

Université Libre de Bruxelles  
Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire  
Faculté des Sciences  
Master en Sciences et Gestion de l'Environnement

# L'utilisation de terres rares dans les éoliennes : la création d'un label

Mémoire de Fin d'Études présenté par **ALYSON DA SILVA PEDRAS**  
en vue de l'obtention du grade académique de  
Master en Sciences et Gestion de l'Environnement  
à finalité Gestion de l'Environnement [M-ENVIG]

Année académique : 2018 – 2019

Directeur : Professeur M. Huart



## Remerciements

Mes remerciements vont d'abord à mon promoteur, professeur Huart, qui m'a toujours accompagnée, a toujours été disponible et dont les commentaires et suggestions ont été d'une grande aide.

Je tiens également à remercier Vincent et Gaëtan, qui ont été de vrais mentors. Sans vous, vos précieux conseils, remarques et vos relectures, ce mémoire ne serait certainement pas ce qu'il est aujourd'hui.

Merci aussi Pascal, Victor et Gilberte pour leur relecture finale.

Merci à Marie-Catherine et Sébastien, qui m'ont toujours permis de concilier études et travail.

Merci à Isabelle, ma meilleure amie, pour sa motivation perpétuelle.

Merci à ma famille, en particulier mes parents, qui m'ont toujours soutenue dans mes études.  
Alex, Miguel et Maxime : ça y est, j'ai fini !



## Résumé

Afin de répondre aux exigences européennes mais également aux attentes citoyennes, les parcs éoliens sont de plus en plus nombreux en Belgique. Certaines des éoliennes utilisées sont des éoliennes à aimant permanent. Au niveau des parcs éoliens belges, elles représentent 12% des éoliennes installées. La particularité de ces aimants est qu'ils contiennent des terres rares, des métaux utilisés pour leurs propriétés magnétiques remarquables, permettant aux éoliennes d'avoir des génératrices plus efficaces et plus petites.

Ces terres rares sont cependant au cœur de diverses problématiques. Elles peuvent être responsables d'impacts environnementaux et humains conséquents, si leur extraction et leur traitement ne sont pas contrôlés. En outre, La Chine, qui détient le monopole sur l'industrie des terres rares, fait également face à l'existence de mines illégales, rendant le contrôle du respect de l'environnement et des droits humains difficile.

A cela s'ajoute également l'aspect économique des terres rares. La domination chinoise permet un contrôle de prix quasi total sur ce marché. Pour l'Europe, qui importe toutes les terres rares utilisées sur son territoire, cela signifie un risque d'approvisionnement et des fluctuations de prix imprévisibles. Cela peut impacter le prix des produits utilisant des terres rares, comme les éoliennes.

D'après des entretiens menés auprès de divers acteurs du secteur éolien, c'est bien le prix qui s'avère être le levier principal de choix d'un modèle d'éolienne et non la présence ou l'absence de terres rares dans sa composition. La question qui se posait ici était de savoir s'il était possible de garantir l'absence de terres rares dans les éoliennes par la mise en place d'un label.

La recherche a révélé qu'il n'y a actuellement pas de label pour ce secteur mais que diverses initiatives sont actuellement en développement pour le secteur des terres rares et plusieurs systèmes de certification existent déjà dans l'industrie minière. L'analyse a également démontré que la transposition d'un label existant aux éoliennes n'est pas le choix préféré. Cependant, la mise en place d'un système de certification s'avère être la meilleure option. Ce système de certification ne doit toutefois pas s'appliquer aux éoliennes mais plutôt aux terres rares et aux aimants permanents. Parmi d'autres critères, ces terres rares seraient alors certifiées comme étant respectueuses de l'environnement et les aimants permanents garantiraient l'utilisation de terres rares durables.



## Note au lecteur

La logique de référencement dans le texte est comme suit :

- Si un paragraphe a une ou plusieurs sources, celle(s)-ci seront directement référencées après ledit paragraphe.
- Si un chapitre ou sous-chapitre n'a qu'une seule source, le référencement se fera à l'aide d'une note en bas de page.

Cependant, si un paragraphe du chapitre ou sous-chapitre a une autre source supplémentaire, cette dernière sera référencée après ledit paragraphe concerné.

Les parties ayant été traduites de l'anglais seront signalées à l'aide d'une note de bas de page. La traduction est faite par l'auteur de ce mémoire.

Il se peut que certains noms officiels, d'organisations par exemple, soient utilisés dans leur langue originale. Dans ce cas-là, une traduction sera disponible en note de bas de page.

Tous les sites web ont été visités une dernière fois le 15 mai 2019. Le fonctionnement de leur URL n'est pas garanti après cette date.



## Table des matières

<b><i>Introduction</i></b>	<b>1</b>
<b>1 <i>Les éoliennes</i></b>	<b>3</b>
1.1 Description et fonctionnement	3
1.2 Le rôle des éoliennes dans la production d'électricité en Belgique	4
1.3 Part d'importation	7
1.4 Conclusion du chapitre	8
<b>2 <i>Les terres rares dans les éoliennes</i></b>	<b>9</b>
2.1 Définition des terres rares	9
2.2 Les terres rares des aimants permanents	10
2.3 Avantages des éoliennes contenant des terres rares et alternatives	11
2.4 Quelles éoliennes en Belgique ?	14
2.5 Conclusion du chapitre	16
<b>3 <i>La problématique des terres rares dans les éoliennes</i></b>	<b>16</b>
3.1 L'aspect environnemental	16
3.2 L'aspect économique : la domination de la Chine	20
3.3 Les mines illégales	25
3.4 Les terres rares parmi la liste européenne de matériaux critiques	27
3.5 Point de vue des acteurs du secteur éolien	29
<b>4 <i>Systèmes de certification et autres initiatives</i></b>	<b>31</b>
4.1 Codes pour la mise en place de standards	32
4.1.1 Les guides ISO	32
4.1.2 ISEAL	32
4.2 Standards spécifiques à l'industrie des terres rares	34
4.2.1 REIA	34
4.2.2 FairMagnet	35
4.2.3 ISO/TC 298	37
4.3 Standards généraux à l'industrie minière	39

4.3.1	International Council on Mining & Metals	39
4.3.2	Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development (IGF)	40
4.3.3	Initiative for Responsible Mining Assurance	41
4.3.4	Guide OCDE sur le devoir de diligence pour des chaînes d'approvisionnement responsables en minerais provenant de zones de conflit ou à haut risque	42
<b>4.4</b>	<b>Labels potentiellement transposables aux terres rares dans les éoliennes</b>	<b>43</b>
4.4.1	EU Ecolabel	43
4.4.2	Blauer Engel (Ange bleu)	44
4.4.3	Nordic Swan (Cygne nordique)	45
4.4.4	EPEAT	46
<b>4.5</b>	<b>Mise en place d'une certification : le cas de l'industrie du diamant</b>	<b>47</b>
4.5.1	Le processus de Kimberley	47
4.5.2	Responsible Jewellery Council	49
4.5.3	L'initiative diamant et développement	51
<b>5</b>	<b><i>Analyse et tentative de proposition</i></b>	<b>53</b>
5.1	<b>Analyse des systèmes existants ou en développement</b>	<b>53</b>
5.2	<b>Proposition pour la labellisation d'une éolienne</b>	<b>58</b>
<b>6</b>	<b><i>Conclusion</i></b>	<b>61</b>
	<b><i>Bibliographie</i></b>	<b>64</b>
	<b><i>Annexes</i></b>	<b>69</b>
	<b>Annexe 1 : Recensement des éoliennes en Belgique</b>	<b>69</b>
	<b>Annexe 2 : Exemple de certification FairMagnet</b>	<b>78</b>
	<b>Annexe obligatoire : Recherche bibliographique</b>	<b>79</b>

## Table des figures

Figure 1: Schéma d'une éolienne (source : Google Images).	3
Figure 2: Évolution des puissances installées (source : APERe, 2018.)	5
Figure 3: Évolution des productions par filière (source : APERe, 2018).	6
Figure 4: Évolution des productions d'énergie renouvelable par filière (source : APERe, 2017).	6
Figure 5: Part de l'électricité renouvelable dans la consommation finale d'électricité (source : APERe, 2017).	7
Figure 6: Part de l'électricité renouvelable consommée par source d'énergie en 2016 (source : VREG, 2016).	8
Figure 7: Comparaison du volume d'aimants permanents à d'autres aimants (source : Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 2015, p. 52).	12
Figure 8: Répartition des ressources mondiales en terres rares par type de dépôt principal et pays (source : Zhou, Li, & Chen, 2017).	20
Figure 9: Données sur les réserves de la Chine (source : Liu, Tan, & Hu, 2016).	21
Figure 10: Capitalisation boursière des principales sociétés mondiales de terres rares (source: Liu, Tan & Hu, 2016, p. 10).	23
Figure 11: Production et consommation globale d'oxydes de terres rares de 1960 à 2015 et prévisions. (source : Huang, Zhang, Pan, Chen, & Zeng, 2016).	24
Figure 12: Distribution globale de la production et l'utilisation de terres rares (source : Zhou, Li, & Chen, 2017).	24
Figure 13: Utilisation des terres rares en Europe (source : Netherlands Organisation for Applied Scientific Research; Deloitte Sustainability; British Geological Survey; Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 2017).	25
Figure 14: Chaîne d'approvisionnement des terres rares utilisées dans des aimants (source: European Rare Earths Competency Network, p. 74).	28

## Tableaux

Tableau 1: Les éoliennes en Belgique	15
--------------------------------------	----

## Liste des acronymes

APERe	Association pour la Promotion des Énergies Renouvelables
CCCMC	China Chamber of Commerce of Metals, Minerals & Chemicals Importers & Exporters <i>Chambre de Commerce Chinoise des Importateurs et Exportateurs de Métaux, de Minéraux et de Produits Chimiques</i>
CE	Commission européenne
COC	Chain of Custody <i>Chaîne de traçabilité</i>
COP	Code of Practices <i>Code des pratiques</i>
DDI	Diamond Development Initiative
DFIG	Doubly-fed induction generator <i>Générateur à induction à double alimentation</i>
EESG	Electrically Excited Synchronous Generator <i>Génératrice synchrone excitée électriquement</i>
EHS	Environment, Health and Security <i>Environnement, Santé et Sécurité</i>
EIT	European Institute of Innovation and Technology <i>Institut Européen d'Innovation et de Technologie</i>
ERECOM	European Rare Earths Competency Network <i>Réseau européen de compétences sur les terres rares</i>
GRIP	Groupe de recherche et d'information sur la paix et la sécurité
HTS	High temperature superconductor <i>Supraconducteur à haute température</i>
ICMM	International Council on Mining & Metals
IGF	Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development <i>Forum intergouvernemental sur l'exploitation minière, les minéraux, les métaux et le développement durable</i>
IRMA	Initiative For Responsible Mining Assurance
ISO	International Organization for Standardization <i>Organisation internationale de standardisation</i>

JRC	Joint Research Center <i>Centre commun de recherche</i>
MW	Megawatt
NdFeB	Aimant Neodyme-Fer-Bore
ONG	Organisation non-gouvernementale
PK	Kimberley Process <i>Processus de Kimberley</i>
PMSG	Permanent Magnet Synchronous Generator <i>Génératrice synchrone à aimant permanent</i>
RJC	Responsible Jewellery Council
SCIG	Squirrel-Cage Induction Generator <i>Génératrice à induction à cage d'écureuil</i>
TC	Technical Committee <i>Comité technique</i>
USGS	United States Geological Survey <i>Institut d'études géologiques des États-Unis</i>
VREG	Vlaamse Regulator van de Elektriciteits- en Gasmarkt <i>Régulateur flamand du marché de l'électricité et du gaz</i>
WRIG	Wound Rotor Induction Generator <i>Générateur à induction à rotor bobiné</i>



## Introduction

L'engouement en matière d'énergie renouvelable ne fait que croître. Outre la pression qui existe au niveau européen pour chaque État d'améliorer son bilan carbone et l'utilisation d'énergies renouvelables, une pression existe également de la part des citoyens, comme nous avons pu le voir cette année avec les manifestations pour le climat.

Cependant, toutes les initiatives ne sont pas accueillies les bras ouverts par tout le monde. Certains débattent par exemple sur l'impact environnemental des voitures électriques. Jugées comme non polluantes lors de leur utilisation, certains pensent qu'en comparant leur cycle de vie à une voiture à combustion, elles ont un impact plus important sur l'environnement. La question se posait donc également pour les éoliennes. Sont-elles réellement vertes ?

Il semblerait que la présence des éléments appelés « terres rares » dans certaines d'entre elles augmente leur impact environnemental global. L'importance des terres rares pour les énergies renouvelables ayant déjà été traitée dans le passé, il est intéressant d'aborder cette thématique sous un autre angle. C'est ainsi que la question de recherche principale de ce mémoire s'est posée : comment pourrait-on introduire un label qui certifie que l'éolienne n'a pas recours à des terres rares ?

Cette question a initialement induit d'autres questions : quels sont les types d'éoliennes qui utilisent des terres rares et pour quels éléments ? Pourquoi utilise-t-on des terres rares ? Pourrait-on se passer des éoliennes contenant des terres rares ?

Mais au cours de la recherche, une autre question s'est également posée : quelles autres problématiques sont liées à l'utilisation de terres rares dans une éolienne ?

Il a dès lors été décidé d'aborder, en plus de l'aspect environnemental du sujet, les aspects économiques et humains.

Quatre thématiques se sont donc présentées et c'est autour de celles-ci que le mémoire se structure : les éoliennes, les terres rares, les problématiques liées à la présence de terres rares dans les éoliennes et les systèmes de certification/labels.

Pour comprendre au mieux dans quel contexte s'insère le sujet, ce mémoire commence par une introduction aux éoliennes et leur présence croissante en Belgique.

Il est ensuite question des terres rares dans le deuxième chapitre. Après une brève introduction, les terres rares spécifiques aux éoliennes sont abordées ainsi que leurs avantages et les alternatives pour des éoliennes sans terres rares. Ce chapitre traite également de parcs éoliens belges et d'une analyse des modèles utilisés dans ces derniers.

Les problématiques liées à la présence de terres rares sont discutées dans le troisième chapitre. En premier lieu nous abordons l'aspect environnemental puis la dominance de la Chine dans cette industrie ainsi que les mines illégales présentes dans ce pays. Il y est également question du point de vue de l'Europe concernant les terres rares ainsi que celui des acteurs dans le secteur éolien. Dans le quatrième chapitre, le thème des standards et labels est abordé. Initialement, il était question d'étudier la possible transposition d'un label existant aux éoliennes. Cependant, la recherche a révélé qu'il existait des initiatives pour garantir que des terres rares étaient minées durablement. Il a donc été décidé d'approfondir la recherche à ce niveau-là et d'aborder également les initiatives et certifications existantes dans l'industrie minière en général.

Une partie de ce chapitre est également consacrée à une brève étude de cas : l'industrie du diamant. Le diamant provenant également de l'industrie minière, étant au centre de préoccupations environnementales et sociales et bénéficiant déjà de systèmes de certification, il a été jugé propice de le choisir comme cas. C'est pourquoi trois systèmes de certification y sont présentés.

Ces quatre chapitres ont été rédigés sur base de recherches bibliographiques spécifiques à chaque thématique. Les trois premiers chapitres sont abordés de manière étendue dans la littérature scientifique. Il a toutefois été nécessaire d'également diversifier les sources, en consultant des sites web d'associations, d'acteurs du secteur énergétique ou d'organisations supranationales et en menant des entretiens semi-directifs. Le chapitre quatre, étant donné qu'il aborde des systèmes de certifications et labels, est basé principalement sur l'information disponible sur chacun des sites officiels de ces derniers.

Dans tous les cas, ils ont tous été rédigés de manière à présenter l'information la plus pertinente le plus objectivement possible.

En dernier lieu, il est question d'analyser les systèmes de certification et labels présentés afin de faire une proposition quant à la labellisation des éoliennes.

Ce cinquième chapitre a inévitablement une approche plus subjective étant donné qu'il s'agit d'une analyse et d'une appréciation des systèmes abordés précédemment. Toutefois, cette teinte personnelle est des plus discrètes et factuelles possible.

# 1 Les éoliennes

Ce chapitre a pour but de décrire les éoliennes les plus souvent installées et d'expliquer leur fonctionnement ainsi que d'analyser leur importance en Belgique. En effet, étant donné le paradoxe pouvant exister suite à l'utilisation de terres rares dans les éoliennes, il est intéressant de savoir quelle est la part de production et de consommation d'énergie éolienne en Belgique.

## 1.1 Description et fonctionnement

Les éoliennes classiques sont constituées des éléments suivants : les pales, le rotor (contenu dans le moyeu), le mât, la nacelle (contenant, entre autres, la génératrice), la fondation et la cabine de dispersion (l'armoire de couplage au réseau électrique).

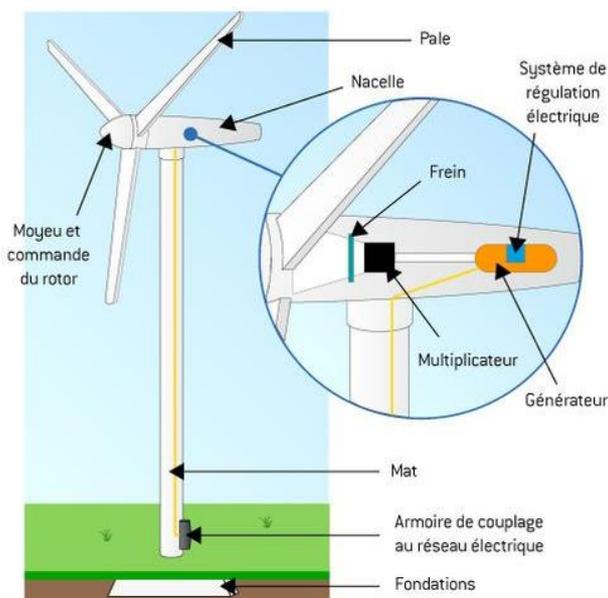


Figure 1: Schéma d'une éolienne (source : Google Images).

De manière simplifiée, une éolienne fonctionne comme suit : l'énergie cinétique du vent est transmise aux pales de l'éolienne qui se mettent à tourner. Ce mouvement mécanique est transformé par la génératrice en électricité qui est transportée jusqu'à la cabine de dispersion se trouvant à la base de l'éolienne par des câbles situés dans le mât.

La génératrice peut être de type synchrone ou asynchrone. La distinction se fait au niveau du rotor, c'est-à-dire la partie qui se meut de la génératrice.

Dans le cas d'une génératrice asynchrone, aussi appelée génératrice à induction, du courant électrique est nécessaire à son fonctionnement. En effet, le courant transmis au stator, la partie statique de la génératrice, crée un champ magnétique. Le rotor quant à lui tourne grâce à la turbine. L'électricité qui sera remise au réseau électrique, sera créée lorsque le rotor tourne à une vitesse supérieure au champ magnétique du stator (Association danoise de l'industrie éolienne, 2003).

Les modèles les plus utilisés de génératrices asynchrones sont (Li & Chen, 2008) :

- Génératrice à induction à cage d'écurieil (SCIG - Squirrel-Cage Induction Generator en anglais).
- Génératrice à induction à rotor bobiné (WRIG – Wound Rotor Induction Generator en anglais).
- Génératrice à induction à double alimentation (DFIG – Doubly Fed Induction Generator en anglais).

Dans le cas d'une génératrice synchrone, c'est un aimant qui est le rotor et ce dernier tourne à une vitesse constante qui est synchrone avec la rotation du champ magnétique du stator. (Association danoise de l'industrie éolienne, 2003)

Cet aimant peut être (Li & Chen, 2008):

- Un électroaimant (constitué d'un bobinage et d'un noyau ferromagnétique) qui nécessite un courant initial pour entrer en fonction. La génératrice est alors une génératrice synchrone excitée électriquement (EESG – Electrically Excited Synchronous Generator en anglais).
- Un aimant permanent, constitué entre autres de terres rares, qui ne nécessite pas de courant initial. La génératrice est alors une génératrice synchrone à aimant permanent (PMSG - Permanent Magnet Synchronous Generator en anglais).

## 1.2 Le rôle des éoliennes dans la production d'électricité en Belgique

Comme nous le verrons dans le troisième chapitre, la construction d'éoliennes contenant des terres rares a un impact environnemental négatif indirect engendré par l'extraction et le traitement de ces éléments. Il est dès lors bon de se demander si l'énergie éolienne est indispensable en Belgique. En effet, près de 82 TWh d'électricité sont consommés en Belgique chaque année (Statbel, 2018). Nous pourrions donc nous poser comme question : quelle part l'énergie éolienne représente-elle en Belgique ?

Pour ce faire, cette partie analysera les graphiques ci-dessous, disponibles sur le site de l'Association pour la Promotion des Energies Renouvelables (APERe). Ces graphiques ne représentent que la capacité installée en Belgique et non la part d'énergie importée, qui sera abordée au prochain point de ce chapitre.

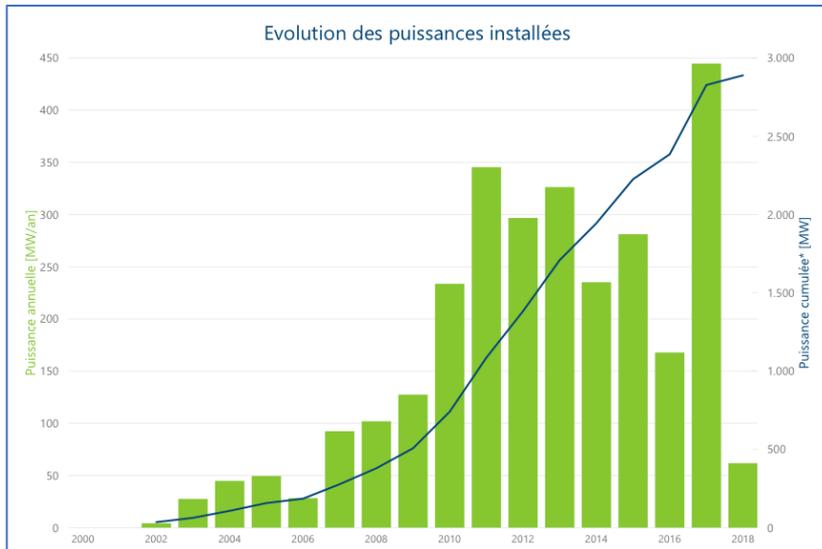


Figure 2: Évolution des puissances installées (source : APERe, 2018.)

La figure 2 nous donne un aperçu de l'évolution des puissances éoliennes installées en Belgique. Nous pouvons constater que la puissance cumulée<sup>1</sup> est en constante augmentation depuis 2002. Actuellement, le parc éolien onshore représente une puissance de plus de 2.000 MW tandis que le parc offshore représente lui 877 MW (APERe, 2018).

<sup>1</sup> La puissance cumulée comprend les puissances nominales des éoliennes onshore et offshore.

