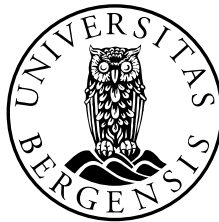


Making Sense of Rare Earth Elements

An interdisciplinary approach to mineral resources' ethics and governance

Fanny Verrax



UNIVERSITÉ DE
VERSAILLES 
SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES

Dissertation for the degree philosophiae doctor (PhD)
at the University of Bergen

2013

Dissertation date: 24/05/13

Scientific environment

This PhD thesis is the result of a collaboration between the University of Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ), France, and the University of Bergen (UiB), Norway. More specifically, the first year of the PhD tenure was located at the Research Centre for Ecological Economics, Eco-innovation and Sustainable Development (REEDS), in Guyancourt, France, while I spent the last two years and a half at the Centre for the Study of the Sciences and Humanities (SVT) in Bergen, Norway. The PhD was supervised by Prof. Jean-Paul Vanderlinden (UVSQ) and Prof. Roger Strand (UiB).

This PhD project has been funded by the UVSQ through a three-year doctoral fellowship (September 2009- September 2012). In addition, I received a 10 months YGGDRASIL grant from the Norwegian Research Council (September 2010- June 2011), as well as extra financial support from SVT in 2011 and 2012.

I am very thankful to these three funding sources.

Acknowledgements

« Le vent se lève! . . . il faut tenter de vivre!

L'air immense ouvre et referme mon livre »

...

Thanks to...

- ❖ My supervisors Roger Strand and Jean-Paul Vanderlinden, for giving me institutional support and respecting my independence.
- ❖ The current director of SVT, Matthias Kaiser, for his auspicious words, his genuineness, and for inviting me twice to the workshop at “Altonaer Stiftung für philosophische Grundlagenforschung” in Hamburg.
- ❖ The research staff at SVT, for interesting talks in all areas. A particular thank you to Gunnar Skirbekk, Ragnar Fjelland and Rasmus Slaattelid, notably for giving me feedbacks on a previous version of the first paper of this PhD.
- ❖ The administrative staff at SVT for being so friendly and helpful and more specifically Signe Solberg for enlightening our healthy breaks with her gentle smile.
- ❖ Visiting scholars at SVT, and more particularly Silvio Funtowicz and Jeroen van der Sluijs for inspiring talks.
- ❖ Fellow PhD students for mutual support, within formal groups such as the SKOK PhD Group, or through more casual, entertaining and constructive encounters. I think

especially here of Sven Diekmann, Synnøve Økland Jahnsen, Anne-Lise Ly, Sarah Anna Szeltner, and, last but not least, Marie Robert for her benevolent *délicatesse*. I wish them all the best of luck for the completion of their PhDs.

- ❖ Robert Mintram for proof-reading the first paper of this PhD dissertation.
- ❖ All the people, well-known and complete strangers, who participated to the website “Sustainable Scenarios”, making this part of my research possible.
- ❖ The different communities that made my life in Norway less solitary and much more fun: thanks to the people from Multimix at the Red Cross Youth, Bergens Teaterkollektivet, Bergens Turnforenings Orkester, and all those who spent time and energy trying to improve my Norwegian skills!
- ❖ A very warm thank you to Michel Puech, for giving me the tools I may need in my academic life and beyond.
- ❖ And finally a fondly thought for my family and friends, in France, Norway and elsewhere.

In memoriam

Serge Bonafoux du Gru (1933-2006)

Fleur Rodriguez-Gallois (1984-2010)

Abstract

This interdisciplinary PhD dissertation aims to identify and address the ethical challenges posed by rare earth elements, as a non-renewable, ill-distributed, and valuable resource. The overall theoretical framework in which this study is conducted is the one of Post-Normal Science (PNS), in which stakes are high, facts are uncertain and values are in dispute, a description that fits perfectly rare earth elements. One of the flagship recommendations of PNS is the need to rethink the way technocratic decisions are made, so as to involve more people, and more lay-people, when addressing an issue that can potentially affect many. This PhD thesis took this challenge by trying to make sense of different voices that are not usually heard: future generations on one hand, concerned citizens and internet-users discussing governance issues of rare earths on the other hand.

The first paper of this PhD thus proposes a philosophical analysis of the concept of future generations, of paramount importance when considering a non-renewable resource, and addresses the question: is there a moral specificity of environmental legacy towards future generations? I suggest that arguments supporting the idea of a moral specificity ultimately come down to three, that I have called the survival argument, the nature argument, and the science argument. I discard all three arguments and propose instead a present-oriented approach which, I contend, is philosophically sounder, and in practice more effective.

The second paper relates the result of a participative website, “Sustainable Scenarios” that I created during the PhD to foster a public debate around different ideas of governance. The main finding of this paper is that it is highly problematic to foster public deliberation on environmental issues that are not previously known by the participants and which are not perceived as potentially affecting their personal life.

The third paper analyzes over 5000 online comments relating to global trade of rare earths and a WTO dispute settlement case launched in March 2012. It concludes that for most internet-users, the WTO is not the right arena to discuss such an issue, partly

because values conflicts are at stake. It suggests that they may be right in this respect and that if institutional renewal is needed in order to address contemporary challenges such as environmental issues, taking into account spontaneous critiques from citizens voicing their opinion on the Internet may be a good way to start if we want our global institutions to address more relevantly the issues we are facing.

The overarching conclusion of the PhD dissertation is threefold:

- (i) It is not necessary to presuppose uniqueness or superiority of environmental threats, neither from a practical point of view in order to address them nor from a philosophical point of view to legitimate the very existence of environmental ethics.
- (ii) Even though a citizen-driven and innovative debate on environmental issues is highly relevant, such a debate seems to be able to take place only on issues that have been pre-identified by institutions, jeopardizing the innovative aspect of participation through problem definition.
- (iii) The institutional way of addressing trade disputes over mineral resources is not perceived as, and indeed does not seem adapted to, a protean case reflecting many a conflict between individuals and communities.

Résumé

Cette thèse de doctorat vise à identifier et analyser les problèmes éthiques posés par les terres rares, comme ressource non-renouvelable, mal répartie, et essentielle à notre modernité. Le cadre théorique global dans lequel cette étude est menée est celui de la science post-normale (PNS), dans lequel les enjeux sont élevés, les faits sont incertains et les valeurs en conflit, une description qui correspond parfaitement aux terres rares. L'une des recommandations phares de la PNS est la nécessité de repenser la façon dont les décisions technocratiques sont prises, de manière à impliquer davantage de personnes, au-delà des experts. Cette thèse s'est donnée comme objectif de relever ce défi en essayant de faire sens de voix qui ne sont pas habituellement entendues: les générations futures, d'une part, les internautes discutant de questions de gouvernance des terres rares, d'autre part.

Le premier article de cette thèse propose ainsi une analyse philosophique du concept de générations futures, d'une importance capitale quand l'on considère une ressource non renouvelable, et tente de répondre à la question: y a-t-il une spécificité morale de l'héritage environnemental envers les générations futures? Les arguments qui soutiennent l'idée d'une spécificité morale peuvent se ramener à trois grandes familles d'arguments, que j'ai appelées l'argument de la survie, l'argument de la nature et l'argument de la science. Je montre les limites de ces trois arguments et propose à la place une approche axée sur le présent, qui est philosophiquement plus robuste, et dans la pratique plus efficace.

Le second article fait état des résultats d'un site web participatif, « Sustainable Scenarios » créé au cours de ce travail de thèse afin d'offrir un espace de discussion autour de différents scénarios de gouvernance. La principale conclusion de cette étude est qu'il est très difficile d'engager le public sur des questions environnementales qui ne sont pas déjà connues par les participants et qui ne sont pas perçues comme susceptibles d'affecter leur vie quotidienne.

Le troisième article analyse plus de 5000 commentaires en ligne ayant trait au commerce mondial des terres rares et à un cas de règlement des différends de l'OMC lancé en Mars 2012. Il conclut que, pour la plupart des internautes, l'OMC n'est pas le bon endroit pour discuter une telle question, en partie parce que des conflits de valeurs sont en jeu. Il suggère qu'ils peuvent avoir raison à cet égard et que, si le renouvellement institutionnel est nécessaire pour faire face aux défis contemporains tels que les questions environnementales, tenir compte des critiques spontanées de citoyens exprimant leur opinion sur Internet peut être une bonne façon de commencer si l'on veut que nos institutions globales puissent faire face de manière plus pertinente aux problèmes auxquels nous sommes confrontés.

Les principales conclusions de ce travail sont donc :

- (i) qu'il n'est pas nécessaire de présupposer une unicité ou une supériorité des menaces environnementales ni d'un point de vue pratique pour les combattre ni d'un point de vue philosophique pour légitimer l'existence d'une éthique environnementale.
- (ii) qu'alors même qu'un débat citoyen et novateur sur les enjeux environnementaux est extrêmement pertinent, un tel débat ne semble pouvoir avoir lieu qu'à propos de questions pré-identifiées par les institutions, rendant l'aspect innovant de la participation critique.
- (iii) qu'un règlement de différends sur la question de l'extraction et du commerce des ressources minérales *via* la solution institutionnelle d'un organisme international n'est pas perçu comme, et en effet ne semble pas, adapté à un cas protéiforme qui reflète de nombreux conflits de valeurs entre individus et communautés.

List of publications

- Paper I:** Verrax, F. (under submission). Revisiting the moral specificity of the environmental legacy, submitted to *Environmental Ethics*.
- Paper II:** Verrax, F. (accepted under revisions). Challenges of Online Deliberation and Environmental Governance: Lessons from a participative website on Rare Earth Elements' Governance, submitted to *Environmental Policy and Governance*.
- Paper III:** Verrax, F. (under submission). Mapping Out and Making Sense of Public Reactions to Rare Earth Elements' Global Trade, submitted to *Public Understanding of Science*.

Contents

SCIENTIFIC ENVIRONMENT.....	3
ACKNOWLEDGEMENTS.....	5
ABSTRACT.....	7
RESUME	9
LIST OF PUBLICATIONS.....	11
INTRODUCTION.....	14
1. LE CHOIX D'UNE ETUDE DE CAS : LES TERRES RARES.....	14
1.1 PROPRIETES PHYSIQUES ET REPARTITION DE LA DEMANDE MONDIALE	15
1.2 BREF HISTORIQUE.....	16
1.3 LES TERRES RARES ET L'ENVIRONNEMENT	18
2. CADRES THÉORIQUES	20
2.1 MODE 2 ET SCIENCE POST-NORMALE	20
2.2 LES TERRES RARES EN TANT QU'ENJEU APPARTENANT A L'ÈRE DE LA SCIENCE POST-NORMALE.....	24
<i>Incertitudes</i>	24
<i>Valeurs</i>	27
« High stakes » : environnementaux, économiques, politiques et militaires	33
<i>Décisions urgentes</i>	38
2.3 CONSEQUENCES D'UNE APPROCHE POST-NORMALE	40
3. CONSTITUTION DU MATERIEL EMPIRIQUE ET QUESTIONS METHODOLOGIQUES....	41
3.1 ARTICLE I : QUESTIONS D'ECHELLE ET DE DEFINITION	42
3.2 ARTICLE II : SUSTAINABLE SCENARIOS	44
3.3 ARTICLES II ET III : TRAVAILLER SUR DU MATERIEL EN LIGNE	48
<i>Un terrain légitime</i>	48
... <i>présentant de nombreux défis</i>	50

<i>La tentation du quantitatif</i>	52
<i>L'analyse par théorisation ancree</i>	53
4. PRÉSENTATION ET DICUSSION DES ARTICLES	54
4.1 ARTICLE I: REVISITING THE MORAL SPECIFICITY OF THE ENVIRONMENTAL LEGACY	55
4.2 ARTICLE II: CHALLENGES OF ONLINE DELIBERATION AND ENVIRONMENTAL GOVERNANCE: LESSONS FROM A PARTICIPATIVE WEBSITE ON RARE EARTH ELEMENTS' GOVERNANCE	57
4.3 ARTICLE III: MAPPING OUT AND MAKING SENSE OF PUBLIC REACTIONS TO RARE EARTH ELEMENTS' GLOBAL TRADE.....	59
4.4 LIENS ENTRE LES TROIS ARTICLES	63
5. CONCLUSIONS ET DIRECTIONS À SUIVRE	66
TRAVAUX CITÉS	68
PUBLICATIONS	74

Paper I: *Revisiting the moral specificity of the environmental legacy*

Paper II: *Challenges of Online Deliberation and Environmental Governance: Lessons from a participative website on Rare Earth Elements' Governance*

Paper III: *Mapping Out and Making Sense of Public Reactions to Rare Earth Elements' Global Trade*

Introduction

1. Le choix d'une étude de cas : les terres rares

J'ai été relativement libre de choisir une étude de cas pour cette thèse, en gardant à l'esprit trois contraintes issues de mon projet initial et de l'environnement scientifique et institutionnel dans lequel je me trouvais. Premièrement, l'étude de cas choisie devait impérativement avoir un lien fort avec la problématique environnementale au sens large. Deuxièmement, cette étude de cas devait présenter des enjeux éthiques et sociaux importants. Enfin, en termes de méthodologie, il m'incombait d'implémenter une méthode de participation électronique fondée sur les développements associés au projet TECHNOLIFE¹.

Quand on pense à un enjeu environnemental, les premiers exemples qui viennent en tête sont sans doute le changement climatique et la biodiversité, qui ont donné lieu tous deux à d'innombrables publications, scientifiques et populaires, débats, conférences, etc. et ce de la part de la plupart des disciplines académiques. Si cette prolifération d'approches a un côté rassurant – cela veut dire qu'il existe une littérature « débroussaillant » le terrain, des revues académiques où publier, et d'une façon générale des interlocuteurs avec qui échanger des perspectives – la capacité d'innovation et de recherche originale, en est d'autant réduite. Je me mis donc en quête de l'inverse : un sujet peu connu du grand public et *a priori* ignoré du milieu académique. La question des ressources non-renouvelables me semblait pertinente par ailleurs pour l'ensemble du projet de thèse, je commençai à me documenter sur les différents types de ressources minérales, et trouvai finalement le candidat idéal : les terres rares.

¹ (Rommetveit, et al., forthcoming)

1.1 Propriétés physiques et répartition de la demande mondiale

Les terres rares sont un ensemble de 17 éléments chimiques aux propriétés voisines regroupant la famille des lanthanides, ainsi que les métaux de transition scandium et yttrium. A l'état naturel, les terres rares se trouvent dans deux types de minéraux, la bastnaésite et la monazite, qui est également hôte de l'uranium et du thorium. Ce qui rend ces éléments si particuliers, c'est qu'ils possèdent des configurations formées d'électrons f qui, enfouies au cœur de l'atome, conservent à l'état condensé les propriétés des atomes libres, un cas unique parmi tous les éléments². Ils ont par conséquent des propriétés catalytique, magnétique, électrique, chimique et optique uniques, qui les rendent nécessaires pour de nombreuses applications.

Trois éléments en particulier concentrent à eux seuls une grosse majorité de la demande (83%). Il s'agit du Cérium, du Lanthane et du Néodyme (qui sont tous trois des terres rares légères). Le tableau ci-dessous montre la proportion de chaque élément en pourcentage de l'offre mondiale estimée en 2015³.

Cérium	40
Lanthane (La)	27
Néodyme (Nd)	16
Yttrium (Y)	5
Praséodyme (Pr)	5
Samarium (Sm)	2

² (Caro & Christmann, 2012)

³Source : IMCOA, basé sur une offre estimée d'environ 225 000 tonnes. Les éléments non mentionnés (holmium, thulium, ytterbium, lutécium et scandium), représentent un très faible pourcentage.

Gadolinium	2
Dysprosium (Dy)	0,9
Europium (Eu)	0,4
Erbium (Er)	0,4
Terbium (Tb)	0,2

Figure 1: Proportion en pourcentage de l'offre mondiale estimée en 2015

Ce n'est pas une coïncidence si les pourcentages donnés ici correspondent presque exactement à la constitution du Mischmétal. Cet alliage de terres rares, comportant environ 45-50 % de cérium, 25 % de lanthane, 15-20 % de néodyme et 5 % de praséodyme, reflète en effet les occurrences naturelles des terres rares.

1.2 Bref historique

Un bref rappel historique⁴ de la découverte et du développement des terres rares illustre trois caractéristiques qui se retrouvent aujourd'hui : la question de la rareté, du rôle prédictif de la science, enfin des applications et de la commercialisation.

Tout dans l'appellation de terres rares évoque la rareté, la difficulté d'accès. C'est en 1787 que Carl Axel Arrhenius découvre pour la première fois à Ytterby en Suède (pour l'anecdote, le nom « ytterby » signifie « la ville au-dehors ») ce qu'il nomme alors « ytterbite » et qu'il envoie au chimiste finlandais Johan Gadolin qui identifie alors proprement l'yttrium, mais l'appellation de terres « rares » pour la classe reste d'usage. Johann August Friedrich Breithaupt, minéralogiste allemand qui fut le premier à décrire la monazite, un des principaux minéraux hôtes des terres rares,

⁴ Pour un historique plus détaillé, voir la section 1.2, « Discovery », de (Gupta & Krishnamurthy, 2004). L'article « Rare Earth Elements » de l'Encyclopédie Britannica en ligne est également assez bien fourni. (<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/491579/rare-earth-element/81142/History>)

nomma la roche ainsi du grec *monozoos*, « vivant seul ». Par la suite il fut découvert que cette roche n'était pas si rare, et vers 1965 la bastnasite commença à être exploitable. En 1838, G. Mosander identifie le lanthane, qu'il nomme du grec lanthanide, littéralement « je suis caché ».

