Unis ont renoncé à leur production depuis 2016 pour des contraintes environnementales. Un pays comme l'Australie monte en puissance, sa production ayant bondi de 30 % entre 2016 et 2017 et d'autres pays, comme le Canada, s'engagent à peine dans des projets d'exploration. Les faibles coûts de production chinoise expliquent cette hégémonie. La Chine est également le plus gros consommateur de ces ressources représentant à lui seul 60 % de la consommation mondiale.

Le marché mondial sous quasi-monopole chinois a vu le coût des terres rares énormément varier depuis 2010. Après une réduction des quotas d'exportation de la Chine en terres rares en 2010, les prix ont grimpé de 10 %. La Chine a été contrainte par l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC) d'augmenter ses exportations de minerais après que le différend portant sur ces quotas ait été porté devant l'OMC par les Etats Unis, l'Europe et le Japon. Une surproduction de terres rares a alors fait chuter les prix en 2015, mettant en difficulté les plus grosses entreprises minières non chinoises comme Molycorp (Etats Unis) ou Lynas (Australie). Cette instabilité des cours, un approvisionnement mondial quasi contrôlé par la Chine rendent la situation critique pour des pays comme le Japon, gros fabricant d'électronique et sans ressources minières propres.

II. La stratégie japonaise

Second consommateur mondial de terres rares (un quart de la production mondiale) après la Chine, le Japon cherche tout particulièrement à stabiliser son approvisionnement. Ne disposant pas de ressources minières terrestres exploitables et donc en position de vulnérabilité extrême vis-à-vis de la production et de l'offre chinoise, le Japon a commencé à développer une politique stratégique 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. 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) mêlant ainsi intérêts industriels et efforts de recherche dans un même objectif.

Elle comportait 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 Etrangères,
- **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.

1/ la sécurisation des ressources minérales

a. Ressources terrestres

Le Japon a favorisé la diversification de la provenance des matières premières afin d'atténuer sa dépendance à la Chine, et les entreprises japonaises ont pris des mesures pour réduire ou éliminer leur dépendance à l'égard des fournisseurs chinois. La *Japan Oil, Gas and Metals National Corporation* (JOGMEC) en tant qu'institution administrative indépendante du Gouvernement Japonais (issue de la fusion en 2004 de la *Japan National Oil Corporation* et de la *Metal Mining Agency of Japan*) a pour mission 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 la recherche de nouvelles sources d'approvisionnement en dehors de la Chine. En ce qui concerne les gisements terrestres, il s'agit principalement d'aider financièrement les entreprises présentes dans les pays producteurs, l'aspect diplomatique étant assuré par le Ministère japonais des Affaires Etrangères.

Les Japonais reconnaissent par exemple le Canada comme une source d'approvisionnement de ressources minérales stable et à faible risque, particulièrement pour les terres rares. En outre, le Canada est hautement apprécié pour sa transparence, sa stabilité politique et financière et ses politiques proactives de promotion de l'investissement direct à l'étranger. Les entreprises japonaises sont constamment à la recherche de nouvelles pistes d'exploration et de développement, et devraient continuer à investir dans des projets au Canada et dans d'autres pays comme en Australie, en Afrique et en Amérique latine.

En 2012, le gouvernement du Japon a augmenté la ligne de crédit de la Banque japonaise pour la coopération internationale (JBIC) de 80 milliards d'euros afin de permettre au secteur privé japonais de se procurer des ressources naturelles stratégiques. La JBIC s'est également vue confier la possibilité de mettre en place des aides financières à certains types de projets de développement pour l'exploration et l'exploitation des ressources naturelles dans les pays développés. Bien que cette initiative ait pris fin en juin 2016, la JBIC poursuit sa mission de soutenir les opportunités d'investissements directs à l'étranger dans le secteur des ressources naturelles.

Le mandat de la JOGMEC a été révisé en 2012 pour inclure le soutien au développement du charbon et de la géothermie et renforcer le soutien au développement du pétrole, du gaz et des métaux. L'amendement a également permis à la JOGMEC d'effectuer des investissements visant à prendre une participation à l'actionnariat des entreprises dans la phase de développement des projets de ressources. Ces changements importants ont permis aux entreprises japonaises d'être de plus en plus actives dans l'acquisition d'actifs en ressources naturelles, une tendance qui devrait se poursuivre.

