



# RELANÇONS L'ACTIVITÉ MINIÈRE EN BELGIQUE ET EN EUROPE

LE DÉFI DES MATIÈRES PREMIÈRES CRITIQUES  
ET STRATÉGIQUES ET LA QUESTION  
DES TERRES RARES

# résumé

La présente étude a été portée et rédigée par **Corentin de Salle**, directeur du Centre Jean Gol, **Rémy Leboutte**, collaborateur au Centre Jean Gol et **André Tahon**, manager en exploration minière (DAL Mining Investment Co. Ltd.) dans son dernier poste, maintenant à la retraite.

Elle a bénéficié des conseils précieux, des corrections et de la documentation du professeur **Eric Pirard**, Professeur ordinaire en Ressources minérales & Economie Circulaire (ULiège) mais aussi de **Sophie Decrée**, géologue au Service Géologique de Belgique et éditeur responsable de "The Critical Raw Materials Atlas of Belgium" (2024), de **Vanessa Heyvaert**, professeur de géologie à l'Université de Gand et directrice du Service Géologique de Belgique, de **Philippe Giaro**, manager de sociétés minières, géologue chercheur à l'Université de Liège, **Jean Tytgat**, Director Government Affairs EU-Benelux d'UMICORE, d'**Alain Bernard**, ex-CEO de DEME et président du Conseil d'Administration de GSR (Global Sea Mineral Resource), de **Philippe Kheren**, Chief Executive Officer chez Solvay et de **Stéphane Neyrinck**, directeur général du Centre Terre & Pierre asbl.

Nous vous souhaitons une excellente lecture de ce numéro des Études du Centre Jean Gol.

Les négociations russo-américaines pour mettre fin au conflit Ukrainien ont récemment jeté les projecteurs sur la question des terres rares car le projet d'accord - encore dans les limbes - prévoit une exploitation commune de terres rares dans une zone frontalière. Ces dernières font partie des ressources critiques et stratégiques dont notre pays, notre continent et la planète entière ont un besoin qui croît de manière quasiment exponentielle.

Il est devenu impératif de répondre à cette demande car l'Europe, soucieuse d'assurer son autonomie stratégique en ces temps troublés, nous y enjoint à travers son Critical Raw Materials Act adopté en 2024. Malgré les mises en garde des scientifiques, la Belgique et la Wallonie n'ont pas encore pleinement engagé cette relance minière.

La Wallonie possède un potentiel minier inexploité, notamment en ce qui concerne le plomb-zinc et les phosphates. L'étude met en avant l'importance de rouvrir les mines et d'explorer les richesses sous le sol belge, en adoptant des méthodes respectueuses de l'environnement.

L'étude appelle à une réévaluation des ressources et à la mise en place d'un cadre réglementaire favorable à l'exploration et à l'exploitation minière. Cela inclut le développement d'une chaîne de valeur intégrée, de l'extraction au recyclage, afin de garantir la durabilité et l'autonomie stratégique de l'Europe. Les recommandations incluent également la création d'un observatoire des ressources critiques et stratégiques en Belgique pour mieux gérer et exploiter les ressources minérales.

Les Études du Centre Jean Gol sont le fruit de réflexions entre collaborateurs du CJG, des membres de son comité scientifique, des spécialistes, des mandataires et des représentants de la société civile. Accessibles à tous, elles sont publiées sous version électronique et sous version papier.

## RESPONSABLES SCIENTIFIQUES

Georges-Louis Bouchez, Président du CJG  
Corentin de Salle, Directeur scientifique du CJG

Une étude réalisée par  
**CORENTIN DE SALLE,  
RÉMY LÉBOUTTE  
& ANDRÉ TAHON**

# INTRODUCTION

L'Union européenne est engagée dans une transition énergétique sans précédent. Mais cette transition repose sur une vérité souvent tue : sans métaux et minerais, il n'y aura ni batteries, ni rénovation massive du bâti, ni infrastructures et réseaux électriques performants, ni éoliennes, etc.

Au-delà même du défi de la transition, les besoins en matières premières explosent pour assurer les usages de l'humanité. Chaque année, un Occidental consomme 500 kilos d'acier, 10 kilos de cuivre, et bien plus encore de matières premières critiques. Chaque jour, l'humanité consomme l'équivalent de 500 tours Eiffel en métaux. À ce rythme, nous aurons consommé plus de métaux d'ici 2055 que durant les 70.000 années précédentes. Les projections de la CNUCED s'appuyant sur les données de l'Agence internationale de l'énergie indiquent que d'ici 2050, par exemple, la demande de lithium pourrait se multiplier jusqu'à un facteur 40 avec des facteurs multiplicateurs allant de 20 à 25 pour le nickel, le cobalt et le cuivre et jusqu'à 7 fois pour les terres rares.<sup>1</sup>

L'Europe est consciente du problème et prend enfin des mesures significatives pour y pallier. L'Union européenne a adopté le Critical Raw Materials Act en 2024 qui appelle les États à relancer l'activité minière. La Belgique, la Wallonie en particulier, s'inscrit-elle ce choix stratégique ? Jusqu'à aujourd'hui, elle n'en a pris le chemin qu'à moitié, en dépit de mises en garde de scientifiques depuis plus de 20 ans. Pourtant, tout laisse à penser que la Wallonie abriterait encore un potentiel minier conséquent et notre pays abrite des fleurons dans leur domaine capables de raffiner, recycler et peut-être apporter leur concours à un industrie minière des matières premières.

Face à l'urgence de l'approvisionnement en matières premières critiques, le Centre Jean Gol a décidé de poser une question aussi essentielle que taboue : faut-il rouvrir les mines en Belgique ? Nous investissons dans l'écoconception, la réparation et le recyclage. Mais, est-ce assez ?

La présente étude recèle des chiffres illustrant les besoins en matières premières qui sont extraits de la géosphère – principalement les minerais métalliques et non-métalliques – pour assurer notre approvisionnement.

Le CJG se positionne de manière offensive sur ces sujets pour assurer l'approvisionnement de notre industrie et le redéploiement de celle-ci. Nous plaçons également pour faciliter l'émergence d'industries capables de recycler les métaux et les minerais présents sur notre sol.

Enfin, il est important de relancer l'exploration de notre propre sol que nous connaissons très mal, en définitive. Comme partout en Europe, nous avons délocalisé nos activités minières en dehors du continent. Il est essentiel de prospecter notre sous-sol et identifier toutes les richesses dormant sous nos pieds. De façon à en relancer, le cas échéant, l'exploitation avec des procédés propres, efficaces et respectueux de la dignité humaine.

**Exploiter à nouveau nos mines et en créer des nouvelles serait l'élément complétant une économie circulaire qui serait enfin digne d'être appelée comme telle.** En effet, ouvrir une mine aujourd'hui au XXI<sup>ème</sup> siècle, ce n'est pas comme ouvrir une mine au XIX<sup>ème</sup> siècle. Une mine "responsable" doit réduire au maximum l'impact sur l'environnement. Après que l'exploitation en est achevée, il faut restaurer les lieux de manière à ce qu'ils retrouvent leur état originel. Ces mines doivent également recourir aux techniques les plus modernes de façon à garantir une sécurité maximale aux travailleurs. Cela implique d'expédier des robots exploiter les veines et anfractuosités de la mine.

Il faut surtout – et c'est là l'essentiel – créer une chaîne de valeur. Extraire nécessite un équipement, des infrastructures et la construction d'un savoir-faire. Concevoir et construire des robots nécessite des compétences de pointe. Ce type d'appareillage n'est d'ailleurs pas sans rappeler celui qu'on élabore aujourd'hui dans la perspective d'exploiter les nodules polymétalliques sur le plancher océanique. Dans les deux cas, il s'agit de commander à distance un engin qui se déplace dans un milieu hostile et éloigné et qui extrait et récolte des matériaux. Ce n'est pas sans lien non plus avec l'industrie spatiale qui envoie aussi des robots exploratoires dans des lieux extraterrestres. De belles synergies potentielles entre l'industrie minière et l'industrie aéronautique dans laquelle s'illustre la Wallonie. Tout un potentiel d'innovations à déployer.

Séparer, purifier, raffiner et produire les matières critiques et stratégiques est un autre secteur industriel qu'il est nécessaire de créer et de développer. L'écoconception est indispensable pour faciliter le recyclage.

Car, en bout de chaîne, il faut recycler ces ressources métalliques qui sont aujourd'hui abondantes dans les déchets : nous consommons énormément depuis deux siècles et beaucoup d'appareillages électroniques sont aujourd'hui au rebut. Quantité de technologies destinées à produire de l'énergie renouvelable sont en fin de vie. Là aussi, des progrès importants sont en cours avec des sociétés comme UMICORE. Les "mines urbaines" peuvent devenir une source importante de terres rares. Encore faut-il inventer les procédés pour les exploiter de manière rentable et intelligente. Et créer un savoir-faire qui sera lui-même exportable.

La Wallonie peut aujourd'hui renouer avec son passé minier qui, en dépit de sa pénibilité et du caractère parfois tragique de la condition des ouvriers de cette époque est aussi une source de fierté. La mine qui a fait la prospérité de notre pays est aussi une composante du patrimoine voire de l'identité de ce dernier. Le robot minier, le robot océanique et le robot spatial font la transition entre notre passé et le futur que cette étude appelle à construire avec enthousiasme.



<sup>1</sup> The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions

# I. MINÉRAIS, MÉTAUX, TERRES RARES, DE QUOI PARLE-T-ON ?

## 1. Les minerais et les métaux viennent d'où ?

### 1.1. Atmosphère, biosphère et... géosphère

Dans les points d'attention du grand public, il nous a paru intéressant au Centre Jean Gol de nous pencher sur un endroit peu connu du grand public : notre sol et ce qu'il y a en-dessous.

L'opinion publique est de plus en plus attentive aux enjeux de la **biosphère** dans lequel nous trouvons tous les défis liés à la Nature et la Biodiversité, notre alimentation et notre environnement direct. Dans les années 80, les grands défis sur la couche d'ozone et les pollutions atmosphériques ont attiré notre attention sur l'obligation de mieux connaître et gérer **l'atmosphère**. L'atmosphère et la biosphère sont aussi directement concernés par le changement climatique puisque le rejet de gaz à effet de serre dans l'atmosphère modifie les équilibres de celle-ci et a des impacts dans la biosphère.

Pour autant, il reste la **géosphère** – c'est-à-dire tout ce qui se trouve sous nos pieds – de laquelle nous retirons nombre de géoressources sans pour autant bien la connaître, voire, c'est l'avis d'Eric Pirard, en l'ignorant complètement. Pourtant, tout ce qui ne pousse pas est directement tiré de la géosphère. Celle-ci sert donc de ressource à un nombre incalculable d'objets et d'infrastructures de notre quotidien sans que nous prêtions toute l'attention qu'elle mérite.

*If you can't grow it, you'll have to dig it!*

Une très bonne connaissance de la Terre et une gestion prudente et diligente de la géosphère est un enjeu essentiel pour notre futur. La présente étude vise à mettre ces enjeux dans le débat public et plaide pour que le monde politique soit à la hauteur de ceux-ci.

### 1.2. Attention aux amalgames avec les autres ressources

Dans le débat sur les ressources, il faut bien les distinguer pour éviter de confondre plusieurs notions qui se croisent mais ne sont pas forcément interchangeables.

Il faut ainsi distinguer ce qui est extrait de la géosphère – les matières premières critiques comme les minerais et les métaux tout comme les énergies fossiles – et ce qui est pris dans la biosphère (globalement ce qui pousse, comme la biomasse).

La biomasse a vocation à se régénérer si elle est gérée de manière durable. C'est-à-dire que les stocks se renouvèlent périodiquement. Ce n'est pas le cas pour les minerais et les métaux qui sont extraits du sol ou encore pour les énergies fossiles.

Pour ces dernières par contre, elles sont annihilées une fois qu'elles sont brûlées. Leur combustion les transforme en d'autres éléments chimiques (dont du CO<sub>2</sub> qui est rejeté dans l'atmosphère). Pour les matières minérales et métalliques, elles restent là où on les a laissées. Elles ne sont pas perdues, dans les faits. Pour autant, la possibilité technique et économique conditionne la capacité à les réutiliser. C'est tout l'enjeu de l'écoconception et de l'économie circulaire qui sont détaillés dans cet ouvrage.