En 1869, quand Mendeleïev propose sa table périodique des éléments comportant les 63 éléments connus à l'époque, il laisse une place vide pour ce qui deviendra le scandium, et il décrit certaines propriétés de cet élément alors inconnu. Le scandium est en effet découvert dix ans plus tard (en 1879) par le chimiste suédois Lars Fredrik Nilson, et la similarité de ses propriétés réelles avec celles prédites par Mendeleïev contribue à renforcer la légitimité de son tableau périodique.

Quant aux applications, aujourd'hui si nombreuses et variées que les terres rares apparaissent comme indispensables, à l'origine c'est la disponibilité du matériau qui a conduit à des recherches sur ses applications possibles et non l'inverse. C'est le chimiste autrichien Carl Auer von Welsbach qui un des premiers a essayé de trouver une utilité aux lanthanides, qui se trouvaient en grande quantité dans la monazite qu'il utilisait uniquement pour en extraire le thorium et le cérium nécessaires au manchon à incandescence. Aujourd'hui, la situation s'est complètement renversée, puisque la monazite est exploitée *pour* ses terres rares, et *malgré* les propriétés radioactives de son thorium. De sous-produit, les terres rares sont devenues essentielles.

Un autre aspect intéressant à prendre en compte dans l'historique des terres rares est le fait que Carl Auer von Welsbach avait complètement intégré la dimension commerciale à ses recherches, en créant, dès 1907, l'entreprise Treibacher Chemische Werke GesmbH, qui continue d'exister dans le champ des terres rares et des pierres à briquet.

Dès le début, les terres rares sont donc affaire de « technoscience ».

1.3 Les terres rares et l'environnement

Les terres rares constituent un enjeu environnemental majeur par trois aspects au moins : il s'agit d'une ressource non-renouvelable, utilisée dans le développement des technologies vertes, et dont l'extraction et la transformation ont des impacts environnementaux lourds.

Une ressource rare et non-renouvelable

De façon la plus évidente, il s'agit d'une ressource non-renouvelable, avec par conséquent un risque d'épuisement à plus ou moins long terme. Toutes les terres rares ne sont pas égales face à ce risque. En effet, les terres rares sont usuellement divisées en deux groupes : les terres rares légères, plus abondantes, et les terres rares lourdes, moins fréquentes et plus précieuses. Il convient de préciser toutefois que l'appellation de « terres rares » est trompeuse quant à la rareté supposée de ces minéraux. Le cérium, de loin l'élément le plus utilisé des terres rares, a ainsi une abondance similaire à celle du cuivre. En revanche, des éléments tels que le néodyme, l'euporium, le terbium, le dysprosium et l'yttrium, encourent un risque de pénurie sur le court terme (dans les 15 prochaines années).⁵ Ajoutons qu'aucun matériau de substitution n'est à ce jour connu, et que moins d'1% des terres rares font l'objet d'un procédé de recyclage. Quand bien même les terres rares ne souffrent pas d'une rareté absolue en termes de nombre de gisements, la problématique de la rareté et d'un éventuel épuisement, se pose bien pour ces éléments. (Behrendt, et al., 2007) proposent trois définitions différentes de la rareté pour les métaux : 1) Les métaux rares sont des métaux chers ou dont le prix a augmenté considérablement. 2) Les métaux rares sont des métaux dont la disponibilité actuelle est faible 3) Les métaux rares sont des métaux dont l'extraction n'a lieu que dans quelques pays⁶. Les terres rares correspondent bien à ces trois critères de rareté relative des métaux. La problématique de l'épuisement pourrait donc se poser non seulement pour les générations futures mais également pour le présent. La question de l'épuisement des

⁵ Pour une analyse détaillée de l'équilibre entre l'offre et la demande, voir (Schüler, Buchert, Liu, Dittrich, & Merz, 2011).

⁶ (Behrendt, et al., 2007, pp. 10-19)

ressources minérales ne fait toutefois pas consensus : au-delà des débats techniques sur des évaluations chiffrées, c'est la question même du concept d'épuisement qui est en jeu. La section 2.2.2 « Valeurs en jeu » s'attachera à décrire ce conflit de valeurs de façon plus complète.

Des métaux indispensables aux technologies « vertes »

Les terres rares, de par leurs propriétés magnétiques et catalytiques, sont, au vu des connaissances technologiques actuelles, indispensables au développement de nombreuses technologies, civiles et militaires, du polissage des puces d'ordinateur aux télémètres laser et systèmes de guidage, en passant par l'amélioration de procédés médicaux tels que les examens IRM. Ce qui les rend particulièrement intéressantes pour notre propos est cependant leur application dans les technologies destinées à réduire l'émission des gaz à effet de serre. Ainsi, le lanthane sert à fabriquer des piles rechargeables à hydrure métallique de nickel-lanthane, utilisées dans les véhicules électriques et hybrides. Le cérium quant à lui sert à fabriquer des convertisseurs catalytiques pour réduire la pollution (filtres Diesel). Le néodyme et le praséodyme combinés permettent de fabriquer des aimants extrêmement puissants, utilisés dans les générateurs des éoliennes.

Pollution locale liée à l'extraction et transformation du minerai

Troisièmement, et à rebours de l'image quelque peu idyllique donnée par l'évocation de ces technologies vertes, les processus d'extraction et d'exploitation de ces terres rares ont des conséquences environnementales importantes⁷. Il y a tout d'abord la problématique des sous-produits radioactifs, tels que le thorium et l'uranium, présents dans la plupart des gisements⁸. Il y a ensuite la pollution liée au raffinage, dont 70% a lieu dans la ville de Baotou, en Mongolie Intérieure (Chine). En quelques années, un lac artificiel toxique d'une dizaine de kilomètres carrés s'est formé, à quelques centaines de mètres des habitations⁹.

⁷ Pour un compte-rendu exhaustif des aspects environnementaux, voir (Schüler, Buchert, Liu, Dittrich, & Merz, 2011, pp. 42-61)

⁸ (Christmann, 2011, p. 81)

⁹ (Bontron, 2012)

Certains auteurs estiment ainsi que d'un point de vue purement environnemental, les inconvénients surpassent les avantages : "La croissance verte est un mythe : la course technologique et l'innovation créent un emballement de besoins en métaux, en particulier les plus rares, qui rend cette croissance non durable."¹⁰ Face à un sujet aussi complexe, il s'agissait donc de choisir le bon cadre théorique.

2. Cadres théoriques

Les philosophes des sciences, et plus largement les contributeurs au champ des « Science and Technology Studies » (STS) ont développé depuis quelques décennies plusieurs approches censées rendre mieux compte des enjeux contemporains associés au développement scientifique et technique. L'analyse socio-technique de la plupart des études en STS porte cependant généralement sur un objet technique en particulier¹¹, ou s'attachent à étudier une discipline scientifique¹², rarement l'attention est-elle portée sur un type de ressource minérale¹³. C'était là partie du défi que cette thèse a essayé de relever. Plusieurs cadres théoriques étaient pertinents pour penser les terres rares : celui du Mode 2 de production des savoirs, forgé par (Gibbons, et al., 1994) et celui de la science post-normale, développé par (Funtowicz & Ravetz, 1991) recevront une grande attention dans la suite de cette introduction.

2.1 Mode 2 et Science Post-Normale

Face au défi de penser l'incertitude scientifique, deux nouvelles conceptions de la science ont émergé au début des années 1990 : la « science post-normale », théorisée par Jerome Ravetz et Silvio Funtowicz, et le Mode 2 de production de la

¹⁰ (Bihouix & de Guillebon, 2010)

¹¹ Des exemples célèbres sont fournis, entre autres, par (MacKenzie & Wajcman, 1999) ou (Latour, 1996).

¹² Des sous-disciplines émergentes comme les nanotechnologies ou la biologie synthétique reçoivent une attention grandissante de la part des chercheurs ELSA (« Ethical, Legal, and Social Aspects »).

¹³ A l'exception notable de l'analyse constructiviste de la dolomite par (Hacking, 1999, pp. 251-259). Son analyse s'inscrit cependant plutôt dans une perspective mertonienne visant à éclairer un autre exemple de « doublet de l'histoire des sciences ».

connaissance, développé entre autres par Helga Nowotny, Peter Scott, et Michael Gibbons. Ces deux écoles en sont venues à définir les contours d'une science renonçant à un idéal de certitude pour accepter celui, plus réaliste et plus productif, de robustesse. La science post-normale, tout comme le Mode 2, ne traitent pas exclusivement de la problématique de l'incertitude ; d'autres défis sont pris en compte, notamment la dimension collaborative et l'interface entre science et société. Ce sont ces deux conceptions de la robustesse de la connaissance scientifique que nous allons examiner maintenant.

L'approche la plus plébiscitée par la production académique de ces dernières années est celle du « Mode 2 de production des savoirs »¹⁴. Contrairement au *mode 1*, traditionnel, qui s'appuie sur l'apprentissage de la recherche lié à l'option d'une discipline spécialisée, et qui demeure le propre des universités, le *mode 2* a pour caractéristiques d'être multidisciplinaire, de se développer en dehors du cadre strict des universités, sur la base d'enjeux commerciaux ou de société et de finalités collectives exprimées par la sphère publique. Une autre caractéristique du *Mode 2* est de prendre place dans un contexte où s'accroissent complexité et incertitude, ce que H. Nowotny, P. Scott et M. Gibbons nomment dans un autre ouvrage¹⁵ la « contextualisation ».

Quant à la science post-normale, nous prendrons pour la présenter la définition qu'en donne Jerome Ravetz :

« En réponse aux nouvelles conditions de la science dans son contexte social, comportant une agitation et une incertitude accrues, l'idée de la « Science Post-Normale » a été développée. Allant au-delà des suppositions traditionnelles selon lesquelles la science est à la fois certaine et objective, elle fait des incertitudes et des enjeux de décision les éléments essentiels de son analyse. Elle distingue entre « la science appliquée » où les deux dimensions sont faibles, le conseil professionnel, où

¹⁴ (Gibbons, et al., 1994). Une communication de Silvio Funtowicz durant le séminaire « *Post-normal science and its ethical aspects* » en septembre 2012 à Hambourg a attiré mon attention sur le fait que le cadre théorique de Mode 2 avait été principalement utilisé dans le milieu académique, tandis que celui de science post-normale avait plutôt été repris par les acteurs de la société civiles : ONG, associations militantes, etc.

¹⁵ (Nowotny, Scott, & Gibbons, *Rethinking science: knowledge in an age of uncertainty*, 2001)

au moins un des deux est significatif, et la Science Post Normale, où au moins un des deux est crucial.»¹⁶

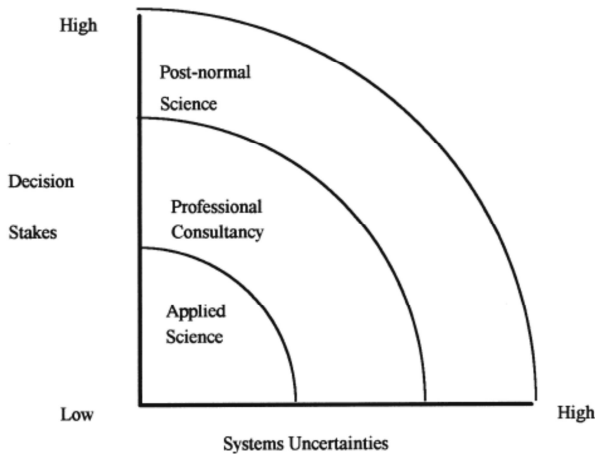


Figure 2: Le schéma de la science post-normale¹⁷

J. Ravetz suggère qu'une bonne partie du problème vient de la façon dont on enseigne les sciences, qui laisse penser que tous les problèmes sont simples et solvables à partir d'un manuel. C'est quand « the textbook analogy » n'est plus de mise qu'il faut penser en termes de science post-normale : « Dans de telles conditions, le principe directeur de la recherche traditionnelle, l'objectif d'obtention de la vérité, ou au moins d'une connaissance factuelle, doit être modifié. Dans des conditions post-normales, de tels produits sont un luxe, ou plutôt un anachronisme. Ici, le principe directeur est plus robuste, c'est celui de la qualité, comprise de façon plus compréhensible que dans le cadre de la recherche traditionnelle. »¹⁸ Certains outils permettant d'évaluer la qualité de la connaissance, notamment le système notationnel NUSAP et l'outil QAAT, qui sont d'authentiques produits de la science

¹⁶ «In response to the new conditions of science in its social context, with increasing turbulence and uncertainty, the idea of 'Post-Normal Science' has been developed. Going beyond the traditional assumptions that science is both certain and value-free, it makes systems uncertainties' and 'decision stakes' the essential elements of its analysis. It distinguishes between 'applied science' where both dimensions are low, 'professional consultancy' where at least one is salient, and Post-Normal Science where at least one is severe. (Ravetz, 1999, p. 647)

¹⁷ (Ravetz, 1999, p. 650)

¹⁸ «Under such circumstances, the traditional guiding principle of research science, the goal of achievement of truth or at least of factual knowledge, must be modified. In post-normal conditions, such products may be a luxury, or indeed an irrelevance. Here, the guiding principle is a more robust one, that of quality, understood more comprehensively than in the traditional research setting.» (Ravetz, 1999, p. 649)

post-normale, permettent ainsi de garantir la robustesse de la connaissance. La science post-normale en appelle par ailleurs pour garantir cette robustesse à une pluralité de points de vue légitimes, y compris en-dehors des communautés scientifiques.

Une différence essentielle entre la conception de la robustesse véhiculée par la science post-normale et celle inscrite dans le cadre du Mode 2 de production de la connaissance, est que, alors que la science post-normale se sert de la fiabilité de la connaissance comme d'un indicateur pour évaluer la robustesse de celle-ci, les théoriciens du Mode 2 suggèrent que « pour rester fiable, la connaissance doit aussi être socialement robuste. »¹⁹ Les auteurs entendent cinq choses par « connaissance socialement robuste »:

- (i) La robustesse sociale est un concept relationnel : elle ne peut être évaluée que par rapport à un contexte spécifique.
- (ii) La robustesse sociale décrit un processus qui peut parvenir à une certaine stabilité.
- (iii) La robustesse de la connaissance ne s'identifie pas à son degré d'acceptation, par des individus, des groupes ou des sociétés. Les deux aspects sont évidemment liés, mais il est important de reconnaître que la robustesse sociale est une notion prospective qui prend tout son sens à l'épreuve de contextes inconnus ou imprévisibles.
- (iv) La robustesse se manifeste quand la recherche a été infiltrée et améliorée par la connaissance sociale. »
- (v) Toute connaissance socialement robuste a une dimension empirique importante : elle se prête à de fréquentes mises à l'épreuve, à des effets en retour et à des améliorations, parce qu'elle n'est jamais complète.

Il convient de remarquer qu'on est là face à un renversement du mode traditionnel de la science, où la qualité de la connaissance dépend d'une restriction *a minima* des contextes et des facteurs qui devaient être pris en compte.

« Beaucoup des techniques scientifiques les plus puissantes – le réductionnisme, la normalisation, les méthodes d'échantillonnage, les groupes de contrôle – se fondent sur cette volonté de mise en quarantaine ou d'isolement. [...] Notre thèse est que la situation s'est inversée. Les disciplines scientifiques qui ont voulu sauvegarder un « espace stérile » en persistant à limiter les facteurs pris en compte, [...] deviennent

¹⁹ (Nowotny, Scott, & Gibbons, Repenser la science, 2003, p. 228)

de moins en moins productives. Celles qui affrontent, volontairement ou non, la diversité des facteurs extérieurs [...] ne sont pas seulement plus « pertinentes » [...] mais deviennent aussi plus fertiles en termes de quantité et de qualité de la connaissance produite.»²⁰

Il convient désormais de montrer en quoi, *a contrario*, la qualité de l'approche des questions environnementales telles que la gestion des ressources non-renouvelables, et plus particulièrement celle des terres rares, dépend de l'étendue de la prise en compte de critères extrascientifiques.

2.2 Les terres rares en tant qu'enjeu appartenant à l'ère de la science post-normale²¹

La science post-normale a été définie par quatre caractéristiques : des incertitudes importantes, des valeurs en discussion, des enjeux graves, et des décisions urgentes à prendre. Je vais montrer dans la partie qui suit en quoi les terres rares répondent bien à chacun de ces critères.

Incertitudes

Le premier critère justifiant une approche post-normale est un domaine dans lequel les incertitudes sont importantes (*high*). Mais comment caractériser l'incertitude, en fonction de quels critères peut-on affirmer que les incertitudes liées aux ressources minérales et plus particulièrement aux terres rares sont d'une nature telle qu'une approche scientifique « normale » ne pourrait les appréhender ?

Le degré 0 d'une typologie de l'incertitude peut être représenté par la typologie proposée par Pierre F. Gonod²², qui distingue quatre types selon leur degré d'incertitude :

²⁰ (Nowotny, Scott, & Gibbons, Repenser la science, 2003, p. 214)

²¹ Cette section s'inspire librement de mon mémoire de Master (Verrax, 2009) pour sa partie théorique, ainsi que d'un papier rédigé pour un séminaire doctoral à Bergen, intitulé « Climate Change and Rare Earth Elements Scarcity: From Post-Normal Science to Post-Normal Politics » pour l'application aux métaux et aux terres rares.