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/an, contre 10 000 tonnes pour la France et la Malaisie, et 300 000 tonnes pour la Chine.

b. Ressources sous-marines

Outre les ressources terrestres, le Japon s'est également engagé dans la prospection sous-marine.

Le Conseil pour la Science, la Technologie et l'Innovation (CSTI) sous l'autorité directe du Premier Ministre a lancé en 2014 onze programmes interministériels de promotion de l'innovation stratégique (2014-2019) ou **Strategic Innovation Promotion Programs** (SIP). L'un d'entre eux concernait les «**Technologies d'exploitation des ressources minérales marines de prochaine génération**» ou **Zipangu**. Le programme visait trois types de gisements : les dépôts hydrothermaux, les encroûtements de cobalt et les terres rares.

Ses objectifs principaux étaient triples :

-la mise au point d'un «**Système intégral d'études des ressources minérales profondes (INORSS)**» qui devait permettre de façon efficace et à bas coûts d'identifier un gisement minéral à une profondeur de -30 m du fond marin dans des fonds atteignant 2000m de profondeur

- la commercialisation de cet INORSS pour la partie observation-identification (l'exploitation, à savoir prélèvements et raffinage des ressources minérales n'étant pas compris dans ce système);

- la mise au point de méthodes d'évaluation et d'observation à long terme des impacts de l'exploitation de ressources minérales profondes sur l'environnement et le développement des technologies pour ces méthodes.

Par ailleurs, le programme visait également à participer à l'établissement de normes internationales liées à ces méthodes et ces technologies.

Ce système intégral se structurait donc autour de trois axes:

- La recherche scientifique sur les processus de formation des ressources marines, de manière à cibler les zones potentiellement riches en minéraux;
- Le développement des technologies d'exploration, composées de plusieurs robots;
- La surveillance à long-terme des écosystèmes, avec pour objectif d'établir un protocole international standardisé pour l'évaluation de l'impact environnemental de l'exploration des fonds marins.

Son but était de faire du Japon **le leader mondial des technologies de prospection sous-marines des métaux rares**, des encroûtements de ferromanganèse riches en cobalt et d'autres minerais 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/an était géré par la *Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology* (JAMSTEC), une institution dépendante du MEXT et équivalent japonais d'IFREMER qui développait et fournissait les flottilles d'engins nécessaires à l'exploration. Les études menées 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. Le gisement découvert récemment au large de l'île Minamitori, à environ 1 850 km (1 150 milles) au sud-est de Tokyo, situé dans la zone économique exclusive du Japon (droits exclusifs sur les ressources pour le Japon) est décrit comme **suffisant pour «fournir ces métaux sur une base quasi-infinie au monde»** (publications dans *Nature* et *Science reports* en avril 2018). Il y aurait assez d'yttrium pour répondre à la demande mondiale pendant 780 ans, de dysprosium pendant 730 ans, d'euprotium pendant 620 ans et de terbium pendant 420 ans. 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.

La deuxième édition du programme SIP, lancée en mars 2019, se concentre sur les terres rares (à 6000 mètres de profondeur, au large de l'île Minamitori) avec deux objectifs principaux: 1/ **le développement d'un système opérant plusieurs véhicules autonomes sous-marins**, 2/ **le développement de technologies d'extraction des métaux rares**. La *Japan Petroleum Exploration Company Ltd* ou JAPEX ayant pris la direction de ce nouveau programme assoie une **orientation industrielle** plus prononcée que lors du programme précédent.