## 2. Terres rares, métaux, matières premières, de quoi parle-t-on ?

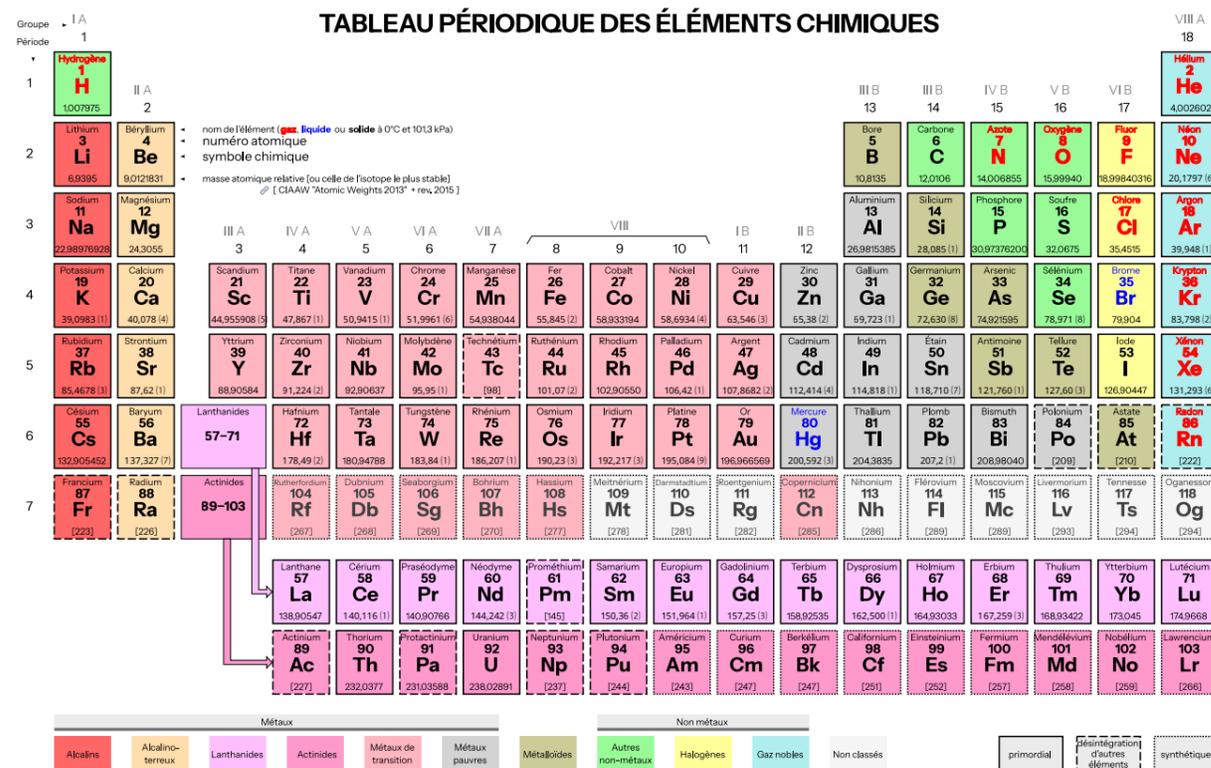
Dans notre société moderne, l'homme a plus que jamais besoin de matières premières. Nous verrons ci-après que les besoins vont s'intensifier de manière drastique ces prochaines décennies.

La découverte et la construction en 1869, par Mendeleïev (1834-1907), du tableau périodique des éléments (et le remplissage des cases vides) interviennent en réalité dans une période fort récente de l'histoire humaine.

**Jusqu'en 1730, l'homme pensait qu'il n'existait que 7 métaux sur terre.** Ils tournaient autour de la symbolique du chiffre 7, utilisée pour les planètes et les jours de la semaine.

Argent	Lune	Lundi
Fer	Mars (guerre)	Mardi
Mercure	Mercure	Mercredi
Étain	Jupiter	Jeudi
Cuivre	Vénus (féminité)	Vendredi
Plomb	Saturne (saturnisme)	Samedi
Or	Soleil (Sunday)	Dimanche

Assez rapidement, la découverte des nouveaux éléments s'est précipitée dans la première moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle. L'homme a commencé à utiliser une dizaine de métaux au cours du XX<sup>ème</sup> siècle. A partir des années 1970, il en utilisait une vingtaine. Chaque élément du tableau de Mendeleïev est mobilisé aujourd'hui pour de multiples usages et, dans leur quasi-totalité, l'homme a trouvé une utilisation à un grand nombre de métaux et de minerais non-métalliques dudit tableau.



Il importe ici d'éviter une confusion fréquente, celle existant entre :

- les métaux précieux ;
- les matières premières et les matières premières critiques ;
- Les minerais et les métaux ;
- les terres rares.

**Les métaux précieux** sont prisés pour un certain nombre de raisons et sont peu abondants dans la nature (dimension géologique). On connaît tous l'or, l'argent et le platine. On peut y ajouter le rhodium et le palladium. Ils sont à la fois rares et de grande valeur économique. Comme les terres rares, ils sont désormais fort utilisés dans l'électronique et les technologies vertes (« green tech »).

On désigne comme **matières premières** la plupart du temps le grand ensemble des matières non énergétiques et non issues de la biomasse. Il s'agit donc des éléments **chimiques métalliques et non métalliques (minerais)** qui composent notre environnement. On trouve dans ces catégories tous les éléments que nous sommes habitués à entendre comme le fer, le nickel, l'aluminium, etc.

**Les matières premières critiques** : il s'agit de matières premières à propos desquelles existe un risque de pénurie. Entre 1990 et 2010, les métaux étaient disponibles en quantité abondante et personne ne s'inquiétait d'une potentielle pénurie. Les choses ont changé depuis que la Chine a acquis la maîtrise de près de 85% de la production mondiale et menacé de réduire ses exportations, soufflant ainsi le chaud et le froid. En 2023, la Commission Européenne a actualisé sa liste des matières premières dites « critiques », désormais au nombre de 34.<sup>2</sup>

Ces matières premières ne sont pas nécessairement rares

au sens géologique mais sont néanmoins qualifiées de « critiques » car l'approvisionnement de ces dernières en Europe peut être menacé par des carences d'infrastructure, d'extraction et de raffinage mais surtout pour des raisons géopolitiques. Notons que les Etats-Unis ont également dressé une liste similaire.

**Les terres rares (TR)** constituent un groupe de 17 métaux aux propriétés relativement similaires. Il comprend l'yttrium (Y), le lanthane (La) et les 14 autres lanthanides. Parfois, on leur adjoint le scandium. Ces métaux sont les suivants :

- Cérium (Ce)
- Praséodyme (Pr)
- Néodyme (Nd)
- Prométhéum (Pm)
- Samarium (Sm)
- Europium (Eu)
- Gadolinium (Gd)
- Terbium (Tb)
- Dysprosium (Dy)
- Holmium (Ho)
- Erbium (Er)
- Thulium (Tm)
- Lutetium (Lu)
- Ytterbium (Yb)

Les terres rares constituent un groupe de métaux stratégiques. Ces 17 éléments se retrouvent « en traces » (c'est-à-dire en quantité infimes) dans les minéraux de nombreuses roches. Elles sont **recherchées intensément en raison de leurs propriétés électroniques, magnétiques**, etc. exceptionnelles et indispensables dans la plupart des technologies nouvelles, notamment les technologies numériques et les technologies dites « vertes » (« green tech »), en ce compris celles de l'armement.

<sup>2</sup>Critical raw materials - European Commission

# II. L'IMPORTANCE CONSIDÉRABLE DES MATIÈRES PREMIÈRES MINÉRALES DANS NOS VIES, ET POUR LE FUTUR

## 1. L'utilisation des minerais et métaux dans nos vies

Contrairement à une idée reçue, notre société a tendance à consommer de plus en plus de matériaux quand elle se perfectionne. Nous allons certes vers une dématérialisation dans nos rapports sociaux et économiques mais cela implique, paradoxalement, un besoin de beaucoup plus de matériaux.

Les exemples sont parfaitement aisés à trouver dans notre quotidien : votre machine à café était composée d'un seul métal dans les années 50 par rapport à votre machine actuelle. Les voitures ont tendance à grossir et devenir plus lourdes, plus consommatrices de métaux et matériaux divers pour assurer votre confort. Ne parlons pas de votre téléphone qui détient à lui seul plus de 30 composants différents dans des quantités extrêmement variables.

Là où l'homme de la Renaissance, même les plus riches, pouvaient vivre en maîtrisant 7 métaux, un humain évoluant dans notre société moderne utilise tous les jours jusqu'à 91 métaux pour assurer ses besoins. Et ceux-ci vont croissants avec les nouvelles applications qui sont trouvées chaque jour.<sup>3</sup>

Nous le verrons plus loin et plus en détail : les choix sociétaux qui sont faits notamment via la transition énergétique et la numérisation de nos usages, l'augmentation du niveau de richesse au niveau mondial ou encore la tendance décrite ci-avant à complexifier les objets qui nous entourent fait de nous de très gros consommateurs de minerais et de métaux.

Les matières premières métalliques et non métalliques sont partout autour de nous, dans notre matériel, nos objets, nos maisons, nos infrastructures, nos industries et elles nous permettent même de faire passer le présent message, par écrans et lignes de télécommunication interposés.

## 2. Aperçu de la production minière mondiale

### 2.1. Valeur de la production minière

Basé sur les chiffres de 2023, la valeur marchande de l'ensemble des produits miniers de par le monde est estimée à 2260 milliards de dollars, à comparer à la valeur annuelle commerciale de la production de pétrole et de gaz qui s'élevait à 5930 milliards de dollars dans la même année (5950 milliards en 2024).<sup>4</sup> Ces deux industries extractives se classent parmi les premiers créateurs de valeur de l'industrie mondiale en termes de revenu, investissement et impact économique. La situation change quelque peu si on inclut les marges de bénéfice, la contribution au PNB et l'impact sur l'emploi dans la définition de « valeur ». Dans ce cas, d'autres secteurs comme la manufacture, les hautes finances, le high-tech, l'agriculture et l'industrie alimentaire égalisent ou surpassent les secteurs minier et pétrolier. Toutefois, aucun de ces secteurs ne peut exister sans les matières premières que procurent les derniers.

Tout comme l'énergie, la vitalité de l'industrie minière est structurante pour nos sociétés. Il est tout simplement impossible de s'en passer.

Tableau 1 – Production annuelle des 26 premières substances minières

Rang	Matière première	Production annuelle (millions de tonnes)	Valeur estimée (millions de USD)	Top 5 des producteurs organisés en ordre décroissant
1	Sables & graviers	50 000	60 000	Chine, Etats-Unis, Inde, Brésil, Turquie
2	Charbon (énergie + métallurgie)	8 000	800 000	Chine, Inde, Etats-Unis, Indonésie, Australie
3	Ciment	4 000	423 000	Chine, Inde, Vietnam, Etats-Unis, Indonésie
4	Minerais de fer	2 600	320 000	Australie, Brésil, Chine, Inde, Russie
5	Chaux	430	44 000	Chine, Etats-Unis, Inde, Russie, Brésil
6	Bauxite (aluminium)	400	17 000	Australie, Chine, Guinée, Brésil, Inde
7	Sel	300	10 000	Chine, Etats-Unis, Inde, Allemagne, Australie
8	Phosphates	220	22 000	Chine, Maroc, Etats-Unis, Russie, Arabie Saoudite
9	Gypse	150	3 000	Chine, Iran, Etats-Unis, Turquie, Inde
10	Potasse *	70	30 000	Canada, Russie, Biélorussie, Chine, Allemagne
11	Chromite (chrome)	45	8 000	Afrique du Sud, Kazakhstan, Turquie, Inde, Finlande
12	Feldspaths *	28	1 500	Turquie, Italie, Chine, Inde, Thaïlande
13	Cuivre	22	180 000	Chili, Pérou, Chine, RDC, Etats-Unis
14	Manganèse	20	7 000	Afrique du Sud, Gabon, Australie, Chine, Brésil
15	Zinc	13	33 000	Chine, Peru, Australie, Inde, Etats-Unis
16	Plomb	4,5	10 000	Chine, Australie, Etats-Unis, Pérou, Mexique
17	Nickel	3,3	43 000	Indonésie, Philippines, Russie, Nouvelle Calédonie, Australie
18	Graphite (naturel)	1,3	2 000	Chine, Mozambique, Madagascar, Brésil, Inde
19	Etain	0,31	9 000	Chine, Indonésie, Myanmar, Pérou, Bolivie
20	Terres rares	0,30	7 000	Chine, Etats-Unis, Myanmar, Australie, Thaïlande
21	Cobalt	0,19	6 000	RDC, Indonésie, Russie, Australie, Philippines
22	Lithium	0,18	7 000	Australie, Chili, Chine, Argentine, Brésil
23	Uranium	0,062	11 000	Kazakhstan, Canada, Namibie, Ouzbékistan, Australie
24	Argent	0,026	22 000	Mexique, Chine, Pérou, Australie, Russie
25	Or	0,003	210 000	Chine, Australie, Russie, Canada, Etats-Unis
26	Platinoïdes (PGM) *	0,0005	20 000	Afrique du Sud, Russie, Zimbabwe, Canada, Etats-Unis
	TOTAUX	66 000	2 306 000	

### 2.2. Productions minières mondiales

Le **Tableau 1**<sup>5</sup> donne un aperçu – basé sur des statistiques de 2024 – de la production minière des 26 premières substances en termes de tonnages décroissants avec des valeurs marchandes estimées et une liste des cinq premiers pays producteurs, également en ordre décroissant. Il faut noter que ce classement change d'année en année, aussi bien en termes de tonnage que de valeur, selon les évolutions économiques. La chute dans les activités de construction durant la période COVID en est un exemple.