-
- (i) Prévision à contenu déterministe, et quasi-mécaniste. On est là dans le domaine de la certitude : Il s'agit de processus dont les lois de transformations ou de mouvements sont connues et quantifiables.
 - (ii) Prévision aléatoire, stochastique. Là aussi les lois de transformation sont connues ainsi que leurs équations conditionnelles. Mais on quitte le domaine de la certitude au sens strict pour entrer dans celui du « si...alors ».
 - (iii) Certitude qualitative et incertitude quantitative : « L'orientation des processus est connue mais ne peut être assortie d'un jeu de probabilités de leur réalisation. »
 - (iv) Incertitude qualitative et quantitative : « Il est impossible de connaître les alternatives des futurs. Cette incertitude peut venir de l'absence de connaissances et d'informations, mais surtout de la nature même de phénomènes de mutations, de rupture, d'écroulement de structures mal identifiées. »

S'il peut être intéressant de quantifier le degré d'incertitude, et de quantifier entre incertitude quantitative et incertitude qualitative, on ne peut se contenter d'une telle approche.

Un ouvrage collectif récent²³ consacré au lien entre incertitude et environnement distingue trois grandes catégories d'incertitude : les incertitudes techniques liées aux mesures et aux représentations ; les incertitudes liées à la structure des modèles et à leur validation ; l'incertitude dans la politique de gestion. Le cas des ressources minérales et des terres rares en particulier participe de ces trois catégories.

Certains auteurs, tels John Tilton, estiment que l'incertitude est telle « que nous ne savons tout simplement pas si les ressources minérales d'ici 200 ans seront plus ou moins chères, plus ou moins disponibles ».²⁴ Le même auteur fait remarquer que tout « dépend de la course entre l'augmentation des coûts lié à l'épuisement, et la réduction des coûts lié aux nouvelles technologies. Le résultat sera le fruit de nombreux facteurs, et est tout bonnement inconnu. »²⁵ Par ailleurs, Tilton reconnaît

²² (Gonod)

²³ (Allard, Fox, & Picon, 2008)

²⁴ "Given such uncertainty, we simply do not know whether mineral commodities 200 hundred years hence will be more or less expensive, more or less available." Cette phrase est tirée non de l'ouvrage principal de Tilton cité ci-après mais de l'article en découlant, disponible sur : http://faculty.senate.mines.edu/dist_lecture/tilton_text.pdf (p. 12)

²⁵ "The great beyond, however, depends on the race between the cost-increasing effects of depletion and the cost-reducing effects of new technology. The outcome will be influenced by many factors, and is simply unknown." (Tilton, 2002, p. 119)

que bien que d'avantage d'information de nature géologique réduirait l'incertitude, cela ne l'éliminerait pas complètement non plus.

L'aspect spéculatif de toute estimation de la disponibilité future des ressources minérales est ainsi mis en évidence par plusieurs auteurs et pour plusieurs raisons :

« Dans le but de mieux évaluer et/ou juger la question des exigences futures ou de la disponibilité future des ressources en métaux, l'on peut tout d'abord considérer des exemples historiques – par exemple, la quantité d'un métal produite jusqu'à aujourd'hui – et ensuite la demande attendue dans le futur, une fois que les pays en voie de développement et d'industrialisation auront ajusté leur niveau de consommation à celui des pays industrialisés. Bien entendu, ces deux estimations sont autant de spéculations incertaines. »²⁶

« De telles « estimations », et en particulier les extrapolations dans le futur concernant les développements techniques, l'effort d'extraction et le taux de rendement, sont naturellement extrêmement incertaines. »²⁷

« Etant donnée l'incertitude concernant la nature du contexte environnemental sur de longues périodes de temps, ceux qui proposent des projets [miniers] peuvent soutenir qu'il est en fait impossible d'évaluer précisément les implications de l'impact représenté par un projet minier, et peuvent utiliser cette absence d'information existante afin de ne pas entreprendre une telle évaluation. »²⁸

Ainsi l'incertitude peut être instrumentalisée dans un sens comme dans l'autre :

comme base d'un principe de précaution compris en l'occurrence comme effort de préservation, ou comme on le voit dans la dernière citation, afin de promouvoir des projets d'extraction minière – avec l'argument que si on ne peut pas quantifier avec certitude et précision l'épuisement d'une ressource donnée, aucun projet minier particulier ne peut être tenu pour responsable de cet épuisement. Ce raisonnement peut être rapproché à la fois de la logique du « passager clandestin » (*free rider*) mis en évidence par Mancur Olson dans les années 1960 et développé, entre autres, par l'économiste français Maurice Allais, et plus fortement encore de la « tragédie des communs » analysée par (Hardin, 1968).

²⁶ “In order to be able to assess and/or judge better the question as to future requirements and future availability of metallic resources, we can firstly look at historical examples – i.e. metal volumes produced globally to date – and secondly at expected demand in the future, once the current developing and newly industrialising countries adjust their level of consumption to that of the industrialised countries. Of course, both are likewise comparatively uncertain speculations.” (von Gleich, 2006, p. 9)

²⁷ “Such ‘estimations’ and especially the future extrapolations in the next step concerning technical developments, extraction effort and yield rates are naturally highly uncertain.” (von Gleich, 2006, p. 20)

²⁸ “Given uncertainty regarding the nature of the “background” environment over longer periods of time, project proponents may argue that it is in fact impossible to accurately assess the implications of the impact represented by a mining project, and may use the absence of existing information as a rationale for not attempting to do so.” (O’Faircheallaigh, 2009, p. 453)

Comme on le voit ici, au-delà des incertitudes techniques, les points d'achoppement font appel à des conflits de valeurs entre les différents partis.

Valeurs

Deux grands types de conflits de valeur peuvent être identifiés autour de la question des terres rares : d'une part, celui opposant les « optimistes » aux « pessimistes » sur la question de la possibilité même d'un épuisement des ressources minérales; d'autre part, un conflit de valeurs entre différentes conceptions du rôle des états, d'une approche « réaliste » à la vision universaliste de la société internationale, abordé dans l'article III, « Mapping Out and Making Sense of Public Reactions to Rare Earth Elements' Global Trade. ».

Pour ce qui est du premier conflit, de nombreux auteurs, appelés parfois cornucopiens²⁹ ou optimistes, vont jusqu'à nier qu'il s'agisse d'une menace réelle. Trois lignes d'argument principales peuvent être identifiées pour rendre compte de cet optimisme.

Premièrement, ces auteurs placent un espoir important dans les innovations technologiques³⁰. (Ericsson & Noras, 2005) par exemple avancent six arguments prouvant selon eux qu'il n'y a pas de risque d'épuisement des ressources, dont quatre ont à voir avec l'attente d'une innovation technologique. Parmi ces arguments on peut citer l'amélioration des techniques de recyclage, la recherche de substituts, l'amélioration des techniques de production, la miniaturisation constante des machines et équipements. Non liés à l'innovation technologique en elle-même mais présent dans l'argumentaire des deux auteurs se trouve également l'idée qu'à échelle de temps humaine il y a plus qu'assez de ressources minérales dans la croûte terrestre pour accommoder tout le monde, même en prenant l'hypothèse du plus haut taux de consommation *per capita*. Les rapports de l'US Geological Survey ou des chercheurs tels (Wellmer & Wagner, 2006) utilisent le même type d'arguments.

²⁹ Du latin *cornu copiae* ou « corne d'abondance » (anglais : *cornucopian*)

³⁰ Ce débat peut être retracé jusqu'à Nicolas de Condorcet, affirmant contre Malthus que l'inventivité humaine parviendrait à bout de tous les obstacles.

Deuxièmement, et de façon corollaire, les cornucopiens considèrent que la capacité du marché à se réguler lui-même est suffisante en la matière. Une importante étude empirique de (Barnett & Morse, 1963) a montré qu'une fois prise en compte l'inflation, le prix de toutes les ressources naturelles – excepté les produits forestiers – n'avait pas augmenté sur près d'un siècle – rappelons qu'il s'agit là d'une étude menée dans les années 1960, les résultats seraient probablement assez différents aujourd'hui. Les travaux de Barnett et Morse n'en continuent pas moins d'influencer nombre d'économistes de l'environnement, qui en concluent que les innovations techniques et les substitutions de ressources, encouragées par la pression du marché, ont déjà, et continueront, de prendre en charge même les questions de long-terme. Deux écologistes contemporains commentent : « C'était comme si le marché pouvait augmenter la quantité de ressources physiques sur terre. »³¹ Le fait que l'augmentation du prix d'une ressource conduise à de nouveaux équilibres – amélioration du recyclage ou remplacement par une ressource moins rare – est donc vu dans cette perspective comme une loi presque physique. Sans aller aussi loin et de façon plus concrète, un exemple de mesure préconisé par les adeptes du « sustainable mining » est le concept de « hiérarchie de ressources naturelles », basée sur l'espérance de vie connue de chaque réserve. L'idée consiste en substituer les métaux les plus rares par des métaux moins rares ou plus aisément recyclables. Chaque fois que c'est possible donc, remplacer les énergies fossiles par des ressources minérales non énergétiques, substituer à celles-ci des matières premières en gros, et enfin tenter de remplacer ces dernières par les déchets et résidus utilisés en tant que potentielles matières premières.

Troisièmement, j'identifie chez les auteurs cornucopiens ce que j'appellerai « une fois dans la continuité de l'histoire ». Leurs articles regorgent d'exemples dans lesquels une ressource a été remplacée par une autre – le cobalt par les ferrites, le cuivre par le silicium³², etc. -, évitant la pénurie. Une des figures de proue de ce mouvement, Julian Simon, a même écrit qu'il n'y avait pas de raison solide de croire

³¹ (Hall & Day, 2009, p. 234)

³² Pour de plus amples détails sur cet exemple, voir (Wellmer & Wagner, 2006)

qu'il y aurait plus de rareté des ressources minérales dans le futur lointain que maintenant, mais qu'il s'attendait plutôt à ce que le cuivre et d'autres ressources minérales deviennent progressivement moins rares. Et la raison principale pour cette croyance est le fait qu'aucune ressource minérale n'a jamais encore été complètement épuisée physiquement à l'échelle mondiale. Entre naïveté et provocation, Simon pose la question : « Y a-t-il une quelconque raison de penser que la période pour laquelle vous faites des prévisions sera différente du passé, en remontant aussi loin que ce que les données le permettent ? »³³.

Foi dans la technologie et l'inventivité humaine, foi dans le capitalisme et la régulation par le marché, foi dans une histoire qui se renouvelle mais ne change pas fondamentalement, sont à mon sens les ingrédients de cet optimisme débridé qui refuse de prendre au sérieux la question du risque d'épuisement des ressources minérales. Reprenons désormais ces arguments un à un, en les appliquant au cas des terres rares.

Pour ce qui est des innovations technologiques, les terres rares sont justement au cœur du procédé de miniaturisation, qui permet effectivement d'utiliser en moindre quantité d'autres ressources. Sans terres rares, pas de miniaturisation. Quant à l'argument proclamant qu'il y a assez de ressources pour tout le monde, cela peut être vrai de métaux tels le fer, l'aluminium, le magnésium, le titane ou le chrome, cités par (Ericsson & Noras, 2005), mais semble peu probable pour les terres rares. En addition, la répartition géographique relativement inégale de ces métaux pose également le problème de la distribution.

Quant à l'argument de la régulation de la rareté des ressources par le marché, il est très controversé. Dans la théorie classique du commerce international de Heckscher-Ohlin³⁴, un pays donné exportera le bien dont la production nécessite l'utilisation intensive du facteur qui est relativement abondant dans ce pays, mais cela ne prend

³³ (Simon, 1996)

³⁴ C'est la théorie standard en théorie du commerce international, selon laquelle les échanges internationaux reposent sur des différences de dotation dans les facteurs de production. Elle remonte à un article de 1933 : Bertil Ohlin, *Interregional and International Trade*, Cambridge, Harvard University Press.

absolument pas en compte le caractère fini des ressources non-renouvelables. On doit à Harold Hotelling de s'être attaqué, le premier, à la même période, à la question de l'extraction efficiente des ressources finies. Les travaux d'Hotelling visaient à répondre à deux questions : « comment une ressource devrait-elle être extraite au cours du temps pour maximiser le bien-être des générations actuelles et futures ? » et « la concurrence économique peut-elle soutenir le niveau d'extraction correspondant à l'optimum social ? »³⁵

Il répond à la première question en supposant que le coût marginal de production d'une ressource épuisable évolue en même temps que le prix du marché. La différence entre les deux, aussi appelée rente d'Hotelling, est donc supposée augmenter au fur et à mesure que la ressource se raréfie. Dans une situation optimale, quand la ressource est épuisée, le prix du marché est tellement élevé que la demande est nulle. Comme on le voit, ce raisonnement ne tient que si l'on suppose que la ressource est *remplaçable* par autre chose, et donc ultimement on en revient à l'argument technologique. Richard Norgaard a également montré que l'argument de la régulation de la rareté des ressources, au-delà de la rente d'Hotelling, était circulaire et par conséquent « logiquement fallacieux »³⁶. Il résume ainsi l'argument :

Prémisse 1 : si les ressources sont rares,

Prémisse 2 : si les allocateurs de ressources savent que les ressources sont rares,

Prémisse 3 : si le savoir des allocateurs de ressources affecte leurs décisions économiques,

Prémisse 4 : si les décisions économiques des allocateurs affectent les indicateurs économiques,

Conclusion : alors les indicateurs économiques reflèteront la rareté de la ressource.

³⁵ (Hotelling, 1931)

³⁶ (Norgaard, 1995, p. 155)

Il est intéressant de remarquer qu'à la fin de l'article, Norgaard établit un parallèle entre le développement de l'économisme, défini comme « la logique économique fautive et incomplète », et celui de la croyance en la science et le progrès modernes. Les deux arguments, foi dans la technologie et foi dans la capacité de régulation du marché, sont donc intimement liés.

Les philosophes reconnaîtront peut-être ici sous une forme légèrement modifiée un célèbre sophisme de l'Antiquité, celui d'Achille et la tortue. Rappelons les éléments de ce paradoxe : Achille étant un coureur rapide (et la tortue un reptile très lent), Achille accorde à la tortue une avance d'un certain nombre de mètres (les versions diffèrent). Puis Achille commence à courir, et parcourt à chaque fois la moitié de la distance qu'il lui reste à parcourir. Cependant d'après le paradoxe il ne la rattrape jamais puisqu'il ne fait jamais que réduire la distance qui le sépare de la tortue en la divisant par deux. Ainsi, résumé par Aristote,

« Le second sophisme de Zénon est celui qu'on appelle l'Achille. Il consiste à dire que jamais le plus lent, quand il est en marche, ne pourra être atteint par le plus rapide, attendu que le poursuivant doit, de toute nécessité, passer d'abord par le point d'où est parti celui qui fuit sa poursuite, et qu'ainsi le plus lent conservera constamment une certaine avance »³⁷

A ma connaissance ce paradoxe n'a jamais été utilisé dans le débat sur l'épuisement des ressources naturelles, mais il me semble que les similarités sont frappantes : en effet d'après le raisonnement sophistique de Zénon, et si l'on considère que l'avance de la tortue correspond aux réserves minérales, une ressource donnée ne pourrait jamais être épuisée, puisqu'il faudrait toujours d'abord en épuiser la moitié. Aristote a bien montré qu'il s'agissait là d'un sophisme fallacieux, et le bon sens nous dit qu'Achille finira bien par rattraper la tortue.

Enfin, la foi dans la continuité de l'histoire peut être vue, pour reprendre la désormais célèbre métaphore utilisée par (Boulding, 1966), comme la marque d'une civilisation bloquée dans une « économie de cow-boy » quand un changement de paradigme est

³⁷ (Aristote, 1862) Livre VI, « De la divisibilité du mouvement », chap. XIV, paragraphe 4.

nécessité pour passer à une « économie d'homme de l'espace », dans laquelle l'espace et les ressources ne sont pas illimitées.

Le deuxième grand type de conflit de valeurs porte quant à lui sur le rôle des nations à l'heure des échanges mondialisés. L'article III s'appuie sur la classification proposée par (Wight, 1991) entre trois grandes traditions de pensée, que l'on peut grossièrement résumer ainsi : réalisme (la responsabilité de l'homme d'Etat se limite aux frontières de son pays), réformisme (la responsabilité de l'homme d'état englobe le respect des traités internationaux) et révolutionnisme (l'homme d'Etat a une responsabilité non seulement envers les autres nations mais également envers leurs peuples, une obligation humanitaire d'ordre moral). Je suggère par ailleurs dans l'article III d'inclure à la tradition révolutionniste l'environnementalisme, en tant que mouvement cosmopolite. Si historiquement cette troisième tradition est la plus récente dans le champ des relations internationales, Peter Singer, fervent avocat d'un effacement progressif des frontières nationales, fait remarquer à juste titre que dès l'Antiquité de tels idéaux existaient, incarnés notamment par le philosophe chinois Mozi ou le grec Diogène³⁸. L'on comprend cependant que cet idéal universaliste prend une toute nouvelle importance à l'heure des défis environnementaux et de la tragédie des communs³⁹ : les ressources naturelles doivent-elles être gérées par des nations indépendantes, libres de préserver ou d'épuiser leurs stocks, ou par une communauté internationale idéalement soucieuse de durabilité ? D'après Peter Singer,

« dans la mesure où de plus en plus de problèmes requièrent des solutions mondiales, la marge de manœuvre avec laquelle chaque état peut déterminer de façon indépendante son avenir diminue. Nous avons par conséquent besoin de renforcer des institutions mondiales de prise de décision, et de les rendre plus responsables vis-à-vis des populations qu'elles affectent. »⁴⁰

³⁸ (Singer, 2002, p. 196): Mozi aurait déclaré « quel est la voie de l'amour universel et du bénéfice mutuel ? C'est de considérer le pays des autres comme le sien. »

³⁹ Ceci en référence à l'article fondateur (Hardin, 1968).