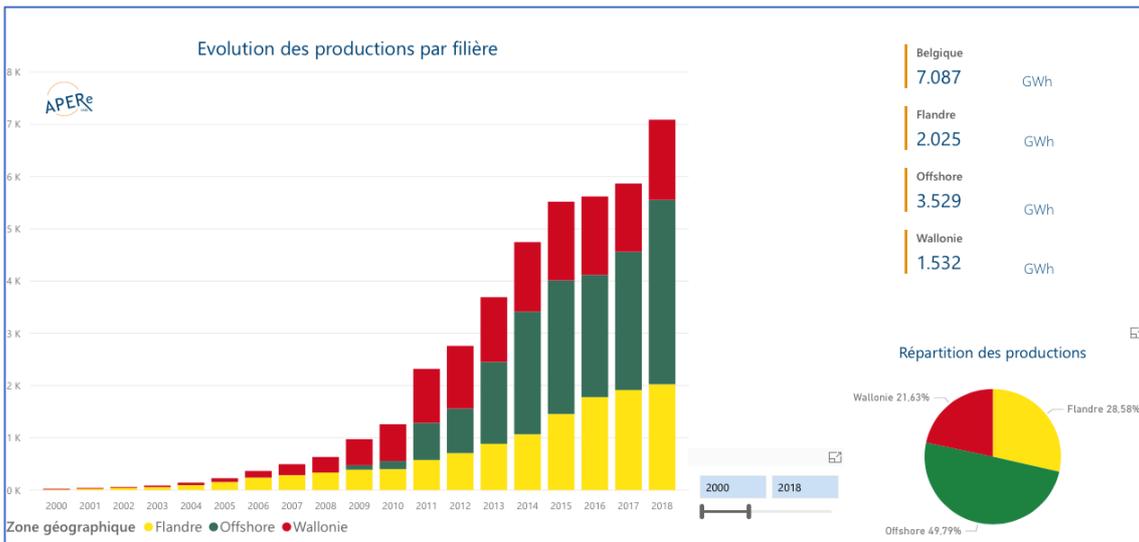


Figure 3: Évolution des productions par filière (source : APERe, 2018).

Comme nous le montre la figure 3, l'énergie produite est presque également répartie entre les éoliennes onshore (50,21%) et offshore (49,79%).

Nous pouvons également constater que la Flandre a une capacité de production supérieure à la Wallonie en matière d'énergie éolienne, dû notamment à un nombre supérieur d'éoliennes. Il ne faut cependant pas partir du principe qu'un nombre supérieur d'éoliennes veut nécessairement dire une puissance cumulée supérieure par filière (ou zone géographique). En effet, les éoliennes n'ont pas toutes la même puissance nominale<sup>2</sup>.

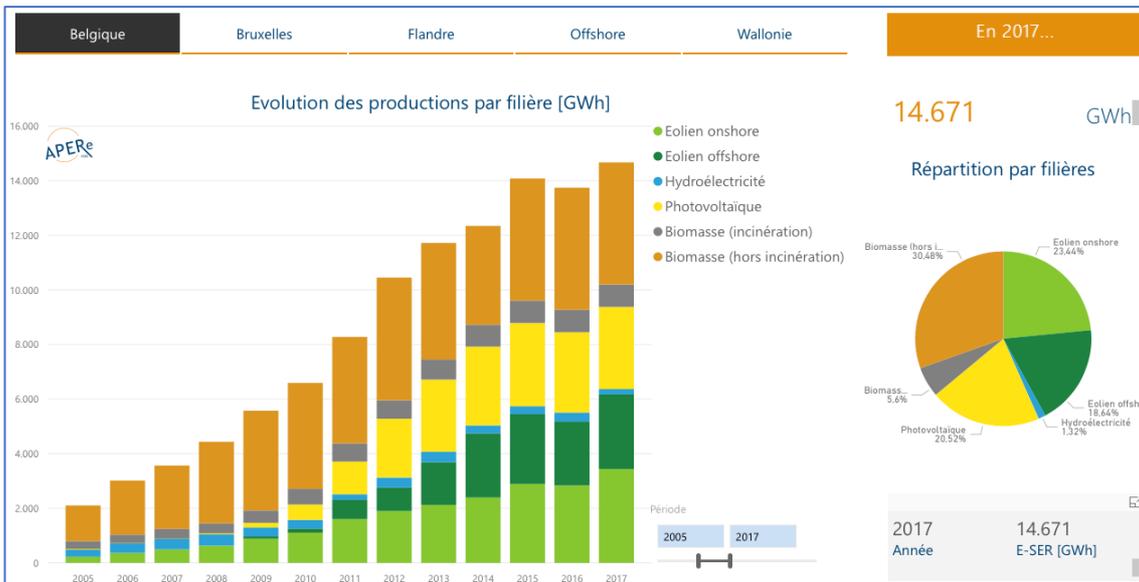


Figure 4: Évolution des productions d'énergie renouvelable par filière (source : APERe, 2017).

<sup>2</sup> Voir annexe : liste des modèles d'éoliennes en Belgique

La figure 4 nous montre la part que chaque énergie renouvelable représente dans le total d'énergie renouvelable produite. Si nous comptabilisons les parcs éoliens onshore et offshore, l'énergie éolienne est celle ayant, en 2017, la part la plus importante de production d'électricité renouvelable ( $\pm 42\%$ ). Selon le Baromètre Eolien, étude réalisée par EurObserv'ER, la Belgique aurait produit un peu plus de 6 TWh d'électricité provenant de l'éolien en 2017 (EurObserv'ER, 2018).

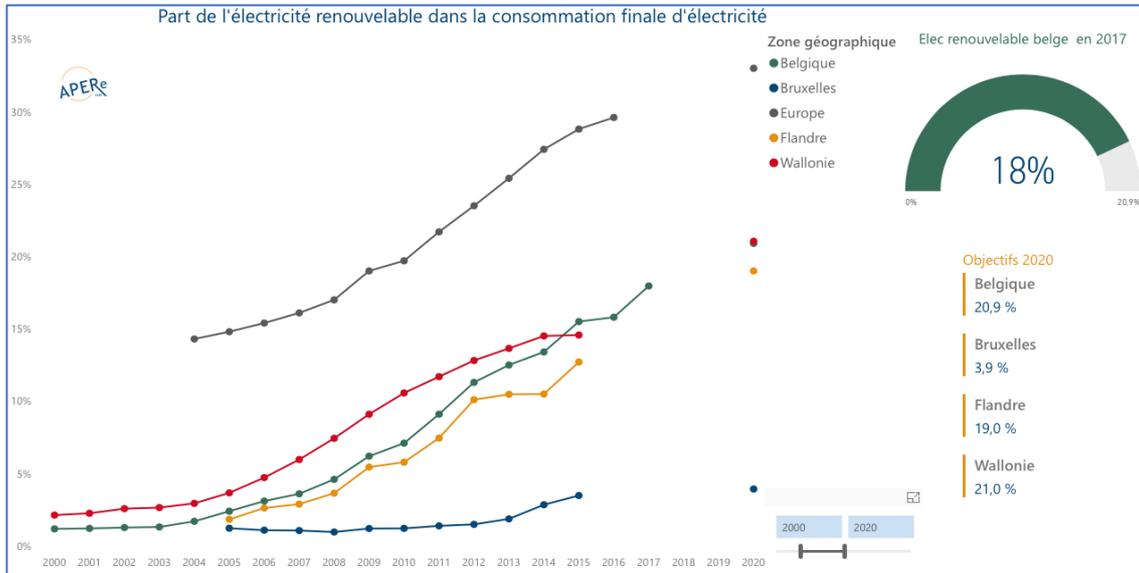


Figure 5: Part de l'électricité renouvelable dans la consommation finale d'électricité (source : APERe, 2017).

La Belgique a pour objectif d'ici 2020 de consommer 20,9% de son électricité finale à partir d'électricité renouvelable.

Une extrapolation des courbes présentées en figure 5, basée sur l'évolution entre l'année 2016 et l'année 2017, semble indiquer que cet objectif pourrait être atteint d'ici 2020. En effet, en 2017, 18% de notre électricité provenait d'énergies renouvelables.

### 1.3 Part d'importation

Nous pourrions penser que parce que l'éolien est l'énergie renouvelable la plus produite en Belgique, celle-ci est également la source d'électricité renouvelable la plus consommée.

Cependant, comme nous pouvons le voir dans la figure 6 du VREG (Vlaamse Regulator voor de Elektriciteits- en Gasmarkt<sup>3</sup>), l'électricité renouvelable la plus consommée en Belgique provient de l'énergie hydraulique. Cette énergie n'étant que très peu produite en Belgique (voir figure 4 plus haut), l'électricité qui en est générée est majoritairement importée.

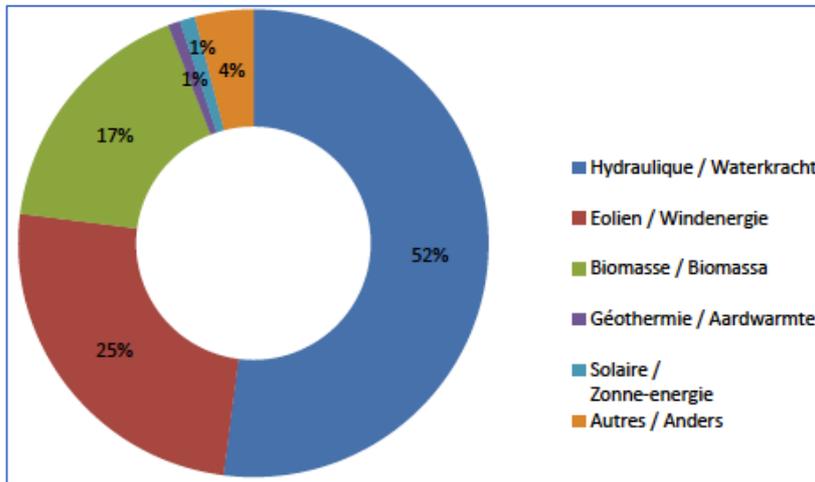


Figure 6: Part de l'électricité renouvelable consommée par source d'énergie en 2016 (source : VREG, 2016).

Cependant, l'électricité à partir de l'éolien représente un quart de la consommation totale en électricité renouvelable.

## 1.4 Conclusion du chapitre

Nous avons pu constater que l'énergie éolienne est la première source de production d'électricité renouvelable (18,64% en 2017, voir figure 4) et la deuxième énergie renouvelable la plus consommée en Belgique (25% en 2016, voir figure 6).

Nous avons également vu que leur présence est en constante augmentation tant onshore qu'offshore (voir figure 2).

Dans un contexte d'atteinte d'objectifs européens, entre autres de consommation d'énergie renouvelable, et en ne prenant pas en compte les possibles impacts environnementaux indirects<sup>4</sup>, il peut être conclu que les éoliennes sont indispensables à notre pays. De plus, leur développement permettra à la Belgique de réduire petit à petit la part d'énergie renouvelable importée et de devenir plus indépendante à ce niveau.

<sup>3</sup> Traduction : Régulateur flamand pour le marché de l'électricité et du gaz.

<sup>4</sup> Abordés au chapitre 3

## 2 Les terres rares dans les éoliennes

### 2.1 Définition des terres rares

Les terres rares sont un groupe de 17 éléments du tableau de Mendeliev, comprenant les lanthanides (numéros atomiques de 57 à 71), le scandium (numéro atomique 21) et l'yttrium (numéro atomique 39). Toutefois, ces deux derniers éléments ne sont pas toujours assimilés aux terres rares car, malgré qu'ils aient des propriétés chimiques et physiques similaires aux lanthanides, l'yttrium n'est pas un lanthanide et le scandium ne provient pas des mêmes gisements<sup>5</sup>. (Zhou, Li, & Chen, 2017; Netherlands Organisation for Applied Scientific Research; Deloitte Sustainability; British Geological Survey; Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 2017)

Elles peuvent être séparées en deux catégories : les terres rares lourdes<sup>6</sup>, qui sont moins abondantes, et les terres rares légères<sup>7</sup> (Energie et Ressources naturelles - Québec, sd; DroitDuNet.fr, sd). Les terres rares sont classées ainsi du fait de leur masse atomique. Au plus haut le numéro atomique, au plus lourde la terre rare. L'yttrium, bien qu'ayant la masse atomique la plus faible, se retrouve classé parmi les terres rares lourdes, car est retrouvé dans les mêmes gisements (Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 2015).

Comme vu dans le chapitre précédent, l'élément pouvant contenir des terres rares dans une éolienne est l'aimant permanent de la génératrice.

Cette partie sera consacrée à l'analyse des différentes terres rares utilisées dans ces aimants permanents.

Ensuite l'efficacité d'une génératrice avec aimant permanent sera comparée à l'efficacité d'une génératrice sans aimant permanent. Ceci dans le but de savoir si les aimants permanents, et donc les terres rares, sont vraiment nécessaires à une production efficace d'énergie renouvelable.

Enfin, il sera question des parcs éoliens belges et des modèles d'éoliennes installées afin de savoir quelle proportion contient des terres rares.

---

<sup>5</sup> Un gisement est une accumulation de substance utile qui est présente en concentration suffisante pour être extraite en générant des profits (Matielli, 2017).

<sup>6</sup> Terbium, dysprosium, holmium, erbium, thulium, ytterbium, lutécium, avec yttrium et scandium inclus dans ce groupe. (Energie et Ressources naturelles - Québec, sd).

<sup>7</sup> Lanthane, cérium, praséodyme, néodyme, samarium, europium, gadolinium (op. cit.).

## 2.2 Les terres rares des aimants permanents<sup>8</sup>

Plusieurs terres rares peuvent être présentes dans les aimants permanents.

- *Le néodyme (Nd)*

C'est la terre rare la plus importée en Europe. Elle représente 16,5% de la production globale de terres rares et 6,4% de l'utilisation totale en Europe. Elle est depuis quelques années principalement vendue sous forme de didyme, qui est un alliage de praséodyme et de néodyme. Elle est utilisée à 37% pour les aimants permanents et n'est recyclée qu'à 1%.

Le néodyme peut être remplacé dans les aimants par du praséodyme, dépendant du prix et de la disponibilité de chaque élément. La substitution n'a pas d'impact sur la performance de l'aimant.

- *Le dysprosium (Dy)*

Cet élément est utilisé presque exclusivement pour la production d'aimants permanents. Il permet d'augmenter la résistance à la chaleur des aimants jusqu'à 200°C et peut constituer 2 à 11% du poids de ce dernier.

Le dysprosium représente 1% de la production totale des terres rares (0,25% d'utilisation en Europe) et n'est absolument pas recyclé.

Le dysprosium étant assez coûteux et sujet à des contraintes d'approvisionnement, les fabricants cherchent à mettre au point des alternatives. L'une d'elles a pour objectif la diminution de quantité utilisée en positionnant différemment les atomes de dysprosium dans les alliages NdFeB (Néodyme-Fer-Bore, alliage le plus souvent utilisé dans les aimants permanents). Une autre vise la non-utilisation de dysprosium grâce à un système de refroidissement dans les éoliennes, méthode utilisée entre autres par Siemens.

- *Le praséodyme (Pr)*

Le praséodyme représente 4,8% de la production totale de terres rares et 2,6% de l'utilisation en Europe. Contrairement aux autres terres rares présentées ici, il est actuellement recyclé à 10%.

Près d'un quart de sa quantité est destinée aux aimants permanents. Comme dit plus haut, il substitue le néodyme et peut donc également être substitué par le néodyme, selon la disponibilité et les prix du marché.

---

<sup>8</sup> Netherlands Organisation for Applied Scientific Research; Deloitte Sustainability; British Geological Survey; Bureau de Recherches Géologiques et Minières. 2017. *Study on the review of the list of Critical Raw Materials - Critical Raw Materials Factsheets*. European Commission, 515.

- *Le gadolinium (Gd)*

Le gadolinium est très peu utilisé en Europe (0,2% de l'utilisation totale de terres rares, avec une production mondiale à 1,7%) et est très peu recyclé (1%).

Il est presque exclusivement destiné aux aimants permanents (97%) et a pour particularités l'augmentation de la résistance à la corrosion et à la température.

L'utilisation de gadolinium dans les aimants est considérée comme relativement facile à remplacer. Le gadolinium peut être remplacé par le dysprosium ou le terbium quant aux propriétés de compensation de la température. Toutefois, le dysprosium reste le matériau préféré pour cette caractéristique.

- *Le terbium (Tb)*

Le terbium représente 0,3% de la production mondiale et 0,4% de l'utilisation de terres rares en Europe. Il est principalement utilisé dans l'industrie de l'éclairage (68%) et dans les aimants (32%) et est actuellement recyclé à 6%.

Sa particularité est qu'il permet aux aimants NdFeB de garder leur aimantation à des températures plus élevées (il augmente la température de Curie). Cependant, étant plus cher que le dysprosium, c'est ce dernier qui est privilégié.

## 2.3 Avantages des éoliennes contenant des terres rares et alternatives

Les terres rares intéressent l'industrie de l'éolien de par leurs propriétés magnétiques remarquables. En effet, couplées à des métaux de transition (notamment le fer dans le cas des aimants NdFeB), elles produisent les aimants les plus coercitifs à ce jour<sup>9</sup> (Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 2015).

Une autre caractéristique que nous avons pu remarquer au point précédent est la résistance à la chaleur. Ceci permet aux aimants de conserver leur magnétisme et donc de fonctionner plus longtemps. L'efficacité des aimants contenant des terres rares est donc supérieure à celle des aimants n'en contenant pas (Wagner, 2018).

---

<sup>9</sup> Le champ coercitif est l'intensité du champ magnétique qu'il est nécessaire d'appliquer pour annuler l'aimantation (Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 2015, p. 40).

Un autre avantage des génératrices à aimant permanent est la réduction de la taille de la turbine. En effet, les turbines sont plus légères et compactes, notamment parce que la performance magnétique est plus efficace que celle des aimants de technologies plus anciennes (voir figure 7). Ces dernières permettent aussi d'avoir une meilleure efficacité à basse vitesse de rotation, lorsque les vents sont faibles. De plus, le système d'excitation n'absorbe aucune énergie électrique, ce qui permet d'éviter des pertes et d'augmenter le rendement.

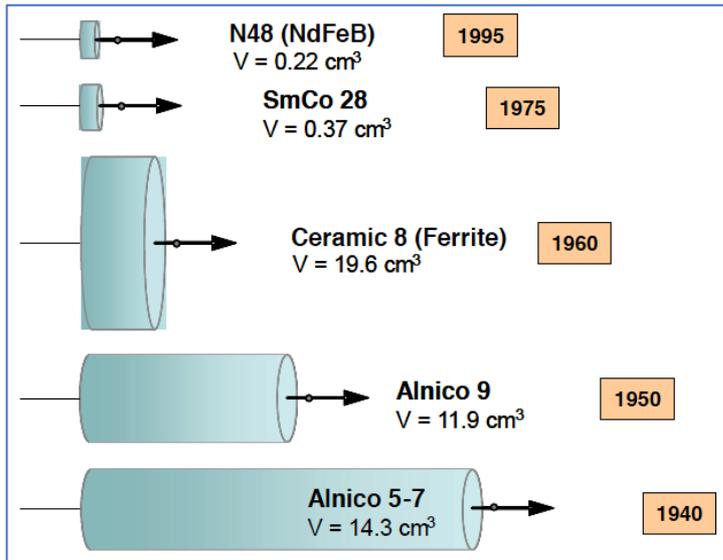


Figure 7: Comparaison du volume d'aimants permanents à d'autres aimants (source : Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 2015, p. 52).

La volonté de certaines entreprises productrices d'éoliennes de réduire l'utilisation de terres rares est due notamment à la disponibilité aléatoire de ces éléments. En effet, en 2011, la Chine a réduit drastiquement les quantités exportées et a ainsi augmenté le prix de vente de chaque élément. Le dysprosium, par exemple, coûtait 3.400\$ au kilogramme en 2011, soit 113 fois plus que son prix en 2002 (Netherlands Organisation for Applied Scientific Research; Deloitte Sustainability; British Geological Survey; Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 2017).

Selon Pavel et al. (2017, 353) une des pistes possibles pour remplacer l'utilisation de terres rares dans les éoliennes est d'augmenter l'efficacité des matériaux. Une autre piste est de réduire la température de fonctionnement des turbines en optimisant le design des génératrices. Cette solution semble déjà être appliquée mais, à ce jour, il n'y a pas de substitution ayant une efficacité équivalente à une éolienne avec des terres rares.

Comme alternative il y a les DFIG, qui existaient bien avant les PMSG. Cependant, bien que les DFIG puissent être plus avantageuses pour les éoliennes dont la puissance est inférieure à 5MW, les PMSG restent favorisées pour les parcs éoliens offshore. En effet, d'après Li & Chen (2008), les PMSG présentent des avantages non négligeables dans un contexte de parc offshore. Elles sont plus efficaces et ont un rendement énergétique supérieur. Comme expliqué au chapitre 1, elles ne nécessitent pas d'alimentation supplémentaire pour exciter le champ magnétique. L'absence de composantes mécaniques augmente leur fiabilité et diminue le risque de devoir intervenir pour une réparation. Elles sont également plus légères et ont un rapport poids/puissance plus élevé. (Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 2015).

D'autres technologies, telles que les EESG ou SCIG, sont également des technologies qui peuvent être considérées comme des substituts aux terres rares.

D'après le Département de l'énergie des Etats-Unis, il faudrait augmenter la taille des éoliennes tout en réduisant le poids de la génératrice et de la construction en utilisant un supraconducteur à haute température (HTS), ceci dans le but de réduire l'impact des coûts d'électricité d'une éolienne. Le HTS aurait une capacité supérieure à 10 MW et générerait des champs magnétiques cent fois plus puissants que les enroulements de cuivre de même dimension. Cependant, cette technologie, contrairement aux deux précédentes, nécessiterait l'utilisation de terres rares. Elle n'est actuellement pas commercialisée et nous ne savons pas quand ou si ce sera un jour le cas. (Pavel, et al., 2017, p. 355)

Une autre avancée technologique est la création d'un aimant permanent qui utilise de la ferrite à la place des terres rares. Cette innovation, par GreenSpur Renewables, n'en est cependant qu'au stade de recherche et peu d'information semble être disponible actuellement (GreenSpur Renewables, sd; Haveaux & D'hernoncourt, 2018).

## 2.4 Quelles éoliennes en Belgique ?

Afin de savoir quelles sont les éoliennes utilisées en Belgique, monsieur Michaël Pierrot, gestionnaire du site TheWindPower<sup>10</sup>, a été contacté et a fourni une liste non-exhaustive des modèles installés ou en prévision d'installation. Le site des plateformes offshore belges a également été consulté afin de voir quels sont les projets en cours et enrichir la liste des modèles précédemment obtenue (BOP A.S.B.L., s.d.).

La page « Windfarms » sur le site web TheWindPower a été utilisée afin d'extraire les données concernant les parcs éoliens en Belgique.

Un recensement complet a été fait reprenant le nom du parc éolien, les modèles d'éoliennes installés, le nombre d'éoliennes installées, leur puissance, une indication afin de savoir si elles sont onshore ou offshore et une colonne reprenant la présence ou non de terres rares dans l'éolienne.<sup>11</sup>

Au vu des recherches précédentes, l'hypothèse était que la majorité des éoliennes offshore contenaient des terres rares. Cependant, comme nous pouvons le constater dans le tableau 1, qui reprend l'essence du recensement fait, 40% des éoliennes offshore en Belgique contiennent des terres rares. En ce qui concerne les éoliennes onshore, seul 3% des éoliennes recensées et encore actives contiennent des terres rares.

Au total, des 1.209 éoliennes ayant pu être recensées, 145 contiennent des terres rares, soit 12%.

---

<sup>10</sup> Adresse URL : [www.TheWindPower.net](http://www.TheWindPower.net).

<sup>11</sup> Ce recensement est disponible en annexe 1. Il a été réalisé le 15 mars 2019. Dès lors, il peut y avoir eu d'autres installations ou démantèlements d'éoliennes par la suite.

Tableau 1: Les éoliennes en Belgique

Nombre total d'éoliennes recensées	1.256
Nombre total d'éoliennes recensées et encore actives	1.209
Total offshore actives	285
Total onshore	971
Total démantelées (toutes onshore)	47
Total onshore encore actives	924
Total avec terres rares	145
<i>Pourcentage par rapport au total recensé</i>	<i>12%</i>
<i>Pourcentage par rapport au total recensé et actif</i>	<i>12%</i>
Total offshore avec terres rares	115
<i>Pourcentage par rapport au total d'éoliennes offshore</i>	<i>40%</i>
<i>Pourcentage par rapport au total recensé et actif</i>	<i>10%</i>
Total onshore avec terres rares	30
<i>Pourcentage par rapport au total d'éoliennes onshore</i>	<i>3%</i>
<i>Pourcentage par rapport au total recensé et actif</i>	<i>2%</i>

Nous pouvons également constater que l'utilisation de terres rares dépend de la préférence du producteur. Siemens, par exemple, utilise des terres rares dans de nombreux modèles, qu'ils soient onshore ou offshore. En 2011, le directeur général d'Enercon, Hans-Dieter Ketwigg, disait que les énergies renouvelables devaient être considérées dans leur ensemble pour offrir une alternative convaincante : « produire de l'énergie propre est une chose cependant, la durabilité dans la production est tout aussi importante »<sup>12</sup> (Enercon, 2011, p. 4).