En ce qui concerne les tonnages affichés, il est important de se rappeler qu'ils n'incluent pas les tonnages de stériles qu'il faut extraire en même temps que le minerai. La proportion entre le tonnage de minerai et le tonnage total à extraire (minerai + stérile) est appelée le « taux de découverte » (stripping ratio en anglais) ou encore le « taux de stériles » (waste ratio). Ce taux représente une des contraintes principales pour la rentabilité d'une opération minière et il peut arriver qu'une mine soit fermée avant même d'avoir épuisé les ressources connues si le taux de découverte dépasse le seuil bénéfiques / pertes.

<sup>5</sup> Notes et précisions concernant le tableau :

- Les matières en gras font partie de la liste des matières premières critiques, telles que définies par l'UE (voir la section sur ce sujet plus loin dans le texte).
- Le ciment n'est pas un simple minerai, mais représente un mélange de matières premières. Dans le ciment Portland, on mélange le carbonate de calcium (calcite, le composant principal des roches calcaires) avec des argiles ou des marnes et d'autres additifs selon les besoins (sables siliceux, cendres volantes, par exemple). Du gypse ou de l'anhydrite (sulfates de calcium) sont ajoutés au clinker (produit cuit) après broyage final pour réguler la prise du ciment.
- La chaux est un autre produit dérivé de roches calcaires très pures en calcite. La production de roches calcaires n'est pas publiée en chiffres totaux, mais plutôt selon son usage (roche concassée comme agrégat de construction ; ne figure pas dans la table) ou son produit dérivé (ciment, chaux).
- La bauxite, source d'aluminium, est techniquement un sol et non pas une roche, et est le produit de l'altération chimique avancée sous régime tropical de certaines roches, riches en minéraux contenant de l'aluminium dans leur formule.
- Les phosphates sont utilisés comme fertilisants (85-90%) et dans la nourriture animale (4-6%) dans l'agriculture, ainsi que pour leurs propriétés chimiques dans certaines applications industrielles (5-10%).
- Potasse (potash en anglais) : Minéraux de potassium, principalement la sylvine (chlorure de potassium, KCl). Utilisé principalement comme fertilisant pour l'agriculture.
- Les feldspaths sont un groupe de silicates avec une formule contenant – outre du silicium – de l'aluminium et du potassium (feldspath alcalins) ou du sodium et du calcium (plagioclases).
- PGM : Platinum-Group Metals.

<sup>3</sup> Eric Pirard, Matières Premières, Conception Durable & Économie Circulaire, Part II. Consumption and Waste Production, slide 3

<sup>4</sup> A noter que les statistiques peuvent différer selon les sources – vu la difficulté de récolter des données fiables pour tous les pays – mais dans l'ensemble tournent autour de ces chiffres.

Le premier rang pour les sables et graviers, utilisés dans les agrégats de construction, et la troisième place du ciment démontrent le poids de la construction dans les activités industrielles. En dehors des minéraux industriels de la construction, ce sont le charbon, le fer (aussi utilisé en construction), la bauxite et les phosphates qui occupent les premières places, représentant ensemble environ 17% du tonnage total dans le tableau (et donc pas de la production minière totale).

La gamme des matières premières critiques, définies par l'UE (voir la section suivante), est représentée par onze substances dans le top 26 ou dix dans le top 25. On note que, parmi les pays de l'UE, seules l'Allemagne, la Finlande, l'Italie et la France (Nouvelle Calédonie) figurent dans le tableau. On note également la différence de la valeur totale en bas du tableau avec celle rapportée dans le premier paragraphe. Ceci reflète la difficulté de compiler des données précises à partir de sources variées, pas nécessairement complètes.

### 2.3. Répartition géographique des pays producteurs

Le **Tableau 2** ci-dessous donne le classement de la production minière annuelle par pays producteur, toutes matières premières confondues – hormis les matériaux de construction non-métalliques (sables et graviers, ciment), le pétrole et le gaz – basé sur des données agrégées de la période 2022-2024.<sup>6</sup> La liste se limite aux 20 premiers producteurs en termes de tonnage. A noter que le classement peut varier d'année en année selon l'évolution économique.

**Tableau 2 – Classement de la production minière par pays producteur en ordre décroissant**

Rang	Pays	Tonnage (Mt)	Matières principales	Valeur estimée (milliards de \$US)
1	Chine	4 600	Fer, bauxite, phosphates, autres métaux	2,300
2	États-Unis	2 300	Fer, phosphate, cuivre, or	1 050
3	Russie	1 600	Fer, nickel, or	800
4	Australie	1 300	Fer, bauxite, nickel	900
5	Inde	1 200	Fer, bauxite, phosphates	600
6	Indonésie	800	Charbon, nickel, bauxite	300
7	Arabie Saoudite	698	Divers	200

8	Canada	550	Fer, nickel, cuivre, or	400
9	Brésil	483	Fer, nickel, bauxite, or	350
10	Iran	458	Fer, bauxite	150
11	Afrique du Sud	400?	Fer, nickel, or	180
12	Turquie	250	Fer	30
13	Suède	250	Fer	30
14	Mexique	240	Fer, phosphates	35
15	Kazakhstan	210	Fer	25
16	Chili	180	Fer, phosphates	25
17	Ukraine	110	Fer	15
18	Pérou	100	Fer, or	45
19	Philippines	90	Nickel	35
20	Mauritanie	15	Fer	1,8

Il est clair que cinq pays dominent l'ensemble de la production minière affichée avec la Chine en tête<sup>7</sup>, suivie de loin par les États-Unis, la Russie, l'Australie et l'Inde.

**A eux seuls, ils représentent près de 70% du total du tableau en tonnages produits, dont près d'un tiers revient au compte de la Chine.**

Les matières qui reviennent systématiquement sont le fer, le charbon, la bauxite et les phosphates, ce qui correspond au classement dans le tableau 1, si on ignore les matières de construction. Les valeurs estimées suivent globalement les tonnages quoique certains métaux (or, nickel, ...) ajoutent une valeur significative par leur prix unitaire disproportionné.

Ce classement est idéal pour visualiser l'ordre de grandeur global, mais il est utile de se rappeler que chaque matière possède ses particularités (prix régionaux, coûts de production, type de minerai).

### 2.4. Un déséquilibre qui s'aggrave quand on analyse le raffinage

Au-delà de l'extraction, la question du raffinage qui transforme l'élément sorti de la mine en ressource purifiée et prête à être transformée par l'industrie en aval est encore plus cruciale. Selon les éléments visés, ces opérations peuvent être plus ou moins longues et impactantes pour l'environnement.

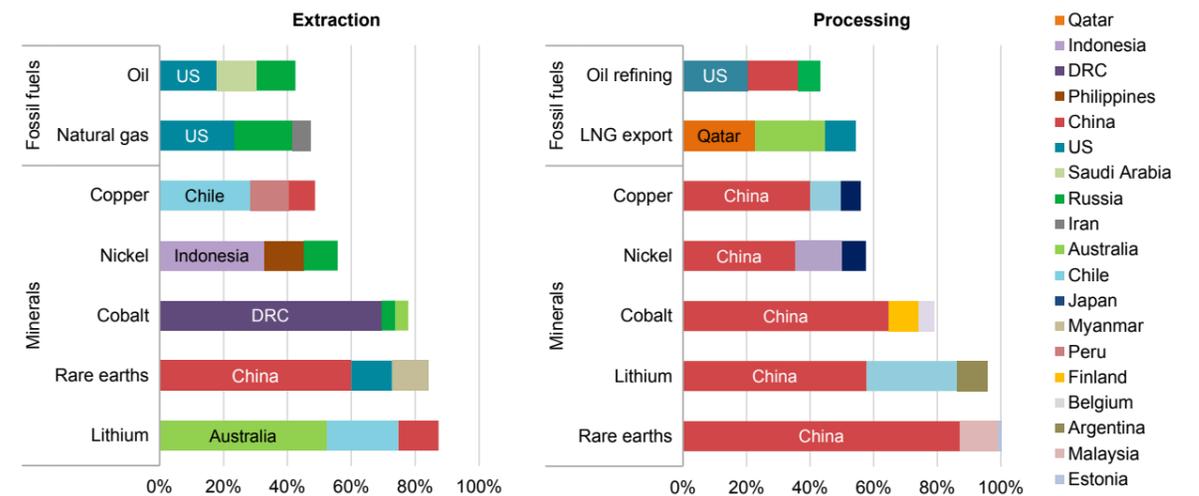
Dans ce domaine, la Chine est tout simplement incontournable sur un grand nombre de ressources en matières premières. C'est le fruit d'un long investissement qui sera détaillé plus en détail ci-après. Notons à ce stade que cela nous permet de passer d'une **notion géographique à géopolitique**.

<sup>6</sup> Les données sur les tonnages viennent principalement de World Population Review, complétées par des sources détaillant la production par matière ([elibrary.imf.org](http://elibrary.imf.org), [worldpopulationreview.com](http://worldpopulationreview.com)). Les valeurs marchandes sont des estimations fondées sur des prix moyens 2024/2025. Tous les chiffres sont arrondis et doivent être considérés comme très approximatifs au mieux.

<sup>7</sup> Un élément qu'on a tendance à oublier quand on parle de la Chine, c'est sa superficie. A environ 9,39 millions de km<sup>2</sup> (eaux territoriales exclues), elle dépasse les États-Unis (9,15M km<sup>2</sup>) et l'Australie (7,69M km<sup>2</sup>) et fait quasiment le triple de l'Inde (3,29 M km<sup>2</sup>). Avec ses 16,38 millions de km<sup>2</sup>, la Russie est le plus grand pays au monde.

## Production of many energy transition minerals today is more geographically concentrated than that of oil or natural gas

Share of top three producing countries in production of selected minerals and fossil fuels, 2019



Notes: LNG = liquefied natural gas; US = United States. The values for copper processing are for refining operations. Sources: IEA (2020a); USGS (2021), World Bureau of Metal Statistics (2020); Adamas Intelligence (2020).

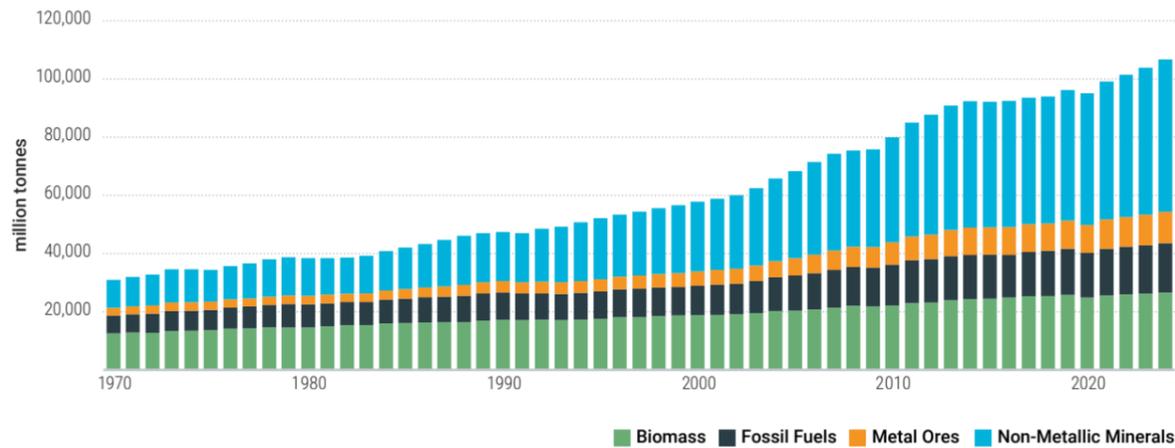
IEA. All rights reserved.