Le rôle de la JOGMEC en tant qu'opérateur de la stratégie des éléments définie en amont par les ministères, est plus interventionnel en ce qui concerne les gisements sous-marins: elle mène à la fois des missions d'exploration et d'exploitation avec son vaisseau de recherche «Hakurei» pour des profondeurs moins extrêmes que celles explorées par le SIP. Ces opérations entrent dans le cadre du *Development plan for Energy and Mineral Resources in Ocean*, mené sur 10 ans (2009-2019) financé par le METI à hauteur de 6 milliards de yens/an. Elles concernent les dépôts de sulfures polymétalliques au large d'Okinawa. La JOGMEC a testé sur site des machines d'excavation et de collecte de minerais à l'échelle pilote entre mi-août et septembre 2017 à des profondeurs de 1600 mètres. Ce test a permis de valider les méthodes d'excavation et de transport. L'impact environnemental a été suivi tout au long de l'étude et le METI et la JOGMEC affirment que le test n'a entraîné aucun dommage majeur sur l'environnement. Ils préparent donc la commercialisation de ces technologies d'excavation et de levage, de même que des études économiques, géologiques et d'impact environnemental. Par ailleurs, la JOGMEC étudie aussi d'autres types de gisements, comme les nodules de manganèse et les encroûtements de cobalt.

Dans ce secteur les acteurs publics de recherche sont :

- le *National Institute for Advanced Industrial Science and Technology* ou AIST dépendant du METI qui concentre ses efforts de recherche sur les 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 à atténuer la criticité des terres rares.

- le centre de recherche pour l'énergie et les ressources de l'école d'ingénieur de l'Université de Tokyo. Afin d'organiser la collaboration entre les académiques et les

industriels pour l'exploitation des boues sous-marines, le consortium pour la promotion du développement des boues riches en terres rares a été créé en novembre 2014. Il est présidé par le Pr KATO de l'Université de Tokyo et est structuré en 5 sous-comités: Exploration, surveillance et environnement ; Echantillonnage et pompage de la boue ; Concentration et fonte ; Traitement des boues ; Nouveaux matériaux.

- l'Université d'Akita, sur la nécessité 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.

2/ la recherche et le développement de technologies de recyclage des métaux critiques

La *New Energy and Industrial Technology Development Organization* (NEDO) sous tutelle du METI, finance des projets de **recyclage des terres rares**. Ainsi en 2017, la NEDO annonce qu'elle veut utiliser les ressources des «mines urbaines», notamment les petits appareils électroménagers, en développant des technologies de recyclage à bas coûts. La même année, l'entreprise *Japan New Metals Co., Ltd.* reçoit le prix des technologies et systèmes de la circulation des ressources de l'association japonaise du management de l'environnement pour l'industrie (JEMAI) du METI pour «le recyclage des métaux rares».

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

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 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 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 un procédé capable de recycler jusqu'à 4 kg d'aimants par jour.

Bien que les activités de recyclage d'Hitachi soient 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 inférieur aux cours en vigueur durant la crise chinoise, et moins de trois fois supérieur aux cours actuels.

b- Mitsubishi Electric

Mitsubishi Electric 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.

Dans ce secteur les acteurs publics de recherche sont :

- Le *National Institute for Advanced Industrial Science and Technology* (AIST) principal institut de recherche du METI sur la mise au point de procédés de recyclage et l'amélioration des méthodes d'évaluation de la présence de métaux rares au sein des nouveaux gisements et des procédés d'extraction. La mise en place d'un projet *Strategic Urban Mining Research* (SURE) en novembre 2013 réunissant 35 chercheurs de l'AIST s'est depuis élargi à un consortium SURE englobant 11 autres groupes de recherche, 18 entreprises de fabrication et 31 entreprises de recyclage et 37 membres observateurs (agences gouvernementales, groupes industriels, membres de gouvernement locaux) sur différents aspects du recyclage. Dans le cadre de ce consortium, le laboratoire SURE LATEST, laboratoire pilote de séparation des matériaux, a été construit.

- 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.

Deux projets nationaux financés par la NEDO ont été mis en place depuis 2016 :

- Le projet «*Circulation controllable resources reproduction technology by arterial-vein industrial cooperation*» pour un montant de 70 millions de yens (560 kEuros) de janvier 2016 à janvier 2017 auquel a participé l'AIST.