Toutefois, depuis l'achat de Lagerway en 2018, cela a changé. En effet, les modèles à aimant permanent autrefois commercialisés par Lagerway le sont maintenant par Enercon. D'après Bernhard Fink, responsable pour Enercon en Belgique, cela se justifie par la demande et la concurrence du marché. Les avantages que présentent les aimants permanents sont considérables et afin de pouvoir continuer à être compétitif, il est nécessaire de diversifier leur gamme. Cependant, Fink avance également qu'Enercon s'assure du respect de l'environnement. Par exemple, les terres rares utilisés dans les aimants permanents testés proviennent de mines en Australie, où il est plus facile de garantir la prise en compte de l'environnement. Aussi, leurs aimants contiennent une quantité minimale de Nd et aucune quantité de Dy.<sup>13</sup>

<sup>12</sup> Traduit de l'anglais.

<sup>13</sup> Information reçue lors d'un appel téléphonique avec Bernhard Fink, d'Enercon, le 16 mai 2019.

## 2.5 Conclusion du chapitre

En partant du principe que le nombre de parcs éoliens augmente dans le futur pour répondre aux objectifs relatifs à la production d'énergie renouvelable, que le prix des terres rares reste concurrentiel et que les éoliennes à aimant permanent présentent des avantages non négligeables, nous pouvons en conclure que le nombre d'éoliennes contenant des terres rares en Belgique augmente dans le futur. Au niveau mondial, c'est également ce que Pavel et al. (2017, 352) rapportent d'après des chiffres du JRC.

## 3 La problématique des terres rares dans les éoliennes

En quoi la présence de terres rares dans une éolienne est-elle problématique ?

C'est ce que nous allons aborder dans ce chapitre.

Dans un premier temps, nous parlerons de l'aspect environnemental. Celui-ci concerne le traitement des terres rares et des impacts que cela a ou peut avoir sur l'environnement.

Ensuite, nous discuterons de la dominance de la Chine et de ce que cela implique. Un point sera également consacré aux mines illégales chinoises.

Un sous-chapitre sera dédié à la position de l'Europe par rapport aux terres rares.

Le dernier point aura pour but de donner un aperçu de la conscience des acteurs dans le secteur éolien par rapport à l'utilisation de terres rares dans ce dernier.

### 3.1 L'aspect environnemental

Les terres rares se retrouvent agglomérées dans la croûte terrestre sous forme de roches et minerais<sup>14</sup>. Il faut donc d'abord les séparer de ces derniers afin de pouvoir les utiliser sous forme de métaux (Energie et Ressources naturelles - Québec, sd).

---

<sup>14</sup> Un minerai est un matériau solide naturel qui contient une substance utile dont l'extraction génère des profits (Matielli, 2017).

Pour ce faire, cinq étapes sont nécessaires (Lee & Wen, 2016; Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 2015, pp. 133-140) :

1. L'extraction minière ;
2. La minéralurgie<sup>15</sup> et l'obtention de concentrés par flottation (en utilisant des réactifs chimiques), par séparation gravimétrique (selon la densité des éléments) et magnétique ;
3. Le traitement chimique afin d'obtenir des hydroxydes, carbonates et chlorures de terres rares ;
4. La séparation afin d'obtenir des oxydes de terres rares individuelles pures à minimum 99% ;
5. La réduction, le raffinage et la purification afin d'obtenir des terres rares sous forme de métaux.

Chaque étape génère des impacts sur l'environnement. Outre l'utilisation d'énergie, qui en Chine est majoritairement générée par des centrales à charbon produisant d'importantes quantités de gaz à effet de serre (Weng, Jowitt, Mudd, & Haque, 2013), l'industrie minière utilise également des acides, solvants et autres produits chimiques terminant dans les milieux environnants. Ces produits, lors de leur utilisation, produisent également des émissions pouvant être toxiques pour l'homme ou l'environnement comme<sup>16</sup> (Lee & Wen, Rare Earths from Mines to Metals, 2016):

- Le fluorure d'hydrogène (HF) qui sous forme aqueuse est toxique et extrêmement corrosif ;
- L'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) qui provoque des brûlures de la peau, des lésions oculaires graves, des irritations des voies respiratoires et qui réagit violemment avec l'eau ;
- Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) qui est l'un des polluants majeurs de l'atmosphère et cause notamment des pluies acides ;
- L'ammoniaque (NH<sub>3</sub>) qui contribue également aux pluies acides.

Afin d'avoir un meilleur aperçu des impacts négatifs liés à l'industrie minière des terres rares, Lee & Wen (2016) ont fait une analyse du cycle de vie des terres rares produites dans trois régions de Chine. Parmi les impacts relevés considérés comme étant non négligeables, il y avait : le potentiel de toxicité pour l'homme, l'eutrophisation et l'acidification du milieu, l'épuisement des ressources abiotiques et des combustibles fossiles et les potentiels de réchauffement de la planète.

---

<sup>15</sup> Minéralurgie : Ensemble des techniques de traitement de matières minérales brutes ayant pour objet d'obtenir, par voie physique, chimique ou thermique, des produits directement utilisables par l'industriel ou transformables par le métallurgiste (Source : dictionnaire Larousse en ligne).

<sup>16</sup> L'information concernant chaque composé chimique provient du site : <https://www.lelementarium.fr>.

A cela, comme cités par Weng, Jowitt, Mudd & Haque (2013), s'ajoutent la gestion des déchets solides et liquides ainsi que la radioactivité de certains déchets de raffineries. Ils rappellent également une étude réalisée auprès de mineurs en Chine établissant un lien direct entre les risques pour la santé, notamment le cancer du poumon, et l'exposition à long terme aux poussières liées au traitement des terres rares.

Un exemple prouvant à quel point les impacts peuvent être importants est l'entreprise australienne Lynas Corporation Limited, qui a installé son usine de traitement en Malaisie car la réglementation en matière d'environnement y est plus laxiste. De sorte, ils évitent les déchets radioactifs comme le thorium et l'uranium provenant du traitement des terres rares dans leur pays. Bien que les Malaisiens s'y opposent largement, l'entreprise y poursuit toujours ses activités (Liu, Tan, & Hu, 2016).

Cependant, Lee & Wen soulignent également que ces impacts peuvent être drastiquement réduits en augmentant l'efficacité de traitement des déchets produits ou encore en récupérant et en recyclant les solutions de lixiviation.<sup>17</sup>

Ces mêmes auteurs ont également évalué économiquement le coût financier des impacts environnementaux lié au traitement des terres rares. Selon leur étude, ces coûts s'élèveraient à près de 22 milliards de dollars américains en 2025 et seraient répartis comme suit selon leur différents scénarios (Lee & Wen, 2018) :

- L'épuisement des ressources abiotiques (71–80%) ;
- Le réchauffement climatique (6–12%) ;
- L'acidification (5–8%) ;
- Les effets respiratoires des poussières fines (3–6%) ;
- La toxicité pour l'homme (1–3%) ;
- L'eutrophisation (0,4–3%).

D'après le Ministère de l'Industrie et de la Technologie de l'Information de Chine, environ 6 milliards de dollars seraient nécessaires pour nettoyer les mines de terres rares polluées de Ganzhou dans la province de Jiangxi. Pourtant, cette dernière détient moins de 9% du quota total des terres rares en Chine (Liu, Tan, & Hu, 2016, p. 14). Il serait dès lors plus profitable d'améliorer les systèmes de traitement afin de réduire les coûts liés aux impacts environnementaux et éviter des frais de nettoyage.

---

<sup>17</sup> Lixiviation : Dissolution chimique de certains constituants d'un matériau, utilisée pour extraire d'un minerai, les métaux, les minéraux de valeur (Elle peut se faire sur le minerai extrait ou in situ). (Source : dictionnaire Larousse en ligne)

Une autre manière de réduire ces impacts serait de réduire la production de terres rares notamment par le recyclage. Cependant, comme nous avons pu le voir au point 2.2. pour les terres rares utilisées dans les éoliennes, les terres rares sont très peu recyclées.

Selon Voncken (2016, 117) les sources de recyclages seraient les suivantes :

- Recyclage direct des déchets et copeaux métalliques formés lors de la fabrication de produits finis ou intermédiaires à base de métal (par exemple, aimants NdFeB) ;
- Matériaux post-consommation (recyclage et exploitation urbaine) : produits complexes, multi-matériaux, contenant des métaux (par exemple, véhicules électriques hybrides) ;
- Extraction des déchets solides urbains historiques dans des décharges ;
- Récupération de métaux à partir de résidus de flux de processus industriels issus de la production de métaux primaires et secondaires ;
- Récupération des métaux à partir des stocks de résidus de procédés industriels enfouis.

Dans le cas des aimants permanents, Binnemans et al. (2013, 6) considèrent trois sources en particulier :

- Les copeaux provenant de la fabrication d'aimants (jusqu'à 30% de l'alliage de départ peut être perdu pendant le processus de fabrication) ;
- Les petits aimants dans les produits de consommation en fin de vie (les disques durs d'ordinateurs par exemple) ;
- Les grands aimants dans les véhicules hybrides et électriques, ainsi que dans les éoliennes.

Toutefois, il s'avère qu'il n'est économiquement pas intéressant pour les fabricants de recycler les terres rares. Celles-ci sont souvent présentes en très petite quantité et leur recyclage nécessite un travail jugé trop important pour le bénéfice financier pouvant en être tiré. Dans le cas des aimants permanents des éoliennes, les terres rares peuvent être présentes en quantité importante (environ 155 kg de néodyme, 27,5 kg de praséodyme et 2,8 à 24 kg de dysprosium par MW de puissance) (Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 2015, p. 141). Cependant, leur durée de vie peut aller au-delà des 25 ans et la création d'une filière de recyclage aujourd'hui n'est donc pas une priorité.

De plus, suite à la chute du prix des terres rares après 2011 (plus de détails au point 3.2) la pression liée au recyclage a diminué.

En outre, la récupération des terres rares nécessite également l'utilisation de beaucoup d'énergie, de solvants et autres procédés qui pourraient s'avérer être plus nocifs pour l'environnement que l'extraction de matériaux vierges.

Néanmoins, des recherches sont actuellement en cours dans ce domaine, notamment par le Japon (Haque, Hughes, Lim, & Vernon, 2014; Ali, 2014; Voncken, Recycling of Rare Earths, 2016; Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 2015).

### 3.2 L'aspect économique : la domination de la Chine

La Chine est le leader mondial en ce qui concerne l'industrie des terres rares car celle-ci fournit entre 80 et 90%<sup>18</sup> de la quantité globale. Cependant, elle ne détient pas toutes les ressources<sup>19</sup> comme nous pouvons le voir dans la figure 8, ni toutes les réserves<sup>20</sup>, comme nous pouvons le voir dans la figure 9.

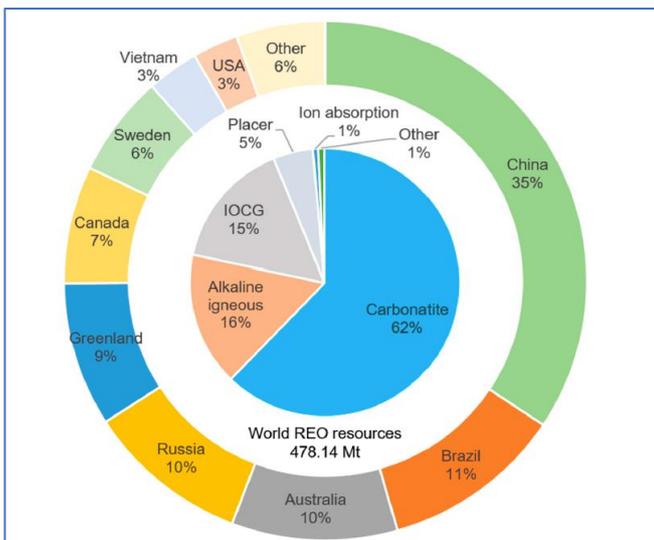


Figure 8: Répartition des ressources mondiales en terres rares par type de dépôt principal et pays (source : Zhou, Li, & Chen, 2017).

<sup>18</sup> Ce chiffre varie selon les sources. D'après Smith & Eggert (2018) et Zhou et al. (2016), la Chine produisait plus de 95% des terres rares jusqu'en 2012 (le maximum étant 97%). Ce chiffre a baissé suite à une restriction d'exportation de la Chine avec une augmentation de prix et la nouvelle production venant d'autres pays en conséquence. Liu, Tan & Hu (2016) parlent de 85% en 2015. Certains auteurs utilisent cependant parfois le chiffre le plus élevé atteint par la Chine (97%) tels que Gündoğdu & Kömürgöz (2012) ou Lacal-Aránategui (2014). Les documents de la Commission Européenne utilisent une moyenne entre 2010 à 2014, qui s'élève à 95%.

<sup>19</sup> Une ressource est un gisement identifié, mais inexploitable en l'état actuel des technologies (Matielli, 2017).

<sup>20</sup> Une réserve est un gisement identifié à partir duquel on peut extraire un minerai qui pourrait générer des profits aux prix actuels (Matielli, 2017).

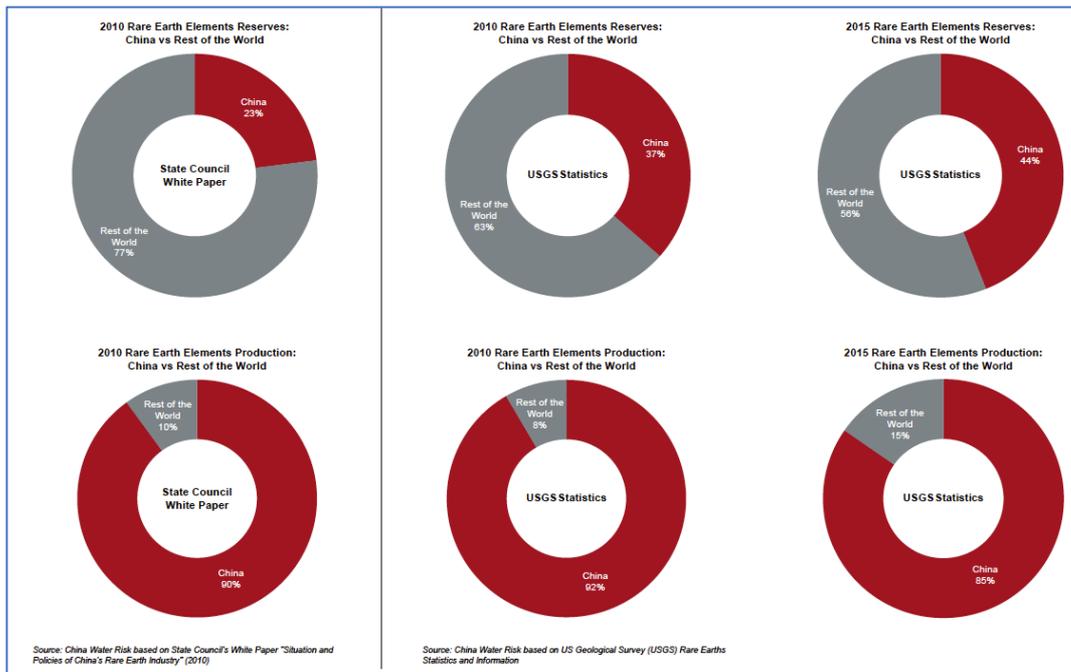


Figure 9: Données sur les réserves de la Chine (source : Liu, Tan, & Hu, 2016).

Ce qui a fait de la Chine le leader mondial est à la fois les faibles coûts de main-d'œuvre, mais aussi les réglementations environnementales plus laxistes comme discuté précédemment (Klossek, Kullik, & van den Boogaart, 2016).

Un autre avantage de la Chine est la présence des gisements de bastnaésite et monazite, qui sont riches en terres rares légères, et des gisements de xénotime et d'argiles à adsorption ionique qui sont riches en terres rares lourdes dans le pays. Elle peut donc fournir tous types de terres rares sur le marché. Ce qui n'est pas le cas d'autres pays, qui le plus souvent ne détiennent en majorité que des terres rares légères ou dont les mines à terres rares lourdes ne sont pas encore exploitables (Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 2015, pp. 95 - 150).

De plus, les mines présentes en Chine ne produisent pas seulement des terres rares mais également d'autres minerais, rendant ces mines économiquement plus rentables.

Au fil des années, la Chine ne s'est pas uniquement contentée de fournir des terres rares et métaux séparés, mais également des produits finis contenant des terres rares, devenant ainsi l'un des plus gros producteurs mondiaux (Voncken, Economic Aspects of the Rare Earths, 2016).

Cependant, en 2007, la Chine émet le souhait de conserver sa production nationale pour son propre marché. S'en suit donc ce qui est appelé la « crise des terres rares ».

Pour ce faire, elle augmente les droits d'exportation qui ont atteint un maximum en 2011, faisant ainsi chuter les exportations et augmentant ainsi fortement le prix des terres rares.

En réponse à cela, d'anciens producteurs qui avaient dû cesser leur activité à la suite de l'émergence de la Chine comme leader ont rouvert leur production. Toutefois, contrairement à la Chine, ces producteurs ne produisaient en majorité que des terres rares légères, ne répondant donc pas à la demande existante.

Néanmoins, en 2012, les États-Unis, le Japon et l'Union européenne s'étaient plaints de ces taxes chinoises auprès de l'Organisation Mondiale du Commerce qui, en 2015, a ordonné à la Chine de les supprimer.

La chute de prix qui s'en suivit eut un impact sur les producteurs non-chinois, les poussant jusqu'à la faillite. Cette crise était également une sorte de prise de conscience des états importateurs, qui réalisaient à quel point ils étaient dépendants de la Chine (Kilby, 2014; Voncken, *Economic Aspects of the Rare Earths*, 2016; Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 2015; Riesgo García, Krzemień, Manzanedo del Campo, Menéndez Álvarez, & Gent, 2017).

Évidemment, il est difficile de prévoir l'offre de terres rares chinoises. Bien qu'elle parvienne à fournir des terres rares à bas prix, sa position dominante lui assure un contrôle relativement total sur les prix et, d'une certaine manière, sur la prospérité d'autres entreprises non-chinoises. De plus, elle contrôle entièrement la publication de ses données géologiques. Il est donc difficile de connaître la situation actuelle des ressources et réserves en Chine. A long terme, il n'est pas possible de réellement savoir si elle détient une quantité suffisante de terres rares pour sa propre consommation et pour fournir les pays étrangers. (Klossek, Kullik, & van den Boogaart, 2016)

Comme nous pouvons le voir dans la figure 10, les 5 entreprises publiques chinoises de terres rares ont une capitalisation boursière<sup>21</sup> 56 fois supérieure aux 10 sociétés internationales de terres rares.

Outre la production connue, une part relativement importante provient de mines illégales. Ceci sera abordé au prochain point.

---

<sup>21</sup> La capitalisation boursière correspond à la valeur de l'ensemble des actions d'une entreprise sur le marché. Il s'agit du montant à acquitter pour acquérir la totalité des actions d'une société, ce montant étant équivalent à la valeur de la société sur le marché (Andill, 2013).

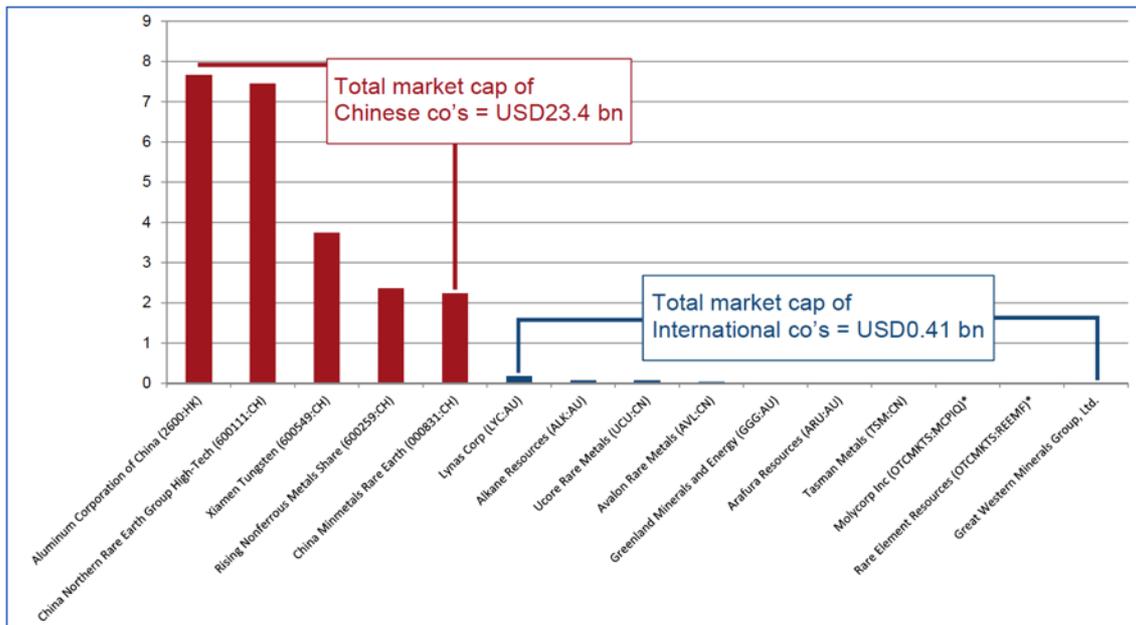


Figure 10: Capitalisation boursière des principales sociétés mondiales de terres rares (source: Liu, Tan & Hu, 2016, p. 10).

D'après Huang, Zhang, Pan, Chen & Zeng (2016) et d'autres auteurs tels que Zhou, Li & Chen (2017) ou encore le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (2015), la tendance n'est qu'à l'augmentation de l'utilisation de terres rares. En effet, outre leur utilisation dans les aimants permanents, elles sont également utilisées comme catalyseurs, en métallurgie ou encore dans les batteries (notamment de nos smartphones et les voitures électriques) (voir figure 12 pour l'utilisation globale, figure 13 pour l'utilisation en Europe).

Comme nous pouvons le voir dans le graphique en figure 11, il est également attendu que la Chine maintienne sa position de leader. Ceci grâce aussi à sa volonté d'investir dans des projets comme le projet « Browns Range » de l'entreprise australienne Northern Minerals ou encore en concluant des accords avec l'entreprise canadienne Pele Mountain Resources (Klosek, Kullik, & van den Boogaart, 2016).