Source : International Energy Agency (IEA). (2021). *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*. Paris: IEA, p. 13: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>

En effet, là où nous voyons que l'extraction reste relativement équilibrée au travers des continents, encore que certains pays ont de très fortes pénétrations sur des métaux critiques, **nous devons constater que la Chine est largement majoritaire dans de nombreux processus de raffinage**. En lithium, Cobalt, Nickel, cuivre et également les terres rares (90% pour ces dernières), la Chine raffine ces éléments à plus de 50%.

Ce qui signifie que nous sommes dépendants de ce pays pour de nombreuses matières premières, parce que nous ne les extrayons plus mais également parce que nous n'avons pas investis dans les processus de raffinage. Or, pour développer des filières de recyclage de ces métaux ou de ces minerais, il est beaucoup plus facile de s'appuyer sur une chaîne de valeur extractive qui dispose de connaissances sur la manière de traiter l'élément en question et ses co-produits.

**Global material extraction, four main material categories, 1970 – 2024, million tonnes.**



Source: Global Material Flows Database (UNEP 2023a).

### 3. La consommation de ces matières premières

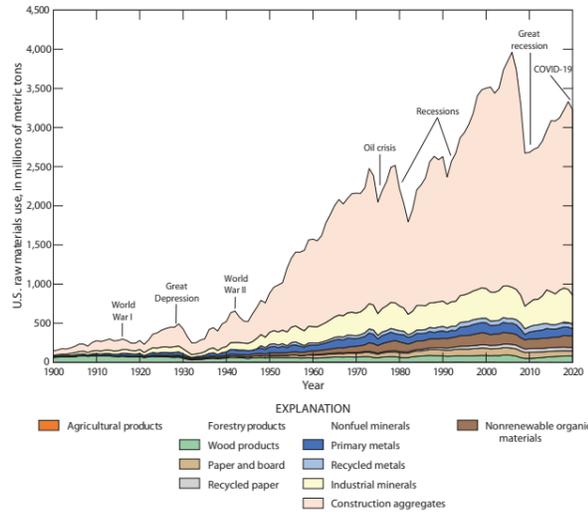
#### 3.1. Une augmentation énorme de la demande en matières premières

L'augmentation de la population mondiale et l'enrichissement de celle-ci a permis une augmentation générale du bien-être et à des milliards d'individus de sortir de l'extrême pauvreté. Concomitamment, la consommation en minerais, métaux, énergie et biomasse s'est également considérablement accrue au cours des 50 dernières années.

Le graphique ci-dessus montre l'augmentation de matériaux extraits depuis 1970.<sup>8</sup> Nous constatons une augmentation continue en biomasse, en énergies fossiles, en métaux et en minerais non-métalliques. Ces derniers représentent même 48% de la consommation totale en 2020 (contre 31% en 1970) et la biomasse a reculé de 41% à 26% entre 1970 et 2020, bien qu'on a consommé davantage aujourd'hui qu'alors.

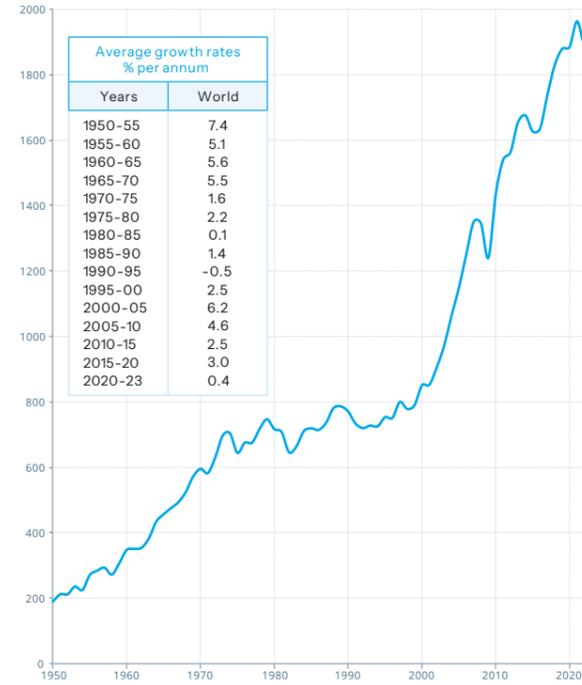
Le cas des Etats-Unis sur 120 ans (1900-2020) nous montre à quel point la consommation de matériaux de construction (beige clair – au-dessus), les minerais nécessaires à l'industrie (jaune pâle) ou encore les métaux (bleus) se sont accrues dans nos sociétés modernes.<sup>9</sup>

La croissance mondiale en termes de minerais non-métalliques (notamment ceux nécessaires à la construction) est encore plus impressionnante lorsqu'on analyse de plus près le cas de la Chine, qui explose littéralement dans toutes les consommations à partir des années 2000.

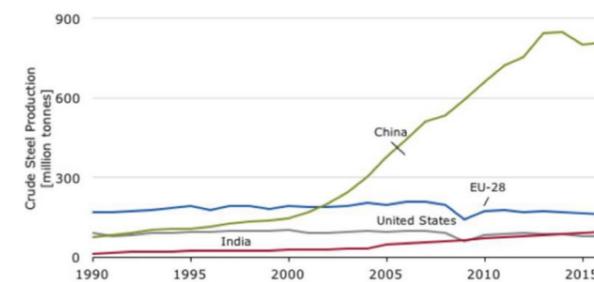


Toutes les matières premières ont des courbes d'augmentation de la consommation, et en parallèle, de leur production. Après les minerais non-métalliques comme le ciment, le sable et les graviers, le métal le plus abondant dans notre quotidien est le fer qui permet notre production mondiale d'acier qui est passé de 189 millions de tonnes en 1950 à 1.892 millions de tonnes en 2023<sup>10</sup> :

Million tonnes, crude steel production



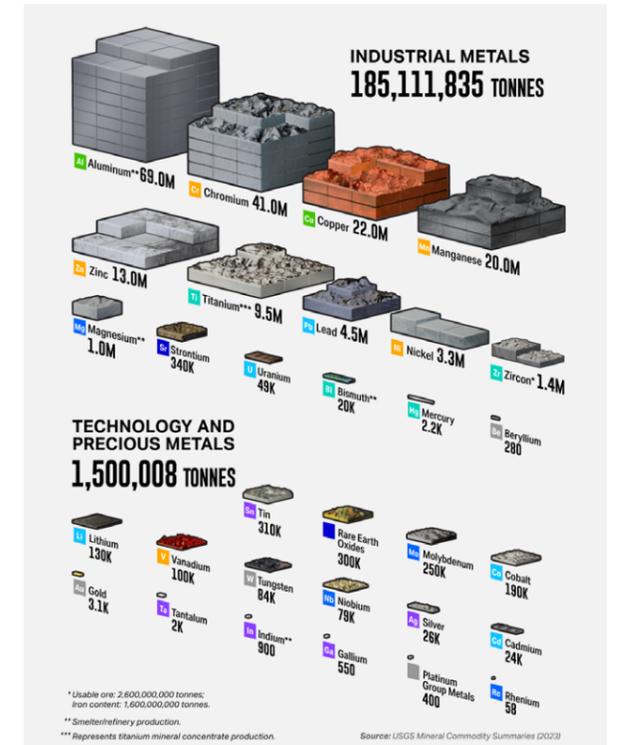
Encore une fois, l'influence de la consommation chinoise sur la courbe de production est immense à partir des années 2000.



Source : Eric Pirard, *Matières Premières, Conception Durable & Économie Circulaire, Part II. Consumption and Waste Production, slide 7*

Les autres métaux qui sont nécessaires pour l'industrie (Aluminium, Chrome, Cuivre, Manganèse ou encore nickel) sont en général loin derrière ces immenses marchés du ciment, du sable ou du fer mais ils restent très conséquents. On retrouve ensuite des marchés plus petits mais hautement cruciaux dans la mesure où ces matières premières entrent dans la conception de technologies avancées qui sont essentielles pour le bon fonctionnement de nos sociétés

modernes. Ils sont même dans certains cas absolument nécessaires des technologies militaires ou pour le bon fonctionnement des technologies renouvelables. C'est pour cette raison que plusieurs d'entre eux sont des matières premières critiques.



Source : Eric Pirard, *Matières Premières, Conception Durable & Économie Circulaire, Part II. Consumption and Waste Production, slide 9*

Tous ces marchés sont en hausse et montrent **tous une multiplication par 2 à 10 de la consommation annuelle des grands matériaux industriels (acier, aluminium, cuivre, ciment, nickel, etc.) sur les 50 dernières années.** Quelques données :

Année	Métaux (Mt)	Aluminium (Mt)	Cuivre (Mt)	Nickel (Mt)	Ciment (Mt)	Min. construction (Gt)
1970	500	8	5	0,7	600	10
2020	2 500	65	25	2,7	4 100	40

<sup>8</sup> International Resource Panel, *Global Resources Outlook 2019*, Figure 2.2 et chapitre 2, page 36.

<sup>9</sup> Matos, G.R., 2022, *Materials flow in the United States – A global context, 1900 – 2020* (USGS Data Report 1164), p. 2, *dr1164.pdf - Materials Flow in the United States – A Global Context, 1900 – 2020*

<sup>10</sup> World Steel Association, *World Steel in Figures 2024*, p. 7 *World-Steel-in-Figures-2024.pdf*

## 4. Et ce n'est pas près de s'arrêter (projections à long terme)

La croissance de notre consommation de minerais et de métaux forte et elle va encore s'accroître selon les projections qui sont faites par les milieux scientifiques concernés. Et cela tant pour l'Europe que pour le reste du monde. Ainsi, il est important de noter que tout le monde est pleinement concerné par cette hausse de la consommation des matières premières.

### 4.1. Augmentation de la population mondiale et l'urbanisation du monde

Les dernières projections officielles des Nations Unies (ONU, World Population Prospects 2022, révision de juillet 2022, actualisée en 2024) indique que nous atteignons 8,19 milliards d'individus en 2025, contre 4,4 milliards en 1980, 6,14 milliards en 2000.<sup>11</sup> La croissance, bien qu'elle commence à ralentir par rapport aux estimations précédentes, continue d'augmenter avec 9,19 milliards d'humains estimés en 2040, 9,74 milliards en 2050 et 10,34 milliards en 2070.

La population mondiale a doublé entre 1980 et 2025. Selon l'ONU, le pic de population mondiale pourrait être autour de 10,4 milliards d'humains vers 2080. Ces ordres de grandeur sont essentiels pour anticiper la demande en matières premières, en énergie et en ressources naturelles au niveau mondial. Ils démontrent que même une gestion rigoureuse des ressources impliquera une augmentation de la demande.

Dans le même temps, le taux d'urbanisation du monde continue d'augmenter selon les dernières projections démographiques officielles des Nations Unies<sup>12</sup> : l'humanité est devenue majoritairement urbaine (>50%) en 2007-2008 contre 39,3% en 1980. Ce taux d'urbanisation continue de croître rapidement, surtout en Afrique et en Asie et il atteindra 68,4 % en 2050 (environ 6,66 milliards d'urbains) et 73,7 % en 2070 (environ 7,63 milliards d'urbains). Près des trois quarts de la population mondiale vivront en ville à cette date, et cela aura un impact majeur sur la demande en infrastructures, énergie, matériaux et services.

Alors que la consommation du ciment aux États-Unis durant l'entière du XXème siècle se chiffre à 4,56 gigatonnes (soit 4,56 milliards de tonnes), la Chine en a coulé 4,9 gigatonnes entre les seules années 2008 et 2010 et en a utilisé encore davantage (5,5 gigatonnes) pour fabriquer du béton entre 2009 et 2011.<sup>13</sup>

Chaque année, des humains sortent de la pauvreté ou de l'extrême pauvreté et leurs besoins en minerais, énergies, ressources naturelles augmentent significativement en accédant à des biens et services et en s'intégrant à des modes de vie plus urbains et industrialisés. Les rapports de l'ONU montrent que la consommation annuelle de matériaux par habitant varie de moins de 3 tonnes dans les pays les plus pauvres à plus de 25 tonnes dans les pays riches,<sup>14</sup> soit un facteur de 8 à 10 pour les matériaux, et ce ratio peut être encore plus marqué pour l'énergie.