⁴⁰ «As more and more issues increasingly demand global solutions, the extent to which any state can independently determine its future diminishes. We therefore need to strengthen institutions for global decision-making and make them more responsible to the people they affect.» (Singer, 2002, p. 199)

Il convient maintenant de s'attarder sur la nature de ces problèmes, qu'ils soient de nature environnementale, économique, politique ou militaire.

« High stakes » : environnementaux, économiques, politiques et militaires

Les forts enjeux liés à la gestion des terres rares sont d'ordre à la fois environnemental, économique et politique. Les enjeux environnementaux ont déjà été détaillés en 1.2, « Les terres rares et l'environnement », je m'attacherai donc à décrire ici les enjeux économiques, politiques et militaires.

Enjeux économiques

La production de terres rares génère environ 4 milliards de dollars (3,2 milliards d'euros) par an, pour une production de 130 000 tonnes. Si on le compare à d'autres ressources minérales, ce n'est en fait pas énorme. C'est même beaucoup moins que l'aluminium, le nickel ou le chrome. Ce qui rend les terres rares véritablement uniques, c'est donc la combinaison d'une importance économique significative sans être majeure, et d'un risque de pénurie extrême, comme établi à la fois par l'Union Européenne et les Etats-Unis. Ainsi le Ministère de l'Energie américain a nommé le dysprosium comme élément « le plus critique en termes de dépendance à l'importation »⁴¹, tandis que l'Union Européenne place les terres rares comme présentant le plus fort risque de pénurie, et ce loin devant les métaux du groupe du platine (PGM), comme montré sur ce graphique :

⁴¹Le rapport peut être téléchargé ici :

<http://energy.gov/sites/prod/files/CDStratCompleteReport11609%5B2%5D.pdf>

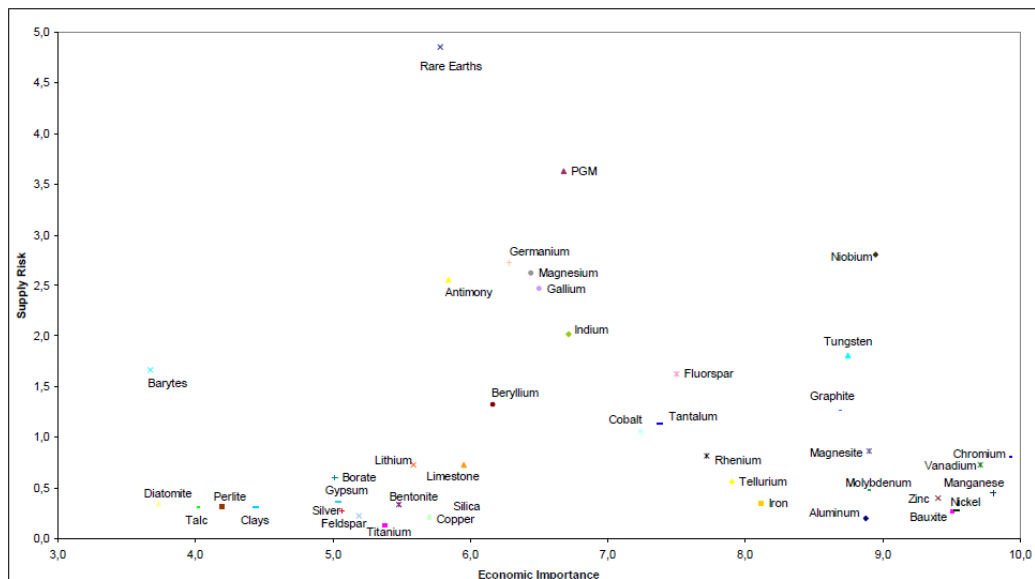


Figure 3: Importance économique et approvisionnement à risque pour 41 ressources minérales⁴²

Enjeux politiques et géopolitiques

Les enjeux politiques des terres rares tiennent avant tout au monopole quasi absolu que détient la Chine sur leur production. Ce monopole lui donne un poids nouveau face aux puissances occidentales et ravive de vieilles tensions. Ainsi le cas de l'archipel des Senkaku (japonais) / Diaoyu (chinois), situé en mer de Chine Orientale, qui appartient au Japon mais est revendiqué par la Chine depuis les années 1970, mollement au début, puis de plus en plus vigoureusement a-t-il reçu une attention nouvelle lors d'un incident entre les deux pays⁴³. Le 7 septembre 2010, un chalutier chinois est appréhendé par les garde-côtes japonais à proximité de cet archipel, donc en eaux territoriales japonaises. En tentant de fuir, il éperonne un bâtiment militaire japonais, et le capitaine du bateau chinois est mis en détention. Le ministère des affaires étrangères chinois déclare alors « Si le Japon continue dans cette attitude imprudente, il goûtera à son propre fruit amer. ». Deux semaines plus tard, la Chine décide d'arrêter ses exportations de terres rares en direction du Japon, mettant ainsi

⁴² (European Commission, 2010, p. 33)

⁴³ Je m'appuie ici sur différents articles de presse, notamment (Zajec, 2010)

en péril tout un pan de l'industrie japonaise, et notamment de la fameuse Prius de Toyota⁴⁴. L'incident du 7 septembre 2010 montre ainsi en quoi le monopole chinois d'une ressource aussi stratégique et essentielle à l'industrie japonaise que celle des terres rares changeait totalement le rapport de force entre les deux pays.

Il n'est également pas neutre, d'un point de vue géopolitique, que la principale mine de terres rares se situe certes en Chine, mais plus précisément au nord du pays, en Mongolie Intérieure, un territoire qui fait l'objet depuis plusieurs décennies d'une « sinisation » forcée et accélérée. De largement majoritaires dans les années 1940, les Mongols, peuple nomade, sont devenus minoritaires (environ 20%) face aux Hans. Or les projets miniers emploient à 95% des Hans, tandis que les Mongols estiment qu'ils menacent leurs troupeaux et donc leur existence⁴⁵. En effet, la pollution au charbon transforme la steppe en désert, rendant impossible le pâturage, tandis que les réserves d'eau sont également atteintes.⁴⁶ Cela n'est bien évidemment pas uniquement dû aux mines de terres rares, mais également à celles de charbon – la Mongolie Intérieure possédant les plus grosses réserves chinoises de charbon.

Un autre aspect géopolitique lié aux terres rares peut être illustré par le projet de la compagnie australienne Lynas d'installer une usine de traitement des terres rares en Malaisie. Lynas est en effet propriétaire du plus riche gisement au monde de terres rares, Mount Weld, en Australie-Occidentale. Le projet consiste à faire venir à Kuantan, en Malaisie, le minerai sous une forme concentrée, contenant environ 40 % de terres rares, qu'il faudra broyer puis passer dans divers bains d'acides à très haute température, conduisant l'usine à consommer plus de 180 000 m³ d'acide sulfurique et 270 000 m³ d'acide chlorhydrique par an. Les « anti-Lynas » s'inquiètent donc des dommages environnementaux, ainsi que d'éventuels risques radioactifs. Fait

⁴⁴ La Prius de Toyota, comme tous les véhicules hybrides, nécessite une grande quantité de terres rares. Notamment : Néodyme, Praseodymium, Dysprosium et Terbium pour le moteur, lanthane et cerium pour le convertisseur catalytique et la batterie hybride, cerium encore pour la poudre permettant de polir les vitres et rétroviseurs. Au total, ce sont environ 20 kilogrammes de terres rares qui sont utilisés pour chaque véhicule. Source : (Joyner, 2011)

⁴⁵ Je n'ai pas eu connaissance de protestations mongoles liées spécifiquement aux mines de terres rares, mais plus généralement, on peut lire que « les nomades mongols estiment de leur côté que leur bétail est menacé par les projets industriels et urbains. » (<http://www.rfi.fr/asia-pacifique/20110530-colere-jeunesse-mongole>)

⁴⁶ Voir <http://www.executedtoday.com/tag/li-lindong/>

intéressant : ce n'est pas seulement la population locale qui s'est mobilisée contre un tel projet, mais également une minorité d'Australiens, estimant qu'il n'était pas moralement justifiable d'extraire le minerai en Australie, d'en tirer les bénéfices mais de faire porter les dommages environnementaux dans un pays en voie de développement, qui plus est aux normes environnementales plus laxistes. A ce jour, aucun traité international ne comporte de clause stipulant que les métaux dussent être traités dans le pays de leur extraction, le prix à la tonne du matériau brut justifiant cela dit généralement une approche régionale⁴⁷. Dans le cas des terres rares cependant, un prix toujours croissant à la tonne rend la division entre extraction et traitement économiquement raisonnable. Le dilemme est donc purement éthique. Lynas a ainsi indiqué que l'opération coûterait 75 % moins cher en Malaisie qu'en Australie. Après bien des tergiversations, le premier ministre malaisien Najib Razak a finalement donné, le 5 septembre 2012, une autorisation temporaire à Lynas de deux ans⁴⁸, ce qui est au fond une façon de calmer les angoisses de la population en temporisant, sans du tout chercher à adresser les questions environnementales soulevées par le projet. La députée d'opposition Fuziah Salleh résume d'ailleurs ainsi la situation : « Ici, on est au bord de la mer, sur une tourbière, dans un climat de mousson : les risques de contamination sont immenses. Mais comme la Malaisie est moins chère et moins exigeante sur la protection de l'environnement, Lynas s'installe chez nous ! On est des rats de laboratoire ».⁴⁹

De tous ces exemples ressort l'idée qu'enjeux environnementaux, économiques et politiques sont étroitement liés. Le paroxysme de cette imbrication est atteint dans la procédure contentieuse à l'OMC opposant les Etats-Unis, l'Union Européenne et le Japon contre la Chine, lancée en mars 2012⁵⁰. Les plaignants accusent la Chine d'avoir réduit ses quotas d'exportation de terres rares depuis 2007, et de favoriser l'accès aux ressources de ses propres entreprises. La Chine rétorque que les

⁴⁷ (Davis, 2010) fait remarquer que dans le cas des matériaux industriels tels le sable ou le gravier, il n'est pas rentable de les transporter sur plus de quelques centaines de miles.

⁴⁸ <http://asie-info.fr/2012/09/06/terres-rares-en-malaisie-le-feu-vert-est-donne-a-lynas-59222.html>

⁴⁹ (de Changy, 2012)

⁵⁰ Une analyse plus détaillée de ce contentieux se trouve dans le troisième article de cette thèse : « Mapping Out and Making Sense of Public Reactions to Rare Earth Elements' Global Trade. »

dommages environnementaux l'obligent à ne pas augmenter sa production, et que son propre marché intérieur étant en plein boom, elle garde donc environ deux tiers des terres rares extraites pour sa propre industrie. Il ne s'agit pas ici d'apporter des éléments de réponse sur ce conflit, mais simplement de souligner qu'il existe, illustrant par-là l'importance et la diversité des enjeux liés à la géopolitique des terres rares, et requérant la plupart du temps des prises de décision délicates.

Enjeux militaires

Les terres rares sont largement utilisées dans l'industrie de la défense, notamment américaine. A titre d'exemple, la section 843 du National Defense Authorization Act (NDAA) pour l'année fiscale 2011, intitulée « Evaluation et plan pour les terres rares critiques dans les applications de défense »⁵¹ établit deux critères pour évaluer les terres rares :

Critère 1: La terre rare est critique pour la production, la maintenance ou le fonctionnement d'un équipement militaire américain d'importance.

Critère 2 : la terre rare est susceptible de voir son approvisionnement interrompu, sur la base d'actions ou d'évènements indépendants du contrôle du Gouvernement des Etats-Unis.⁵²

Dans le rapport répondant à cette demande d'évaluation⁵³, sept terres rares s'avèrent répondre à ces critères : dysprosium, europium, erbium, gadolinium, néodyme, praséodyme et yttrium. Seule cette dernière est vue comme présentant un risque d'approvisionnement dès 2013, mais la section 843 présente comme objectif de garantir une disponibilité à long terme des terres rares répondant aux critères sus-énoncés, et de sécuriser une source d'approvisionnement avant le 31 décembre 2015⁵⁴.

⁵¹ « Assessment and plan for critical rare earth materials in defense applications »

⁵² "(A) The rare earth material is critical to the production, sustainment, or operation of significant United States military equipment.

(B) The rare earth material is subject to interruption of supply, based on actions or events outside the control of the Government of the United States." (Ike Skelton National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2011, 2010, p. 147)

⁵³ (Report to Congress, 2012, p. 4)

⁵⁴ (Ike Skelton National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2011, 2010, p. 147)

L'approvisionnement en terres rares, par bien des aspects, requiert donc des prises de décision vues comme urgentes.

Décisions urgentes

On l'a entraperçu, nombreux sont les pays, organisations, individus, etc. qui doivent prendre des décisions concernant les terres rares, dans un contexte d'incertitude, de valeurs conflictuelles et de forts enjeux. Ces décisions sont la plupart du temps urgentes.

Du côté chinois, les décisions portent sur le quota d'exportation décidé chaque année, et qui doit implicitement trouver un délicat équilibre entre satisfaire au maximum les besoins du marché intérieur, sans irriter démesurément les pays dépendants de ces importations. Pour l'instant la Chine semble avoir pris une fausse décision, un peu comme la Malaisie dans le cas de Lynas. En effet les quotas pour 2011 étaient de 30 000 tonnes, soit autant qu'en 2010. A la différence que les exportations réelles n'atteignent pas nécessairement les quotas annoncés (l'agence de presse nationale chinoise xinhua indique par exemple que sur les 11 premiers mois de 2011, les exportations de terres rares ont représenté 49% des quotas pour 2011). La « diminution des quotas » évoquée par une partie de la presse ne concerne donc pas tant les quotas annoncés que les exportations réelles.

Du côté des pays dépendants mais qui possèdent des réserves (Etats-Unis, Australie, Brésil, Russie entre autres), toute la question est de savoir s'ils doivent (ré) ouvrir des mines de terres rares ou pas.

Du côté des pays dépendants sans réserves connues de terres rares (la plupart des pays, dont ceux de l'Union Européenne) la marge de manœuvre est assez limitée, et s'inscrit sur du plus long terme : constituer un stock de minerais stratégiques (la France a décidé de solder le sien en 1996⁵⁵) ; passer des accords avec les pays disposant de telles réserves ; mettre en place des filières de recyclage grâce aux

⁵⁵ (Paillard, Minerais et industries de défense, une dépendance à clarifier, 2012)

« mines urbaines ». Cette dernière décision relève d'ailleurs au moins autant du secteur privé que des gouvernements, comme en témoigne l'initiative du leader belge de la chimie Solvay en France : les ampoules basse-consommation et les néons hors d'usage vont être ramassés et retraités sur deux sites (St-Fons et la Rochelle), permettant de récupérer six terres rares : le cérium, l'euporium, le gadolinium, le lanthane, le terbium et l'yttrium. Le directeur industriel de la division terres rares de Solvay, Frédéric Carencotte, aurait déclaré : « En 2007, nous avons choisi comme équipements à recycler les lampes parce qu'elles contiennent les terres les plus rares et que la mise en place des circuits de collecte nous garantissait un gisement massif⁵⁶. L'inauguration ayant eu lieu le 27 septembre 2012, il aura donc fallu cinq ans pour mener à bien ce projet. S'il semble difficile de parler d'« urgence » dans ce contexte, une distinction doit être faite cependant entre le temps de la décision et celui de sa mise en œuvre. Il peut être urgent de décider ou non d'ouvrir une mine ou de lancer une expédition exploratoire, même si, et justement parce que, il faudra attendre plusieurs années avant d'en récolter les fruits.

Enfin, du côté des organismes de régulation internationale tel l'OMC, une décision doit être prise, qui fera peut-être jurisprudence, établissant si les ressources minérales doivent faire l'objet d'un traitement à part en matière de commerce international, et notamment si le fameux article XX (g) peut servir de base légale à une politique de conservation des ressources non-renouvelables.

Comme synthétisé par (Kooroshy, et al., 2010), «la rareté des ressources minérales est une question qui requiert une attention urgente de la part des responsables politiques. C'est un phénomène complexe, et sujet à de hauts degrés d'incertitude.»⁵⁷ Tous ces éléments – valeurs en conflit, enjeux élevés, incertitudes importantes, décisions urgentes – placent donc les terres rares dans l'ère de la science post-normale. Quelles conséquences cela a-t-il ?