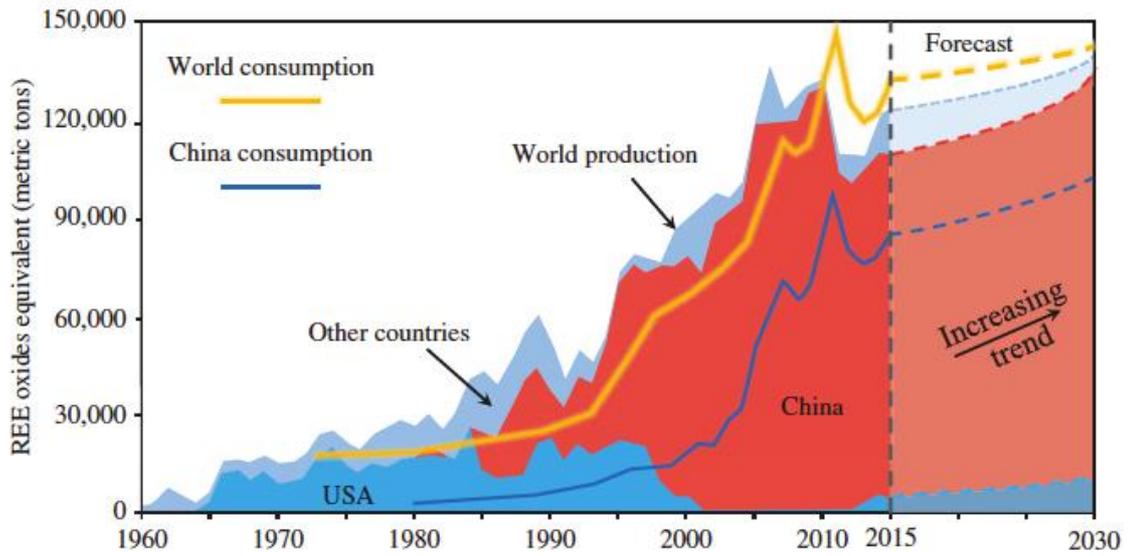


Figure 11: Production et consommation globale d'oxydes de terres rares de 1960 à 2015 et prévisions. (source : Huang, Zhang, Pan, Chen, & Zeng, 2016).

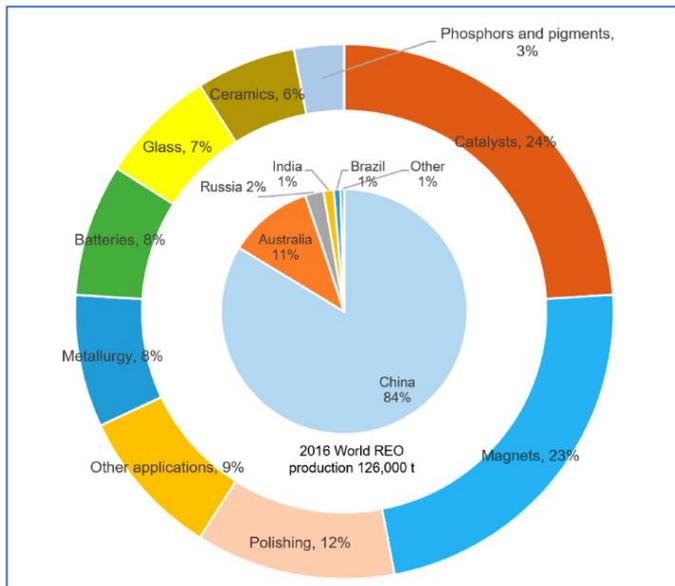


Figure 12: Distribution globale de la production et l'utilisation de terres rares (source : Zhou, Li, & Chen, 2017).

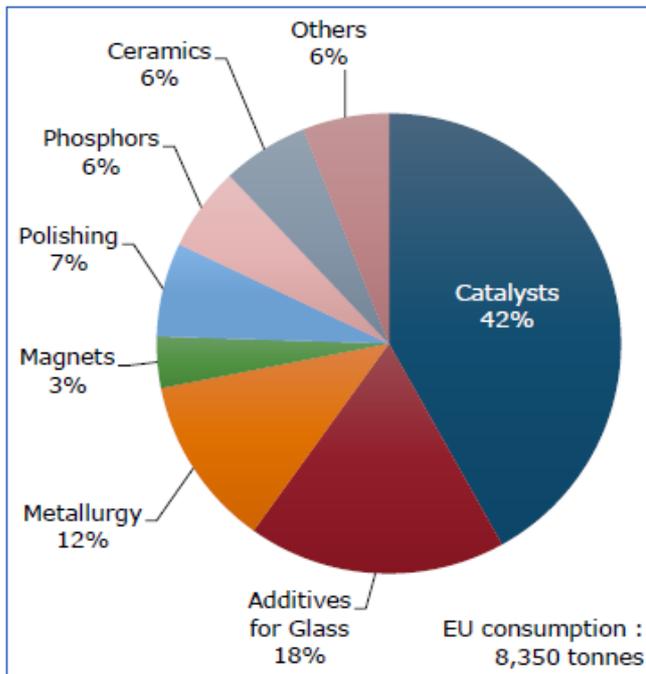


Figure 13: Utilisation des terres rares en Europe (source : Netherlands Organisation for Applied Scientific Research; Deloitte Sustainability; British Geological Survey; Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 2017).

### 3.3 Les mines illégales

Une autre problématique à laquelle l'industrie minière fait face est l'existence de mines illégales. Packey & Kingsnorth (2016, p. 114) rapportent qu'en 3 ans, 22 sites illégaux ont été détruits, 23.000 tonnes de produits de terres rares ont été confisquées, 161 licences commerciales ont été révoquées et 46 sociétés de négoce ont reçu une amende de 4,7 millions de dollars.

Selon eux, il existe trois types de mineurs :

- Les blancs : mineurs légaux ;
- Les noirs : mineurs illégaux ;
- Les gris : mineurs illégaux qui fournissent des producteurs légaux.

Ces derniers fournissent des produits encore relativement bruts à des processeurs ayant une licence commerciale. Ainsi, les terres rares entrent dans l'industrie blanche et légale.

Bien qu'elles ne représentent pas la production majeure des terres rares (28% en 2015 selon Lee & Wen (2018)) elles ont un impact élevé sur l'environnement car elles ne sont pas régulées. En effet, d'après ces mêmes auteurs, elles ont contribué à 56% des éco-coûts, dont il était question au point précédent.

Ces coûts pourraient être évités si les fournisseurs respectaient les réglementations en vigueur.

Seulement, un marché noir existe lorsque les coûts illégaux s'avèrent être inférieurs aux coûts d'une production légale. Dans le cas de l'industrie des terres rares, où les quotas, réglementations et normes imposent des coûts supplémentaires et où la demande ne cesse de croître, la tentation de faire du profit sans respecter la loi est grande. (Lee & Wen, 2018)

De plus, d'après Kilby (2014) et Packey & Kingsnorth (2016), il semblerait que la corruption existe également dans ce secteur. En effet, des responsables locaux dans les villages où il existe des mines illégales se seraient également joints à cette exploitation, ce qui bénéficie à la prospérité de ce marché noir. L'argument des acteurs corrompus est que cela bénéficie aux populations locales, notamment par une opportunité d'emploi.

Il est difficile d'avoir des chiffres exacts concernant l'étendue de la production provenant des mines illégales. Cependant, en comparant les exportations de la Chine et les importations de pays étrangers, il est possible d'avoir une estimation. En 2011, il s'avère que les importations étaient 1,2 fois supérieures aux exportations chinoises (Kilby, 2014, p. 546).

Il faut néanmoins être prudent avec ce genre d'estimations. En effet, il pourrait s'agir de contrebande de produits minés légalement afin d'excéder les quotas imposés. De plus, ces chiffres proviennent de déclarations à la douane. Dans la majeure partie des cas, les terres rares étaient mélangées avec d'autres minéraux et c'était uniquement ces derniers qui étaient déclarés (Liu, Tan, & Hu, 2016). Le niveau réel est dès lors probablement bien plus élevé (Kilby, 2014).

Liu, Tan & Hu (2016, p. 19) quant à eux rapportent une différence d'environ 30% entre 2006 et 2010 entre les chiffres de l'United States Geological Survey<sup>22</sup> et les chiffres officiels chinois.

Un contrôle plus généralisé et transfrontalier s'avère difficile car les terres rares ne sont pas considérées comme des marchandises par l'Organisation Mondiale du Commerce et ne sont pas régulées par l'Office des Nations Unies contre la drogue et le crime. En 2015, le Conseil d'État chinois a proposé la mise en place d'un système de traçabilité des terres rares dans un objectif de répression du marché noir. Cependant, il n'y pas encore eu de mise à jour quant à cette proposition. Dès lors, il est vraisemblable que la prolifération de ce marché noir est, à ce jour, inévitable (Liu, Tan, & Hu, 2016).

---

<sup>22</sup> L'USGS est la seule agence scientifique du ministère de l'Intérieur des États-Unis d'Amérique (source : site web officiel de l'USGS : <https://www.usgs.gov>).

### 3.4 Les terres rares parmi la liste européenne de matériaux critiques

La Commission européenne a établi une liste de matières premières critiques, revue tous les trois ans, ayant une grande importance économique et dont l'approvisionnement certain constitue un enjeu pour l'industrie et les chaînes de valeur. Toutes les terres rares font partie de cette liste. Son but est d'être un instrument factuel servant d'appui aux mesures commerciales, industrielles et d'innovation afin de renforcer la compétitivité de l'industrie européenne. Parmi ses rôles, cette liste attire l'attention sur l'importance des matières premières critiques pour la transition vers une économie circulaire, sobre en carbone et efficace dans l'utilisation des ressources. La CE espère aussi stimuler la production de matières premières critiques par le recyclage ou en lançant de nouvelles activités minières. Cette criticité est évaluée, parmi d'autres paramètres, principalement sur base de l'importance économique de l'élément ainsi que sur le risque de pénurie d'approvisionnement.

Les terres rares étant toutes importées, principalement de Chine (40%), des Etats-Unis (34%) et de Russie (25%), il est en effet intéressant de les recycler davantage et de diminuer cette dépendance d'approvisionnement. Actuellement, le taux de recyclage en Europe des terres rares lourdes et légères s'élève à 8% et 3% respectivement. (Commission Européenne, 2017)

Toutes les terres rares provenant de l'extérieur de l'Europe, nous pourrions dès lors nous demander si l'Europe ou la Belgique contrôlent d'une certaine manière la provenance des terres rares utilisées sur le territoire ou non.

Cependant, comme nous pouvons le voir dans la figure 14, plusieurs pays et entreprises peuvent entrer en compte dans la création d'un aimant permanent destiné aux éoliennes belges.

De plus, les réglementations en vigueur en matière d'exploitation et traitement miniers en Europe, notamment les directives 2014/52/EU, 2006/21/EC et 2013/59/Euratom, ne sont pas d'application dans ces pays<sup>23</sup>.

En outre, ERECON rappelle également dans son rapport que nous n'avons actuellement qu'une compréhension rudimentaire de comment ces matériaux traversent l'Europe (European Rare Earths Company Network, 2015).

Il semble donc très compliqué d'avoir un quelconque contrôle sur les aimants permanents que nous utilisons.

---

<sup>23</sup> Pour plus d'informations sur les directives, voir : European Rare Earths Company Network. (2015). *Strengthening the European rare earths supply chain: Challenges and policy options*. Page 45

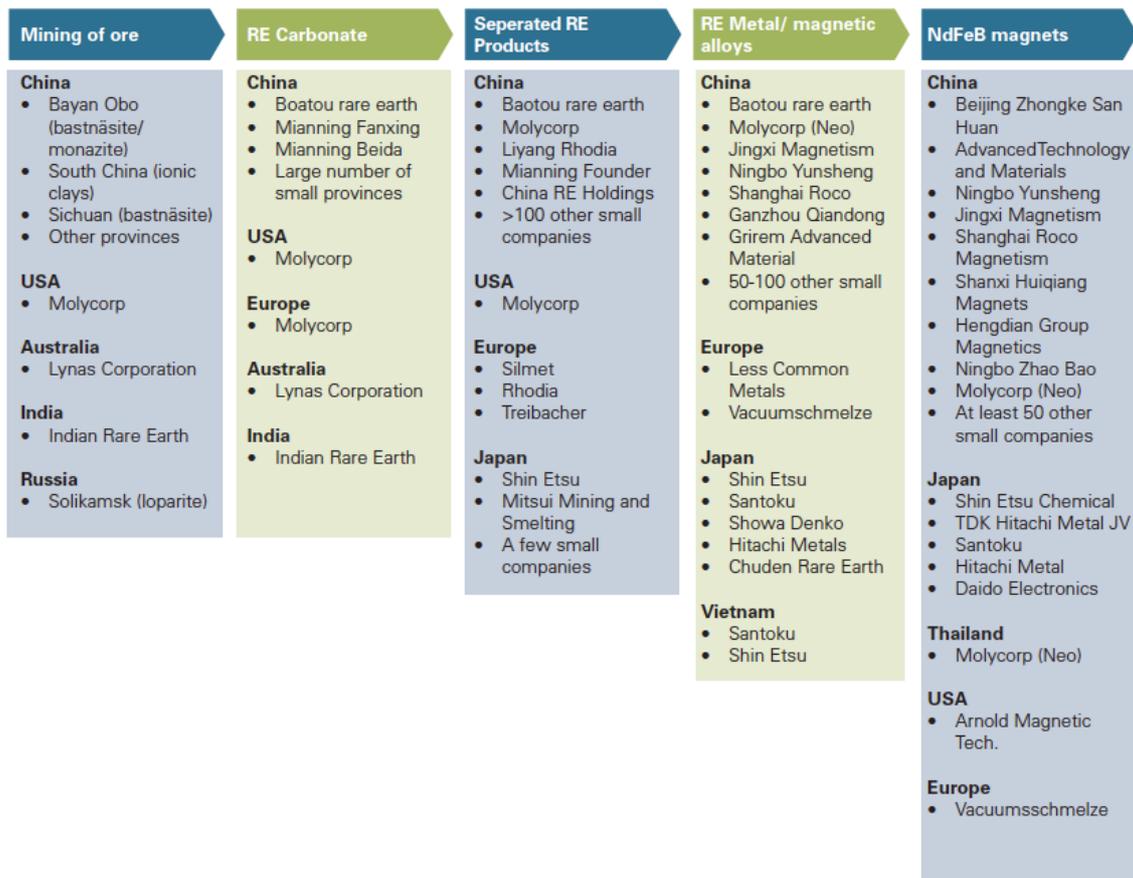


Figure 14: Chaîne d'approvisionnement des terres rares utilisées dans des aimants (source: European Rare Earths Competency Network, p. 74).

Une manière d'améliorer nos connaissances sur la chaîne d'approvisionnement de terres rares en Europe serait, selon ERECON, de surveiller des projets d'exploration avancés ainsi que les prix des terres rares à chaque étape, d'analyser la demande et l'offre et de cartographier le potentiel minier urbain (2015, p. 81). Bien que cela ait déjà été fait de manière ponctuelle, ERECON souligne la nécessité que cela soit fait continuellement comme aux États-Unis avec l'USGS.

Une possibilité pour s'assurer du respect des directives ci-dessus serait d'exploiter des terres rares sur le territoire européen. En effet, l'Europe possède certaines possibilités d'exploitation minières, notamment au Groenland ou en Suède. Si ces projets voyaient véritablement le jour, ils pourraient fournir l'Europe en terres rares pendant des décennies (European Rare Earths Company Network, 2015, p. 37).

De plus, le projet EURARE, financé par le septième programme-cadre pour la recherche et le développement technologique de l'UE et ayant pour but de fournir la base sur laquelle l'Europe pourrait développer un approvisionnement sûr en terres rares, assure avoir « développé avec succès des technologies de traitement des terres rares économes en ressources, spécialement conçues pour les gisements de minerais de terres rares européennes<sup>24</sup> » comme de nouvelles techniques de séparation et d'extraction (Eurare, 2017, p. 26).

### 3.5 Point de vue des acteurs du secteur éolien

Afin de juger de la pertinence de la mise en place d'un label dans le secteur éolien, il a été décidé d'interroger divers acteurs du secteur. L'ambition était de récolter les points de vue de fournisseurs d'énergie, de fabricants d'éoliennes, d'organisations en faveur des énergies renouvelables et d'associations représentant le secteur éolien. Toutefois, il n'a pas été possible de récolter les réponses de tout le monde<sup>25</sup>.

Au final, voici les personnes ayant été interviewées lors d'entretiens semi-directifs :

- Olivier Vanhoedenaghe : Ingénieur de projets éoliens pour ENGIE – Tractebel ;
- Fabian Williams : Gestionnaire de projets éoliens pour ENGIE – Tractebel ;
- Romain Debert : Ingénieur éolien onshore & offshore pour ENGIE – Tractebel ;
- Mathieu Cornet : Développeur de projets éoliens pour ENGIE – Electrabel (par téléphone) ;
- Mattia Cecchinato : Analyste offshore & durabilité pour WindEurope ;
- Bernhard Fink : responsable pour Enercon en Belgique (par téléphone).

Contrairement à ce que l'on pourrait croire, toute personne travaillant de près ou de loin dans le secteur éolien n'a pas conscience de la possible présence de terres rares dans une éolienne ou même de ce que sont des terres rares. En effet, dans le cas des collaborateurs chez ENGIE, les terres rares ne reviennent pas toujours dans le cadre de leur travail. Cette connaissance relève plutôt de leurs parcours et intérêts personnels. Il en ressort que les terres rares ne sont pas prises en compte lors du choix des éoliennes. Le choix repose plutôt sur les caractéristiques ayant trait à leur taille, leur classe<sup>26</sup> mais surtout leur coût.

---

<sup>24</sup> Traduit de l'anglais.

<sup>25</sup> Xant, Siemens, DS Wind (anciennement Turbowinds) et Lampiris n'ont pas répondu. Un collaborateur de Luminus a fourni l'adresse mail d'une personne pouvant répondre à nos questions mais cette dernière n'a jamais donné suite à notre demande. Vestas redirige toute personne demandant des informations vers leur site web.

<sup>26</sup> Une classe correspond à la vitesse du vent qu'une éolienne peut supporter.

En effet, c'est bien ce dernier critère qui est et sera toujours pris en compte. Selon ces mêmes collaborateurs, un changement pourrait être induit s'il venait de plus hautes sphères.

Ce pourrait être le cas par une prise de conscience ou des interrogations émanant des citoyens, comme ce fut le cas pour les voitures électriques. Il y aurait alors une certaine pression sur notre gouvernement qui devrait de ce fait mettre en place des moyens pour y répondre. Ces moyens passeraient probablement par l'imposition d'utilisation de certains types d'éoliennes, d'une obligation de contrôle du cycle de vie ou d'une liste restreinte de fournisseurs, garantissant ainsi le respect de l'environnement le long de la chaîne d'approvisionnement. Ce ne sont cependant que des suppositions.

Concernant les hautes sphères, la CE semble cependant être concernée par d'autres secteurs et problématiques actuellement. En effet, d'après Mattia Cecchinato, la CE se concentre actuellement sur les batteries utilisées dans les voitures électriques. Il semblerait plus facile d'intervenir dans un marché en plein essor que dans un marché ayant déjà atteint maturité.

Toutefois, il existe des groupes au sein des institutions européennes travaillant déjà sur la question de l'utilisation de terres rares en Europe. La problématique étudiée est cependant celle du risque d'approvisionnement et non les impacts environnementaux. La mise en place de systèmes juridiquement contraignants pour garantir le respect de l'environnement pourrait, d'après Cecchinato, avoir un impact sur le prix des terres rares et comme dans toutes les affaires, le plus important est de faire du profit. Dès lors, avant de s'attarder sur des aspects environnementaux, il est plus intéressant de garantir un approvisionnement à bas coûts.

L'APERe a également répondu à notre demande de contact mais en nous redirigeant vers un article écrit par Haveaux et D'hernoncourt (2018). Ils sont d'avis que les terres rares doivent progressivement être abandonnées et que « des législations environnementales très strictes devraient être mises en place dans les pays où ont lieu l'extraction de terres rares, afin de protéger les sols, l'eau et la santé humaine ». Ils font également mention d'un label « smartphones sans terres rares », confirmant que l'idée de la mise en place d'un label n'est pas inexistante. Toutefois, comme nous l'avons vu précédemment, l'abandon progressif de l'utilisation des terres rares ne semble pas à l'ordre du jour dans le secteur éolien, bien au contraire.

Bernhard Fink a aussi fait savoir qu'il y aurait un intérêt probable des fabricants pour la mise en place d'un label ou d'un système de certification. Il juge qu'il est du ressort d'une entreprise de s'assurer et d'être consciente de la provenance de ses matières premières mais qu'un contrôle total semble cependant être difficile.

## 4 Systèmes de certification et autres initiatives

Comme nous avons pu le constater dans les chapitres précédents, plusieurs problèmes sont liés à l'utilisation de terres rares dans les éoliennes : les impacts environnementaux et sanitaires, le risque de pénurie ou de quotas imposés par la Chine, la fluctuation de prix et la possibilité d'utiliser des terres rares provenant de mines illégales.

De plus, l'Europe n'a actuellement pas de moyen de vérifier ou de garantir que les terres rares utilisées sur le continent soient minées de manière respectueuse de l'environnement.

Cependant, l'industrie des terres rares ne manque pas d'initiatives tant européennes qu'internationales pour pouvoir s'assurer que cette industrie devienne durable.

Tout d'abord, nous parlerons des codes pour la mise en place de standards. Ces codes sont notamment utilisés dans certains systèmes de certification dont nous allons parler.

Ensuite, il sera question des initiatives et organisations tant pour l'industrie des terres rares que pour l'industrie minière générale. En effet, l'industrie des terres rares est avant tout une industrie minière. Dès lors, il est intéressant de voir quels sont les systèmes de certification déjà existants dans ce secteur.

Nous aborderons ensuite divers labels de consommation déjà existants pouvant, potentiellement, être transposés aux éoliennes.

Enfin, nous analyserons le cas de l'industrie du diamant, qui bénéficie déjà de différentes certifications.

## 4.1 Codes pour la mise en place de standards

### 4.1.1 Les guides ISO<sup>27</sup>

L'ISO est une organisation internationale non gouvernementale, indépendante, dont les 164 membres sont les organismes nationaux de normalisation leaders dans leur pays, à raison d'un membre par pays – chaque membre représentant l'ISO dans son propre pays. Elle établit des documents qui définissent des exigences, des spécifications, des lignes directrices ou des caractéristiques à utiliser systématiquement pour assurer l'aptitude à l'emploi des matériaux, produits, processus et services.

Elle a mis en place des guides destinés aux rédacteurs de normes et organismes de normalisation concernant des aspects spécifiques et plus généraux lors de la mise en place ou du contrôle de normes. Nous n'allons pas développer chacun de ces guides mais nous pouvons par exemple citer le guide 59, qui reprend des bonnes pratiques pour la standardisation, ou le guide 82, qui propose des lignes directrices pour la prise en compte du développement durable dans les normes.<sup>28</sup>

Certains de ces guides sont disponibles gratuitement, d'autres doivent être achetés. L'ISO étant reconnue internationalement, l'utilisation des guides peut en tous les cas renforcer la crédibilité d'un système de certification, comme nous le verrons dans le prochain chapitre.

### 4.1.2 ISEAL<sup>29</sup>

ISEAL est une association mondiale dont les membres sont des systèmes de certification de développement durable qui respectent des codes établis par l'association et des organismes d'accréditation.

L'association veut améliorer et renforcer les systèmes de normes et leur utilisation par le biais de conseils, d'expertises, de bonnes pratiques, d'échanges et de collaboration entre membres. Parmi les membres, nous pouvons citer Fairtrade International, qui lutte pour un commerce équitable, ou encore Forest Stewardship Council (FSC) qui promeut une gestion durable des forêts.

---

<sup>27</sup> Sources : site web officiel de l'ISO ([www.iso.org](http://www.iso.org)) et la brochure sur les guides ISO ([https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/iso-iec\\_guides.pdf](https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/iso-iec_guides.pdf)).

<sup>28</sup> Source : liste de guides disponibles gratuitement sur le site de l'ISO : <https://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=ll&objId=8389141&objAction=browse&sort=name>.

<sup>29</sup> Source : site web officiel de l'ISEAL (<https://www.isealliance.org>).