### 4.2. La tendance à « l'hyper-matérialité », transition énergétique et des tendances lourdes à la consommation de matériaux

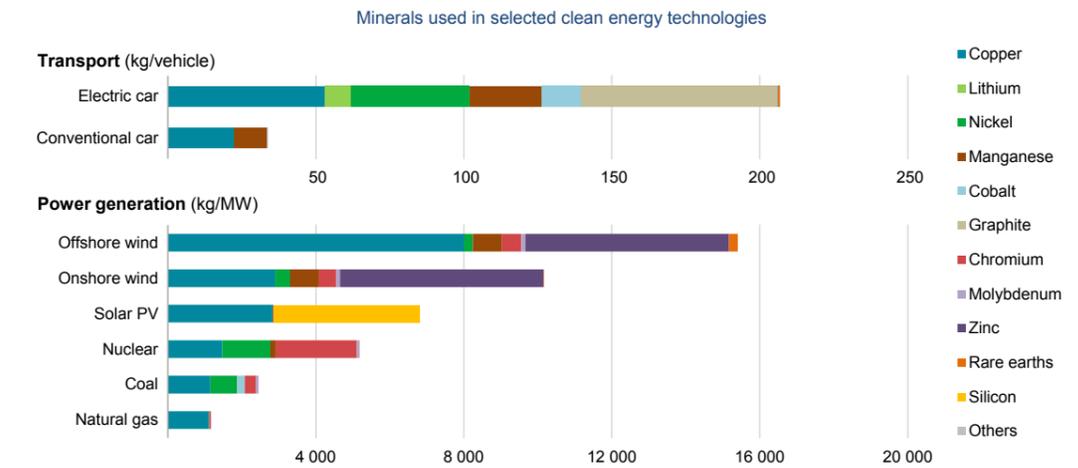
Nous avons évoqué dans le premier chapitre la tendance à consommer de plus en plus de matières premières lorsque nos sociétés se complexifient et se numérisent. Il y a également une tendance à créer des objets toujours plus complexes et élaborés qui marient beaucoup d'éléments dans un seul objet.

L'un des grands changements de paradigme qui engagera une forte pression sur les minerais, et sur les métaux surtout, est la **transition énergétique**. Dans son rapport de 2021, l'Agence internationale de l'Énergie a détaillé les besoins en matériaux que nécessite le passage d'un système d'approvisionnement énergétique basé sur les énergies fossiles à un système bas-carbone avec des énergies renouvelables (photovoltaïque et éolien), des batteries et des véhicules électriques.

Une voiture électrique (VE) typique nécessite six fois plus de matériaux qu'une voiture conventionnelle. Pour ce qui concerne les capacités de production électrique, il convient d'y ajouter l'acier et l'aluminium pour compléter la figure ci-dessous<sup>15</sup> :

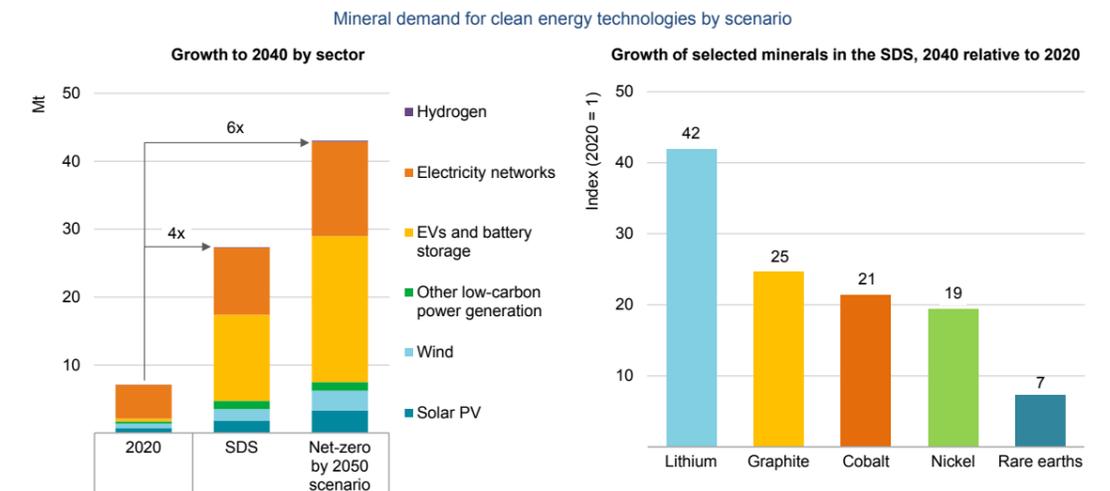
- On constate que les énergies renouvelables (solaire, éolien) sont beaucoup plus intensifs en métaux par MW installé que les filières conventionnelles (nucléaire, gaz, charbon). En général, elles nécessitent 3 à 10 fois plus de métaux critiques par MW installé que les filières conventionnelles.
- L'éolien offshore est particulièrement gourmand en cuivre, acier, aluminium et terres rares (néodyme, dysprosium) tandis que le solaire photovoltaïque (PV) nécessite beaucoup d'aluminium et de cuivre, ainsi que du silicium et de l'argent.
- Le nucléaire et l'hydroélectricité consomment beaucoup de béton mais peu de métaux et de matériaux critiques par MW installé. Les centrales à gaz et à charbon nécessitent relativement peu de métaux et de minerais par MW installé.

## The rapid deployment of clean energy technologies as part of energy transitions implies a significant increase in demand for minerals



Notes: kg = kilogramme; MW = megawatt. Steel and aluminium not included. See Chapter 1 and Annex for details on the assumptions and methodologies. IEA. All rights reserved.

## Mineral demand for clean energy technologies would rise by at least four times by 2040 to meet climate goals, with particularly high growth for EV-related minerals



Notes: Mt = million tonnes. Includes all minerals in the scope of this report, but does not include steel and aluminium. See Annex for a full list of minerals. IEA. All rights reserved.

Les types de matières utilisés varient selon la technologie. Le lithium, le nickel, le cobalt, le manganèse et le graphite sont essentiels à la performance, la longévité et la densité énergétique des batteries. Les terres rares sont indispensables pour les aimants permanents des éoliennes et des moteurs de VE. Les réseaux électriques nécessitent d'énormes quantités de cuivre et d'aluminium, le cuivre étant la pierre angulaire de toutes les technologies liées à l'électricité.

Le passage à un système énergétique décarboné entraînera une forte hausse des besoins en ces métaux, faisant du secteur de l'énergie un consommateur majeur des marchés miniers. Jusqu'au milieu des années 2010, l'énergie représentait une

faible part de la demande totale pour la plupart des matières premières. Mais à mesure que les transitions énergétiques s'accroissent, les technologies propres deviennent le segment de la demande connaissant la plus forte croissance.

Dans un scénario compatible avec les objectifs de l'Accord de Paris, la part de la demande totale couverte par les technologies renouvelables dépasse 40 % pour le cuivre et les terres rares, 60 à 70 % pour le nickel et le cobalt, et presque 90 % pour le lithium d'ici vingt ans. Les VE et le stockage par batterie ont déjà dépassé l'électronique grand public comme premier débouché du lithium, et devraient supplanter l'acier inoxydable comme principal usage du nickel d'ici 2040.<sup>16</sup>

<sup>11</sup> United Nations (2024). World Population Prospects 2024: Summary of Results. UN DESA/POP/2024/TR/NO. 9. New York: United Nations, [population.un.org/wpp/assets/Files/WPP2024\\_Summary-of-Results.pdf](https://population.un.org/wpp/assets/Files/WPP2024_Summary-of-Results.pdf)

<sup>12</sup> ONU, World Urbanization Prospects 2018 et révisions ultérieures

<sup>13</sup> V. Smil, Growth, From microorganisms to megacities, MIT Press, 2019, p.396

<sup>14</sup> Global Material Flows Database, International Resource Panel, 2019, pp. 26-27, [gro24\\_full\\_report\\_1mar\\_final\\_for\\_web.pdf](https://www.irep.org/gro24_full_report_1mar_final_for_web.pdf)

<sup>15</sup> IEA, The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, 2024, p. 6, [The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions](https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions)

<sup>16</sup> IEA, The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, 2024, p. 9, [The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions](https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions)

La transition vers les technologies propres va entraîner une multiplication par quatre des besoins en matières premières pour ces technologies d'ici 2040 dans un scénario compatible avec l'Accord de Paris, et par six dans un scénario de neutralité carbone mondiale à 2050.

La demande de lithium pourrait être multipliée par plus de 40, celle de graphite, cobalt et nickel par 20 à 25 et les terres rares par 7. Les réseaux électriques entraîneront un doublement de la demande de cuivre pour les lignes électriques. La demande de métaux pour la production d'électricité bas carbone triplera d'ici 2040, l'éolien (notamment offshore) étant le principal moteur de la consommation, suivi du solaire photovoltaïque.

Les trajectoires de demande sont soumises à de grandes incertitudes technologiques et politiques. Par exemple, la demande de cobalt pourrait être multipliée par 6 à 30 selon l'évolution des chimies de batteries et des politiques climatiques. Les terres rares pourraient voir leur demande multipliée par 3 à 7 selon le type d'éoliennes privilégié et la vigueur du soutien politique.

Les technologies exploitant les sources d'énergies renouvelables deviennent donc le principal moteur de la demande pour la plupart des matières premières dans un monde bas-carbone : leur part dans la demande totale atteindra plus de 40 % pour le cuivre et les terres rares, 60 à 70 % pour le nickel et le cobalt, et presque 90 % pour le lithium d'ici 2040.<sup>17</sup>

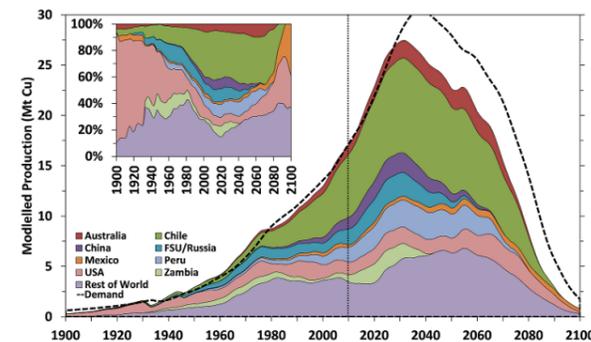
## 5. Ressources, la gestion du stock de ressources minérales

### 5.1. Risque de rupture d'approvisionnement sur les matières premières minérales ?

Vu les quantités incroyables que nous retirons de la géosphère et au vu les quantités invraisemblables que l'humanité va retirer encore dans les prochaines décennies, le lecteur se dira que la question de la pénurie n'est pas loin, à tout le moins pour les minerais les plus sollicités. C'est aussi ce que pense nombre d'intellectuels de la sobriété et des tenants de l'écologie politique. Nous connaissons la formule qui s'applique à la macroéconomie « une croissance infinie dans un monde fini est impossible » et elle est très facilement transposée à l'extraction des matériaux.

### 5.2. La notion de pic : une mauvaise connaissance de la géologie

C'est pour ces raisons que l'on retrouve périodiquement dans des publications des courbes semblables au pic du pétrole qui prédisent une décline de la production après un pic de production. **Le gros problème de ces projections est qu'elles ignorent la plupart du temps le fonctionnement de la géologie qui ne doit pas se réfléchir comme un stock connu et figé qui n'aura pour destin que d'être consommé jusqu'à ce que son prix la rende hors de portée.**



Source : Northey et al., 2014, Modelling future copper ore grade decline based on a detailed assessment of copper resources and mining

Le type de graphique comme celui-ci ne tient pas compte de toute une série d'enjeux comme l'exploration, l'innovation technique et l'évolution de l'industriel minière, l'incitant du prix de la matière visée et les nouveaux types de ressources qui peuvent apparaître.