⁵⁶ (Faujas, 2012)

⁵⁷ «Scarcity of minerals is an issue that needs urgent attention of policy-makers. It is a complex phenomenon and subject to high degrees of uncertainty.» (Kooroshy, et al., 2010, p. 11)

2.3 Conséquences d'une approche post-normale

Inscrire ma réflexion sur les ressources minérales et les terres rares en particulier dans une approche post-normale a conduit à deux conséquences principales : l'importance de mettre à jour les valeurs implicites formant notre appréhension de l'objet, et l'importance d'inclure les non-experts (*lay persons*) non seulement dans la recherche de solutions mais également dans la définition du problème.

L'identification et la discussion des valeurs associées à la perception des ressources non renouvelables et l'importance relative des générations futures, fut l'objet de mon premier article : « Challenging the moral specificity of environmental legacy towards future generations ». Plus généralement, il s'est agi de montrer que les enjeux liés aux terres rares ne pouvaient être réduits à des questions techniques, qu'elles soient de type géologique (quelle est la concentration exacte des gisements connus non-encore exploités ?), chimique (comment synthétiser un matériau de substitution ?) ou économique (la Chine est-elle ou non en violation des règles de l'OMC ?). Cela ne veut pas dire que ces questions ne peuvent recevoir de réponse, mais que ces réponses ne sauraient épuiser le champ des questions qu'il est légitime de se poser.

Une des thèses principales des auteurs ayant développé l'approche de la science post-normale comme celle du Mode 2 est en effet que plus la connaissance sera contextualisée, c'est-à-dire intégrera des moyens et des mobiles extra-scientifiques, plus elle sera fiable. C'est clairement dans cette perspective que s'inscrit mon deuxième article, « Online Deliberation and Environmental Governance », rendant compte de la création d'un espace de délibération citoyenne sur la gestion des terres rares.

Enfin le troisième article, « Mapping Out and Making Sense of Public Reactions to Rare Earth Elements' Global Trade », combine ces deux perspectives, en tentant

d'identifier les valeurs implicites des non-experts dans leur perception du conflit à l'OMC sur le commerce des terres rares.⁵⁸

Une clarification doit cependant être apportée avant de continuer. S'intéresser aux aspects éthiques et sociaux de la gestion d'une ressource, mettre à jour les intérêts économiques et politiques liés au développement de la science qui lui est associée, ne veut en aucun cas dire que cette thèse suivrait le « programme fort » de ce qui est appelé parfois l'école de sociologie des sciences d'Edimbourg, et qui stipule, entre autres, que les intérêts jouent un rôle majeur dans le contenu réel d'une science. Dans le cas des terres rares, il est évident que l'attention des scientifiques, occidentaux et chinois, pour l'étude chimique des lanthanides, est en grande partie motivée par les intérêts commerciaux et politiques sous-jacents, mais il s'agit bien là de la forme du savoir, et non de son contenu. Ou pour reprendre une vieille distinction, du contexte de découverte et non du contexte de justification⁵⁹.

3. Constitution du matériel empirique et questions méthodologiques

Cette thèse est constituée de trois articles, dont deux comportent une analyse de données empiriques, tandis que le premier, plus philosophique, se fonde sur une revue de la littérature. Les questions méthodologiques ont par conséquent été bien différentes pour ces deux types d'articles. Dus à la limitation en longueur (généralement 8000 mots par article) et à l'impératif d'être publiable, certaines précisions méthodologiques ont été passés sous silence, faisant peut-être apparaître certains choix comme arbitraires ou pris à l'emporte-pièce. Il s'agit dans cette section de retracer la genèse de ces choix.

⁵⁸ Un compte-rendu beaucoup plus détaillé de ces trois articles suit ce résumé succinct dans la section 4 de cette introduction: présentation des articles.

⁵⁹ Cette distinction désormais classique a été tout d'abord introduite par Hans Reichenbach, dans « On Probability and Induction », *Philosophy of Science* 5, no. 1: 21-45

3.1 Article I : questions d'échelle et de définition

Le premier article, “Revisiting the moral specificity of environmental legacy towards future generations” est en fait largement inspiré du “Vitenskapsteori paper” exigé par les universités norvégiennes pendant les études de doctorat, et que j’ai soutenu sous la direction de Rasmus Slaatelid. Il s’agit d’un exercice couronnant une semaine de cours en « théorie des sciences et éthique », obligatoire pour toutes les facultés et censé donner au doctorant l’opportunité d’approfondir un point métathéorique ou de méthodologie se rapportant à son travail de thèse, d’identifier un « point aveugle » de sa discipline, de réfléchir sur le type de paradigme utilisé, etc. Il m’a semblé qu’un thème central en éthique environnementale, et d’une certaine façon préliminaire à tout discours sur la conservation des ressources naturelles, bien que souvent pris pour acquis sans nécessairement faire l’objet d’une réflexion propre, était l’importance donnée aux générations futures, couplée avec la croyance que l’environnement était bien la chose la plus importante à leur transmettre. C’est donc cette croyance, ce dogme, que j’ai voulu questionner dans le premier article.

Une première question méthodologique qui s’est alors posée a été le choix d’une question environnementale en particulier, par opposition à traiter des « enjeux environnementaux » en général. J’ai choisi la dernière option pour plusieurs raisons. Premièrement, parce que sur quelque enjeu que ce choix se soit porté, un tel rétrécissement n’aurait fait qu’affaiblir l’argument en rendant caricaturale et peu crédible la position contre laquelle je me portais en faux. En effet, si l’opinion « transmettre une planète en bonne santé à nos enfants est la chose la plus importante » est de plus en plus répandue et reçoit un accueil positif bien au-delà des cercles écologistes, en revanche la même opinion réduite à un objet particulier – « la biodiversité est la chose la plus importante », « faire en sorte que le changement climatique n’atteigne pas plus de 2% est la chose la plus importante », ou même pourquoi pas « conserver des ressources minérales est la chose la plus importante » - paraît très vite caricaturale et réservée à des groupuscules d’extrémistes. Pour les besoins de mon argumentation donc, j’ai préféré parler des enjeux environnementaux en général, en prenant soin d’en donner une définition non exhaustive au début,

inspirée du Rapport Brundtland – un choix qui me permettait également de me placer résolument du côté de l'écologie politique - qui comprenait : la désertification, la déforestation, les pluies acides, le réchauffement climatique, le trou dans la couche d'ozone, et les réactions en chaîne que ces évènements allaient causer pour les activités humaines⁶⁰.

Une seconde question, plus d'ordre sémantique que méthodologique, reposait sur le choix d'utiliser, en anglais, « legacy », « inheritance » ou « heritage ». Après de nombreuses conversations avec des collègues de langue maternelle anglaise j'ai finalement opté pour « legacy », dans l'idée que « legacy » se référerait plutôt à ce que l'on transmettait », et « heritage » à ce que l'on recevait. Dans la perspective que je proposais, résolument tournée vers le présent, « legacy » paraissait donc plus approprié. Je maintiens ce choix pour un public francophone et préfère parler de legs plutôt que d'héritage. Le dictionnaire de l'Académie Française⁶¹ propose en effet comme définition figurée d'héritage « Ce qu'on tient de ses ancêtres, de ses prédécesseurs », et pour legs «Don fait par testament ». Utiliser legs, au sens figuré bien entendu, permet donc de souligner qu'il ne s'agit pas là d'un droit inaliénable qu'auraient les générations futures, mais bien de quelque chose que la génération présente veut leur transmettre, sans obligation.

Une troisième difficulté a été de réduire, au fil des versions, le nombre des lignes d'arguments identifiés afin de renforcer le propos, quitte à faire quelques sacrifices. C'est ainsi que l'argument de l'authenticité, et son lien avec la *wilderness*, a fini par disparaître.

D'autres questions mineures sont apparues lors de la rédaction de ce travail, mais dans l'ensemble rien qui ne remettait fondamentalement en cause son propos, à la différence des deux articles suivants, pour lesquels les questions méthodologiques se sont avérées être cruciales.

⁶⁰ Pour une liste plus détaillée de ces enjeux: (World Commission on Environment and Development, 1987, p. 19)

⁶¹ Dictionnaire de l'Académie Française en ligne (<http://www.academie-francaise.fr/le-dictionnaire/consultation-en-ligne>, consulté le 08/10/12)

Après ce premier article, qui quoiqu'exigeant, reposait sur des compétences disciplinaires et méthodologiques qui ne m'étaient pas inconnues, le reste du travail me confronta à de nombreuses et immenses *terra incognita*. Le troisième article notamment requérait une compréhension poussée à la fois d'un domaine géographique et culturel, la Chine, qui m'était complètement étranger, ainsi que d'un organisme dont les rouages ne m'étaient pas plus connus, l'Organisation Mondiale du Commerce. La troisième *terra incognita* de cette thèse a enfin été le fait de travailler avec du matériel *en ligne*, et de créer mon propre site participatif, avec tous les méandres techniques et méthodologiques que cette aventure impliquait.

3.2 Article II : Sustainable Scenarios

La construction du site *Sustainable Scenarios* a présenté plusieurs types de défis. Tout d'abord un défi technique, puisque c'était la première fois que j'utilisais un CMS (Content Management System) comme Drupal, un choix qui bien qu'exigeant s'est avéré offrir la souplesse requise pour un tel projet : site bilingue, création de sondages avec la possibilité pour les participants de laisser un commentaire en plus de leur vote, en addition de l'espace forum où chaque participant pouvait initier son propre fil de discussion. Enfin, possibilité de faire remplir aux participants un questionnaire d'inscription donnant de nombreux renseignements sur leur provenance géographique et sociale.

Une fois la structure technique en place, les questions méthodologiques ont été nombreuses. Notamment : En combien de langues le site devait-il être disponible, et au-delà du texte, est-ce qu'une section différente du forum devait voir le jour pour chaque langue, en plus d'une division thématique ? Où trouver l'équilibre entre ne donner aucune information sur les terres rares pour garantir des opinions les moins biaisées possibles, tout en en donnant assez pour que les participants sachent de quoi il s'agit, mais pas trop pour ne pas les décourager ? « Le choc des images » serait-il plus efficace que le poids des mots, en suivant la fameuse thèse de (Jasanoff, 2001) ? Les questions du sondage devraient-elles se suivre pour faire en sorte qu'une fois sur

le site, le participant n'en sorte qu'après avoir répondu à toutes, ou bien un lien différent devait-il être disponible pour chacune ?

Face à toutes ces questions, et dans un souci de consistance, le parti a été pris d'offrir un maximum de liberté aux participants chaque fois que c'était possible : pas de « chemin », pas de question obligatoire à l'intérieur du site, possibilité de naviguer d'une section à une autre, de revenir en arrière, etc. La double conséquence de ce choix été, comme montré dans l'article II, d'un côté la perte de participants « en cours de route », d'un autre côté la qualité de débats qui n'étaient pas perçus comme « forcés » par les participants.

D'une façon générale, je me suis également inspirée du projet TECHNOLIFE⁶² pour faire face à nombre d'enjeux méthodologiques⁶³. L'approche TECHNOLIFE repose en effet sur quatre piliers : un exercice de cartographie des « sujets chauds » liés au développement technologique, un exercice délibératif de participation, un système de vote en ligne, et enfin un procédure analytique qualitative qui identifie les arguments et les inquiétudes des participants⁶⁴.

En termes de structure, le site s'est inspiré de la Matrice Kerbabel⁶⁵ développé à l'Université de Versailles-St-Quentin, ayant pour but de faciliter une évaluation multi-acteurs de différents scénarios en fonction de critères ou d'enjeux variés. La figure ci-dessous représente la matrice adaptée aux scénarios et enjeux de *Sustainable Scenarios*:

⁶² TECHNOLIFE (« a Transdisciplinary approach to the Emerging Challenges of NOvel technologies : Lifeworld and Imaginaries in Foresight and Ethics ») est un projet européen du FP7 qui a utilisé une plateforme en ligne notamment pour cartographier les enjeux éthiques associés au développement des technologies émergentes.

⁶³ Voir (Rommetveit, et al., forthcoming) et (Strand, Rommetveit, & Funtowicz, 2011).

⁶⁴ (Strand, Rommetveit, & Funtowicz, 2011, p. 2)

⁶⁵ Voir par exemple (Frame & O'Connor, 2011).

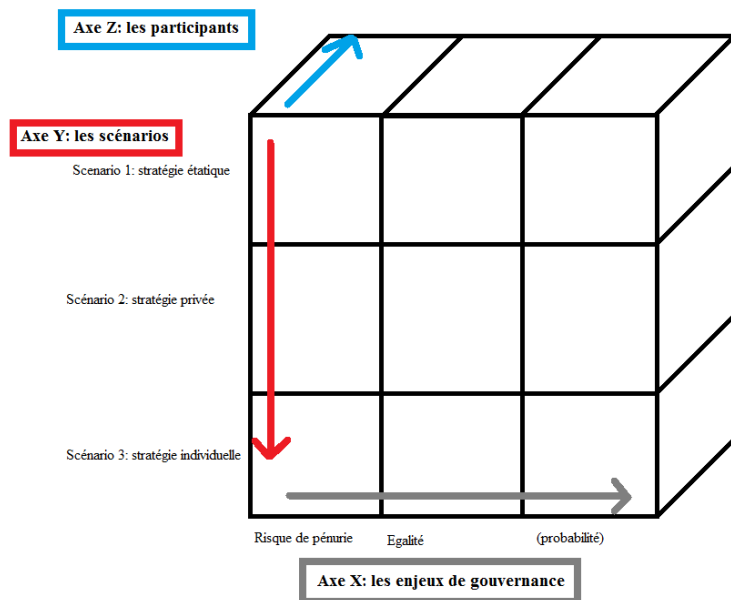


Figure 4: Application de la matrice Kerbabel

D'après la description des scénarios telle que fournie dans le site, l'action des gouvernements et des institutions politiques (scénario étatique) pour faire face aux différents problèmes associés à la gestion des terres rares recouvre trois formes:

- **Stockage et législation:** La plupart des pays industrialisés ont des stocks des matériaux considérés comme critiques. Aux Etats-Unis, un projet de loi prévoyant le stockage des terres rares et l'établissement de moyens de production de terres rares sur le sol américain a été introduit.
- **Groupes de travail:** En Europe, l'initiative "Matières Premières" (Raw Materials Initiative) de la Commission Européenne, lancée en 2008, identifie 14 matériaux critiques, parmi lesquels se trouvent les terres rares, et a formulé des recommandations spécifiques pour éviter un risque de pénurie.
- **Garantir le commerce international des terres rares:** Dans la mesure où une inquiétude majeure concernant les terres rares est de savoir si la Chine va continuer à réduire ses quotas d'exportation, certains pays ont décidé de porter plainte auprès de l'OMC (Organisation Mondiale du Commerce). Par exemple, en novembre 2009, les Etats-Unis, l'Union Européenne et le Mexique ont déposé une plainte auprès de l'OMC à propos des restrictions d'exportations de la Chine et des taxes touchant une variété de matières premières, revendiquant que la Chine violait ainsi les règles de

l'OMC qui interdisent l'application de restrictions quantitatives sur les imports comme sur les exports.

Le scénario « stratégie privée » comprenait quant à lui trois types d'actions :

- **L'ouverture de nouvelles mines:** Si 97% de la production mondiale de terres rares vient actuellement de Chine, il y a également des gisements exploitables ailleurs. D'après le USGS (United States Geological Survey - organisme américain chargé d'évaluer les ressources géologiques) en 2009, les réserves de terres rares se trouvaient principalement dans trois aires géographiques: 36% en Chine, 19% dans les pays de la CEI (Communauté des États Indépendants, composée des anciens états de l'Union Soviétique) et 13% aux États-Unis. Le processus d'ouverture de nouvelles mines a déjà commencé dans ces pays: par exemple en 2008, Molycorp Minerals, LLC, une entreprise basée dans le Colorado, a acheté la mine de Mountain Pass en Californie. L'entreprise prévoit d'atteindre une production généralisée de cerium, lanthanum, praseodymium et neodymium en 2012.
- **Promouvoir la recherche dans le but d'améliorer les processus d'extraction et de recyclage:** Actuellement, seulement de très faibles quantités de terres rares, environ 1%, sont recyclées. Mener des recherches permettant de recycler les terres rares se trouvant dans des déchets tels que les vieux ordinateurs ou les moteurs électroniques, ainsi que permettant l'exploitation de gisements plus profonds, contribuerait à augmenter la quantité de terres rares disponibles.
- **Développer la R&D pour trouver des alternatives aux terres rares:** Si quelques substituts aux terres rares existent actuellement, l'USGS constate qu'ils sont généralement moins efficaces que les terres rares. Augmenter la Recherche & Développement pour trouver des moyens rentables de remplacer les terres rares serait un moyen efficace de réduire le risque de pénurie.

Enfin le scénario « stratégie individuelle » reposait sur trois piliers :

- **Effort d'éducation** sur les terres rares, leur distribution géologique, les enjeux géopolitiques et les risques environnementaux associés à leur production. En outre, tous les produits contenant des terres rares afficheraient leur composition au moyen d'**étiquettes** permettant au consommateur individuel de connaître la composition d'un produit avant de l'acheter.
- **Micro-actions des consommateurs:** les citoyens pourraient choisir de réduire leur utilisation de terres rares aux domaines qui leur semblent le plus important, sans aucune forme de contrainte ou d'interdiction. Ils peuvent également engager des actions de boycott envers les produits à obsolescence programmée, tels que les ordinateurs et téléphones portables, qui nécessitent des quantités significatives de terres rares.