Il y a deux étapes pour devenir membre ISEAL:

- D'abord, une organisation devient membre associé à la suite d'une évaluation par rapport aux critères de base des codes de bonnes pratiques ISEAL. Ces codes, au nombre de trois, sont les suivants<sup>30</sup>:
  - Le code de normalisation : définit comment une norme doit être développée, structurée et révisée. Elle nécessite une consultation et une prise de décision multipartite et garantit des conditions claires et vérifiables dans la norme elle-même ;
  - Le code de garantie : fournit un cadre clair pour évaluer la conformité aux normes. Il encourage une assurance rigoureuse et accessible, garantissant des résultats précis et transparents ;
  - Le code d'impact : prend en charge des systèmes de suivi et d'évaluation robustes. Il fournit aux normes une feuille de route pour mesurer les progrès accomplis par rapport aux objectifs de développement durable et pour améliorer les pratiques au fil du temps.
- Ensuite, un membre associé devient membre à part entière après un an à condition d'avoir respecté le code de normalisation. Ils doivent également prouver une conformité totale dans un délai de deux ans pour le code de garantie et trois ans pour le code d'impact.

Ces membres sont également tenus de publier annuellement un rapport public sur leurs systèmes d'établissement de normes, d'assurance et de suivi-évaluation.

Pour s'assurer qu'une norme soit crédible, selon ISEAL, et ne soit pas une norme parmi tant d'autres, l'association a établi des principes de crédibilité en consultation avec 400 parties prenantes. Ces principes touchent notamment au contenu d'une norme, son processus de certification, ses objectifs, son intérêt pour l'amélioration, sa transparence, son accessibilité et sa pertinence.

ISEAL conseille également des gouvernements et des entreprises dans le choix des normes à adopter et collabore avec des ONG et des chercheurs dans le but d'améliorer ses codes et les normes établies par ses membres.

---

<sup>30</sup> Traduit de l'anglais. Source : Site web officiel de l'ISEAL - ISEAL Codes of Good Practice <https://www.isealalliance.org/credible-sustainability-standards/iseal-codes-good-practice>.

## 4.2 Standards spécifiques à l'industrie des terres rares

### 4.2.1 REIA <sup>31</sup>

L'Institut européen d'innovation et de technologie (EIT) rassemble les principaux centres de recherche, entreprises et universités afin de former des partenariats, appelés « communautés d'innovation », et de créer de nouveaux produits et services pour le marché européen. (EIT, 2019) L'EIT Raw Materials<sup>32</sup>, l'une de ces communautés, est la plus grande association mondiale (plus de 120 partenaires et associés et plus de 190 partenaires de projets, de plus de 20 pays de l'Union européenne) dans le secteur des matières premières. Son but est de permettre une compétitivité durable et de sécuriser l'approvisionnement de matières premières au niveau européen (EIT, 2019).

A la suite du constat fait par ERECON concernant la nécessité d'une sécurité d'approvisionnement de terres rares (par une coopération entre parties prenantes) et l'absence d'une organisation représentant le marché européen, il a été décidé de lancer le projet GloREIA en mars 2018, financé par l'EIT Raw Materials (European Rare Earths Company Network 2015, 8; Global Rare Earth Industry Association sd).

Le projet a deux buts<sup>33</sup> :

1. Créer une association, du nom de REIA, dont les membres sont des entreprises de la chaîne de valeur des terres rares.
2. Créer une plateforme, du nom de « International Society Rare Earths » (ISRE)<sup>34</sup> destinée aux scientifiques et étudiants afin qu'ils puissent se réunir et partager leurs idées.

GloREIA rassemble donc des acteurs au niveau mondial afin de développer des stratégies de collecte d'informations couvrant la chaîne d'approvisionnement totale jusqu'en Europe. L'objectif ultime est de développer une économie circulaire dans cette industrie.

---

<sup>31</sup> Sources : sites web officiels de EIT (<https://eit.europa.eu/eit-community/eit-raw-materials>) et GloREIA (<https://gloreia.org>).

<sup>32</sup> Traduction : matières premières.

<sup>33</sup> Information reçue par mail de Nabeel Mancheri, de GloREIA, le 25 avril 2019.

<sup>34</sup> Traduction : Société Internationale Terres Rares.

Pour ce faire, le projet est réparti en trois tâches :

1. Étude de la littérature et des analyses de cycle de vie déjà réalisées ainsi que des entretiens avec les parties prenantes, analyse des usines d'extraction et de traitement des oxydes de terres rares actuelles et collecte des données ;
2. Développement de méthodes pour l'empreinte de l'industrie des terres rares ;
3. Compte rendu des résultats et dissémination des informations auprès des parties prenantes et acteurs politiques.

De plus, REIA coopère avec FairMagnet, dont nous allons parler au prochain point, afin de rendre cette dernière réellement internationale. Leur but est la mise en place d'un système de certification et de devenir membre, ensemble, d'ISEAL, que nous avons abordé précédemment.

#### 4.2.2 FairMagnet<sup>35</sup>

FairMagnet est une coopération germano-chinoise, réunissant des fabricants d'aimants bruts chinois et des importateurs allemands. Leur but est d'introduire des conditions de production durables en Chine afin de répondre aux normes environnementales, économiques et sociales tout au long de la chaîne d'approvisionnement de ces aimants. Pour ce faire, l'organisation travaille avec des institutions universitaires, gouvernementales, non gouvernementales ainsi que des représentants d'entreprises, de la science et de la société civile. Au départ, c'est un fabricant allemand qui est parvenu à améliorer les normes environnementales et de sécurité au travail de certains fabricants chinois, avec l'aide du centre d'environnement, de santé et de sécurité (Environment, Health and Security (EHS) Center) de l'Université de Nanjing. L'ambition est donc d'élargir cette réussite auprès d'autres fabricants chinois.

Pour pouvoir financer ce projet, il est attendu des membres (fabricants allemands) qu'ils établissent des fonds renouvelables, dépendant de leurs ventes, pour chacun de leurs fournisseurs. Ceci dans le but d'inciter ces derniers au changement par le biais notamment de mesures d'améliorations ou des formations. Ce financement pourrait évoluer selon la certification atteinte par le fournisseur.

---

<sup>35</sup> Source : Site web officiel de Fairmagnet ([www.fairmagnet.org](http://www.fairmagnet.org)).

Cette certification, propre à FairMagnet et menée par l'EHS Center de l'université de Nanjing, se déroule en quatre étapes.

- D'abord, l'usine est évaluée selon des normes de processus, des exigences et des directives portant sur l'environnement, la santé et la sécurité ;
- Cette évaluation est ensuite analysée par FairMagnet et des formations individuelles EHS sont créées ;
- Des plans et des recommandations sont établis et un soutien professionnel est fourni pour les mettre en œuvre ;
- Enfin, l'usine est réévaluée afin de constater la mise en œuvre des recommandations et l'état d'avancement.

Les 300 indicateurs d'évaluation, basés sur des systèmes de standards (normes ISO) et des lois nationales chinoises, ont été établis par l'EHS Center dans un catalogue<sup>36</sup> et touche aux domaines suivants :

- Les systèmes de gestion ;
- L'éthique des affaires ;
- Droits des employés ;
- Protection environnementale ;
- Santé et sécurité au travail ;
- Sécurité au travail dans le processus de production.

Les sociétés ayant été évaluées peuvent se voir attribuer un certificat de niveau bronze, argent, or ou platine, selon leur niveau de participation.<sup>37</sup> Ainsi, les importateurs d'aimants bruts peuvent vérifier si leurs fournisseurs respectent les normes environnementales et sociales.

Ce certificat est réévalué tous deux ou trois ans. Dans le même ordre, le système de certification est mis à jour tous les deux ou trois ans, à la fois en termes d'ajout de critères et d'augmentation des normes. Cela signifie que les fournisseurs doivent continuellement s'améliorer pour maintenir leur niveau de certification.<sup>38</sup>

---

<sup>36</sup> Ce catalogue peut être téléchargé sur la page web suivante : <https://www.fairmagnet.org/en/assessments-01.html>.

<sup>37</sup> Voir annexe 2 pour un exemple de certification.

<sup>38</sup> Information reçue par mail de Lutz Berners, de Fairmagnet, le 9 mai 2019.

### 4.2.3 ISO/TC 298<sup>39</sup>

Le TC 298 veut dire Technical Committee (comité technique en français) qui est un ensemble d'experts du monde entier travaillant sur le même projet de normes. Dans ce cas-ci, le TC 298 travaille sur des normes touchant aux terres rares. Le but est d'améliorer tout commerce en rapport avec les terres rares ainsi que garantir le respect de l'environnement par la garantie de la provenance de celles-ci.

Actuellement, seuls 10 membres participent activement à l'élaboration des normes dont un seul faisant partie de l'Union Européenne, le Danemark.

Les principaux objectifs de l'ISO / TC 298 Terres rares sont :

- Élaborer des normes pour les acteurs concernés de l'industrie sur la base de preuves scientifiques et de considérations ;
- Élaborer des normes pour répondre aux besoins du marché et accroître la demande de terres rares ;
- Élaborer des normes pouvant être utilisées au niveau mondial comme base du commerce équitable ;
- Publier des normes permettant aux entreprises de réduire les obstacles au commerce et de progresser vers une société durable et harmonieuse.

Ce projet de normes concerne les domaines de l'extraction, de la concentration, de la séparation et de la conversion en terres rares utiles (y compris les oxydes, les sels, les métaux, les alliages mères), qui sont des intrants essentiels pour des processus de fabrication et de production ultérieurs d'une manière sûre et écologiquement durable (ISO, 2016, p. 1).

---

<sup>39</sup> Sources : site web officiel de l'ISO ([www.iso.org](http://www.iso.org)) et le business plan stratégique ISO/TC 298.

Le comité technique compte développer 10 normes touchant aux terres rares, notamment :

- 22444-1 : Terres rares - Termes et définitions - - Partie 1: Minéraux, oxydes et autres composés ;
- 22444-2 : Terres rares - Termes et définitions - - Partie 2: Métaux de terres rares et leurs alliages ;
- 22450 : Terres rares - Recyclage des éléments - Formats de communication destinés à fournir des informations sur le recyclage des terres rares dans les sous-produits et les déchets industriels ;
- 22451 : Terres rares - Recyclage des éléments - Méthode de mesure des terres rares dans les sous-produits et les déchets industriels ;
- 22453 : Terres rares - Recyclage des éléments - Méthode d'échange d'informations sur les terres rares dans les sous-produits et les déchets industriels ;
- 22927 : Terres rares - Emballage et étiquetage ;
- 22928 : Méthode de mesure pour les déchets d'aimants contenant des éléments de terres rares ;
- 23596 : Terres rares - Détermination de la teneur en terres rares dans un métal de terre rare et ses oxydes - Méthode gravimétrique ;
- 23597 : Terres rares - Détermination de la teneur en terres rares dans un métal de terre rare et ses oxydes - Méthode de titrage ;
- 23664 : Traçabilité des terres rares dans la chaîne d'approvisionnement de la mine aux produits séparés.

A priori, celle qui serait la plus intéressante dans notre cas serait la dernière concernant la traçabilité des terres rares. Cependant, les normes sont encore en développement. Il n'existe, dès lors, pas encore de critères d'octroi et le public n'a aucun accès aux documents pouvant déjà potentiellement être établis<sup>40</sup>.

---

<sup>40</sup> Information reçue par mail d'André Madarasz, du Bureau de normalisation belge, le 21 novembre 2018.

## 4.3 Standards généraux à l'industrie minière

### 4.3.1 International Council on Mining & Metals<sup>41</sup>

L'ICMM se définit comme suit : « Une organisation internationale œuvrant en faveur d'une industrie des mines et des métaux sûre, équitable et durable. Rassemblant 27 entreprises minières et métallurgiques et plus de 30 associations régionales et de commerce des matières premières, nous renforçons la performance environnementale et sociale. Nous servons de catalyseur au changement, en améliorant la contribution sociale de l'industrie minière ».

Une entreprise peut devenir membre à condition de se conformer à des principes, au nombre de 10, et à des attentes en matière de performance. Ces dernières ont été élaborées en collaboration avec des ONG, des organisations internationales et universitaires. Elles portent sur des exigences environnementales (la pollution et le gaspillage par exemple) et sociales (notamment les droits du travail). Un membre se doit d'être contrôlé annuellement par rapport au respect de ces conditions par une tierce partie.

Du point de vue environnemental, l'ICMM se préoccupe de différents aspects liés aux mines notamment : l'eau, le changement climatique, la biodiversité, la fermeture de mines et la gestion des boues. L'objectif pour chacun de ces aspects est d'avoir un impact minime sur l'environnement par la mise en place de nouvelles stratégies, d'engagements ou de règles.

L'ICMM avance que le secteur minier et métallurgique peut avoir un impact positif sur le développement économique et social notamment par la prise en compte des communautés environnantes. En effet, cette industrie peut leur fournir du travail et des retombées économiques, qu'elles soient directes (salaires) ou indirectes (taxes). Cependant, il est également possible que l'ouverture d'une mine se fasse sur un terrain proche d'une communauté voire même sur leur territoire et qu'en conséquence, cette communauté doit être déplacée.

L'organisation veut que dans tous les cas, les communautés, leurs exigences et demandes passent avant tout, afin de garantir de bonnes relations à long terme.

Cela vaut également pour la santé et la sécurité des mineurs, par le biais notamment d'évaluations de risques et de guides de bonnes pratiques.

---

<sup>41</sup> Source : Site web officiel de l'ICMM (<https://www.icmm.com/>).

Pour chacune de ses préoccupations, l'ICMM a créé des guides destinés aux entreprises du secteur et disponibles sur leur site web, dans le but de rendre le secteur minier plus responsable.

#### 4.3.2 Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development<sup>42</sup> (IGF)

L'IGF a été créé à la suite du sommet international sur le développement durable à Johannesburg (Afrique du Sud) en 2002, afin de relever les défis et saisir les opportunités liées à l'exploitation minière et le développement durable.

Le but est de limiter les impacts négatifs et de favoriser les avantages financiers afin de réduire la pauvreté, favoriser la croissance inclusive<sup>43</sup>, le développement social et la gestion de l'environnement.

Le forum, par le biais d'évaluations, d'assistance technique, de documents d'orientation, et l'organisation de rencontres et de conférences, soutient une soixantaine de pays désirant exploiter de manière durable leurs ressources minières. Tout pays membre des Nations Unies peut devenir membre de l'IGF.

Un outil d'orientation politique et d'évaluation, appelé le « Cadre directif pour l'exploitation minière dans les États membres (Mining Policy Framework - MPF) », a également été créé, qui s'articule autour de six piliers et reprend les meilleures pratiques pour une bonne gouvernance environnementale, sociale et économique. Ces piliers sont :

- L'environnement politique et juridique ;
- L'optimisation des avantages financiers ;
- L'optimisation des avantages socio-économiques ;
- La gestion environnementale ;
- La fermeture des mines et les transitions post-extraction ;
- Les activités minières artisanales et à petite échelle.

---

<sup>42</sup> Source : Site web officiel de l'IGF (<https://www.igfmining.org/>).

<sup>43</sup> Définition de la croissance inclusive selon le Programme des Nations Unies pour le développement : « Le développement ne peut être inclusif que si toutes les catégories de population – quels que soient leur sexe, leur origine ethnique, leur âge ou leur statut social – contribuent à créer des opportunités, partagent les bénéfices du développement et participent à la prise de décision. » Source : Page web consacrée à la croissance inclusive sur le site web officiel du PNUD (<https://www.undp.org/content/undp/fr/home/sustainable-development/development-planning-and-inclusive-sustainable-growth.html>).

L'IGF compte également établir un guide propre à chaque pilier afin d'aider davantage les membres à l'implantation d'une bonne stratégie. C'est déjà le cas notamment pour les activités minières artisanales et à petite échelle.

Les membres peuvent également demander de l'aide au secrétariat de l'IGF afin d'évaluer leurs politiques et les rendre conforme au MFP.

A la suite de l'Assemblée générale annuelle de 2017, il a aussi été décidé de créer un guide pour les gouvernements sur le cadre juridique de l'évaluation de l'impact environnemental et social de l'exploitation minière. Ce guide devra inclure des plans de gestion environnementale et sociale, des plans de fermeture et de réhabilitation ainsi que des plans d'action de réhabilitation potentiels (dans le cas notamment où une population se doit de partir).

#### 4.3.3 Initiative for Responsible Mining Assurance<sup>44</sup>

L'Initiative for Responsible Mining Assurance (IRMA) est dirigée par des représentants d'ONG, de syndicats, de communautés affectées par les mines, de sociétés minières et de sociétés utilisant des matériaux miniers dans leurs produits.

La prise de décision se fait par consensus et si cela n'est pas possible, ils votent. Toutefois, s'il y a deux votes négatifs d'un même secteur, la question est remise à la discussion garantissant ainsi l'accord de toutes les parties prenantes.

Le travail de l'IRMA a été voué à la création de leur standard depuis leur fondation, en 2006. Ce standard, couvrant tous les produits miniers à l'exception des combustibles énergétiques, a été publié en juin 2018 et est en phase de lancement jusqu'au 30 juin 2019 après quoi une certification par une tierce partie indépendante sera possible. La certification ne sera disponible que pour les sites miniers, du point de vue de leur performance sociale et environnementale, et non pour les entreprises.

Le standard a été développé de sorte à pouvoir se conformer au Code de bonnes pratiques ISEAL dont il a été question précédemment.

---

<sup>44</sup> Source : Site web officiel de l'IRMA (<https://responsiblemining.net>).

#### 4.3.4 Guide OCDE sur le devoir de diligence pour des chaînes d'approvisionnement responsables en minerais provenant de zones de conflit ou à haut risque

L'OCDE, l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques, a rédigé un guide qui a pour objectif « de préciser la manière dont les entreprises peuvent respecter les droits humains et de fournir des orientations pratiques visant à éviter toute implication dans des conflits [...]. Le Guide vise aussi à favoriser des chaînes d'approvisionnement en minerais transparentes et un engagement durable des entreprises dans le secteur des industries extractives en vue de permettre aux pays de tirer parti de leurs ressources minérales et d'empêcher que l'extraction et le commerce des minerais ne soient une source de conflit, d'atteintes flagrantes aux droits humains et d'insécurité » (OCDE, 2016, p. 3).

Bien que n'étant pas un système de certification et étant destiné aux commerçants dans des zones de conflit ou à haut risque, il est intéressant de parler de ce guide dans notre cas au vu des potentiels risques pour les travailleurs en Chine, dont nous avons parlé précédemment.

Il est également intéressant d'en parler car d'importants programmes industriels, dont le Responsible Jewellery Council que nous allons aborder au point 4.5.2. dans le cas de notre analyse de l'industrie du diamant, se sont basés sur ce guide.

De plus, la Chambre de Commerce Chinoise des Importateurs et Exportateurs de Métaux, de Minéraux et de Produits Chimiques<sup>45</sup> a fondé ses lignes directrices sur le devoir de diligence pour des chaînes d'approvisionnement responsables en minéraux, adoptées en 2015, sur les lignes directrices de l'OCDE. Les directives sont conçues pour aligner la diligence requise des entreprises chinoises sur les normes internationales et permettre une reconnaissance mutuelle avec les législations et les initiatives internationales existantes (OCDE, 2019).

Bien que ces lignes directrices concernent toutes les ressources minérales, la CCCMC donnera priorité à la publication de protocoles d'audit et de matériaux supplémentaires couvrant les chaînes d'approvisionnement de l'or, l'étain, le tungstène, et le tantale (China Chamber of Commerce of Metals Minerals & Chemicals Importers & Exporters, 2015, p. 10).

---

<sup>45</sup> En anglais: China Chamber of Commerce of Metals Minerals & Chemicals Importers & Exporters (CCCMC).

La possibilité existe donc qu'à l'avenir, avec la probable croissance de l'importance des terres rares, des matériaux supplémentaires soient également rédigés pour ces dernières.

#### 4.4 Labels potentiellement transposables aux terres rares dans les éoliennes

Les labels suivants sont des labels reconnus par l'Europe ou ses États, du secteur non-alimentaire et utilisés dans le domaine de l'informatique et du multimédia (Ecoconso, 2015). Ils ont été choisis car ce sont les labels qui pourraient, potentiellement être transposés aux éoliennes. Les labels répondent à la norme ISO 14024 qui « établit les principes et les procédures pour l'élaboration de programmes de labels environnementaux de type I, y compris le choix des catégories de produits, des critères environnementaux et des caractéristiques fonctionnelles du produit, ainsi que pour l'évaluation et la démonstration de la conformité » (ISO, sd).

##### 4.4.1 EU Ecolabel <sup>46</sup>



Sur le site officiel belge de l'EU Ecolabel nous pouvons trouver cette définition :

L'EU Ecolabel ou « la Fleur » (qui doit son nom à la fleur et aux étoiles visibles sur son logo) est le label écologique européen officiel, reconnu par tous les pays de l'Union européenne ainsi que par la Norvège, le Liechtenstein et l'Islande. Il indique les produits préférables pour l'environnement, sans perte de qualité, et a été introduit en 1992.

Le label a pour but de réduire l'impact négatif de la production et de la consommation sur l'environnement, la santé publique, le climat et les ressources naturelles. Seuls les produits qui satisfont à des exigences strictes en matière de qualité environnementale et de prestations peuvent recevoir l'Ecolabel européen. L'EU Ecolabel permet donc de faire des choix respectueux de l'environnement.

Les produits labellisés présentent des impacts environnementaux réduits à toutes les étapes de leur cycle de vie : matières premières, fabrication, emballage, distribution, élimination et recyclage en fin de vie.

---

<sup>46</sup> Sources : sites web officiels belge de l'EU Ecolabel ([www.ecolabel.be](http://www.ecolabel.be)) et européen (<http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/>).

Actuellement, le label couvre plus de 43.000 produits et services repartis en différents groupes, notamment :

- Bureautique ;
- Ameublement ;
- Entretien des espaces verts ;
- Habillement ;
- Lubrifiants ;
- Papeterie et papier ;
- Peintures et vernis ;
- Produits d'entretien ;
- Produits d'hygiène ;
- Revêtements ;
- Tourisme.

Comme nous pouvons le constater, aucun de ces groupes ne pourrait inclure les éoliennes aujourd'hui.

Pendant, il est intéressant de noter que la CE et le Joint Research Centre travaillent actuellement sur la faisabilité d'appliquer des instruments de politique de produits durables, notamment l'EU Ecolabel, aux modules, onduleurs et systèmes solaires photovoltaïques. La question peut se poser que ce soit également un jour le cas des éoliennes (European Commission, 2016; European Commission, 2016).

Étant donné que ce label tient compte du cycle de vie complet d'un produit, il détermine d'abord la phase à laquelle l'impact sur l'environnement est le plus important. Ensuite, des critères sont définis sur base d'études scientifiques et de concertations entre des ONG environnementales, des associations de consommateurs, des unions professionnelles, des PME et des intermédiaires, afin de réduire cet impact. Ils doivent être approuvés tant par les États membres de l'Union européenne que par la Commission européenne.

Ces critères sont définis, et revus régulièrement, de telle sorte que seuls 10 à 20% des produits parviennent à obtenir le label. La certification se fait par des instances indépendantes.

#### 4.4.2 Blauer Engel (Ange bleu) <sup>47</sup>



Le Blauer Engel est un écolabel créé par le gouvernement fédéral allemand qui garantit que les produits et services certifiés atteignent des standards élevés en matière de santé, d'environnement et de performance tout au long de leur cycle de vie.

Bien que ce label soit allemand, il peut être utilisé par des entreprises de n'importe quel pays.

---

<sup>47</sup> Source: site web officiel de Blauer Engel (<https://www.blauer-engel.de/en/>).

De plus, il est soutenu par le jury du label environnemental qui est l'organe de décision indépendant du Blauer Angel, le Ministère fédéral de l'environnement, de la conservation de la nature et de la sécurité nucléaire (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit), l'Agence fédérale de l'environnement (Umweltbundesamt) et RAL gGmbH, qui est l'organisme qui attribue le label environnemental.