Ainsi, on pourra parler de pic dans la géologie uniquement si l'ensemble des critères ci-dessus sont complètement arrêtés et en statut quo (exploration, évolution des technologies, etc.).<sup>18</sup>

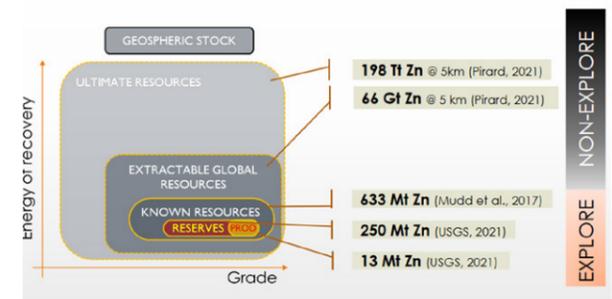
### 5.3. Ressources connues // Ressources globales exploitables

Il est important de bien comprendre qu'il y a dans les faits très peu d'exploration minière en dehors des entreprises minières et de certains bureaux nationaux de géologie. Et, dans les faits, une industrie minière travaille en général avec un horizon de 20 ans. C'est-à-dire que quand elle atteint ce volume de production estimé pour les 20 prochaines années, elle arrête de chercher de nouveaux gisements.

Et quand on compile ces données du secteur industriel concerné (ici le zinc), nous disposons alors des ressources connues de l'industrie, une réserve qui est le sous-ensemble directement exploitable après les mines effectivement

en production. L'exploitant pilote une mine avec cet horizon qui est surtout conditionné par des considérations économiques : il sait où se trouvent les gisements et globalement quelles sont leurs teneurs dans la matière souhaitée. A cet horizon, il est capable de savoir par quels processus les matières concernées seront extraites et comment l'aval de la chaîne pourra le raffiner. Cela permet aussi à l'entreprise minière de voir assez clairement son cycle d'investissement (amortissement du matériel) et l'évolution des prix sur son marché.

Si l'on prend le cas particulier du zinc<sup>19</sup>, les modélisations les plus récentes analysent la disponibilité future du zinc à l'échelle mondiale en combinant l'analyse des flux de matières, l'état des ressources connues et des scénarios d'exploration. A partir de là, une estimation des ressources extractibles globales de zinc est possible en tenant compte de la profondeur d'exploration actuelle et future (jusqu'à 5 km), et du potentiel de recyclage.



Nous voyons dans le graphique que, selon les hypothèses, les ressources mondiales extractibles de zinc varient de **25 à 66 milliards de tonnes (Gt Zn)**, alors que les ressources connues à ce jour (633 millions de tonnes) ne représentent que **1 à 2,5 %** du potentiel extractible estimé. En prenant l'ensemble des gisements dans le stock géologique, on atteint des ressources ultimes allant jusqu'à 198 milliards de tonnes de (Tt Zn) toujours à une profondeur de 5 km.

Aujourd'hui, les gisements que nous exploitons sont très majoritairement présents dans les 300 premiers mètres de la terre. Quelques rares mines (Mponeng, Laronde, etc.) se situent à 3 ou 4 km mais c'est tout à fait exceptionnel. Au stade actuel de notre technologie, les 5 premiers km sont déjà exploitables (à des températures de 150 degrés).

La plupart des ressources connues sont constituées de gisements exploités majoritairement dans les 300 premiers mètres de la croûte terrestre. Dans les faits, la géologie, jusqu'à présent, n'a fait que gratter la surface. La majorité de la croûte terrestre nous est encore largement inconnue, parce qu'elle est sous-explorée. En conséquence, la pénurie n'est pas un risque géologique à court ou moyen terme alors que l'accessibilité économique, technique et géopolitique restent les principaux enjeux.

Ainsi, comme l'explique Eric Pirard : « si vous aviez l'opportunité de payer des géologues avec des crédits illimités pour explorer la croûte terrestre jusqu'à 5 kilomètres, ils vous trouveraient d'innombrables gisements qui permettraient des centaines voire des milliers d'années d'exploitation aux cadences actuelles. Mais personne ne va faire une chose pareille. »<sup>20</sup>

Contentons-nous de dire que la croûte terrestre est épaisse de 15 à 20 kilomètres alors que les mines très profondes, extrêmement rares, font au mieux 3 ou 4 kilomètres de longueur. Sans même compter que, au total, le diamètre de la terre est de 13.500 kilomètres... Profondeurs techniquement inaccessibles aujourd'hui il est vrai. Mais les matières premières sont bel et bien là.

Notons par ailleurs que ce qui est recensé, ce sont les gisements avec un haut taux de concentration du minerai considéré, c'est-à-dire ceux qu'on estime intéressants d'exploiter en priorité. On ne recense pas (encore) ceux dont le taux de concentration est plus faible. Ainsi, il y a du cuivre dans mon jardin. Dans une mine de cuivre, il y a évidemment un taux de concentration de cuivre 300 fois supérieur et, dès lors, il n'y a aucun intérêt à aller retourner le jardin d'un particulier et ceux de ses voisins afin d'aller trouver du cuivre. Imaginons que toutes les mines de cuivre soient vidées, on n'ira pas en chercher dans les jardins pour la bonne raison que, entre ces gisements et ces jardins, il y a quantité d'autres gisements avec une concentration 10 fois, 20 fois, 50 fois, 100 fois, 200 fois, 250 fois, etc. plus importante que celle de ces derniers.

Il y a donc la possibilité d'exploiter énormément de matières premières au rythme même avec les tendances actuelles. Pour autant, l'abondance apparente de ces gisements ne dispensent pas d'investir rigoureusement à la fois dans l'exploration, dans l'exploitation et dans la manière dont nous utilisons ces matières premières.

L'abondance n'exclut pas la pondération et la mesure.

<sup>17</sup> Ibid. pp 6-10

<sup>18</sup> Eric Pirard, présentation au Forum de l'écologie libérale, slide 17, 9 mai 2023

<sup>19</sup> Leon Rostek, Eric Pirard, Antonia Loibl, The future availability of zinc: Potential contributions from recycling and necessary ones from mining, Resources, Conservation & Recycling Advances, Volume 19, 2023, 200166, ISSN 2667-3789, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266737892300038X>

<sup>20</sup> Eric Pirard, Eric Pirard, présentation au Forum de l'écologie libérale, slide 18, 9 mai 2023

# III. UNE RESSOURCE TRÈS PARTICULIÈRE : LES TERRES RARES

Dans cette fringale pour les métaux, l'humanité est devenue particulièrement vorace d'une espèce métallique assez particulière : les terres rares.

Pour rappel, les terres rares (TR) constituent un groupe de 17 métaux aux propriétés relativement similaires. Il comprend l'yttrium (Y), le lanthane (La) et les 14 autres lanthanides. Parfois, on leur adjoint le scandium. Les terres rares constituent un groupe de métaux stratégiques. Ces 17 éléments se retrouvent « en traces » (c'est-à-dire en quantité infimes) dans les minéraux de nombreuses roches.

**Les terres rares sont des éléments chimiques dotés de propriétés fabuleuses.** Ces derniers sont au cœur des technologies renouvelables, électriques et électroniques de la transition énergétique et de la révolution numérique. Notamment dans les batteries de nos véhicules, dans les super-aimants de nos éoliennes, mais également dans nos ordinateurs, tablettes, smartphones, etc. Sans terres rares, nos GSM auraient le volume d'une brique de lait et ne disposeraient pas de nombreuses fonctionnalités telles que la couleur luminescente et le vibreur.

Le problème, c'est que la Chine extrait aujourd'hui, selon les estimations, de 63 à 70% de ces terres rares mais en raffine plus de 90% des terres rares dans le monde. Elle instrumentalise politiquement cette position de force pour pratiquer un dumping environnemental et social. Le problème, c'est aussi que la sortie des énergies fossiles n'est possible qu'à la condition que des technologies bas-carbone prennent le relais et que ces technologies nécessitent une intensification drastique des activités minières qui ont un impact encore très négatif sur l'environnement.

Sommes-nous en train de remplacer notre dépendance aux énergies fossiles (pétrole, gaz, etc.) par une autre forme de dépendance (métaux et terres rares) tout aussi contraignante ? En désirant nous affranchir de la pollution, du caractère fini des ressources fossiles et des contraintes géopolitiques, ne sommes-nous pas en train de reproduire exactement le même scénario mais à un autre niveau ?

## 1. L'importance cruciale des terres rares dans notre économie

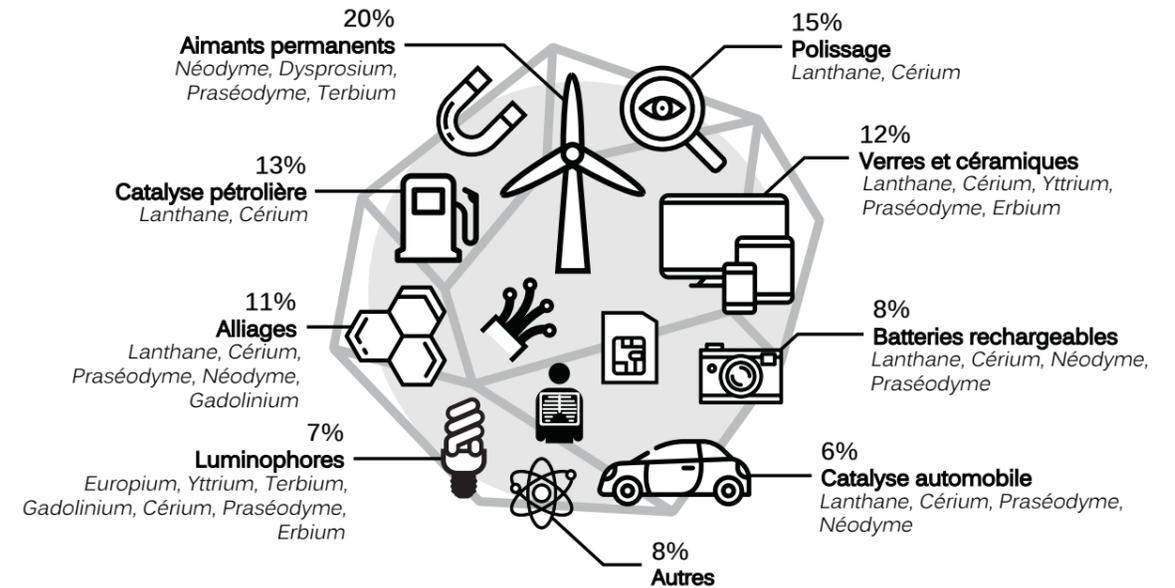
### 1.1. Utilité des terres rares

Selon le professeur Eric Pirard, l'utilisation des métaux va de pair avec le développement technologique. Tout le monde connaît l'âge de fer, l'âge de bronze, etc. L'invention de l'électricité implique l'utilisation massive de cuivre. Dans l'après-guerre, l'aluminium va s'imposer dans de multiples usages. L'utilisation du lithium démarre vraiment dans les années 80-90 avec les batteries au lithium. C'est à partir des années 90 que les terres rares deviennent une ressource très précieuse avec, notamment, la multiplication des écrans rétroéclairés. Aujourd'hui, chaque habitant de la planète consomme en moyenne 17 grammes de terres rares par an.<sup>21</sup> Cela semble dérisoire mais ces matériaux sont dotés de propriétés exceptionnelles qui, ces dernières décennies, ont véritablement changé le monde dans lequel nous vivons.

Les deux principaux usages des terres rares sont les suivants :

- les technologies numériques ;
- les technologies vertes (Green Tech).

Notons, à titre indicatif, qu'il faut utiliser jusqu'à une tonne de terres rares pour faire fonctionner une éolienne (de 5 MW). Pour une éolienne d'1 MW, il faut 600 kilos d'aimants (contenant 31% de terres rares) et une éolienne offshore (de 7 MW de puissance) nécessite plus d'une tonne de terres rares (néodyme). Une voiture nécessite des aimants permanents pour fiabiliser ses performances en matière de direction et de freinage par exemple. Il faut évidemment des terres rares (entre 1,2 et 3,5 kg) dans les batteries et moteurs des véhicules électriques et hybrides. Il faut 4,5 grammes de terres rares dans chaque ordinateur (4,2 grammes de néodyme et 0,3 grammes de dysprosium).