- Quant aux usages collectifs des terres rares, à la fois commerciaux et militaires, **conduite d'un débat public** pour identifier les domaines dans lesquels la société en a le plus besoin. Une combinaison de micro-actions individuelles et ce type de débat public ne réduiraient pas le risque de pénurie, mais le rendraient moins dangereux dans la mesure où la société aurait besoin de moins de terres rares globalement.

Les questions fermées posées aux participants étaient au nombre de quatre : quel scénario préférez-vous globalement ? Quel scénario vous paraît le plus efficace pour faire face au risque de pénurie des terres rares ? Quel scénario préférez-vous en termes d'équité globale ? Et enfin quel scénario vous paraît le plus probable ? Les résultats quantitatifs de ce sondage sont analysés dans l'article II. Enfin le Forum offrait un espace de discussion plus ouvert, avec des questions de type « quel type d'utilisation des terres rares vous paraît le plus pertinent ? », « pensez-vous que l'épuisement des ressources minérales en général est un enjeu important ? », « pensez-vous que les terres rares requièrent une approche particulière par rapport aux autres métaux ? », ou encore, de façon beaucoup plus large, « croyez-vous que croissance économique et satisfaction personnelle sont liées ? ».

Analyser les réponses du forum a posé de nombreuses questions sur le fait de travailler avec du matériel « en ligne », que l'on retrouve dans le traitement du matériel utilisé pour l'article III.

3.3 Articles II et III : Travailler sur du matériel en ligne

Un terrain légitime...

Très souvent au cours de ce travail de thèse, quand j'ai évoqué, auprès d'autres chercheurs, le fait que j'utilisais des commentaires en ligne comme matériau empirique, je me suis vu opposer une légère moue de scepticisme, voire de franche désapprobation. Lors d'un entretien avec Kerri Woods, par exemple, philosophe que je respecte énormément par ailleurs, celle-ci a exprimé, grosso modo, sa « tendance à penser que les gens qui commentent en ligne ne sont qu'une bande de ratés/frustrés

qui n'ont rien d'autre de mieux à faire. »⁶⁶ Si la franchise et l'honnêteté de Kerri ne sont pas partagées par tous, il est indéniable qu'un sentiment similaire s'empare de beaucoup de chercheurs en sciences sociales et en philosophie quand on leur présente un projet de recherche fondé sur des résultats « en ligne », comparé aux bons vieux « focus groups », « entretiens semi-dirigés » et autres méthodes traditionnelles en sociologie. Avant donc de me pencher sur les moyens d'analyser de tels résultats, une défense en règle du monde en ligne comme terrain légitime de recherche semble s'imposer.

Un des auteurs les plus convaincants et divertissants faisant de l'Internet un outil de rénovation démocratique que j'ai lu est sans doute Don Tapscott, homme d'affaires canadien spécialisé en stratégie d'entreprise – et auteur de nombreux livres sur la façon dont les nouvelles technologies affectent le monde de l'entreprise et le monde tout court. L'idée de base, qu'il n'est pas le seul à défendre, est que le système de démocratie représentative, « nous votons, ils décident », ne s'applique plus à un monde « connecté », où chacun peut partager ses opinions et connaissances⁶⁷.

“These days, the policy specialists and advisers on the public-sector payroll can barely keep pace with defining the problems, let alone craft the solutions. Government can't begin to amass the in-house expertise to deal with the myriad challenges that arise. Governments need to create opportunities for sustained dialogue between voters and the elected. Courtesy of the Internet, public officials can now solicit citizen input at almost no cost, by providing Web-based background information, online discussion, and feedback mechanisms. Government can now involve citizens in setting the policy agenda, which can then be refined on an ongoing basis. Such activity engages and mobilizes citizens, catalyzing real-life initiatives in communities and society as a whole.” (Tapscott, 2008, pp. 260-261)

De plus, et ce n'est pas là un avantage mineur, la recherche s'appuyant sur Internet présente des avantages pratiques inestimables: capacité de toucher de nombreuses

⁶⁶ Cet entretien a eu lieu durant une « Summer School » à Barchem, Pays-Bas, sur le thème « Ethics for a Green Future », du 19 au 23 août 2012. Kerri Woods est spécialisée en philosophie politique, elle travaille notamment sur la notion de droits de l'homme, et elle a récemment écrit un livre intitulé *Human Rights and Environmental Sustainability*. Il ne s'agit pas exactement donc de quelqu'un d'opposé au concept de participation ou d'*empowerment* de l'individu... tant que ce n'est pas en ligne.

⁶⁷ (Tapscott, 2008, pp. 258-261). Les limites de la démocratie représentative, notamment à cause de ses bases territoriales, est aussi mise en lumière par (Bourg & Whiteside, 2010) mais ces auteurs s'en tiennent hélas à des recommandations de participation institutionnelles et *offline*.

communautés, indépendamment de leur ancrage géographique, à coût nul ou presque. Dans le cas du site *Sustainable Scenarios*, les répondants venaient principalement de France et de Norvège, mais également d’Autriche, du Portugal et du Royaume-Uni. Il eût été impossible dans le cadre de ma thèse de rassembler les moyens techniques et financiers d’avoir un contact face-à-face avec des participants d’origine géographique si variée. Ce dernier constat est encore plus vrai pour le troisième article, qui a analysé des commentaires de sites de journaux basés, entre autres, aux Etats-Unis, en Chine, en Inde, en France, et au Canada.

Un autre avantage auquel il est fait peu référence, et qui peut devenir un inconvénient en termes de taux de participation, est l’absence totale de pression sur le répondant.

“Much online research involves minimal risk. It exposes subjects to innocuous questions and benign or transient experiences with little lasting impact. In general, online surveys, experiments, or observations are no more risky than any of their offline counterparts. In some respects, they may be less risky, because the reduced social pressure (Sproull & Kiesler, 1991) in online surveys or experiments makes it easier for subjects to quit whenever they feel discomfort. This freedom to withdraw is no trivial benefit, given the strong pressures to continue in face-to-face studies (e.g., Milgram, 1963) and even telephone calls.” (Kraut, et al., 2004, p. 111)

Enfin, le dernier avantage attendu, par rapport à un entretien individuel ou l’envoi d’un questionnaire, est celui du niveau d’interactions entre les participants. Si celles-ci n’ont pas été très nombreuses sur le site *Sustainable Scenarios*, le forum du China Daily par exemple offre des exemples d’échange qui auraient difficilement pu être obtenus offline.

Tous ces avantages ont bien entendu un coût, méthodologique et pratique, qu’il s’agit d’explorer maintenant.

... présentant de nombreux défis

Les défis d’une analyse de matériel empirique en ligne sont nombreux. J’en identifie ici quatre au moins : anonymat, représentativité, trolling, et nature hétérogène des inputs.

Le premier défi à adresser est le fait que même quand les participants remplissent un petit questionnaire sur leur identité, comme c'était le cas sur *Sustainable Scenarios*, il est techniquement impossible de vérifier leurs dires. Cet anonymat généralisé rend difficile toute tentative de comparaison entre des internautes en fonction des critères habituels : genre, pays, âge, etc. De telles comparaisons ont néanmoins été proposées pour l'analyse des résultats de *Sustainable Scenarios*, en faisant attention de ne pas prendre en compte ce qui était manifestement du sabotage (un des participants a prétendu être une centenaire brésilienne, ce qui collait fort peu avec le contenu de ses commentaires) ou du spamming (à un certain moment, des robots ont commencé à s'inscrire sur le site, facilement repérables à leurs réponses « toutes-faites » rédigées dans un anglais standard.)

Un deuxième défi est celui de la représentativité : on a beau ne pas savoir à qui on affaire exactement, on sait qu'il ne s'agit pas là d'un échantillon représentatif de la population. Statistiquement, les jeunes sont surreprésentés et les personnes âgées sous-représentées, et bien entendu la recherche ne prendra pas en compte les exclus de la « fracture numérique ».

Un troisième défi est constitué par ce qu'on appelle en argot internet le « trolling », phénomène qui consiste à poster des commentaires dans le but de détourner l'attention du sujet principal et de créer à la place un débat interminable. Apparenté au trolling est le « flaming », qui aboutit souvent au même résultat mais avec un objectif nettement plus disruptif, consistant à poster des insultes ou des propos hostiles sur un fil de discussion ou dans des chaînes de mail. Ces pratiques ne sont pas seulement ennuyeuses pour le chercheur par la masse de données inutilisables qu'ils contribuent à générer, mais aussi et surtout par le fait qu'il n'est pas toujours évident de tracer une ligne claire entre ce qui relève du *trolling* ou du *flaming*, et ce qui relève d'un internaute enthousiaste, ou ne maîtrisant pas bien la langue dans laquelle il s'exprime, mais voulant activement contribuer au débat.

La tentation du quantitatif

Après avoir rassemblé ces différents types de matériaux donc – une cinquantaine de commentaires sur le site *Sustainable Scenarios* pour le deuxième article, près de 5000 sur différents sites pour le troisième article – il s’agissait d’en faire sens. Il est apparu assez rapidement qu’une approche quantitative ne saurait être très pertinente, surtout dans le cas du troisième article, où le matériel rassemblé était on ne peut plus épars et hétérogène.

En effet, quantifier d’accord, mais quantifier quoi ? Une première tentation serait de répondre « les arguments ». Ne serait-il pas merveilleux d’obtenir des résultats du type : « 83% des internautes chinois pensent que l’OMC est corrompue et/ou biaisée en faveur des pays occidentaux », « 62% des internautes européens déclarent un intérêt fort pour la protection de l’environnement », et « 34% des internautes français attribuent plus d’efficacité aux actions individuelles qu’aux initiatives gouvernementales ? »

Pour reprendre le bon mot de Mark Twain, oui ce serait sans doute merveilleux mais ça n’en serait pas moins un mensonge. Il s’est avéré en effet que plusieurs limites de nature différente empêchent d’aboutir à de tels résultats.

Premièrement, et c’est la base des règles calculatoires, on ne peut additionner que des objets de même nature. Tous les commentaires analysés ne mentionnent pas à la fois l’OMC, l’environnement, et les vertus de l’individu contre le gouvernement.

Deuxièmement, certains sujets sont à peine ébauchés, quand d’autres font l’objet de plusieurs pages de commentaires. Troisièmement, et avec la même quantité de texte, le ton, agressif ou ironique, courtois ou pédant, est un indicateur supplémentaire sur l’opinion exprimée. Quatrièmement, il faudrait aussi prendre en compte le phénomène des « like » ou « share » sur beaucoup de sites : un argument peut n’avoir été mentionné que quelques fois, mais avoir été « aimé » par plusieurs centaines d’internautes. Cinquièmement, et c’est là un argument de taille, quelle serait la valeur d’une étude quantitative reposant sur un échantillon non-représentatif dès le départ ?

Ainsi, si elles peuvent donner une idée de la tendance, des statistiques sur ce type de matériel en ligne cacheraient tout de même l'essentiel... Une approche principalement qualitative s'imposait donc, et étant donnée la nature du matériel, les outils développés par l'école de la théorie ancrée sont apparus pertinents.

L'analyse par théorisation ancrée

La « théorie ancrée » (*grounded theory*), développée initialement par les sociologues Barney Glaser et Anselm Strauss⁶⁸, est à la fois une méthode d'analyse de données et une profession de foi concernant les sciences sociales en général, affirmant que la théorie se crée à partir des données de la recherche. Cela a bien été la voie suivie dans l'article III, puisque le fait d'adopter un cadre théorique en sciences politiques dérivé des travaux de Martin Wight s'est bien imposé *après* avoir dépouillé le matériel et avoir commencé à le « coder ». Plusieurs façons de coder existent, correspondant généralement aux différentes étapes de l'analyse⁶⁹ :

- (i) La codification initiale: « En quoi cette première étape consiste-t-elle? Il s'agit simplement de dégager, relever, nommer, résumer, thématiser, presque ligne par ligne, le propos développé à l'intérieur du corpus sur lequel porte l'analyse. »⁷⁰ On s'en doute, plus le corpus est hétérogène, plus cette première étape sera riche. Dans le cas du matériel analysé pour l'article III, certains thèmes sont ainsi apparus, (à titre d'exemple la vie privée de Barack Obama ou les vertus de la médecine chinoise...) qui n'auront été repris dans aucune catégorie ultérieurement.
- (ii) La catégorisation: il s'agit ici de relier les codes les uns aux autres et d'en faire sens, en utilisant un raisonnement à la fois inductif et déductif. « Concrètement, le chercheur refait la démarche du tout début. Cette fois, cependant, il doit situer sa lecture à un niveau conceptuel et tenter de nommer le phénomène plus large auquel renvoie le témoignage. Réaliser une analyse par théorisation ancrée, c'est, disions-nous, poser des questions au corpus; pour la catégorisation, nous demandons: *Qu'est-ce qui se passe ici? De quoi s'agit-il? Je suis en face de quel phénomène?* »⁷¹ C'est pendant cette étape que la triade « intérêt pour soi », « intérêt pour le respect des règles »,

⁶⁸ Voir notamment (Glaser & Strauss, 1967) et pour une présentation en français et actualisée (Paillé, 1994).

⁶⁹ (Paillé, 1994) identifie six étapes de l'analyse par théorisation ancrée, je n'en reprends ici que les trois qui me semblent, sinon les plus essentielles, du moins celles témoignant le plus fidèlement du travail d'analyse effectué pour l'article III.

⁷⁰ (Paillé, 1994, p. 154)

⁷¹ (Paillé, 1994, p. 159)

- « intérêt pour les autres en général » a commencé à voir le jour, sans que le cadre des relations internationales n'ait encore émergé.
- (iii) L'intégration : « Étrangement, en analyse par théorisation ancrée, il arrive parfois que le plus difficile réside dans la détermination précise de l'objet d'étude. Quel fil suivons-nous, où mène-t-il? Contrairement au modèle hypothético-déductif, l'analyse par théorisation ancrée peut mener le chercheur dans des directions qui n'étaient pas prévisibles au début de la recherche. »⁷² Dans le cas de l'article III, l'objet précis de l'analyse est donc devenu petit à petit l'inutilité perçue du différent à l'OMC par des internautes dont les désaccords reposaient sur des conflits de valeurs qui n'ont en effet pas vocation à être réglés par l'OMC.

L'analyse par théorie ancrée a ainsi permis de faire sens d'un corpus extrêmement hétérogène, et d'en dégager l'équivalent d'une « opinion publique », à partir de matériel publié en ligne. Plus généralement, les choix méthodologiques opérés au cours de ce travail de thèse ont toujours eu pour fonction de laisser s'exprimer les opinions des différents internautes de la façon qui leur rendrait le mieux justice.

4. Présentation et discussion des articles

Suivant le standard des doctorats anglo-saxons, ce travail de thèse est basé sur une collection d'articles qui doivent être, d'après les critères de l'université de Bergen, du « matériel publiable », ce qui implique des limites en termes de longueur et de diversité thématique au sein de chaque article. Il s'agit désormais de donner un aperçu des différentes questions de recherche présidant à la rédaction de chaque article et des thèses défendues, tout en profitant de l'espace qui m'est donné ici pour partager des considérations soit qui n'étaient pas considérées comme pertinentes dans le cadre d'articles à publier, soit qui ont vu le jour après la soumission desdits articles – qui ne sont plus modifiables après leur soumission. Enfin, je montrerai en quoi ces articles, pour divers qu'ils soient, constituent un cheminement cohérent.

⁷² (Paillé, 1994, p. 172)

4.1 Article I: Revisiting the moral specificity of the environmental legacy

Cet article a été soumis à *Environmental Ethics* en août 2012.

« Revisiter la spécificité morale du legs environnemental » part d'une hypothèse de travail : la plupart des menaces environnementales sont considérées comme telles dans la mesure où le long voire le très long terme est pris en compte. Quel que soit l'indicateur que l'on considère aujourd'hui (taux de mortalité, IDH, etc.) la qualité de la protection environnementale ne joue qu'un rôle mineur par rapport à des actions visant à lutter contre les maladies infectieuses ou réduire la pauvreté. Partant de là, le philosophe de l'environnement peut légitimement se poser la question : y a-t-il quelque chose de fondamentalement différent, si ce n'est unique, dans la transmission environnementale intergénérationnelle ? L'article remet en cause l'idée d'une spécificité ou unicité morale du legs environnemental pour les générations futures. Pour ce faire, il examine de façon critique trois arguments souvent utilisés pour soutenir l'hypothèse d'une telle spécificité : l'argument que j'ai appelé catastrophiste, stipulant que la survie même de l'humanité est en jeu ; l'argument de la nature, utilisé par les adeptes de différents mouvements s'apparentant à l'écologie profonde, et qui adhèrent à la thèse d'une valeur intrinsèque de la nature ; l'argument de la science utilisant les avancées en écologie pour souligner la complexité et l'unicité des écosystèmes. Comme on le voit, ces arguments sont à la fois de type émotionnel et rationnel. Je m'attache à discréditer dans l'article chaque ligne d'arguments et à proposer dans la dernière section une nouvelle façon de considérer la soutenabilité, comme un moyen d'améliorer notre humanité aujourd'hui.

Cet article puise son originalité, et je le crois son intérêt, de ses faiblesses même : là où de nombreux auteurs ont analysé une dimension particulière du débat environnemental, j'ai essayé d'adopter un point de vue plus englobant et synthétique, identifiant et analysant de front trois lignes d'arguments qui ne sont pas souvent discutées ensemble. La limite de longueur imposée par les revues (8000 mots pour *Environmental Values*, 9000 pour *Environmental Ethics*) m'ayant obligée parfois à

des raccourcis. Le reproche peut donc être fait que chaque argument n'est que trop succinctement commenté, mais le lecteur de bonne foi trouvera dans les références à la littérature de quoi combler sa curiosité.