Le Blauer Engel octroie son label aux produits similaires à ceux de l'EU Ecolabel mais également à des produits et services utilisés dans les entreprises et municipalités tels que des services antiparasites, des sèche-mains ou de la machinerie de construction.

Il semblerait donc que leur éventail de produits soit plus étendu que celui de l'EU Ecolabel.

#### 4.4.3 Nordic Swan (Cygne nordique)<sup>48</sup>



Le Nordic Swan est le label officiel du Danemark, de la Finlande, de l'Islande, de la Norvège et de la Suède, autrement dit, les pays nordiques.

Tout comme les autres labels, le but est d'informer les consommateurs et acheteurs professionnels des produits les plus respectueux de l'environnement.

Le label établit des exigences environnementales strictes le long du cycle de vie d'un produit ainsi que pour les produits chimiques utilisés. En effet, il garantit que les exigences climatiques soient prises en compte et que les émissions de gaz à effet de serre ainsi que les gaz toxiques soient limités. (Ecoconso, 2015)

Tout comme le Blauer Engel, le Nordic Swan octroie son label à des produits similaires à ceux de l'EU Ecolabel. Sa particularité est la prise en compte des produits chimiques utilisés le long du cycle de vie d'un produit. Il est dès lors intéressant dans notre cas puisque beaucoup de produits sont utilisés dans le traitement des terres rares, comme évoqué plus tôt. De plus, comme dit dans le chapitre précédent, la possibilité existe pour l'Europe d'exploiter ses propres mines de terres rares, notamment en Suède. Dès lors, le label nordique pourrait être, sous respect des critères, octroyé aux génératrices utilisant des terres rares « suédoises », par exemple.

---

<sup>48</sup> Source : site web officiel du Nordic Swan ([www.nordic-ecolabel.org](http://www.nordic-ecolabel.org)).

#### 4.4.4 EPEAT<sup>49</sup>



EPEAT se définit comme étant « le premier label écologique mondial pour le secteur informatique. » Il vérifie les revendications des fabricants et répertorie les produits électroniques durables.

Il est géré par le Green Electronics Council, organisation à but non lucratif qui collabore pour un monde de produits électroniques durables.

Les produits électroniques doivent répondre à des critères obligatoires et optionnels s'appliquant à leur cycle de vie complet.

3 certifications sont possibles :

- Bronze : le produit répond à tous les critères obligatoires ;
- Argent : le produit répond à tous les critères obligatoires et à la moitié des critères optionnels ;
- Or : le produit répond à tous les critères obligatoires et à au moins 75% des critères optionnels.

Si un produit ne répond pas correctement aux critères imposés, EPEAT le communique également afin que les consommateurs puissent utiliser le système en toute confiance.

Actuellement, EPEAT est disponible pour les serveurs, ordinateurs et écrans, matériel d'imagerie, télévisions et téléphones portables.

Étant donné que certains appareils électroniques contiennent des terres rares, comme les smartphones, il pourrait être intéressant d'inclure le critère d'absence de terres rares comme optionnel voir obligatoire. Actuellement, cela n'est pas encore le cas.

Une éolienne n'est pas un produit électronique ; cependant, nous pourrions prendre exemple de la procédure appliquée par l'EPEAT à la création d'un nouveau label destiné aux éoliennes.

En effet, le principe de pouvoir obtenir différentes certifications pourrait être intéressant dans notre cas. Nous pourrions, par exemple, certifier une éolienne « Or » si elle ne contient pas de terres rares, ou « Argent » si elle contient des terres rares minées durablement.

---

<sup>49</sup> Source: Site web officiel de l'EPEAT (<https://greenelectronicscouncil.org/epeat/epeat-overview/>).

## 4.5 Mise en place d'une certification : le cas de l'industrie du diamant

Il a été décidé d'analyser l'industrie du diamant car c'est celle qui s'apparente le plus à notre industrie. En effet, l'industrie diamantaire est, comme nous le verrons, également concernée par des problèmes liés aux impacts environnementaux mais également par des impacts sociaux particuliers, notamment le financement de conflits armés.

Nous présenterons ici différents systèmes ayant pour but de répondre à l'impact environnemental liés à l'industrie du diamant ou à l'atteinte aux droits de l'homme. Il sera également question des critiques auxquelles ils font face.

Cette analyse de cas ne reprend pas tous les systèmes de certification existants. Ils ont été choisis car c'était ceux qui avaient une portée internationale, abordaient des problèmes de durabilité ou de respect des droits de l'homme et étaient apparus plus de deux fois dans nos recherches.

### 4.5.1 Le processus de Kimberley<sup>50</sup>

Le processus de Kimberley (PK) a été créé à la suite d'une réunion de producteurs de diamants d'Afrique australe à Kimberley, en Afrique du Sud. La volonté était de mettre un terme à la circulation des « diamants de sang », autrement dit, des diamants dont les recettes finançaient les groupes armés, rebelles, contrebandiers et autres hors-la-loi.

C'est ainsi qu'en 2002, à la suite de l'Assemblée générale des Nations Unies en 2000, et après des négociations entre gouvernements, représentants de l'industrie internationale diamantaire et organisations de la société civile, le système de certification du processus de Kimberley est créé et entrera en vigueur en 2003.

Il regroupe actuellement 54 participants, qui représentent ensemble 81 pays (l'Union européenne étant compté comme un seul pays) et 99,8% de la production mondiale de diamants bruts. Toute adhésion se fait sur base volontaire. Au niveau de l'implication effective dans le processus, seuls les gouvernements sont considérés comme participants et ont un droit de décision. Les organisations de la société civile et les représentants de l'industrie du diamant ne sont, eux, que des membres observateurs.

---

<sup>50</sup> Source: Site web officiel du Processus de Kimberley (<https://kimberleyprocess.com>).

Un gouvernement garantit que le commerce de diamants de son pays ne finance pas de conflits armés par la mise en place de dispositions législatives et institutions nationales ainsi que divers contrôles notamment à l'exportation, importation et au commerce intérieur. Ils doivent également faire en sorte que toutes les activités relatives à ce commerce soient transparentes et disponibles par le biais de données statistiques et de rapports annuels. Lors d'envois internationaux, les diamants sont tenus d'être accompagnés d'un certificat garantissant qu'ils ne sont pas des « diamants de sang ».

D'après les spécialistes du secteur diamantaire, l'instauration du PK a permis de faire chuter la part des diamants de conflits dans le commerce international des diamants de 15 à 0,02% en à peu près 20 ans. Il aurait également permis la stabilisation et le développement des pays fragiles par le retour des diamants sur le marché légal (Kimberley Process, 2019).

Cependant, ce processus ne semble pas être sans faille. En effet, Amnesty International, le Groupe de recherche et d'information sur la paix et la sécurité (GRIP) ainsi que divers auteurs (Rush & Rozell, 2017; Bruffaerts, 2015) relèvent plusieurs lacunes :

- Le processus ne concerne que les diamants bruts avant exportation mais des diamants polis et taillés peuvent également être des diamants de conflits ;
- Il convient aux gouvernements eux-mêmes de mettre en place les systèmes de contrôles à l'exportation et l'importation. L'efficacité de ceux-ci sont donc variables selon les pays ;
- Lorsque l'on parle de « diamants de sang », le PK sous-entend tout conflit violent à l'encontre du gouvernement en place. Il n'est donc pas question des atteintes aux droits de l'homme des travailleurs ou villageois ou encore des violences à leur encontre faites par les forces gouvernementales (la police et l'armée) ;
- Les entreprises commerçantes de diamants bruts ne sont pas tenues de contrôler la provenance de leurs minerais ;
- Le PK ne dispose pas de réelles mesures de sanctions et les mesures existantes s'avèrent peu efficaces. En effet, la République centrafricaine, malgré sa suspension dans le PK, parvient à écouler ses diamants non certifiés. Autre exemple, le Zimbabwe, a pu rester participant du PK malgré l'utilisation de diamants pour le financement d'un régime oppressif et corrompu et les abus perpétrés par les soldats sur les travailleurs. La sortie du pays du PK aurait signifié moins de contrôles sur le commerce des diamants, ce qui était jugé comme conséquence très grave ;

- Il y a un manque de transparence et des manipulations de rapports et statistiques de la part des membres. Le Venezuela, par exemple, n'avait déclaré aucune exportation de diamants en décembre 2017 alors qu'il en produit en moyenne 150.000 carats par an.

En 2018, l'UE prenait la présidence du PK pour un an. Certains de ses objectifs étaient liés aux lacunes décrites ci-dessus. Malheureusement, comme dit par de Labbey (2018), « ... le mode de prise de décision<sup>51</sup> rend peu probable l'adoption de décisions clivantes comme la redéfinition des diamants de conflits, la reconnaissance du rôle des gouvernements dans les conflits ou la mise en place de sanctions ».

Concernant la première lacune, l'un des membres observateurs du PK, le « World Diamond Council » (WDC), représentant de l'industrie du diamant, a mis en place un système supplémentaire appelé le système de garantie (System of Warranties – SoW). Ce système ne prend pas seulement en compte les diamants bruts mais également les diamants polis et bijoux contenant des diamants. Ceux qui adhèrent à ce système sont tenus d'affirmer sur toutes leurs factures ou dès que les diamants changent de propriétaire que les diamants concernés ne sont pas des diamants de conflits et respectent les lois nationales. L'adhérence est volontaire et le contrôle se fait par les adhérents eux-mêmes (World Diamond Council, 2018).

Actuellement, le WDC travaille sur un système d'aide à la mise en œuvre du SoW par les adhérents qui se base sur des questionnaires d'auto-évaluation.<sup>52</sup>

Améliorer le PK, selon Rush et Rozell (2017), est possible s'il est géré par un organe différent, notamment les Nations Unies. Selon eux, si tous les membres des Nations Unies étaient inclus, l'organisme de contrôle serait plus efficace et la surveillance également.

#### 4.5.2 Responsible Jewellery Council<sup>53</sup>

Le Responsible Jewellery Council (RJC), composé de plus de 1.100 entreprises représentant toute la chaîne d'approvisionnement en bijoux, est un organisme à but non lucratif de normalisation et de certification des diamants, de l'or et des métaux du groupe platine.

---

<sup>51</sup> La prise de décision dans le PK est de manière unanime.

<sup>52</sup> Information reçue par mail de Marie-Chantal Kaninda, directeur exécutif du WDC, le 3 mai 2019.

<sup>53</sup> Source: site web officiel du RJC (<https://responsiblejewellery.com>).

Il est un membre d'ISEAL depuis 2011 et souhaite être l'organisme de normalisation et de certification reconnu en matière d'intégrité et de durabilité de ce secteur.

Afin de permettre à toute entreprise, petite ou grande, d'être membre, le RJC adapte les taux de cotisations annuels à la taille de l'entreprise.

La certification peut avoir trait à deux normes : le code de pratiques (Code of Practices - COP) et la chaîne de traçabilité (Chain of Custody – COC).

Le COP est obligatoire pour tous les membres et ceux-ci doivent être certifiés endéans les deux ans de leur adhésion. Il vise 6 objectifs (Responsible Jewellery Council, 2019, p. 3) <sup>54</sup>:

- Exigences générales : pour améliorer la conformité aux lois et aux réglementations, renforcer les rapports publics et garantir un engagement en faveur de pratiques commerciales responsables ;
- Chaînes d'approvisionnement responsables, droits de l'homme et devoir de diligence<sup>55</sup>: accroître le recours à la diligence dans les chaînes d'approvisionnement pour défendre les droits de l'homme, soutenir le développement communautaire, promouvoir les efforts anticorruptions et gérer les risques liés à l'approvisionnement ;
- Droits du travail et conditions de travail : mieux respecter les conventions internationales du travail et garantir des conditions de travail responsables ;
- Santé, sécurité et environnement : protéger la santé et la sécurité des personnes et de l'environnement, et utiliser efficacement les ressources naturelles ;
- Produits en or, en argent, en métaux du groupe platine, en diamants et en pierres précieuses de couleur : contrôler et divulguer de manière adéquate les informations relatives aux produits et éviter ainsi les pratiques commerciales trompeuses ;
- Exploitation minière responsable : garantir des pratiques d'exploration et d'exploitation responsables qui protègent les communautés et les environnements potentiellement affectés des impacts négatifs.

---

<sup>54</sup> Traduit de l'anglais.

<sup>55</sup> L'exercice du devoir de diligence est le processus continu, proactif et réactif qui permet aux entreprises de s'assurer qu'elles respectent les droits humains, qu'elles ne contribuent pas aux conflits, et qu'elles observent le droit international et se conforment aux législations nationales, y compris celles qui concernent le commerce illicite de minerais et les sanctions des Nations Unies. Source : OCDE, 2016, p. 13.

La COC ne concerne que les membres travaillant avec des métaux précieux (métaux du groupe de l'or et du platine) et la certification se fait volontairement. Elle concerne la traçabilité des produits et exige des pratiques commerciales responsables à chaque étape de la chaîne d'approvisionnement. Elle oblige les entreprises à prendre toutes les mesures concernant l'approvisionnement dans des zones de conflits, notamment par le respect du processus de Kimberley.

Cependant, cette organisation fait aussi face à des reproches concernant son efficacité et ses lacunes. En effet, comme rapporté en 2013 par Will Henley, journaliste au The Guardian, il existe un rapport intitulé « More Shine Than Substance »<sup>56</sup>, rédigé par des organisations représentant des ouvriers ou luttant pour une industrie minière durable (IndustriALL, CFMEU, United Steelworkers, Earthworks, & MiningWatch Canada, 2013). Ce rapport, long de 124 pages, fait des reproches au RJC au niveau de sa gouvernance (car il n'inclut pas la société civile, notamment), de ses processus, du système d'adhérence des membres, de leur COP (lacunes au niveau de la protection des travailleurs et de l'environnement) et COC, des audits et du traitement des plaintes. Autrement dit, selon eux, tout leur système présente des failles.

D'après une interview par Henley d'un des auteurs du rapport, Payal Sampat, ces lacunes auraient pu être évitées si l'organisation avait véritablement inclus la société civile et ne se contentait pas uniquement de prendre des décisions entre membres de l'industrie (Henley, 2013).

#### 4.5.3 L'initiative diamant et développement<sup>57</sup>

L'initiative diamant et développement (DDI) a été créée en 2005, regroupant des représentants de l'industrie du diamant, des gouvernements, des universités et de la société civile afin de « résoudre les problèmes sociaux et économiques auxquels sont confrontés les millions de creuseurs artisanaux de diamants en Afrique et en Amérique du Sud, qui vivent dans la pauvreté en dehors de l'économie formelle, vulnérables aux risques liés à l'exploitation, la santé et la sécurité, et les violations des droits de l'homme ».

L'objectif est de formaliser ce secteur, appelé le secteur de l'ASM (Artisanal and Small-scale Mining). En effet, ce secteur fait face à de nombreux enjeux car il est peu ou pas contrôlé bien que 20% des diamants commercialisés en proviennent.

---

<sup>56</sup> Traduction : Plus d'éclat que de contenu.

<sup>57</sup> Source: Site web officiel de la DDI (<http://www.ddiglobal.org>).

Outre les risques pour la santé liés à une exploitation non réglementée, il existe également des risques pour l'environnement. C'est pourquoi l'initiative travaille en complément au PK, qui ne traite pas de ces questions.

Elle base également son travail sur 11 des 17 Objectifs du Développement Durable, élaborés par les Nations Unies, liés aux opérations et communautés d'exploitation minière artisanale du diamant.<sup>58</sup>

Pour atteindre ces objectifs, elle :

- Fait enregistrer les exploitants artisanaux leur donnant ainsi un statut juridique ;
- Organise les exploitants artisanaux en associations et coopératives afin d'améliorer leurs méthodes, conditions de travail et pouvoir décisionnel ;
- Fait certifier des sites miniers par le processus de certification Maendeleo Diamond Standards, qui assure que les diamants sont produits dans des zones non-confliktuelles, dans le respect des travailleurs et de l'environnement ;
- Implante de projets qui soutiennent des améliorations dans le secteur de l'ASM et le développement des communautés minières artisanales, notamment par la mise en place de systèmes bancaires ou encore en leur fournissant l'accès à de l'eau potable.

Elle est également un membre observateur au sein du PK où elle promeut des solutions de développement via le Groupe de travail sur la production artisanale et alluviale<sup>59</sup> et elle fait également partie de l'équipe technique qui soutient l'échange de bonnes pratiques entre les membres.

---

<sup>58</sup> Voir la page « L'exploitation minière artisanale: Les ODD » sur le site officiel de la DDI (<http://www.ddiglobal.org/fr/exploitation-artisanale/objectifs-developpement-durable>).

<sup>59</sup> Working Group on Alluvial Artisanal Production - WGAAP.

## 5 Analyse et tentative de proposition

Ce chapitre a pour objectif l'analyse des éléments du chapitre précédent et la tentative de proposition de mise en place d'un système de certification pour les éoliennes.

### 5.1 Analyse des systèmes existants ou en développement

En juin 2015, après 2 ans d'études, un rapport analysant les caractéristiques de 15 systèmes de certification dans l'industrie minière a été publié. Ce rapport, ayant pour titre « Designing sustainability certification for greater impact<sup>60</sup> »<sup>61</sup>, compare les caractéristiques de conception de ces systèmes et analyse leur efficacité dans le but d'améliorer les pratiques et les résultats. Certains des systèmes analysés ont été présentés dans le chapitre précédent, notamment : l'IRMA, le KP, le RJC et le DDI.

Voici ce que disent leurs résultats et leurs recommandations<sup>62</sup> :

- L'aspect environnemental n'arrive qu'en troisième position, après les thématiques sociales et la gouvernance ;
- Bien que souvent basés sur d'autres modèles (13 systèmes sur 15), les systèmes ne le reconnaissent que rarement (5 systèmes). Ce principe d'interopérabilité présente des avantages comme une réduction potentielle des coûts d'assurance, l'échange et la coordination de connaissances et de pratiques ou encore la possibilité d'améliorer la portée et les résultats d'un système. De plus, si deux systèmes coopèrent, ils peuvent s'assurer d'être complémentaires et non d'être un doublon, évitant ainsi la possible confusion sur le marché ;
- 6 systèmes se sont basés sur les directives ISEAL et 2 systèmes sont membres à part entière d'ISEAL, renforçant ainsi la crédibilité de leur système. L'adhésion à des organisations de normalisation reconnues représente une garantie tant pour les participants que pour les parties prenantes ;

---

<sup>60</sup> Traduction: Concevoir la certification de la durabilité afin d'en accroître l'impact.

<sup>61</sup> Mori Junior, R., Franks, D.M. and Ali, S.H. (2015). *Designing Sustainability Certification for Greater Impact: An analysis of the design characteristics of 15 sustainability certification schemes in the mining industry*. Centre for Social Responsibility in Mining, University of Queensland. Brisbane.

<sup>62</sup> Les éléments présentés ont été sélectionnés et synthétisés afin de rester le plus possible dans le cadre du mémoire. Les lecteurs désirant avoir plus d'informations sont invités à consulter ledit rapport.

- 9 systèmes intègrent le concept de chaîne de traçabilité, les autres ne sont axés que sur la partie en amont de la chaîne (extraction et traitement). Or, ce concept de chaîne de traçabilité permet l'amélioration de la transparence et de la responsabilité (sociale et environnementale) des participants. Cela leur permet également d'être plus impliqués tout au long de leur chaîne d'approvisionnement ;
- Au niveau de la gouvernance, seul 5 systèmes sont constitués de représentants multipartites. Pourtant, la participation de diverses parties prenantes dans l'élaboration, le suivi et la révision d'un système en garantirait le succès et produirait des résultats de meilleure qualité. La légitimité et crédibilité des systèmes en serait accrues et le risque de conflits serait diminué.

Il s'avère également qu'il y a un réel manque de transparence, notamment sur la manière dont les décideurs sont choisis et combien de temps ils occupent leur position, mais aussi au niveau de la conception des systèmes. Cela peut en impacter la légitimité ;

- Un système doit pouvoir être flexible, tant sur la mise en place de critères de performances que de gestion, mais également dans les incitations pour les participants à s'améliorer continuellement et ne pas se contenter de l'atteinte de certaines exigences. Il doit également permettre à tous participants de s'y conformer, peu importe leur taille ou leurs capacités financières et technologiques. Cela peut être fait par le biais de primes, d'aides au financement, de réduction de coûts ou encore en leur accordant un délai plus long de mise en conformité ;
- 13 systèmes utilisent une tierce partie pour la certification ou une combinaison entre une auto-évaluation et une certification par une tierce partie. L'utilisation d'une tierce partie permet d'avoir une certification plus rigoureuse et d'éviter des conflits d'intérêts. Cependant, cela rend la certification plus coûteuse, d'où l'intérêt aussi de la combiner avec une auto-évaluation, une évaluation par un autre participant ou une évaluation par le système de certification lui-même.
- Seuls 20% des systèmes analysés disposent d'un mécanisme d'évaluation périodique de l'efficacité des systèmes ; or une révision périodique est considérée comme fondamentale pour garantir l'amélioration continue du système. En effet, cela permet d'identifier les failles ou les opportunités d'amélioration. De plus, il est conseillé de faire participer le public afin d'accroître le niveau de transparence et de responsabilisation.  
Il est également recommandé de réévaluer périodiquement les participants afin d'être sûr qu'ils sont toujours conformes au système ;

- La définition d'exigences minimales permet de garantir un niveau minimal de performance et est une sorte de garantie auprès des parties prenantes d'un participant. Cependant, il est également requis de définir des sanctions ou conséquences en cas de non-conformité. Ceci dans le but de toujours garder l'intérêt des participants, de les inciter à être conformes et d'accroître le niveau de confiance dans le système.

Comme nous avons pu le voir dans le cas de l'industrie du diamant, la non prise en compte de certains de ces critères peut s'avérer plus problématique qu'il n'y paraît. Il semblerait que l'un des moyens utilisés pour combler certaines lacunes est de créer de nouveaux systèmes de certifications ou d'autres méthodes assurant le respect de l'environnement ou des droits humains. Cependant, cela ne résout pas les problèmes principaux d'un système et ne fait qu'ajouter d'autres systèmes supplémentaires, ce qui peut contribuer à une perte de crédibilité ou à une confusion des parties prenantes de l'industrie.

A partir de ces conclusions, nous pourrions dire qu'il faut respecter huit critères pour qu'un système de certification soit irréprochable. Le neuvième, touchant à la thématique, dépend des objectifs visés par le système. La prise en compte de ces critères et la démarche suivie pour le faire doit également pouvoir être identifiable, afin de garantir une transparence complète.

Dans notre cas, la certification devrait avoir pour thématique principale le respect de l'environnement. Les huit autres critères sont :

- |   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| 1 | L'interopérabilité ;                                | 6 | L'évaluation périodique du système ;               |
| 2 | L'intégration du concept de chaîne de traçabilité ; | 7 | L'évaluation périodique des participants ;         |
| 3 | La gouvernance multipartite ;                       | 8 | La définition d'exigences minimales de conformité. |
| 4 | La flexibilité de participation ;                   |   |  |
| 5 | La certification par une tierce partie ;            |   |  |

Rappelons ici les systèmes de certification présentés précédemment :

- Au niveau de l'industrie des terres rares nous avons : REIA, Fairmagnet et ISO/TC 298 ;
- Au niveau de l'industrie minière générale nous avons : ICMM, IGF et IRMA.

Tout d'abord il y a REIA, qui souhaite mettre en place un système de certification dans le but d'analyser les impacts de l'industrie des terres rares, depuis la source (pouvant être dans le monde entier) jusqu'à l'Europe. Pour cela, REIA collabore avec Fairmagnet, ayant déjà son système de certification mais qui n'est toutefois destiné qu'à certifier des fabricants chinois d'aimants.