Parmi les 17 terres rares, voici la liste des 15 principales : lanthane, cérium, praséodyme, néodyme, samarium, europium, gadolinium, terbium, dysprosium, holmium, erbium, thulium, yttrium, lutétium et yttrium. Les utilisations sont variées. Les aimants permanents représentent notamment 20% de leur consommation en tonnage et plus de 50% de la valeur totale du marché (cf Panorama 2014). © BRGM

### 1.2. Principaux secteurs d'utilisation des terres rares

Les terres rares sont utilisées principalement dans :

- les **aimants permanents** : ces derniers se retrouvent dans les moteurs et générateurs électriques ainsi que dans les dispositifs électroacoustiques. Ils permettent des gains de poids ou une miniaturisation significative par rapport aux anciennes générations d'aimants. Ils sont présents dans les génératrices d'éoliennes, les automobiles (moteurs très compacts et très utiles pour les voitures électriques), les microordinateurs, les appareils nomades, etc
- les **polisseurs** dont la plus grande part de marché concerne les écrans de tous types (écrans plats des téléviseurs et ordinateurs, smartphones, tablettes, etc.) ;
- la **catalyse du craquage des pétroles lourds** : c'est la principale utilisation du lanthane ;
- la **catalyse automobile** : les pots catalytiques sont tapissés d'alumine et d'oxyde de cérium revêtus de microparticules de métaux du groupe du platine ;
- les **composantes optoélectroniques (LED, diodes, etc.)** nécessitent de l'indium ;
- les **industries du verre et des céramiques** consomment des terres rares, essentiellement pour la coloration, mais aussi pour la décoloration, la résistance au brunissement, l'augmentation de l'indice de réfraction (optique), la résistance à l'altération par des rayons UV ;
- les **luminophores** sont utilisées dans un grand nombre d'applications : systèmes d'affichage des écrans (à base d'europium et d'yttrium) de télévision, ordinateurs et autres appareils électroniques, éclairages domestiques (terbium), publics et commerciaux (ampoules fluocompactes, enseignes publicitaires, etc.) ;
- les **lasers**, largement utilisés dans les domaines militaires (communication, guidage de missiles), en médecine de précision (dentisterie, dermatologie, ophtalmologie), dans la recherche sur la fusion nucléaire, dans la communication longue distance (fibres optiques), dans la découpe industrielle (joaillerie et coupe de haute précision), dans l'informatique, les loisirs multimédias (stockage de données) et le spectacle.
- l'**imagerie IRM** nécessite le gadolinium. Certains isotopes radioactifs d'autres éléments des terres rares, synthétisés en laboratoire, servent à traiter certains cancers ;
- dans l'**industrie nucléaire**, le samarium, l'europium, le gadolinium et le dysprosium absorbent des neutrons et sont ainsi utilisés, en faible quantité, dans des barres de contrôle des réacteurs nucléaires ;
- dans le domaine de la **défense**, les diverses applications des terres rares se retrouvent dans les dispositifs suivants : guidage lasers de munitions, missiles de croisière, détection des mines sous-marines, systèmes de communication, mécanismes de commande en aviation, systèmes de radars et sonars, lunettes de vision nocturne (infrarouge), etc.

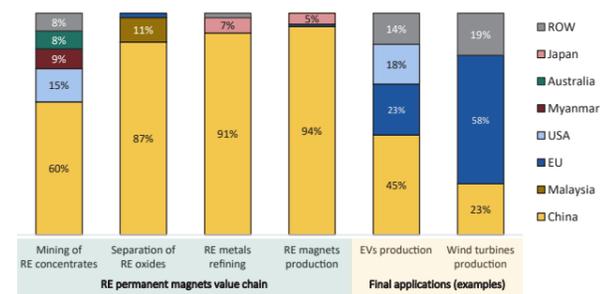
<sup>21</sup> G. Pitron, *La guerre des métaux rares. La face cachée de la transition énergétique et numérique*, Editions, Les Liens qui Libèrent, 2018, p.113

### 1.3. Qui domine le marché des terres Rares ?

Il existe des ressources de terres rares un peu partout dans le monde. Mais, la Chine s'est taillé la part du lion dans la production. Cela n'a pas toujours été le cas. **Dans les années 1980, l'entreprise française Rhône Poulenc, dans son usine de La Rochelle en Charente-Maritime, purifiait annuellement 8 à 10.000 tonnes de terres rares, soit plus de 50% du marché mondial.**

Concrètement, les terres rares sont toujours en famille dans les mêmes minerais et au sein du même minéral. Il n'y a donc pas une mine d'europium ou une mine de néodyme... mais une mine (en l'occurrence, la fameuse mine de Bayan Obo en Chine) qui produit des concentrés de terres rares. Cette mine produit à elle-seule environ 45% des terres rares dans le monde. C'est le plus grand site au monde pour ce minéral.

Rare earths permanent magnets value chain and final applications, geographical concentration



Own design based on: USGS (2022); IEA (2021); Gauss et al. (2021); King (2022); CMA UK (2022).

Comme l'indique clairement ce graphique,<sup>22</sup> la Chine est assurément le pays qui produit le plus de terres rares. Même si « seulement » 60% de ces matériaux sont extraits du sol chinois, on constate que les Chinois traitent et raffinent près de 90% de la production mondiale. Ce qui place de facto les autres pays sous la dépendance économique de la Chine relativement à cette matière stratégique.

### 1.4. Comment la Chine a-t-elle réussi ce tour de force ?

Il convient de rappeler que la production de terres rares cause des dégâts environnementaux pour le territoire hôte. Ces minerais sont difficiles à purifier et les nuisances environnementales s'intensifient quand une grande quantité est extraite et raffinée. Ainsi, une entreprise comme Molycorp, qui assurait aux Etats-Unis son leadership dans les années 70-80<sup>23</sup> ou encore l'entreprise française Rhône-Poulenc de la Rochelle<sup>24</sup> ont dû faire face à plusieurs

scandales environnementaux dans ces années-là. Au fil du temps, elles ont rencontré de plus en plus de résistances des populations locales et des associations environnementales qui s'inquiétaient des impacts sur la faune et la flore locales. Cet élément a été déterminant dans la délocalisation de cette industrie polluante.

**A côté de cet aspect environnemental, la Chine a mené concomitamment une redoutable politique de dumping** pour s'imposer comme un acteur prépondérant du marché des métaux rares.<sup>25</sup> Il s'agissait en fait d'un double dumping : environnemental et économique.

- Sur l'aspect économique, elle détenait une part significative des gisements de terres rares estimés (33 à 40%) à l'origine. Cela lui a permis de s'appuyer sur ses propres réserves pour casser les prix de production sur le marché mondial ;
- **Sur l'aspect environnemental, elle a poursuivi une stratégie peu regardante envers son propre environnement et ses citoyens sur place.** De fait, les coûts environnementaux inhérents à une telle industrie n'ont pas été intégrés dans les prix des matières premières mis sur le marché. A contrario, les entreprises occidentales étaient en prise à des coûts environnementaux de plus en plus grands.

Ces deux éléments, couplés au fait que la Chine bénéficie d'une **main d'œuvre peu chère**, ont eu pour conséquence que les entreprises occidentales n'ont jamais pu aligner leurs prix sur les prix chinois. Ce double-dumping a parfaitement fonctionné puisque, « en 2002, le prix de revient moyen d'un kilo de terres rares produit en Chine était de 2,8 dollars, soit deux fois moins qu'aux Etats-Unis. »<sup>26</sup>

La Chine ne s'est pas contentée d'écraser un à un ses concurrents sur le marché. Tout en poursuivant sa politique visant à mettre les groupes miniers occidentaux en difficulté financière en compromettant leur rentabilité, elle a poursuivi une politique industrielle active en incitant « les industries à localiser en Chine les usines qui utilisent les terres rares au travers d'une politique de remboursement de taxes et d'octroi de prêts à taux intéressants. »<sup>27</sup> Les conséquences sont que « en 2010, à la veille du « choc des terres rares » (augmentation des prix de plus de 2.000 % pour certains éléments de terres rares courant 2011), la Chine détenait 97 % de la production mondiale de terres rares. »<sup>28</sup>

Depuis qu'elle dispose d'un quasi-monopole dans ce marché, la Chine entend tirer parti de cette position d'acteur incontournable pour consolider son industrie tout d'abord et travailler à satisfaire sa volonté accrue de jouer un rôle en tant que puissance mondiale ensuite.

22 Source : Roskill 2018; Adamas Intelligence 2019; Peteves 2017; Carrara et al. 2020, <https://cdn.ceps.eu/wp-content/uploads/2023/07/CEPS-In-depth-analysis-2022-07-Supply-chain-for-recycled-rare-earth-permanent-magnets-1.pdf>, <https://ig.ft.com/rare-earths/>

23 Guillaume Pitron, *La Guerre des métaux rares*, op. cit, pp. 88-89

24 Pour ceux qui souhaitent avoir de plus amples informations sur l'histoire de cette industrie française qui purifiait 8.000 à 10.000 tonnes de terres rares en 1980, soit environ 50% de la production mondiale, et dont la branche chimie a fusionné avec le groupe Solvay en 1998, nous les invitons à consulter le livre de Guillaume Pitron à partir de la page 93.

25 *Ibid.*, p. 91

26 *Ibid.*, p. 93

27 C. Zhanheng, « Rare earth protection plan », in China Daily, 28 mai 2011, [http://www.chinadaily.com.cn/opinion/2011-05/28/content\\_12596658.htm](http://www.chinadaily.com.cn/opinion/2011-05/28/content_12596658.htm) cité dans Pirard, une mine d'or dans votre poche, page 34

28 Rémy Sabatier, « Terres rares : quelle stratégie française ? », Tribune, IRIS, 22 mars 2016, p. 2

## 2. Les réserves de terres rares vont-elles s'épuiser ?

### 2.1. Les terres rares ne sont pas rares

Les terres rares sont dites rares non pas parce qu'elles seraient en quantité très limitée sur la terre ou parce qu'elles seraient très faiblement concentrées mais parce que plusieurs sortes d'entre elles se retrouvent dans le même gisement. Comme chaque terre rare a des propriétés spécifiques, le fait de les séparer exige de complexes, lentes, fastidieuses et coûteuses opérations de raffinage et de purification ainsi que l'explique le professeur Koen Binnemans de la KULeuven.

Il y a aussi des terres rares un peu partout mais en quantité très faiblement concentrées. Elles ne sont généralement pas présentes en quantités commercialement exploitables et sont difficiles à séparer.

On les a aussi qualifiées de « rares » parce qu'en raison même de leur éparpillement, on les a découvertes très tardivement. Certaines terres rares sont même plus abondantes que certains métaux industriels : il y a, par exemple, plus de cérium que de cuivre dans l'écorce terrestre.

Le mot « terres » était utilisé en français à l'époque pour désigner les « oxydes ». Il existe une forte affinité entre les différentes terres rares, ce qui les rend difficile à séparer. Par le passé, on les utilisait dès lors sous forme d'un mélange qu'on appelait « mischmetal » (« terres mélangées » en allemand). Ce n'est qu'en 1950 que des procédés ont permis de produire de manière industrielle et différenciée ces différents métaux.<sup>29</sup>

Les terres rares sont-elles rares ? Dans l'absolu, non. **Ces éléments très spécifiques sont présents partout. Y compris dans notre jardin.** Même dans un jardin modeste, il y a moyen, selon le professeur Eric Pirard, si on prélève et examine toute la terre sur une profondeur d'un mètre, de trouver largement de quoi satisfaire quasiment tous les besoins en terres rares du ou de la propriétaire du jardin tout au long de sa vie. Chaque morceau de roche contient en effet tout le tableau périodique. Il y a même les quelques grammes nécessaires à la confection de 2 alliances en or. Mais, bien évidemment, le travail et l'énergie qui devraient être mobilisés pour extraire ces matériaux pour une si petite quantité rend cette option impayable.

Dans le cadre d'une activité industrielle, cependant, l'homme ne s'intéresse qu'aux gisements de terres rares qui se présentent dans des concentrations dites « anormales », c'est-à-dire qui sont de 500 à 1.000 fois plus concentrées que dans les terrains normaux. De tout temps, l'homme s'est focalisé sur les « anomalies géologiques » car c'est là qu'il était le mieux récompensé dans ses efforts d'extraction. Mais, aujourd'hui, les technologies permettent d'exploiter des gisements où les quantités sont beaucoup moins concentrées.

Quoi qu'il en soit, on le verra, il existe partout dans le monde des zones où les métaux rares sont plus concentrés. Y compris en Europe.