- Le projet «*Research development of the recycling technology to construct high efficiency resources circulation systems*» pour la période 2017-2023 pour un montant de 3 milliards de yens (24 Millions d'Euros) auquel l'AIST participe avec 12 autres organisations (Université d'Hokkaido, Université de Tokyo, Université de Kobe, Université de Kyoto, Université d'Osaka, Université de Saga, Japan Atomic Energy Agency et 5 entreprises Sato Tekko Co Ltd, Daiei Kankyo Co Ltd, Re-Tem Corporation, Dowa Eco-System Co Ltd, Santoku Corporation) spécialisées dans la construction d'usines de recyclage, dans le recyclage ou dans la fabrication de métaux. Un des objectifs étant de fabriquer une usine de recyclage sans main d'œuvre afin de minimiser le coût du recyclage. Un institut pilote dénommé CEDEST construit à Tsukuba a été inauguré en juin 2018 dans cet objectif.

3/ Le développement de matériaux de substitution

Une mesure phare de cette stratégie des éléments impliquait des efforts considérables de la part du secteur privé au Japon, soutenu par des subventions gouvernementales et des incitatifs fiscaux, pour éliminer de leurs technologies certaines des terres les plus rares. Plusieurs grands fabricants de composants électroniques et de moteurs automobiles hybrides et électriques (de même que les compagnies qui fournissent les aimants pour ces moteurs) ont annoncé que certaines tentatives visant à créer de nouveaux composants éliminant ou réduisant considérablement l'utilisation de dysprosium s'étaient avérées fructueuses. Un autre exemple est offert par le remplacement du cérium par la zirconie comme matériau de polissage utilisé dans le processus de fabrication de la céramique. Les fabricants ont investi dans l'équipement de polissage de la zirconie avec le soutien financier du gouvernement japonais et la reprise de la demande pour le cérium de polissage pourrait bien ne pas avoir lieu au Japon, même si le prix chutait davantage.

La politique définie par le MEXT et le METI a été mise en œuvre par le biais de leurs agences de financement respectives, la *Japan Science and Technology Agency* (JST) avec le «**projet de la stratégie des éléments**» et la *New Energy and Industrial Technology Development Organization* (NEDO) avec le «**projet de développement de matériaux de substitution aux métaux rares**». Les résultats de ces deux projets ont été présentés lors du 10^{ème} séminaire conjoint rassemblant le Cabinet d'office du gouvernement japonais, le MEXT, le METI, la JST et la NEDO le 24 février 2016.

a. Projets financés par la JST

En ce qui concerne les projets de recherche fondamentale ou appliquée financés au plan national par la JST, on peut citer:

- Un programme de recherche stratégique de type CREST (programme de recherche japonais créé afin de soutenir des objectifs de recherche prioritaires (*Strategic objectives*)), intitulé «**Création de fonctions innovatrices pour les matériaux intelligents sur les bases de la stratégie des éléments**». Ce programme, financé entre 2011 et 2017 a financé des projets sur les batteries, les aimants et les nouveaux matériaux électroniques.

- Un nouveau domaine de recherche du programme PRESTO (*Precursory Research for Embryonic Science and Technology*) de la JST intitulé «**La science des nouveaux matériaux et la stratégie des éléments**» a été financé entre 2010 et 2016 au *Tokyo Institute of Technology*.

- Le programme de collaboration R&D industrie-académie, intitulé «**Aimants à haute performance : vers le développement innovateur de la nouvelle génération d'aimants**». Ce programme coordonné par l'Université de Nagasaki entre 2011 et 2016 à hauteur de 300 millions de yen/an impliquait les Universités de Akita, Tohoku, Gakuin, Kyoto, Tsukuba, Yamagata, Tohoku, le *Japan Synchrotron Radiation Research Institute*, le *National Institute for Materials Science*, le *High Energy Accelerator Research Organization* (KEK), le *Shizuoka Institute of Science and Technology* et des entreprises japonaises dont l'identité est tenue confidentielle.