La collaboration des deux permettrait d'avoir une portée réellement internationale et, dans le futur, une certification sur toute la chaîne de valeur des terres rares. Un autre avantage est que Fairmagnet a déjà établi une relation avec des entreprises chinoises, ce qui n'est pas négligeable vu la position dominante de la Chine dans ce marché. Certes, les deux projets n'en sont qu'à leur début mais leur ambition n'est pas des moindres.

Les seules interrogations se posent pour le 5<sup>e</sup> critère. Actuellement, la certification Fairmagnet n'est pas conduite par une tierce partie mais par leur partenaire, l'EHS Center de l'Université de Nanjing. Cependant, nous pouvons présumer qu'avec le développement de la collaboration, il faille revoir ce point.

Ensuite, il y a l'ISO/TC 298. Bien qu'encore en développement, ces normes prennent quasi tous nos critères en compte. En effet, seuls les critères d'interopérabilité et de flexibilité de participation semblent ne pas être observés. Cependant, le développement d'un standard ISO se fait par la collaboration de nombreux experts du monde entier mais également d'associations de consommateurs, d'universités, d'ONG et des pouvoirs publics. La création d'un standard se fait à la suite d'une demande du marché, dès lors, le critère d'interopérabilité ne peut être que difficilement pris en compte.

Pour l'ICMM, être certifié veut dire se conformer à des exigences sociales et environnementales et ainsi devenir membre. Au niveau de nos critères, il semblerait qu'il ne prenne pas en compte la chaîne de traçabilité. En effet, il se concentre plutôt sur les mines en général et non la transformation des produits miniers. Il n'évoque pas non plus une certaine flexibilité concernant l'adhérence d'une entreprise.

Le système de certification de l'IRMA n'est actuellement qu'en phase de test et est encore sujet à des développements. Toutefois, il s'avère que seul le deuxième critère ne sera pas pris en compte. En effet, l'IRMA ne vise à certifier que des sites miniers.

L'IGF n'est pas à proprement parler un système de certification. En effet, seuls des pays membres des Nations Unies peuvent devenir membre du forum. Ce dernier agit comme une sorte de conseiller auprès des gouvernements.

Dans le même ordre, le Guide OCDE n'est également pas un système de certification mais, comme son nom l'indique, un guide destiné aux commerçants de minerais.

Une analyse vis-à-vis de nos critères ne s'avère donc pas pertinente.

En ce qui concerne les labels, il semble plus pertinent de tirer des conclusions générales car les labels s'avèrent être très similaires.

Tout d'abord, ils prennent en compte le cycle de vie complet d'un produit et particulièrement l'impact qu'ils ont sur l'environnement. Les critères du label ont été établis par des collaborations multipartites et sont réévalués périodiquement. Il existe également une certaine flexibilité de participation dans la mesure où les frais liés à la certification sont adaptés au chiffre d'affaires des entreprises. L'EU Ecolabel accorde également des réductions aux PME, micro-entreprises et candidats des économies en développement. En ce qui concerne l'interopérabilité, aucun des labels semblait en faire mention.

Seules quelques différences ont été remarquées :

- Le Nordic Swan ne fait pas certifier son label par une tierce partie mais par ses propres bureaux nationaux ;
- La réévaluation des participants est différente selon les labels. En effet, l'EcoLabel impose une nouvelle certification à chaque modification des critères. Blauer Engel et Nordic Swan octroient des certifications avec des dates d'expiration. Il convient donc aux entreprises de se refaire certifier une fois cette date atteinte. EPEAT mentionne qu'un contrôle auprès des certifiés peut se faire de manière impromptue et qu'à la suite de cela une entreprise peut se voir retirer la certification de ses produits ;
- Seul EPEAT a défini des critères minimaux d'exigences, notamment les critères obligatoires.

## 5.2 Proposition pour la labellisation d'une éolienne

Il semblerait que plusieurs possibilités s'offrent à nous concernant une labellisation du secteur éolien. Comme nous avons pu le constater, il est possible de certifier plusieurs étapes menant à la construction d'une éolienne notamment :

- Les matières premières : les terres rares ;
- La composante : l'aimant permanent ;
- Le produit final : l'éolienne.

Seul le produit final ne bénéficie actuellement pas d'initiative de certification.

D'après les recherches et les huit critères présentés au point précédent, il semblerait que l'initiative FairMagnet-REIA soit la plus prometteuse dans notre cas. En effet, si cette collaboration aboutit réellement à la mise en place d'une certification, deux étapes seraient concernées, notamment les terres rares (couvertes par REIA) et les aimants permanents (couverts par FairMagnet). Rappelons également leur volonté de devenir membre ISEAL, garantissant leur crédibilité. Cette dernière pourrait également être renforcée s'ils décidaient de se baser sur certains guides ISO.

Il est également important de prendre en compte la possibilité de développement de l'industrie des terres rares, notamment par l'ouverture des sites miniers en Europe. Une certification basée en Europe pourrait faciliter la certification d'entreprises européennes. De plus, le projet GloREIA étant financé par l'EIT, l'intérêt de l'Union Européenne et l'avancement du projet seraient, d'une certaine manière garantis.

Les critères imposés par la certification devraient répondre aux exigences européennes, mais, par l'adhérence au système ISEAL, également à des critères respectés internationalement.

Contrairement à une certification individuelle des entreprises au système ISO (dans le cas de la création des normes ISO/TC 298), nous aurions ici l'avantage d'une certification et d'un suivi global avec des possibilités d'échanges entre entreprises, scientifiques et universités appartenant à un même groupe mais étant du monde entier.

Une précision se doit cependant d'être faite au niveau des terres rares. Comme nous l'avons vu, toutes les terres rares ne sont pas utilisées dans la création dans aimant. Toutefois, ces terres rares ne sont pas minées individuellement dans le but d'être utilisées dans les aimants permanents uniquement. Dès lors, la certification devrait pouvoir s'appliquer à toute entreprise traitant des terres rares.

La certification pour les entreprises fabricant des aimants permanents devrait donc être basée sur deux choses :

- Le fabricant utilise des terres rares certifiées ;
- La fabrication des aimants permanents répond à d'autres critères de certification (notamment le respect de l'environnement et des travailleurs).

Concernant la labellisation d'une éolienne, celle-ci pourrait être faite dans deux cas :

1. L'éolienne contient un aimant permanent certifié ;
2. L'éolienne ne contient pas d'aimant permanent et donc pas de terres rares.

Dans le premier cas, tout fabricant d'éolienne se fournissant auprès d'un fabricant d'aimant certifié, pourrait le faire savoir par le biais d'un logo sur son éolienne. Ce logo pourrait être le même que celui du système de certification des aimants permanents.

Il faudrait cependant qu'il évoque bien l'aimant permanent, comme c'est par exemple le cas du logo FairMagnet, car autrement cette méthode pourrait avoir un effet controversé.

En effet, supposons que dans un parc de 10 éoliennes, 2 éoliennes sont de type PMSG, les 8 autres sont des éoliennes EESG. Comme nous pouvons le voir dans l'annexe 1 « Recensement des éoliennes en Belgique », un parc éolien ne contient pas forcément des éoliennes d'un seul fabricant. Ces deux éoliennes possèderaient un label garantissant leur respect de l'environnement. Cela pourrait insinuer que les autres éoliennes ne sont pas respectueuses de l'environnement.

Si le logo n'évoquait pas l'aimant et que nous avons la possibilité de labelliser les éoliennes du deuxième cas, nous aurions un problème de différenciation de types d'éoliennes. En effet, nous ne saurions pas si une éolienne certifiée contient un aimant permanent ou non.

Supposons dès lors que nous créions deux labels différents, un pour chaque cas : nous aurions la question de la pertinence de ce label. En effet, le deuxième cas concerne 4 types d'éoliennes sur 5 ainsi que la majorité des éoliennes installées<sup>63</sup>.

De plus, la labellisation dans le cadre de ce mémoire concerne la présence de terres rares dans les éoliennes. Il n'a pas été question de problématiques liées à d'autres éléments pouvant être présents dans une éolienne. Il n'est raisonnablement pas possible de proposer un label pour un cas non étudié.

---

<sup>63</sup> Voir 1.1 : « Description et fonctionnement » et l'annexe 1

La meilleure option semble donc être un label, uniquement destiné aux éoliennes ayant des aimants permanents certifiés, qui évoque clairement un aimant afin de pouvoir différencier les éoliennes de type PMSG d'autres éoliennes.

Toutefois, la question se pose de savoir à qui serait destiné ce label. En effet, un label est apposé dans le but de communiquer un message auprès des acheteurs. Le SPF Economie dit :

« Un label atteste qu'un produit ou un service a été conçu conformément à certains critères de qualité ou à des normes. C'est également un symbole renvoyant à des valeurs. A ce titre, il peut orienter les préférences des consommateurs » (SPF Economie, 2018).

Cependant, une éolienne n'est pas un produit de consommation. Un fournisseur d'énergie ne sélectionne pas ses éoliennes comme nous allons faire nos courses. Comme nous l'avons vu au point 3.5, les éoliennes sont choisies selon un cahier de charges bien précis au cours d'un processus bien plus long. Dès lors, les informations relatives à leur qualité ou au respect de certaines normes ne doivent pas nécessairement être apposées sur l'éolienne mais plutôt être communiquées lorsque les fabricants répondent à un appel d'offres et proposent leurs modèles. Tout porte donc à croire que la création d'un label n'est pas indiquée dans le cas des éoliennes.

Concrètement, il est préférable que l'on s'en tienne à la certification des terres rares et des aimants permanents.

Il est également souhaitable que :

- L'organisme de certification mentionne toutes les entreprises ayant été certifiées sur leur site web et dans tout autre document public ;
- Les entreprises ayant été certifiées, le mentionnent sur leur site web et dans tout autre document public ;
- Les entreprises se fournissant auprès d'entreprises certifiées, le mentionnent sur leur site web et dans tout autre document public.

Rappelons cependant que l'adhérence à un système de certification se fait de manière volontaire et qu'actuellement l'utilisation de terres rares, bien qu'étudiée, ne semble pas être une priorité pour tous les acteurs du secteur éolien. A moins qu'il y ait une prise de conscience par les citoyens ou une mise en place de législations ou autres obligations juridiquement contraignantes, la prise en compte de la présence de terres rares dans le secteur éolien ne semble être qu'à un stade initial.

## 6 Conclusion

La question de recherche principale de ce travail était : Comment pourrait-on introduire un label qui certifie que l'éolienne n'a pas recours à des terres rares ?

Pour arriver à répondre à cette question, il a d'abord fallu étudier les éoliennes et leur présence en Belgique. Nous avons constaté que la tendance n'était qu'à l'augmentation de leur présence sur le territoire. De plus, la Belgique dépend également de l'importation d'électricité renouvelable. Dès lors, le développement de parcs éoliens est une des solutions pour diminuer cette dépendance.

Nous nous sommes ensuite intéressés aux terres rares dans le but de comprendre pourquoi elles étaient utilisées dans les éoliennes. Actuellement, 40% des éoliennes offshore contiennent des terres rares contre 3% pour les éoliennes onshore. Au total, 12% des éoliennes belges ont des aimants permanents. Au vu des avantages non négligeables qu'un aimant permanent représente notamment en matière d'efficacité et de rendement, il est supposable qu'ils soient de plus en plus présents dans les éoliennes des parcs belges avec la croissance de ceux-ci.

L'utilisation de terres rares étant vouée à augmenter, nous avons donc décidé de nous attarder sur les problématiques liées à son utilisation. Outre les problèmes environnementaux liés à leur extraction, l'énergie utilisée qui, souvent, est générée par des centrales de charbon ou encore l'utilisation de produits chimiques, il y a également des risques évidents pour la santé humaine. Bien que le recyclage soit une option pour réduire l'utilisation de terres rares, il s'avère actuellement plus rentable de les acheter que de les recycler. Cet avantage est notamment lié à la position dominante de la Chine. En effet, elle fournit 80 à 90% des terres rares utilisées dans le monde à bas prix. Cette position lui permet également d'avoir un contrôle relativement total du marché tant au niveau des prix que de sa concurrence, qui ne parvient pas à s'établir.

De plus, même s'il y a une volonté d'amélioration du respect de l'environnement et de l'homme, ce qui signifie des coûts supplémentaires pour les producteurs, la présence de mines illégales et l'absence de solution pour éviter leur existence, permet encore de se fournir en terres rares au moindre coût.

Nous avons également abordé l'importance des terres rares en Europe et la possibilité d'exploitation des terres rares en Europe. Diverses initiatives comme le projet EURARE ou encore la création d'ERECON ont également vu le jour mais rien de concret n'a encore été réalisé pour permettre une garantie d'approvisionnement ou de respect de l'environnement au niveau européen.

Nous avons aussi confirmé qu'actuellement, au niveau du secteur éolien, la priorité n'est pas donnée à la prise en compte de terres rares dans les éoliennes mais plutôt au coût qu'une éolienne représente.

Divers systèmes de certification et de labels ont ensuite été présentés et une étude de cas a été réalisée afin de pouvoir répondre à notre question de recherche principale. Il s'est avéré que la meilleure option n'est pas d'introduire un label dans le secteur éolien, ni de certifier l'absence des terres rares, mais plutôt d'introduire un système de certification pour des terres rares respectueuses de l'environnement et des aimants permanents utilisant ces terres rares durables.

Toutefois, plusieurs barrières semblent actuellement pouvoir se mettre en travers du chemin d'une telle certification.

Tout d'abord, la présence de terres rares n'est pas prise en compte dans le choix des éoliennes. Le critère principal est le coût de ces dernières. Ce coût pourrait être supérieur pour une éolienne contenant un aimant permanent certifié. En effet, être certifié n'est pas gratuit et pourrait ainsi impacter le coût des aimants utilisés.

Ensuite, il n'y a pas encore de réelle prise de conscience des citoyens. Ceci pourrait être lié au fait qu'un citoyen n'utilise pas une éolienne comme il utilise une voiture et il se sent, dès lors, moins concerné. Il n'exerce donc actuellement pas de pression sur le secteur pour garantir un cycle de vie complet qui soit vert.

La solution serait donc d'obliger des entreprises de s'assurer de la provenance de leurs terres rares ou aimants permanents. Cela peut uniquement se décider au niveau d'un pays ou de l'Europe.

C'est donc au niveau des citoyens ou des gouvernements qu'il faut agir afin de pousser les entreprises à la certification.

Rappelons également les limites de la certification proposée. Celle-ci, bien qu'étant destinée, en premier lieu, à toutes les terres rares, elle n'est pas destinée à tous les produits. Cela devrait donc être considéré lors d'une autre recherche.

Nous nous sommes également plus attardés sur les terres rares et les problématiques qui les concernent. Dès lors, la fabrication d'un aimant permanent à moins été pris en compte mais pourrait être également sujet à des problématiques diverses. Il semble donc être intéressant d'également étudier cela dans le cadre d'une certification.

## Bibliographie

- Ali, S. H. (2014). Social and Environmental Impact of the Rare Earth Industries. *Resources*, 3, 123-134.
- Amnesty International. (s.d.). *Le processus de Kimberley*. Récupéré sur Amnesty International: <https://www.amnesty.fr/focus/le-processus-de-kimberley>
- Andill. (2013, juin 12). *Qu'est ce que la capitalisation boursière ?*. Récupéré sur <https://www.andill.com/definition-de-capitalisation-boursiere-129686.html>
- APERe. (2017, décembre 1). *Observatoire belge des énergies renouvelables*. Récupéré sur APERe: <http://www.apere.org/fr/observatoire-energies-renouvelables>
- APERe. (2018, juillet 16). *Observatoire éolien*. Récupéré sur APERe : <http://www.apere.org/fr/observatoire-eolien>
- APERe. (s.d.). *Eolien*. Récupéré sur APERe: <http://www.apere.org/fr/eolien>
- Association danoise de l'industrie éolienne. (2003). *La génératrice asynchrone (génératrice à induction)*. Récupéré sur Danish Wind Industry Association: <http://drømstørre.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/fr/tour/wtrb/async.htm>
- Association danoise de l'industrie éolienne. (2003). *La génératrice de l'éolienne*. Récupéré sur Danish Wind Industry Association: <http://drømstørre.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/fr/tour/wtrb/electric.htm>
- Association danoise de l'industrie éolienne. (2003). *La génératrice synchrone*. Récupéré sur Danish Wind Industry Association: <http://drømstørre.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/fr/tour/wtrb/syncgen.htm>
- Binnemans, K., Jones, P. T., Blanpain, B., Van Gerven, T., Yang, Y., Walton, A., & Buchert, M. (2013). Recycling of rare earths: a critical review. *Journal of Cleaner Production*, 51, 1 - 22.
- BOP A.S.B.L. (s.d.). *Projets*. Récupéré sur BOP: <http://www.belgianoffshoreplatform.be/fr/projects/>
- Bruffaerts, L. (2015). A diamantine struggle : redefining conflict diamonds in the Kimberley Process. *International Affairs*, 5, 1085 - 1101.
- Bureau de Recherches Géologiques et Minières. (2015, novembre). *Panorama 2014 du marché des Terres Rares*. Récupéré sur Mineral Info: [http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/documents/Panoramas\\_Metaux\\_Strateg/rp-65330-fr\\_labbe-final\\_160119.pdf?fbclid=IwAR0vyAFPj5kGEXcZ1yugLqtzXfDnphQJKteCaj1D5ysteeskDR65XNYX0lw](http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/documents/Panoramas_Metaux_Strateg/rp-65330-fr_labbe-final_160119.pdf?fbclid=IwAR0vyAFPj5kGEXcZ1yugLqtzXfDnphQJKteCaj1D5ysteeskDR65XNYX0lw)
- Cecchinato, M. (2019, mai 14). Interview d'un analyste offshore & durabilité (WindEurope). (A. d. Pedras, Intervieweur)
- China Chamber of Commerce of Metals Minerals & Chemicals Importers & Exporters . (2015). *Chinese Due Diligence Guidelines for Responsible Mineral Supply Chains*. Beijing: CCCMC.
- Commission Européenne. (2017). *Communication de la Commission au Parlement Européen, au Conseil, au Comité Economique et Social Européen et au Comité des Régions relative à la liste 2017 des matières premières critiques pour l'UE*.
- Courtice, B. (2012, mars 06). *Rare earth magnets: not all new turbines are using them*. Récupéré sur YES2RENEWABLES.ORG: <https://yes2renewables.org/2012/03/06/rare-earth-magnets-not-all-new-turbines-are-using-them/>

- de Labbey, Q. (2018, août 14). *Diamants du sang : l'UE pourra-t-elle réformer le Processus de Kimberley ?* Récupéré sur Le Groupe de recherche et d'information sur la paix et la sécurité: <https://www.grip.org/fr/node/2618>
- Debert, R. (2019, mai 14). Interview d'un ingénieur éolien onshore & offshore (groupe ENGIE). (A. d. Pedras, Intervieweur)
- DroitDuNet.fr. (s.d.). *Investir intelligemment avec les terres rares et métaux rares*. Récupéré sur DroitDuNet.fr: <https://www.droitdunet.fr/terres-rares-et-metaux-rares-le-guide-complet-investir/>
- Ecoconso. (2015, mars 09). *Les labels sous la loupe – Guide de défrichage pour éco-consommateur*. Récupéré sur écoconso: du conseil à l'action: <https://www.ecoconso.be/fr/content/campagne-labels-le-focus-conso-du-mois>
- EIT. (2019). *EIT – Faire de l'innovation une réalité !*. Récupéré sur European Institute on Innovation & Technology: <https://eit.europa.eu/fr/in-your-language>
- EIT. (2019). *EIT Raw Materials*. Récupéré sur European Institution of Innovation & Technology: <https://eit.europa.eu/eit-community/eit-raw-materials>
- Enercon. (2011, février). Windblatt. *Enercon Magazine for Wind Energy*.
- Energie et Ressources naturelles - Québec. (s.d.). *Terres rares: propriétés, usages et types de gisement*. Récupéré sur Gros plan sur les mines: <https://mern.gouv.qc.ca/mines/industrie/metaux/metaux-proprietes-terres-rares.jsp>
- Eurare. (2017). *Research and development for the Rare Earth Element supply chain in Europe*. Commission Européenne.
- EurObserv'ER. (2018, février). *Baromètre éolien 2018*. Récupéré sur EurObserv'ER: <https://www.eurobserv-er.org/barometre-eolien-2018/>
- European Commission . (2016). *Solar Photovoltaic modules, inverters and systems*. Récupéré sur Joint Research Centre: [http://susproc.jrc.ec.europa.eu/solar\\_photovoltaics/index.html](http://susproc.jrc.ec.europa.eu/solar_photovoltaics/index.html)
- European Commission. (2016). *Product Bureau*. Récupéré sur Joint Research Centre: [http://susproc.jrc.ec.europa.eu/product\\_bureau/index.html](http://susproc.jrc.ec.europa.eu/product_bureau/index.html)
- European Commission. (2019, février 18). *Environment*. Récupéré sur European Commission: [http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/index_en.htm)
- European Rare Earths Company Network. (2015). *Strengthening the European rare earths supply chain: Challenges and policy options*. European Rare Earths Company Network. Récupéré sur European Commission: [https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/erecon\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/erecon_en)
- FairMagnet. (2019). *FairMagnet*. Récupéré sur FairMagnet: <https://www.fairmagnet.org/en/fairmagnet.html>
- Fink, B. (2019, mai 16). Appel téléphonique avec le responsable pour Enercon Belgique. (A. d. Pedras, Intervieweur)
- Global Rare Earth Industry Association. (s.d.). *Toward a Global Rare Earth Industry Association (GloREIA)*. Récupéré sur GloReia: <https://gloreia.org>
- GreenSpur Renewables. (s.d.). *GreenSpur Renewables*. Récupéré sur <https://www.greenspur.co.uk>
- Haque, N., Hughes, A., Lim, S., & Vernon, C. (2014). Rare Earth Elements: Overview of Mining, Mineralogy, Uses, Sustainability and Environmental Impact. *Resources*, 3, 614-635.

- Haveaux, C., & D'hernoncourt, J. (2018). *L'énergie durable se développera sans "terres rares"*. Récupéré sur Renouvelle: <http://www.renouvelle.be/fr/debats/lenergie-durable-se-developpera-sans-terres-rares>
- Henley, W. (2013, juin 11). Is the Responsible Jewellery Council an imitation ethical standards body? *The Guardian*.
- Huang, X., Zhang, G., Pan, A., Chen, F., & Zeng, C. (2016). Protecting the environment and public health from rare earth mining. *Earth's Future*, 4, 1-4.
- ICMM. (2015). *Demonstrating value - A guide to responsible sourcing*. Récupéré sur ICMM: <https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/responsible-sourcing/demonstrating-value>
- ICMM. (2019). Récupéré sur ICMM: <https://www.icmm.com/en-gb/environment>
- IGF. (2019). *Forum intergouvernemental sur l'exploitation minière, les minéraux, les métaux et le développement durable*. Récupéré sur IGF: <https://www.igfmining.org/wp-content/uploads/2018/08/IGF-4-panel-brochure-FR.pdf>
- IndustriALL, CFMEU, United Steelworkers, Earthworks, & MiningWatch Canada. (2013). *More Shine Than Substance - How RJC certification fails to create responsible jewelry*.
- International Council on Mining & Metals. (2019). *ICMM*. Récupéré sur ICMM: <https://www.icmm.com>
- IRMA. (2013, décembre 2). *IRMA Standard Development Procedure - Second Draft*. Récupéré sur IRMA: [https://responsiblemining.net/wp-content/uploads/2019/04/SSC-4.1.1-IRMA-Standard-Development-Procedure\\_12-2-2013.pdf](https://responsiblemining.net/wp-content/uploads/2019/04/SSC-4.1.1-IRMA-Standard-Development-Procedure_12-2-2013.pdf)
- IRMA. (2016, avril 05). *IRMA Standard for Responsible Mining IRMA-STD-001 Draft v2.0*. Récupéré sur IRMA: [https://responsiblemining.net/wp-content/uploads/2018/09/IRMA\\_Standard\\_Draft\\_v2.0\\_with\\_MOV.pdf](https://responsiblemining.net/wp-content/uploads/2018/09/IRMA_Standard_Draft_v2.0_with_MOV.pdf)
- ISEAL Alliance. (2016, décembre 2). *Using sustainability certification to improve mining standards*. Récupéré sur ISEAL Alliance: <https://www.standardsimpacts.org/news/using-sustainability-certification-improve-mining-standards>
- ISEAL Alliance. (2019). *ISEAL Alliance*. Récupéré sur ISEAL Alliance: <https://www.isealalliance.org>
- ISO. (2014). *ISO Guides – adding value to International Standards*. Récupéré sur ISO: [https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/iso-iec\\_guides.pdf](https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/iso-iec_guides.pdf)
- ISO. (2016, octobre 28). *Strategic business plans*. Récupéré sur ISO: [https://isotc.iso.org/livelink/livelink/fetch/2000/2122/687806/ISO\\_TC\\_298\\_\\_Rare\\_earth\\_.pdf?nodeid=18833229&vernum=-2](https://isotc.iso.org/livelink/livelink/fetch/2000/2122/687806/ISO_TC_298__Rare_earth_.pdf?nodeid=18833229&vernum=-2)
- ISO. (s.d.). *Normes*. Récupéré sur Organisation internationale de normalisation : <https://www.iso.org/fr/standards.html>
- ISO. (s.d.). *Organisation internationale de normalisation*. Récupéré sur ISO 14024:2018: <https://www.iso.org/standard/72458.html>
- Kilby, C. (2014). China's Rare Earth Trade: Health and the Environment. *The China Quarterly*, 218, 540 - 550.
- Kimberley Process. (2019). Récupéré sur Kimberley Process: <https://www.kimberleyprocess.com/fr>
- Klossek, P., Kullik, J., & van den Boogaart, K. (2016). A systemic approach to the problems of the rare earth market. *Resources Policy*, 50, 131 - 140.