Par ailleurs, deux inquiétudes peuvent surgir à la lecture de l'article : la place qui est dès lors réservée à l'éthique environnementale, et l'utilité des efforts de protection environnementale. Je voudrais ici clarifier ma position sur ces deux questions.

Affirmer qu'il n'y a pas de spécificité ou supériorité morale du legs environnemental peut être interprété par certains comme une façon de discréditer le projet de l'éthique environnementale en soi. Je ne crois cependant pas que du premier point s'ensuive nécessairement le deuxième : les domaines de l'éthique appliquée sont nombreux et variés (éthique médicale, éthique de l'information, éthique des affaires, etc.) et ne requièrent pas, afin de prouver leur légitimité, de considérer que leur objet est fondamentalement non seulement différent, mais plus grave ou plus urgent que le reste des domaines de l'éthique appliquée. J'insiste donc sur le fait que ma conclusion n'a pas pour but de remettre en cause toutes les approches en éthique environnementale, mais seulement celles qui clament leur spécificité avec un peu trop de zèle.

Quant à la question de l'utilité de la protection environnementale dans un contexte philosophique où l'environnement n'est plus mis sur un piédestal, il n'a jamais été dans mon intention de la remettre en cause. Quelque chose n'a pas besoin d'être *le plus* important pour être important. Au contraire, comme je l'argumente dans la fin de l'article en m'appuyant en partie sur (Birnbacher, 2006) et (Delattre, 1972), l'utilisation des générations futures comme épouvantail moral destiné à inciter les générations présentes à prendre soin de leur environnement, est à la fois philosophiquement discutable, et en pratique dysfonctionnel. Dysfonctionnel parce que les incertitudes qui existent déjà au présent deviennent écrasantes une fois transposées au futur. Je crois donc que, loin d'être un permis de laissez-faire, une approche environnementale basée sur les problèmes bien réels des générations présentes, comme discutée dans mon article, est en réalité philosophiquement plus

solide et a le pouvoir de mener en pratique vers des résultats en termes de protection environnementales bien plus probants.

4.2 Article II: Challenges of Online Deliberation and Environmental Governance: lessons from a participative website on Rare Earth Elements' Governance

Cet article a été soumis à *Environmental Policy and Governance* en août 2012.

Le deuxième article rend compte de l'expérience "Sustainable Scenarios" et présente les résultats à la fois en termes de contenu et de participation. La principale conclusion de l'article est qu'il est problématique d'engager des citoyens dans un espace de délibération quand l'enjeu discuté ne leur semble pas affecter leur quotidien ni faire appel à des connaissances ou valeurs plus générales – que cela soit ou non le cas effectivement. Deux éléments en particulier permettent d'arriver à cette conclusion : les sujets de forum les plus populaires se sont avérés être à la fois les plus « politiques » et les moins spécifiques : le fil de discussion ayant reçu le plus de commentaires étant « décroissance et bonheur », et celui en ayant reçu le moins « épuisement des ressources minérales ». Pour corroborer cette hypothèse, les participants à l'enquête ont été re-contactés six mois après la fermeture du site et ont répondu à un questionnaire leur demandant d'évaluer les raisons principales ayant influencé leur participation. La raison ayant obtenu la plus haute note a été « si j'avais su plus de choses, sur les terres rares, j'aurais probablement participé plus. »

La conclusion de cet article – « les citoyens ne s'engagent pas sur des sujets qu'ils ne connaissent pas et qui ne les intéressent pas ! » - peut être vue à la fois comme dangereuse, et comme complètement triviale. Je voudrais ici expliquer comment ces deux objections peuvent être dépassées et comment on peut arriver à une troisième façon d'interpréter ces résultats.

Cette conclusion peut être vue comme dangereuse par les chantres de la participation dans la mesure où elle pourrait être utilisée pour justifier une approche *top-down* ne se donnant pas la peine de faire appel aux citoyens pour des sujets jugés trop

complexes pour eux par des experts qui auraient ainsi toute latitude pour décider sans débat démocratique. L'élément participatif pourrait alors être relégué à des questions mineures ne permettant pas aux citoyens de se faire entendre sur des choix scientifiques et technologiques les affectant pourtant au premier plan. En un mot, cette conclusion pourrait être utilisée par les adeptes du « déficit model »⁷³. Le modèle du déficit stipule en effet que c'est à cause d'un manque de connaissances, notamment scientifiques et techniques, que les citoyens ne peuvent pas prendre part à certains débats, ou alors de façon irrationnelle ou invalide. Ce n'est pas là la thèse que j'ai voulu défendre. En effet, je montre dans l'article que le manque de motivation pour participer n'est pas nécessairement lié directement à un manque de connaissances – notamment parce que les participants ayant plus de connaissances sur les terres rares n'ont pas été significativement plus actifs, de même qu'il n'y avait pas de corrélation claire entre le niveau d'étude et le degré de participation – mais bien plutôt au fait que la question de la gouvernance des terres rares n'était pas vue comme un sujet pertinent, au sens politique ou individuel. Cela rejoint tout à fait les conclusions de Brian Wynne quand il écrit que la non-réceptivité du public à l'information scientifique n'est pas due à une limitation en termes de « capacité intellectuelle » mais au jugement qu'il ne s'agit pas d'une information utile, et qu'elle ne correspond pas à une expérience personnelle ou publique⁷⁴.

L'idée qu'il faut se sentir concerné par un sujet donné un minimum pour avoir envie d'en parler peut également paraître triviale. Cependant, cela peut être vu autrement : dans un contexte où les inquiétudes environnementales se concentrent sur une poignée de sujets (changement climatique et perte de la biodiversité concentrant à eux seuls une partie impressionnante des discours politiques et médiatiques), comment renverser la tendance par un mouvement *bottom-up*, si précisément les citoyens ne sont prêts à débattre que de ce qui a déjà été labellisé comme « objet de débat » par les instances concernées ? Mon travail rejoint en ce sens les analyses de Marteen

⁷³ Pour une excellente analyse critique du « déficit model », voir notamment (Wynne, 1991) et (Wynne, *Public Understanding of Science*, 1994).

⁷⁴ (Wynne, 1991, p. 116)

Hajer qui a montré, par une analyse de discours particulièrement minutieuse, que les discours officiels sur la modernisation écologique (ses opposants diraient « greenwashing ») avaient remplacé les discours minoritaires et subversifs des activistes écolos des années 1970⁷⁵. Les premiers mouvements environnementalistes ont créé, en les discutant, des objets d'inquiétude (l'amiante, la couche d'ozone, les pluies acides, etc.), qui ont ensuite envahi l'espace public, qui a à son tour redistribué ces inquiétudes à grand coups de reportages et de discours politiques. Le relatif échec participatif reporté par le deuxième article pose donc la question de la participation non-institutionnelle sur des sujets n'ayant pas (encore) été identifiés par les pouvoirs publics comme méritant débat.

4.3 Article III: Mapping out and Making Sense of Public Reactions to Rare Earth Elements' Global Trade

Cet article a été soumis à *Public Understanding of Science* en décembre 2012.

L'article analyse les réactions du public sur la question du commerce des terres rares, et notamment du différend à l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC) opposant les Etats-Unis, le Japon et l'Union Européenne à la Chine, lancé le 13 mars 2012 (WT/DS431, WT/DS432, et WT/DS433). Le texte du différend est similaire dans les trois cas, montrant que les Etats-Unis, l'Union européenne et le Japon se sont consultés avant de demander l'ouverture de consultations avec la Chine :

« (Le pays a) demandé l'ouverture de consultations avec la Chine au sujet des restrictions appliquées par la Chine à l'exportation de diverses formes de terres rares, de tungstène et de molybdène. La demande mentionne des matières qui relèvent, mais non exclusivement, de 212 codes douaniers chinois de produits à huit chiffres, et plus de 30 mesures. Elle mentionne aussi un certain nombre de mesures de la Chine publiées et non publiées dont il est allégué que, agissant séparément ou collectivement, elles ont pour effet d'imposer et d'administrer des restrictions à l'exportation. Ces restrictions comprennent des droits d'exportation, des contingents d'exportation, des prescriptions en matière de prix minimaux à l'exportation, des prescriptions en matière de licences d'exportation ainsi que des prescriptions et procédures additionnelles en relation avec l'administration de ces restrictions quantitatives. »⁷⁶

⁷⁵ (Hajer, 1995)

⁷⁶ http://www.wto.org/french/tratop_f/dispu_f/cases_f/ds431_f.htm (consulté le 19 novembre 2012)

Le différend porte donc sur les restrictions à l'exportation de diverses formes de terres rares (ainsi que de tungstène, dont la Chine assure 90% de la production mondiale, et de molybdène, ce qui est plus curieux dans la mesure où près de la moitié de la production mondiale provient des Etats-Unis.) Afin d'étudier les réactions du public, plus de 5000 commentaires en ligne ont été pris en compte, sur des sites américains, français, chinois, anglais, indiens et canadiens, sur une période d'un peu plus de trois ans (voir figure 5), ce qui permet de prendre également en compte les réactions au cas DS394, lancé en 2009, sur les restrictions chinoises à l'exportation de différents métaux, et d'une façon plus générale les blogs et forums ayant discuté du commerce des terres rares depuis 2009.

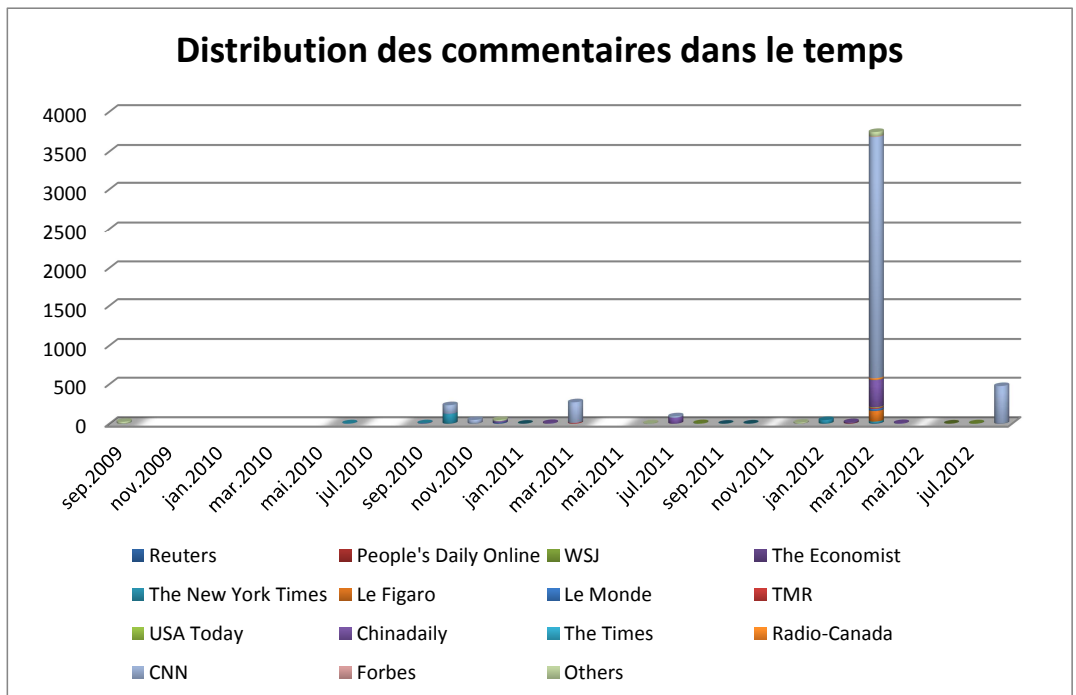


Figure 5: Distribution des commentaires dans le temps. Comme on le voit, le mois de mars 2012, correspondant au moment de la plainte à l'OMC, concentre l'immense majorité des commentaires.

L'article fait sens de ces commentaires en montrant que les opinions politiques exprimées par les internautes peuvent être lues à la lumière des trois traditions identifiées par Martin Wight : réaliste, rationaliste et révolutionnaire⁷⁷. La tradition réaliste décrit ceux qui, dans les relations internationales, mettent l'accent sur l'élément anarchique, les relations de pouvoir entre les Etats et la guerre. Les réalistes considèrent que la responsabilité de l'homme d'Etat s'arrête aux frontières de son pays. Dans la tradition philosophique, la position réaliste a été théorisée notamment par Machiavel et Thomas Hobbes. Une partie des commentaires analysés peut l'être à la lumière de la tradition réaliste, quand des internautes expriment un fort attachement nationaliste dans des *posts* de type « ce qui est bon pour mon pays est bon. » La deuxième tradition identifiée par Martin Wight, la tradition rationaliste, désigne ceux qui croient en la capacité rationnelle de l'homme, le poussant à établir, et respecter, des traités de coopération internationale. Elle s'appuie sur les travaux d'un Hugo Grotius ou d'un Emerich de Vattel. Les commentaires associés à la tradition rationaliste mettent l'accent sur la question « est-ce que les gouvernements concernés respectent les règles de l'OMC ? ». Enfin la troisième tradition, la tradition révolutionnaire, désigne les penseurs qui attribuent à l'homme d'Etat, au-delà d'une préférence nationale ou du respect des traités internationaux, une responsabilité touchant le genre humain (*humanitarian responsibility*). Je propose dans l'article d'étendre une telle « responsabilité humanitaire » pour y englober les questions environnementales. Je soutiens qu'une telle libéralité n'aurait pas été désavouée par Martin Wight, lui qui dit de la tradition révolutionnaire qu'elle est « moins un courant qu'une série de vagues »⁷⁸ Les commentaires exprimant des inquiétudes environnementales au-delà du syndrome NIMBY⁷⁹ peuvent donc être lus à la lumière

⁷⁷ (Wight, 1991)

⁷⁸ (Wight, 1991, p. 12)

⁷⁹ NIMBY (acronyme pour *Not in My Backyard*, littéralement « pas dans mon jardin »). Cet acronyme est utilisé pour désigner les phénomènes de résistance à des projets d'aménagement local, du type incinérateur ou centrale nucléaire, sans qu'une réflexion plus globale soit menée. A l'inverse, les résistances de type NIABY (Not in Anyone's Backyard) ou NOPE (Not on Planet Earth) relèvent d'une démarche au-delà de la simple défense d'intérêts personnels.

de la tradition révolutionnaire. Il est important de souligner ici que ces trois traditions ne s'opposent ni ne s'excluent :

« Les trois traditions mises en évidence par Martin Wight – le plus souvent interprétées de manière erronée comme trois conceptions opposées du monde alors qu'en réalité elles constituent, selon son auteur, une mise en relations de conditions politiques qui composent l'objet « relations internationales » – représentent trois perspectives différentes de l'anarchie. Les *réalistes* se focalisent sur les conditions politiques de l'anarchie parce qu'il s'agit d'une donnée constante dans les relations internationales. Les *rationalistes* s'intéressent plus à la diplomatie et au commerce. Les échanges et coopérations régulières et organisées peuvent améliorer les effets de l'anarchie. Enfin, les *révolutionnaires* considèrent que malgré leur multiplicité les États souverains forment une morale et une culture commune qui permet de transcender les effets de l'anarchie. Ces trois traditions renvoient à trois concepts distincts, respectivement de « système international », de « société internationale » et de « société mondiale. »⁸⁰

Ce cadre théorique aide cependant à faire sens des conflits de valeurs qui émergent face au contentieux à l'OMC. Je montre dans l'article que les désaccords naissent autant entre les différentes traditions qu'en leur sein. Ainsi tandis que les réalistes restent arc-boutés sur leur nationalisme plus ou moins belliqueux, les réalistes sont confrontés au pluralisme des régulations internationales qui entrent en compétition et à leur interprétation, en l'occurrence ici les règles générales de l'OMC, les exceptions autorisées par l'article XX (g) du GATT quand il s'agit de protection environnementale ou de la santé, et des traités internationaux tels le protocole de Kyoto. Enfin il est également difficile au sein d'une tradition révolutionnaire de se mettre d'accord selon le poids accordé aux générations futures par rapport aux générations présentes : les terres rares peuvent en effet être vues un peu caricaturalement comme un passeport polluant vers un avenir plus propre. Des lendemains censés chanter valent-ils un aujourd'hui toxique ?

Après avoir mis en lumière ce pluralisme d'approches et de valeurs, l'article montre que les cas WT/DS431, WT/DS432 et WT/DS433 sont vus comme fondamentalement inutiles par une majorité d'internautes. Trois différents facteurs sont proposés pour expliquer cette inutilité perçue : la croyance en la possibilité d'une

⁸⁰ (Meszaros, 2008, p. 414)

solution purement technologique (le fameux *technological fix*), par exemple découvrir un substitut chimique, rendant le recours à la négociation politique caduque ; l'idée que la Chine « n'est pas à ça près » et que ce contentieux est ridicule dans la mesure où les dommages environnementaux consentis pour la croissance économique sont loin de se résumer à l'extraction de terres rares ; enfin, la crainte que quelle que soit le résultat du contentieux à l'OMC, les conséquences réelles soient vaines.