Pour les projets à l'international, la JST a financé trois projets de recherche sur le thème du «**développement de nouveaux matériaux pour la substitution aux métaux critiques**» entre des universités japonaises et finlandaises (projet IRENA, participation française d'AMU, du CNRS et de l'ONERA), britanniques (projet HARFIR) et néerlandaises (projet NOVACAM), menés sur trois ans entre 2013 et 2016 pour un financement de 200 millions de yens par projet.

b. Projets financés par la NEDO

Suite à la crise des quotas chinois, la NEDO a financé durant l'année fiscale 2010 un projet de 400 millions de dollars à destination des entreprises visant à **réduire l'utilisation de ces ressources et à favoriser 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**. Ces projets industriels ont commencé à porter leurs fruits à partir de 2016:

- En juillet 2016, Daido Steel et Honda Motor CO. Ltd mettent au point un aimant de néodyme ne contenant pas de terres rares lourdes. Cet aimant est utilisé dès 2016 dans les voitures hybrides.
- En novembre 2016, Toshiba Corp. et Toshiba Materials développent un aimant de samarium cobalt riche en fer et dépourvu de terres rares lourdes.
- En octobre 2017, une collaboration académique et industrielle rassemblant l'Université de Tohoku, l'Université de Tsukuba et Denso Corp. a réussi à synthétiser un matériau magnétique composé d'un réseau d'atomes de fer et de nickel, arrangés très précisément (échelle atomique), qui pourrait par la suite être utilisé comme aimant pour les moteurs.
- En février 2018, Toyota Motor Corp. a présenté le premier aimant résistant à la chaleur et de composition réduite en néodyme jusqu'à 50 %. Cet aimant ne comporte pas non plus de terbium ni de dysprosium, matériaux auparavant critiques pour les aimants de néodyme résistants aux hautes températures. La part de néodyme réduite a été remplacée par du lanthane et du cérium, des terres rares plus économiques. La technologie de l'aimant a été adaptée pour garder les propriétés de résistance à la chaleur.

Dans ce secteur les acteurs publics sont :

- Le *National Institute for Material Sciences* (NIMS), institut de recherche spécialisé dans les matériaux dépendant du MEXT dont les 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.
- Le *Tokodai Institute for Element Strategy* (TIES) ou *Genso Cube* (littéralement « cube des éléments ») du TITech (*Tokyo Institute for Technology*) qui mène des recherches pour la création de matériaux innovants à partir de matières premières abondantes et participe ainsi à trouver des matériaux de substitution aux matières premières critiques. Il travaille en collaboration avec le NIMS, l'Université de Tokyo et la *High Energy Accelerator Research Organisation* (KEK, basée à Tsukuba). Dans le cadre de la stratégie des éléments, il héberge un projet financé par la JST sur 10 ans (2012-2021) visant à concevoir des 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.
- L'Université de Tohoku 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.
- l'Université de Kyoto pour le développement de nouveaux matériaux pour les catalyseurs de pots d'échappement et pour les électrodes de batteries de voitures d'une part et l'étude de la déformation et de la rupture de matériaux d'autre part.
- l'Université d'Osaka, dont des équipes travaillent sur les propriétés des semi-conducteurs dopés aux terres rares. Le Pr 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.

En 2012, une suprastructure dénommée ESICMM pour *Elements Strategy Initiative Center for Magnetic Materials* a été créée sous tutelle du MEXT et centralisée au NIMS. 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. Cette structure a pour but de fédérer la recherche au Japon sur les aimants permanents en se fixant comme objectifs d'optimiser les propriétés des matériaux magnétiques actuellement en usage et d'identifier des matériaux magnétiques de substitution utilisant uniquement des éléments en abondance. 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 de 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 TITech du **Tokodai Institute for Element Strategy** (TIES), surnommé **Genso Cube** (littéralement « cube des éléments ») en juin 2015.

4/ la constitution de stocks de métaux stratégiques

La seconde mission de la JOGMEC est la **constitution de stocks nationaux** et concerne trente éléments que le Japon a identifiés comme stratégiques en fonction des besoins du pays et des stratégies et des besoins des Etats-Unis et de l'Union Européenne. Dans ce but, la JOGMEC souscrit auprès des banques des emprunts dont l'Etat finance les intérêts à hauteur de 4 millions d'euros/an. Le volume et la composition des stocks sont tenus secrets afin que les pays producteurs ne puissent exploiter ces informations et que tout impact sur les cours des matériaux puisse être évité. La JOGMEC a 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. Parmi les terres rares lourdes, 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.

III. **Conclusions**

Les terres rares et les matières premières stratégiques font l'objet au Japon d'une stratégie gouvernementale bien encadrée incluant 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 représente 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.