- l'Ecolabel Européen. (s.d.). Récupéré sur L'Ecolabel européen: <https://www.ecolabel.be/fr>
- Lee, J. C., & Wen, Z. (2016). Rare Earths from Mines to Metals. *Journal of Industrial Ecology*, 14.
- Lee, J. C., & Wen, Z. (2018). Pathways for greening the supply of rare earth elements in China. *Nature Sustainability*, 598–605.
- Li, H., & Chen, Z. (2008). Overview of different wind generator systems and their comparisons. *IET Renewable Power Generation*, 2(2), 123-138.
- L'initiative diamant et développement. (2019). *A propos*. Récupéré sur L'initiative diamant et développement: <http://www.ddiglobal.org/fr/qui-nous-sommes/a-propos>
- Liu, H., Tan, D., & Hu, F. (2016). *Rare Earths : Shades of Grey*. China Water Risk. Hong Kong: Dawn McGregor.
- Matielli, N. (2017, octobre 27). Substances utiles - minerais - gisements. *Les Ressources Non-Renouvelables*.
- Mori Junior, R., Franks, D., & Ali, S. (2015). *Designing Sustainability Certification for Greater Impact: An analysis of the design characteristics of 15 sustainability certification schemes in the mining industry*. University of Queensland, Centre for Social Responsibility in Mining, Brisbane.
- Netherlands Organisation for Applied Scientific Research; Deloitte Sustainability; British Geological Survey; Bureau de Recherches Géologiques et Minières. (2017). *Study on the review of the list of Critical Raw Materials - Critical Raw Materials Factsheets*. European Commission.
- OCDE. (2016). *Guide OCDE sur le devoir de diligence pour des chaînes d'approvisionnement responsables en minerais provenant de zones de conflit ou à haut risque : Troisième édition*. Paris: OCDE.
- OCDE. (2019). *OECD Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas*. Récupéré sur OCDE: <http://www.oecd.org/daf/inv/mne/mining.htm>
- Packey, D. J., & Kingsnorth, D. (2016). The impact of unregulated ion-adsorbed clay rare earth mining in China. *Resources Policy*, 48, 112 - 116.
- Pavel, C. C., Lacal-Arántegui, R., Mermier, A., Schüller, D., Tzimas, E., Buchert, M., . . . Blagoeva, D. (2017). Substitution strategies for reducing the use of rare earths in wind turbines. *Resources Policy*, 52, 349-357.
- Responsible Jewellery Council. (2017). *Annual Progress Report*.
- Responsible Jewellery Council. (2019, avril). *Code of Practices (COP) Certification & Documents*. Récupéré sur Responsible Jewellery Council: <https://www.responsiblejewellery.com/files/RJC-COP-April-2019.pdf>
- Riesgo García, M. V., Krzemień, A., Manzanedo del Campo, M., Menéndez Álvarez, M., & Gent, M. R. (2017). Rare earth elements mining investment: It is not all about China. *Resources Policy*, 53, 66-76.
- Rush, S. J., & Rozell, E. J. (2017). A rough diamond: the perils of the Kimberley Process. *Archives of Business Research*, 5(11), 101 - 107.
- Société Chimique de France; France Chimie. (s.d.). Récupéré sur L'élémentarium: <https://www.lelementarium.fr>
- Solutions for Low Energy Neighbourhoods. (2014, janvier). *Les éoliennes*. Récupéré sur <http://solen-energie.be/medias/files/fiches/SOLENER04.pdf>

- SPF Economie. (2018, octobre 16). *Qu'est-ce qu'un label ?* Récupéré sur Economie: <https://economie.fgov.be/fr/themes/entreprises/economie-durable/consommation-durable/quest-ce-quun-label>
- Statbel. (2018, mai 29). *Statistiques de l'énergie par secteur économique et par source d'énergie*. Récupéré sur STATBEL: <https://statbel.fgov.be/fr/themes/energie/statistiques-de-lenergie-par-secteur-economique-et-par-source-denergie>
- TheWindPower. (s.d.). *Wind farms*. Récupéré sur The Wind Power : [https://www.thewindpower.net/windfarms\\_list\\_en.php](https://www.thewindpower.net/windfarms_list_en.php)
- USGS. (s.d.). *Rare Earths Statistics and Information*. Récupéré sur Minerals information: [https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare\\_earths/](https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/)
- Vanhoedenaghe, O. (2019, avril 25). Interview d'un ingénieur de projet éolien (Groupe ENGIE). (A. da Silva Pedras, Intervieweur)
- Voncken, J. (2016). Applications of the Rare Earths. Dans J. Voncken, *The Rare Earth Elements - An Introduction* (pp. 89 - 106). Delft: Springer.
- Voncken, J. (2016). Economic Aspects of the Rare Earths. Dans J. Voncken, *The Rare Earth Elements - An Introduction* (pp. 107 - 114). Delft: Springer.
- Voncken, J. (2016). Mineral Processing and Extractive Metallurgy of the Rare Earths. Dans J. Voncken, *The Rare Earth Elements - An Introduction* (pp. 73 - 88). Delft: Springer.
- Voncken, J. (2016). Recycling of Rare Earths. Dans J. Voncken, *The Rare Earth Elements - An Introduction* (pp. 115 - 127). Delft: Springer.
- VREG. (2016). *Gezamenlijk rapport over de ontwikkeling van de elektriciteits- en aardgasmarkten in België - jaar 2016*. Récupéré sur VREG - Energiemarkt België: <https://www.vreg.be/sites/default/files/persmededelingen/pers-2017-08.pdf>
- Wagner, H.-J. (2018). Introduction to wind energy systems. *EPJ Web of Conferences*, 189, 17.
- Weng, Z., Jowitt, S., Mudd, G., & Haque, N. (2013). Assessing rare earth element mineral deposit types and links to environmental impacts. *Applied Earth Sciences*, 122(2), 83 - 96.
- Williams, F. (2019, mai 14). Interview d'un gestionnaire de projet éolien (ENGIE). (A. d. Pedras, Intervieweur)
- World Diamond Council . (2019). Récupéré sur World Diamond Council: <https://www.worlddiamondcouncil.org>
- World Diamond Council. (2018). *System of Warranties Guidelines*. Récupéré sur World Diamond Council: <https://www.worlddiamondcouncil.org/downloads/WDC%20SoW%20Guidelines.pdf>
- Zhou, B., Li, Z., & Chen, C. (2017, 10 25). Global potential of rare earth resources and rare earth demand from clean technologies. *Minerals*, 7(11), 14.

## Annexes

## Annexe 1 : Recensement des éoliennes en Belgique

Nom parc éolien	Puissance (MW)	Offshore	Nombre de turbines	Modèle	Terres rares
Amel	10.000	No	5	Enercon E82/2000	
Antwerpen BASF	12.000	No	6	Enercon E82/2000	
Antwerpen Haven	84.150	No	<b>31</b>		
			1	Senvion 3.4M104	
			18	Enercon E115/3000	
			5	Enercon E82/2350	
			1	Vestas V90/3000	
			2	Enercon E70/2000	
			4	Enercon E82/2000	
Arendonk	18.400	No	8	Enercon E82/2300	
Arlon-Messancy	12.000	No	6	Senvion MM100	
Asse-Mollem	8.000	No	4	Senvion MM100	
Assenede	10.000	No	5	Vestas V90/2000	
Avelgem	6.900	No	3	Enercon E70/2300	
Baileux	23.250	No	<b>9</b>		
			4	GE Energy 2.5xl	
			5	GE Energy	
Beersel	2.050	No	1	Senvion MM92/2050	
Beersel - Sint-Pieters-Leeuw	6.000	No	3	Senvion MM100	
Bekaert	6.150	No	3	Senvion MM92/2050	
Beloeil	20.700	No	9	Enercon E82/2300	
Beltanco	2.000	No	1	Enercon E82/2000	
Belwind Alstom Haliade Demonstration	6.000	Yes	1	Alstom Power Haliade 150	Yes
Belwind I	165.000	Yes	55	Vestas V90/3000 Offshore	
Belwind II	165.000	Yes	50	MHI Vestas Offshore V112/3300	
Beringen	10.750	No	<b>5</b>		
			3	Senvion MM92/2050	
			2	Enercon E70/2300	

L'utilisation de terres rares dans les éoliennes : la création d'un label

Berlare	9.200	No	4	Enercon E82/2300	
Berloz	6.000	No	3	Vestas V90/2000	
Berloz II	17.500	No	7	Gamesa G114/2500	
Beveren	3.000	No	1	Nd	
Beveren-Waas	4.000	No	2	Enercon	
Bièvre	14.000	No	7	Vestas V90/2000	
Bilzen	2.300	No	1	Enercon	
Bobbejaanland	0.660	No	1	Vestas V47/660	
Bredkop	4.150	No	3	Senvion MM92/2050	
Bruges	12.600	No	7	Enercon E66/1800	
Bruges - Pathoekweg	13.100	No	<b>9</b>		
			4	Turbowinds T400-34	
			5	Enercon E70/2300	
Bruges - Pathoekweg (dismantled)	7.200	No	12	Turbowinds T600-48	
Brugge	12.000	No	4	Vestas V90/3000	
Bullange - Butgenbach	8.000	No	4	Vestas V80/2000	
Bullange - Butgenbach II	12.000	No	6	Vestas V80/2000	
Celanese	8.000	No	4	Vestas V80/2000	
Centrale Werkplaatsen	4.600	No	2	Enercon E70/2300	
Cerfontaine	22.000	No	11	Vestas V90/2000	
Chevetogne	0.800	No	1	Enercon E48/800	
Ciney-Pessoux	15.000	No	6	Nordex N100/2500	
Couvin	2.000	No	1	Enercon E82/2000	
Desselgem	4.000	No	2	Senvion MM100	
Dilsen-Stokkem	6.000	No	3	Vestas V90/2000	
Dour-Quévrain	38.300	No	<b>18</b>		
			11	Enercon E82/2000	
			3	Enercon E82/2300	
			4	Enercon E92/2350	
Ecaussinnes	9.600	No	3	Siemens SWT-3.2-113	Yes
Eeklo	11.000	No	<b>7</b>		
			2	Enercon E66/1800	
			2	Enercon E82/2300	
			2	Enercon E40/600	
			1	Enercon E66/1800	
Estaimpuis	11.000	No	5	Vestas V100/2200	

Estinnes	81.000	No	<b>11</b>		
			1	Enercon E126/6000	
			10	Enercon E126/7500	
Evergem	2.050	No	1	Senvion MM92/2050	
Falmagne	9.200	No	4	Enercon E82/2300	
Falmagne	ND	No	4	ND	
Fauvillers	19.800	No	6	Vestas V112/3300	
Feluy	14.350	No	7	Senvion MM92/2050	
Feluy - Zone Industrielle	2.200	No	1	Vestas V110/2200	
Fernelmont	6.900	No	3	Enercon E82/2300	
Floreffe	25.650	No	<b>11</b>		
			1	ND	
			3	Enercon E92/2350	
			7	Enercon E82/2300	
Fosses-la-Ville	31.200	No	<b>15</b>		
			11	Enercon E82/2000	
			4	Enercon E82/2300	
Frasnes-Lez-Anvaing	8.100	No	<b>4</b>		
			2	Senvion MM92/2050	
			2	Senvion MM100	
Froidchapelle	37.000	No	<b>16</b>		
			10	GE Energy 2.5xl	
			6	Vestas V100/2000	
Geel	6.000	No	3	Senvion MM100	
Genk	24.000	No	<b>12</b>		
			10	nd	
			2	Enercon E82/2000	
Genk South I	2.300	No	1	Enercon E70/2300	
Genk South II	8.000	No	4	Vestas V90/2000	
Gent - Kluizendok	22.000	No	11	Enercon E82/2000	
Gent Zeehaven	62.200	No	<b>25</b>		
			5	Vestas	
			6	Enercon	
			5	nd	
			2	Vestas V80/2000	
			3	Senvion MM92/2050	
			3	Enercon E82/2000	

Ghislenghien	2.000	No	1	Enercon E82/2000	
Gingelom Greensky	14.000	No	7	Vestas V100/2000	
Gistel	13.200	No	<b>6</b>		
			4	Enercon E70/2300	
			2	Enercon E70/2000	
Goeiende	5.000	No	2	Lagerwey LW100/2500	Yes
Gouvy	11.500	No	5	Nordex	
Grandrieu	10.000	No	4	ND	
Greensky - E40	18.000	No	9	Vestas V100/2000	
Haaltert	9.200	No	4	Enercon E82/2300	
Halen-Diest (Limburg)	11.500	No	5	Enercon E82/2300	
Halen-Diest (Vlaams-Brabant)	11.500	No	5	Enercon E82/2300	
Halle-Colruyt	14.200	No	<b>5</b>		
			3	nd	
			2	Vestas V90/2000	
Halle-Colruyt (dismantled)	1.750	No	1	Vestas V66/1750	
Ham Albertkanaal	8.100	No	<b>4</b>		
			2	Vestas	
			2	Senvion MM92/2050	
Hamme	4.600	No	2	Enercon E82/2300	
Hasselt-Godsheide (dismantled)	1.200	No	3	Turbowinds T400-34	
Hasselt-Godsheide	4.000	No	2	Vestas V90/2000	
Héron	7.500	No	3	Gamesa G114/2500	
Hoogstraten	24.600	No	<b>10</b>		
			6	Vestas V80/2000	
			3	Senvion 3.2M114	
			1	nd	
Houyet	2.200	No	<b>3</b>		
			1	Enercon E40/600	
			2	Enercon E48/800	
Ieper	20.700	No	9	Enercon E70/2300	
Izegem	8.000	No	<b>4</b>		
			2	Vestas V90/2000	
			2	Vestas V80/2000	
Kallo (dismantled)	ND	No	ND	Turbowinds T600-48	

Kallo	2.000	No	1	Enercon E82/2000	
Kalmthout	8.200	No	4	Senvion MM92/2050	
Kapelle op den Bos	1.200	No	3	Turbowinds T400-34	
Katoen Natie	19.200	No	6	Siemens SWT-3.2-113	Yes
Kortrijk	8.000	No	4	Enercon E82/2000	
Kruibeke	10.000	No	5		
			3	Dewind D8.0	
			2	Enercon E82/2000	
La Louvière Garocentre	9.400	No	4	Enercon E92/2350	
Laakdal-Meerhout	9.000	No	6	Repower MD77	
Leuze-en-Hainaut	20.500	No	10	Senvion MM92/2050	
Leuze-en-Hainaut	ND	No	1		
Lochristi	6.150	No	3	Senvion MM92/2050	
Lokeren	9.200	No	4	Enercon E82/2300	
Lombardsijde - Middlekerke	2.360	No	3		
			1	Vestas V47/660	
			1	Neg Micon NM52/900	
			1	Enercon E48/800	
Lommel	26.000	No	13	Vestas V80/2000	
Lummen Kolenhaven	4.000	No	2	Vestas V90/2000	
Lummen-Zolder	10.000	No	5	Senvion MM100	
Maaseik	6.000	No	3	Vestas V90/2000	
Maasmechelen Oude Bunders	8.000	No	4		
			2	Vestas V90/2000	
			2	Senvion MM100	
Maldegem	16.100	No	7	Enercon E70/2300	
Marbais	22.000	No	11	Enercon E82/2000	
Melle	6.000	No	3	Enercon E82/2000	
Menen	4.600	No	2	Enercon E82/2300	
Mesnil-St-Blaise	9.200	No	4	Enercon E82/2300	
Minderhout	3.000	No	1	Senvion 3.0M122	
Moulins Saint-Roch	8.000	No	4	Senvion MM100	
Nieuwkapelle	1.600	No	2	Enercon E48/800	
Norther	369.600	Yes	44	MHI Vestas Offshore V164/8400	
Northwester 2	218.500	Yes	23	MHI Vestas Offshore	

Northwind	216.000	Yes	72	Vestas V112/3000 Offshore	Yes
Oekene	4.600	No	2	Enercon E70/2300	
Olen Umicore	13.800	No	4	Vestas V117/3450	
Olen-Geel	13.800	No	6	Enercon	
Perwez	29.500	No	16		
			3	Repower MD77	
			5	GE Energy 1.5sle	
			3	Nordex N100/2500	
			5	Vestas V90/2000	
Perwez (dismantled)	0.600	No	1	Turbowinds T600-48	
Plateau de Bourcy	17.500	No	7	Fuhrländer FL 2500/104	
Pont-à-Celles	16.000	No	8	Enercon E82/2000	
Poperinge	8.200	No	4	Senvion MM92/2050	
Port of Antwerpen	45.000	No	15	Siemens SWT-3.0-113	Yes
Poseidon P60	2.300	Yes	1	nd	
Puurs	4.000	No	2	Vestas V80/2000	
Quévy	20.700	No	9	Enercon E82/2300	
Rentel	309.000	Yes	42	Siemens SWT-7.0-154	Yes
Riemst	10.350	No	3	Vestas V117/3450	
Rijksweg	4.600	No	2	Enercon E82/2300	
Roeselaere	12.500	No	5	Nordex N90/2500	
Saint-Vith	10.500	No	<b>6</b>		
			1	Enercon E40/500	
			5	Vestas V90/2000	
Sainte Ode (dismantled)	7.500	No	6	Dewind D6	
Sainte Ode	15.000	No	6	Fuhrländer FL 2500/100	
Schelle	4.500	No	3	Enron 1.5s	
Seastar	239.100	Yes	29	Siemens-Gamesa SG 8.0-167 DD	
Seneffe ZI	4.650	No	<b>2</b>		
			1	Enercon E82/2300	
			1	Enercon E92/2350	
Sibelco	7.050	No	3	Enercon E92/2350	
Sint Gillis-Waas I	8.200	No	4	Senvion MM92/2050	
Sint Gillis-Waas II	6.150	No	3	Senvion MM92/2050	

Sombreffe	9.000	No	<b>6</b>		
			4	GE Energy 1.5sl	
			2	Repower MD77	
Sovet	20.400	No	6	Senvion 3.4M104	
Sovet 2	3.200	No	1	Senvion 3.2M114	
Spontin	12.000	No	6	Enercon E82/2000	
Spy	10.200	No	3	Senvion 3.4M104	
Sterpenich	6.000	No	3	Senvion MM100	
Tarcienne	9.000	No	6	Repower MD77	
Termonde	4.600	No	2	Enercon E82/2300	
Tessengerlo	16.250	No	8		
			5	Senvion MM92/2050	
			2	Senvion MM100	
			1	Vestas	
Tessengerlo-Schoonhees	9.000	No	3	Vestas V112/3000	Yes
TGV-TAB	16.100	No	7	Enercon E82/2300	
Theux	0.330	No	1	Enercon E33/330	
Thorntonbank	325.650	Yes	<b>54</b>		
			6	Repower 5M	
			30	Senvion 6M126	
			18	Senvion 6M126	
THV Mermaid	239.100	Yes	29	Siemens-Gamesa SG 8.0-167 DD	
Vaux-sur-Sûre	12.000	No	6	Enercon E82/2000	
Vents d'Arpes	13.600	No	4	Senvion 3.4M114	
Verlaine	10.000	No	5	Repower MM92	
Villers le Bouillet	12.000	No	8	Repower MD77	
Vyncke	0.100	No	1	Xant M-24	Yes
Wachtebeke	5.000	No	2	GE Energy 2.5xl	
Waimes	11.500	No	5	Enercon E82/2300	
Warisoux	10.000	No	5	Enercon E82/2000	
Westerlo	8.100	No	<b>4</b>		
			2	Senvion MM92/2050	
			2	Senvion MM100	
Wielsbeke	9.250	No	<b>4</b>		
			3	Enercon	
			1	Enercon E92/2350	

Wuustwezel	8.000	No	4	Vestas V90/2000	
Wuustwezel-Brecht	22.100	No	<b>10</b>		
			7	Enercon E82/2300	
			3	Vestas V90/2000	
Yvoir-Dinant	12.000	No	6	Enercon E82/2000	
Zandvliet	3.000	No	1	Senvion 3.0M122	
Zedelgem	1.800	No	1	Enercon E66/1800	
Zeebrugge	4.100	No	2	Senvion MM82/2050	
Zeebrugge - Park	8.500	No	10	Vestas V52/850	
Zeebrugge - Park (dismantled)	2.000	No	10	Turbowinds	
Zeebrugge - Park (dismantled)	4.800	No	12	Turbowinds T400-34	
Zeebrugge - Park (dismantled)	1.200	No	2	Turbowinds T600-48	
Zeke	8.600	No	<b>4</b>		
			2	Senvion MM100	
			2	Enercon E82/2300	
Nombre total d'éoliennes recensées			1256		
Nombre total d'éoliennes recensées et encore actives			1209		
Total offshore actives			285		
Total onshore			971		
Total démantelée (toutes onshore)			47		
Total onshore encore actives			924		
Total avec terres rares			145		
<i>Pourcentage par rapport au total recensé</i>			12%		
<i>Pourcentage par rapport au total recensé et actif</i>			12%		
Total offshore avec terres rares			115		
<i>Pourcentage par rapport au total d'éoliennes offshore</i>			40%		

<i>Pourcentage par rapport au total recensé et actif</i>			10%		
Total onshore avec terres rares			30		
<i>Pourcentage par rapport au total d'éoliennes onshore</i>			3%		
<i>Pourcentage par rapport au total recensé et actif</i>			2%		



## Annexe obligatoire : Recherche bibliographique

### Mots clés utilisés :

- terres rares
- aimant permanent
- éoliennes
- Chine
- environnement
- impacts
- Trade
- Mining
- recyclage
- label
- Europe
- standard
- génératrice
- Belgique
- législation

Les mots clés étaient utilisés à la fois en français et en anglais.

### Bases de données utilisées :

Cible+, Researchgate, Google Scholar

Lorsqu'un article s'avérait être intéressant, sa bibliographie était revue afin de trouver d'autres articles pertinents.

En ce qui concerne les sources non scientifiques, elles étaient trouvées par le biais de recherches sur Google.