En conclusion, j'établis moi aussi que l'OMC n'est pas le cadre le plus pertinent pour discuter de ces enjeux, dans la mesure où par définition, en tant qu'instance internationale, l'OMC s'inscrit dans la tradition rationaliste de la « société internationale », et non dans celle de la « société mondiale » qui semble être plus à même de prendre en compte les différentes questions soulevées par la gouvernance des terres rares. Ces questions sont en effet nombreuses et ne peuvent être épuisées par la procédure de règlement de différend de l'OMC. Par exemple, un pays peut-il avoir recours à cette procédure pour lever les restrictions à l'exportation d'un type de ressource minérale quand ce même pays possède ces ressources mais a choisi de ne pas les exploiter, pour des raisons notamment environnementales ? Devrait-il y avoir un devoir d'exploration pour les pays pauvres en ressources minérales ? En attendant un vaste débat démocratique sur ces questions, prêter attention aux opinions exprimées par des internautes du monde entier sur un des rares cas de l'OMC traitant de l'exportation de ressources non-renouvelables peut constituer une première étape riche d'enseignements.

4.4 Liens entre les trois articles

Finalement, il semble important, à la lumière de la diversité des questions de recherche explorées dans ces articles, de préciser ici la question de recherche commune et de proposer une conclusion unifiant le tout.

Comme mentionné plus haut, le « cahier des charges » de mon projet de thèse comprenait l'analyse d'un enjeu environnemental d'un point de vue interdisciplinaire

et participatif. A partir du moment où l'étude de cas choisie reposait sur une ressource non-renouvelable, une analyse philosophique de la place des générations futures, et la question d'un devoir intergénérationnel de protection environnementale, paraissait un *a priori* nécessaire. D'où l'article I, qui concluait qu'une approche des enjeux environnementaux reposant sur les enjeux et les besoins du présent était en réalité philosophiquement plus robuste et en pratique plus efficace. Cette conclusion pouvait s'appliquer à la gestion des ressources minérales comme à n'importe quel enjeu environnemental.

La question de la gouvernance actuelle des terres rares devenait alors une question de première importance, d'autant que l'enjeu de justice concernant cette ressource ne se situe pas uniquement au niveau intergénérationnel. D'où l'idée de créer un site participatif proposant différents scénarios de gouvernance, et d'inviter tous types d'acteurs à exprimer leurs préférences et valeurs. En l'occurrence le scénario préféré des participants a été celui accordant la priorité aux instances de gouvernance nationales. Si l'expérience « Sustainable Scenarios » a été riche d'enseignements à tous points de vue, le faible taux de participation (une cinquantaine de participants environ) m'a également incitée à chercher ailleurs un espace de débat dédié aux terres rares. L'actualité internationale a joué là un grand rôle, puisque précisément à ce moment-là les Etats-Unis, l'Europe et le Japon décidaient d'attaquer la Chine à l'OMC l'accusant de restreindre ses exportations de terres rares. Rapidement le sujet devint « brûlant » sur la toile, et je rassemblai plusieurs milliers de commentaires, auxquels s'ajoutaient ceux qui depuis 2009 avaient commenté d'une façon ou d'une autre sur la question du commerce international des terres rares.

Voilà donc quel a été le cheminement. Il aurait pu être autre, notamment si le différend à l'OMC n'avait pas surgi au milieu de mes recherches. J'ai préféré voir là une opportunité rare de recherche « sur le vif » plutôt qu'un contretemps m'obligeant à changer de direction contre mon gré.

Il convient ici de s'attarder sur les liens entre les conclusions des articles II et III. En effet, si ces deux articles peuvent paraître un peu contradictoires, ils renforcent en réalité deux aspects différents d'une même thèse.

Une première contradiction apparente peut être identifiée dans le fait que tandis que l'article II soutient qu'il est difficile d'engager des internautes sur une question trop spécifique qui ne les concerne pas, l'article III analyse précisément plus de 5000 commentaires d'internautes qui se passionnent pour un débat tout aussi technique sur le même sujet. Comment expliquer cette apparente contradiction ? La question du recrutement et de la visibilité des sites considérés est bien évidemment à prendre en compte (les sites de CNN ou du *New York Times* génèrent un nombre de passages incomparablement plus important qu'un site académique tel *Sustainable Scenarios*, même très bien promu). Mais la question du recrutement ne suffit pas à tout expliquer : comme je l'ai montré dans l'article III, en réalité les internautes ne discutent que peu des terres rares ou de l'OMC, mais bien plutôt des valeurs auxquelles ils rattachent ce contentieux. Les conclusions des deux articles ne sont donc pas contradictoires : dans les deux cas, les internautes s'engagent dans un débat par lequel ils se sentent concernés, mais qu'ils reformulent ou recadrent en termes non plus techniques mais de valeurs.

Une deuxième contradiction apparente pourrait être vue entre le fait que les participants à *Sustainable Scenarios* ont exprimé en majorité une préférence pour le scénario de gouvernance privilégiant l'action des Etats (par opposition aux entreprises privées et à la société civile faite de micro-actions individuelles), et le fait que le contentieux à l'OMC soit vu comme inutile dans l'article III. En effet, la stratégie étatique comportait plusieurs éléments, dont « garantir le commerce international des terres rares ». A l'époque du lancement du site, le contentieux à l'OMC n'avait pas encore eu lieu, mais la description de la stratégie étatique mentionnait DS394 comme exemple d'action qui pourrait être entreprise par les gouvernements. Une première façon d'interpréter cette contradiction est bien évidemment de rappeler qu'il ne s'agit pas des mêmes échantillons d'internautes, et que dans les deux cas on ne peut parler de représentativité. Une deuxième façon est

de rappeler que dans le cas de *Sustainable Scenarios*, et comme analysé dans l'article II à partir des résultats obtenus dans le forum, la préférence manifestée pour l'action étatique repose en réalité sur une vision idéalisée de l'Etat plus que sur une conception réaliste de son action. A partir de là la contradiction prend tout son sens : même si une approche étatique idéalisée était préférée par un « public » reconstitué à partir des articles II et III, face à la réalité du contentieux, aux textes régissant l'activité de l'OMC et à ses pouvoirs réels, il n'empêche qu'ils voient alors ce cas comme inutile.

5. Conclusions et directions à suivre

Ce travail de thèse a proposé une approche interdisciplinaire d'un enjeu environnemental contemporain qui est généralement délaissé à la fois par les médias, les politiques et les chercheurs en sciences sociales. Les principales conclusions de ce travail sont :

- a. qu'il n'est pas nécessaire de présupposer une unicité ou une supériorité des menaces environnementales ni d'un point de vue pratique pour les combattre ni d'un point de vue philosophique pour légitimer l'existence d'une éthique environnementale.
- b. qu'alors même qu'un débat citoyen et novateur sur les enjeux environnementaux est extrêmement pertinent, un tel débat ne semble pouvoir avoir lieu qu'à propos de questions pré-identifiées par les institutions, rendant l'aspect innovant de la participation critique.
- c. qu'un règlement de différends sur la question de l'extraction et du commerce des ressources minérales *via* la solution institutionnelle d'un organisme international n'est pas perçu comme, et en effet ne semble pas, adapté à un cas protéiforme qui reflète de nombreux conflits de valeurs entre individus.

De nombreuses pistes de recherche peuvent partir de ces éléments. Qu'il s'agisse de trouver des façons innovantes d'engager les citoyens dans des processus de participation sur des sujets qu'ils ne connaissent pas en avance, de rassembler économistes, éthiciens et chercheurs en sciences sociales sur la question de la

propriété des ressources minérales, ou encore de questionner la pertinence du découpage étatique d'un monde confronté à des défis globaux, chaque discipline assurement ses outils à apporter, pour une compréhension espérons-le moins *découpée* d'enjeux qui ne connaissent aucune frontière.

Travaux cités

- (2010). *Ike Skelton National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2011*. Retrieved from <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/BILLS-111hr6523eh/pdf/BILLS-111hr6523eh.pdf>
- Allard, P., Fox, D., & Picon, B. (2008). *Incertitude et environnement*. Paris: Eyrolles.
- Aristote. (1862). *Physique*. (B. Saint-Hilaire, Trans.) Paris: Les belles lettres.
- Barnett, H., & Morse, C. (1963). *Scarcity and Growth*. Baltimore: John Hopkins Press.
- Behrendt, S., Scharp, M., Erdmann, L., Kahlenborn, W., Feil, M., Dereje, C., . . . Delzeit, R. (2007). *Rare metals: Measures and concepts for the solution of the problem of conflict-aggravating raw material extraction - the example of coltan*. Dessau: Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt).
- Bihouix, P., & de Guillebon, B. (2010). *Quel futur pour les métaux ? Raréfaction des métaux : un nouveau défi pour la société*. EDP Sciences.
- Birnbacher, D. (2006). What motivates us to care for the (distant) future? *Idées pour le débat*, 4.
- Bontron, C. (2012, Juillet 19). En Chine, les terres rares tuent des villages. *Le Monde*. Retrieved from http://www.lemonde.fr/asia-pacifique/article/2012/07/19/en-chine-les-terres-rares-tuent-des-villages_1735857_3216.html
- Boulding, K. E. (1966). The Economics of the Coming Spaceship Earth. In H. Jarrett, *Environmental Quality in a Growing* (pp. 3-14). Baltimore: Resources For the Future/Johns Hopkins University Press.
- Bourg, D., & Whiteside, K. (2010). *Vers une démocratie écologique: le citoyen, le savant et le politique*. Paris: Seuil.
- Caro, P., & Christmann, P. (2012). L'importance stratégique des terres rares. *Conférence-débat, Forum du Futur*. Paris.
- Christmann, P. (2011). Les nouvelles ressources en minerais stratégiques: l'exemple des terres rares. *Géoéconomie*, 59, 75-86.
- Davis, G. A. (2010). *Trade in Mineral Resources*. World Trade Organization: Staff Working Paper ERSD-2010-01.

-
- de Changy, F. (2012, Mars 16). Terres rares : l'usine qui divise la Malaisie. *Le Monde*.
- Delattre, E. (1972). Rights, Responsibilities, and Future Persons. *Ethics*, 254-258.
- Ericsson, M., & Noras, P. (2005). Minerals-based Sustainable Development - One Viable Alternative. *Securing the future : international conference on mining and the environment, metals and energy recovery : proceedings*. Stockholm: SweMin.
- European Commission. (2010). *Critical raw materials for the EU*. European Commission, Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials. Retrieved from http://ec.europa.eu/enterprise/policies/raw-materials/files/docs/report-b_en.pdf
- Faujas, A. (2012, Septembre 28). A Lyon, les lampes basse-consommation redeviennent terres rares. *Le Monde*.
- Frame, B., & O'Connor, M. (2011). Integrating valuation and deliberation: the purposes of. *Environmental Science & Policy*, 14, 1-10.
- Funtowicz, S., & Ravetz, J. (1991). A New Scientific Methodology for Global Environmental Issues. In R. Costanza, *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability* (pp. 137-152). New York: Columbia University Press.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P., & Trow, M. (1994). *The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies*. London: Sage.
- Glaser, B. G., & Strauss, A. (1967). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Mill Valley: Sociology Press.
- Gonod, P. (n.d.). Penser l'incertitude. (en ligne : <http://www.pierre-gonod.eu/pfg.php>).
- Gupta, C., & Krishnamurthy, N. (2004). *Extractive Metallurgy of Rare Earths*. Boca Raton: CRC Press.
- Hacking, I. (1999). *Entre science et réalité: La construction sociale de quoi?* Paris: La Découverte.
- Hajer, M. A. (1995). *The Politics of Environmental Discourse: Ecological Modernization and the Policy Process*. Oxford: Oxford University Press.

-
- Hall, C. A., & Day, J. W. (2009). Revisiting the Limits to Growth After Peak Oil. *American Scientist*, 97, pp. 230-237.
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, 162.
- Hotelling, H. (1931). The Economics of Exhaustible Resources. *Journal of Political Economy*, 137-175.
- Jasanoff, S. (2001). Image and Imagination: The Formation of Global Environmental Consciousness. In C. M. Edwards, *Changing the Atmosphere. Expert Knowledge and Environmental Governance*. MIT Press.
- Joyner, J. (2011, Juin 30). *Hybrid Cars, Rare Earth Elements, and Supply*. Retrieved from Outside the Beltway: <http://www.outsidethebeltway.com/hybrid-cars-rare-earth-elements-and-supply/>
- Kooroshy, J., Meindersma, C., Podkolinski, R., Rademaker, M., Sweijs, T., Diederer, A., . . . de Goede, S. (2010). *Scarcity of Minerals: A strategic security issue*. The Hague: The Hague Centre for Strategic Studies.
- Kraut, R., Olson, J., Banaji, M., Bruckman, A., Cohen, J., & Couper, M. (2004). Psychological Research Online: Report of Board of Scientific Affairs' Advisory Group on the Conduct of Research on the Internet. *American Psychologist*, 59(2), 105-117.
- Latour, B. (1996). *Petites Leçons de sociologie des sciences*. Paris: Seuil.
- MacKenzie, D., & Wajcman, J. (1999). *The Social Shaping of Technology*. Buckingham: Open University Press.
- Meszaros, T. (2008). Système contre société. Deux concepts antithétiques ? Quand la "nouvelle vague" de l'École anglaise défie l'idée de société internationale. *Etudes Internationales*, 39(3), 411-431.
- Norgaard, R. B. (1995). Intergenerational Commons, Globalization, Economism, and Unsustainable Development. In L. Freese, *Advances in Human Ecology* (Vol. 4, pp. 141-171). Greenwich: JAI Press.
- Nowotny, H., Scott, P., & Gibbons, M. (2001). *Rethinking science: knowledge in an age of uncertainty*. Cambridge: Polity.
- Nowotny, H., Scott, P., & Gibbons, M. (2003). *Repenser la science*. Paris: Belin.
- O'Faircheallaigh, C. (2009). Public Policy Processes and Sustainability in the Minerals and Energy Industries. In J. P. Richards, *Mining, Society, and a Sustainable World* (pp. 437-467). New York: Springer.

-
- Paillard, C.-A. (2012, Août 17). *Minerais et industries de défense, une dépendance à clarifier*. Retrieved from Diploweb.com: <http://www.diploweb.com/Minerais-et-industries-de-defense.html>
- Paillé, P. (1994). L'analyse par théorisation ancrée. *Cahiers de recherche sociologique*, 23, 147-181.
- Ravetz, J. (1999). What is Post-Normal Science. *Futures*, 31, 647-653.
- Report to Congress. (2012). *Rare Earth Materials in Defense Applications*. Retrieved from http://media.bloomberg.com/bb/avfile/rqG27jt_UV0
- Rommetveit, K., Gunnarsdottir, K., Jebsen, K., Bertillon, M., Verrax, F., & Strand, R. (forthcoming). The Technolife project: an experimental approach to new ethical frameworks for emerging science and technology. *International Journal of Sustainable Development*.
- Schüler, D., Buchert, M., Liu, R., Dittrich, S., & Merz, C. (2011). *Study on Rare Earths and Their Recycling*. Darmstadt: Öko-Institut.
- Simon, J. L. (1996). *The Ultimate Resource 2*. Princeton: Princeton University Press. Retrieved from http://www.juliansimon.org/writings/Ulimate_Resource/
- Singer, P. (2002). *One World: The Ethics of Globalization*. New Haven & London: Yale University Press.
- Strand, R., Rommetveit, K., & Funtowicz, S. (2011). *Ethics and new and emerging publics: Integration of participation and dialogue into ethical frameworks for emerging science and technology*. Retrieved July 26, 2012, from http://technolife.no/wosyq3tmp/results/content/filelist_4ce40291-cb5f-4ac1-892b-a45e9171cdd4/1336509200705/the_technolife_approach.pdf.
- Tapscott, D. (2008). *Grown up Digital: How the Net Generation is Changing Your World*. McGraw-Hill.
- Tilton, J. E. (2002). *On borrowed time? Assessing the threat of mineral depletion*. Washington D.C.: Resources for the Future.
- Verrax, F. (2009). *Quels savoirs pour quelles décisions? Distribution de l'incertitude en matière de développement durable: Le cas du changement climatique*. Paris IV Sorbonne: Mémoire de Master.
- von Gleich, A. (2006). Outlines of a Sustainable Metals Industry. In A. von Gleich, R. U. Ayres, & S. Gößling-Reisemann, *Sustainable Metals Management*:

Securing Our Future - Steps Towards a Closed Loop Economy (pp. 3-40). Springer.

Wellmer, F.-W., & Wagner, M. (2006). Metallic Raw Materials - Constituents of our Economy. In A. von Gleich, R. U. Ayres, & S. Gößling-Reisemann, *Sustainable Metals Management* (pp. 41-68). Dordrecht: Springer.

Wight, M. (1991). *International Theory: The Three Traditions*. Leicester and London: Leicester University Press.

World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press. Retrieved from http://conspect.nl/pdf/Our_Common_Future-Brundtland_Report_1987.pdf

Wynne, B. (1991). Knowledges in Context. *Science, Technology, & Human Values*, 16(1), 111-121.

Wynne, B. (1994). Public Understanding of Science. In S. Jasanoff, G. Markle, J. Peterson, & T. Pinch, *Handbook of science and technology studies*. Thousand Oaks: Sage Publication.

Zajec, O. (2010, Novembre). Comment la Chine a gagné la bataille des matériaux stratégiques. *Le Monde diplomatique*, pp. 14-15.