### 2.2. La triple « criticité » des terres rares

**Les terres rares ne sont pas « rares » mais elles ne sont pas pour autant facilement accessibles.**

Le problème, selon le professeur Eric Pirard, ce n'est « pas la pénurie mais l'incurie ».<sup>30</sup> Le problème, en résumé, ce ne sont pas les ressources en tant que telles mais l'accès à ces dernières. Si l'accès à certains métaux est devenu plus compliqué, c'est en raison d'une certaine désinvolture de l'Union Européenne, laquelle a progressivement abandonné ce secteur industriel et délocalisé son savoir-faire. Ce mouvement avait déjà été entamé avant même 1900 pour le zinc mais cette désertion s'est surtout opérée au siècle passé. On a fermé nos mines. On a délocalisé la production car on voulait éviter les inconvénients environnementaux. On a laissé les Chinois se constituer un monopole de production.

Il n'y a donc pas de pénurie en vue (au sens d'un stock insuffisant de terres rares sur notre planète par rapport à nos besoins). En revanche, il existe une triple criticité des terres rares, bien que cette notion doivent surtout être considérée comme géopolitique avant tout :

- géologique
- géopolitique
- économique

Notons que la notion de « criticité » doit être vue comme une situation en un lieu et un point donné. Je le répète, c'est une notion essentiellement géopolitique. Ce qui entraîne qu'elle n'est pas statique mais dynamique. Beaucoup de facteurs peuvent faire évoluer cette triple criticité (explorations, exploitations, inventions, découvertes technologiques, politique industrielle, traités commerciaux, alliances diplomatiques, etc.).

Développons ces trois aspects.

D'un point de vue **géologique**, on l'a dit, tous les métaux ne sont pas présents partout avec le même degré de concentration. D'autant plus que ces métaux ne se trouvent généralement pas dans la nature de manière isolée. Les terres rares sont souvent associées dans la nature aux métaux les plus abondants. On dit de ces métaux qu'ils sont des « co-produits ». Ils ne sont obtenus que suite au raffinage d'un métal majeur. Ainsi, le gallium est toujours extrait avec l'aluminium; l'indium avec le zinc, la tellure avec le cuivre, etc. Il n'y a pas de mines d'indium, de gallium et de tellure car cela ne serait pas rentable. L'ouverture d'une mine se justifie économiquement quand le métal principal est exploité.

29 Ph. Bihouix et B.de Guillebon, *Quel futur pour nos métaux ?*, EDP Sciences, 2010, p.196

30 E. Pirard, Terres rares et métaux critiques : pénurie ou incurie ?, exposé à l'Académie Royale de Belgique, Academie.tv, 6 novembre 2013 <https://lacademie.tv/conferences/terres-rares-et-metiaux-critiques-penurie-ou-incurie>

La présence d'une matière première est un facteur à prendre en compte dans le développement économique d'une région. Ainsi, la Wallonie s'est développée industriellement en raison de la présence de charbon, de fer et de zinc. Cette industrialisation lui a permis à son tour de se développer dans les secteurs mécanique et aéronautique.

D'un point de vue **géopolitique**, une matière première est plus ou moins accessible en fonction des rapports existants entre l'Etat qui produit et celui qui achète ce dernier. C'est, on l'a dit, la Chine qui produit 90% de la production mondiale des terres rares. Dès lors - et on en parlera plus amplement dans la suite de cette étude - l'Occident est ici dépendant de la Chine. La déclaration chinoise, il y a quelques années, selon laquelle ce pays allait limiter ses exportations, a fortement fait réagir le monde occidental. Depuis ces alertes, la Chine a mis plusieurs fois la question des matières premières dans la balance lorsqu'il a fallu défendre ses intérêts, notamment dans l'actualité récente avec les hausses douanières imposées par l'Administration Trump. Dans l'Union Européenne, la question de notre dépendance aux matières premières critiques par rapport à la Chine figure en tête des agendas.

D'un point de vue **économique**, il importe de s'interroger sur le coût des matières premières qui vont servir à la production. Si certaines matières premières se raréfient, leur prix va monter. En ce cas, il faut, pour un producteur, réfléchir à des solutions alternatives. Plusieurs métaux sont « substituables », c'est-à-dire sont remplaçables par d'autres. Mais certains ne le sont pas. Ainsi, les super-aimants constitués de néodyme, de fer et de bore ont des propriétés exceptionnelles qu'on n'arrive pas à reproduire sans le néodyme. Dès lors, nos éoliennes sont totalement tributaires du néodyme qui provient lui-même à 95% de Chine. Non seulement les composantes de nos éoliennes dépendent de la Chine mais c'est également le cas de la plupart des green tech qui occupent une place de plus en plus importante dans notre mix énergétique.

### 3. Le paradoxe des métaux « sales » de l'énergie « propre »

#### 3.1. L'électrification des usages basé sur les énergies renouvelables

Nous faisons face ici au paradoxe majeur de l'économie dite verte. L'énergie « verte », tant vantée pour leur propriété par rapport aux énergies fossiles, nécessite des « green tech » qui, elles-mêmes nécessitent ces terres rares et métaux qui nécessitent l'extraction de milliers de tonnes chaque jour dans des mines (il y en a plus de 10.000 en Chine) qui polluent considérablement l'environnement.

Guillaume Pitron constate :

- les énergies propres requièrent des métaux rares dont l'exploitation est aujourd'hui polluante (pluies acides, rejet de métaux lourds, eaux polluées, sols contaminés, impact sur la santé des mineurs, ouvriers et riverains, etc.) ;
- les énergies vertes sont renouvelables mais utilisent, pour être produites, des technologies nécessitant des ressources non renouvelables ;
- les énergies vertes nécessitent des technologies qui génèrent des gaz à effet de serre.<sup>31</sup>

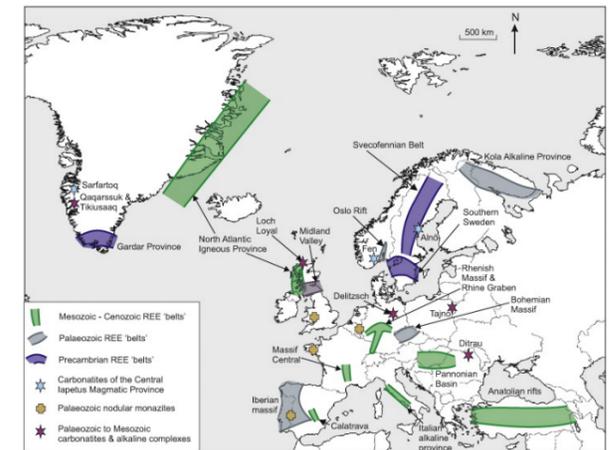
Quand on raisonne d'un point de vue écologique, il faut toujours penser au gain environnemental de la production d'une technologie green tech. Cela n'aurait évidemment pas beaucoup de sens que le dommage environnemental sur terre soit supérieur aux bénéfices que cette technologie apporte. Ainsi, un panneau photovoltaïque à base de silicium, occasionne, pour sa production, une dépense énergétique importante. On estime généralement qu'il faut 3 à 4 ans d'exposition intense à un soleil de 30 degrés pour qu'un panneau photovoltaïque produise au moins autant d'énergie par lui-même que la quantité d'énergie qu'il a nécessité lors de son usinage.

#### 3.2. Qu'en est-il des gisements de terres rares en Europe ?

**L'Europe n'a pas de mine exploitant de manière significative les terres rares mais elle possède plusieurs zones géologiques abritant des ressources en terres rares.** Où ? Au Groenland, en Norvège, en Finlande et en Suède. Il existe également des zones un peu moins riches en Serbie et en Grèce.<sup>32</sup>

Un sous-continent qui a particulièrement fait l'actualité lors de la prise de pouvoir de Donald Trump est le Groenland. Au Groenland, pour ce qui concerne les terres rares, on parle surtout de la mine de Kvanefjeld. Cette région autonome dépend du Danemark et abrite le cinquième gisement mondial d'uranium mais surtout le deuxième gisement mondial de terres rares. Voilà le vrai potentiel européen. Il n'est pas encore exploité car, jusqu'à récemment, l'extraction de l'uranium et des terres rares étaient légalement interdites dans cette région. Cette mine de Kvanefjeld pourrait traiter 3 millions de tonnes de minerai par an et employer 325 salariés locaux. Notons, fait significatif, que c'est qu'une société australienne et une société chinoise ont acquis la principale société d'exploitation.<sup>33</sup> Les pays européens devraient se montrer plus attentifs à garder la main sur ces gisements importants. Notons que cette question n'a même pas été évoquée alors que l'Administration Trump visait clairement ces enjeux miniers, en plus des aspects militaires.

De l'avis des spécialistes, ces gisements sont effectivement importants.<sup>34</sup> Cette carte représente les gisements de terres rares en Europe (Rare Earth Elements : REE). Il y a des « **ceintures** » (mésozoïque, précambrienne, paléozoïque, etc.), un « **bouclier** » (scandinave) et des **zones (carbonatites, monazites, pegmatites, etc.)** un peu partout en Europe. Il est clair, en résumé, que l'Europe possède des gisements qui pourraient sécuriser son propre approvisionnement en terres rares dans le futur. Mais elle a besoin d'affiner sa connaissance du sous-sol et de développer des technologies pour en assurer l'exploitation de manière pérenne et respectueuse de l'environnement.



Cette analyse d'une abondance de terres rares en Europe est confirmée par de nombreuses autres études : l'une d'entre elles identifie 270 gisements particulièrement riches en terres rares en Europe.<sup>35</sup> Et ce ne serait qu'un début car des enquêtes plus fines permettront sans doute de faire d'autres découvertes. **L'Europe doit s'efforcer de devenir auto-suffisante en production de terres rares.** A condition, néanmoins, de bien identifier les gisements et d'améliorer les techniques d'extraction.<sup>36</sup>

#### Faut-il ouvrir des industries minières de terres rares en Europe ?

Oui et cela pour plusieurs raisons :

- Les terres rares sont des éléments fondamentaux, au cœur de l'économie numérique et de la transition énergétique ;
- nos besoins actuels en terres rares sont énormes et vont augmenter considérablement dans le futur ;

- notre sécurité d'approvisionnement n'est pas garantie car nous sommes dans une situation de dépendance par rapport à un pays non démocratique, la Chine, qui viole les accords de l'OMC et qui utilise sa situation quasi-monopolistique sur ces terres rares, comme une arme économique et diplomatique ;
- les Etats-Unis, dans une situation comparable à la nôtre, font feu de tout bois pour mettre fin à cette situation de dépendance ;
- en achetant nos terres rares dans des régions du monde qui ne respectent pas des standards sociaux et environnementaux rudimentaires, nous nous rendons complices de l'exploitation humaine et de désastres écologiques ;

Les Européens ont, eux aussi, senti le souffle du boulet à plusieurs reprises lorsque la Chine a annoncé sa volonté de limiter ses exportations. Ils ont établi une liste des matières premières critiques. Ils ont déclaré leur volonté de faire respecter strictement les règles de l'OMC. Etc. Mais cette stratégie est restée plutôt défensive et n'a pas permis, jusqu'à maintenant, à réduire la situation de dépendance de l'Europe par rapport à la Chine.

**Pourtant, les géologues sont formels : l'Europe possède suffisamment de gisements de terres rares pour devenir auto-suffisante.** Elle possède des atouts de premier plan. La France est riche d'un domaine maritime de 10 millions de kilomètres carrés. Les Hollandais sont leaders mondiaux en matière de dragage. Plusieurs des plus grandes sociétés pétrolières mondiales, spécialisées dans l'exploration et l'exploitation, sont européennes. Il y a donc un vrai potentiel pour faire redécoller le secteur minier et industriel que l'Europe a laissé partir.

31 G. Pitron, *La guerre des métaux rares. La face cachée de la transition énergétique et numérique*, Editions, Les Liens qui Libèrent, 2018, pp.80 - 81

32 British Geological Survey, *Rare earth element deposits in Europe*, 2017, <http://www.eurare.eu/countries/home.html>

33 McGwin, K., *A decade on, a Greenland rare-earths mine is close to final approval*, arctictoday.com, September 5, 2018, <https://www.arctictoday.com/decade-greenland-rare-earths-mine-close-final-approval/>

34 K.M. Goodenough, J. Schilling, E. Jonsson & Co, *Europe's rare earth element resource potential: An overview of REE metallogenetic provinces and their geodynamic setting*, Ore Geology Review, January 2016 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169136815300755>

35 N. Charles, D. Guyonnet, J. Tuduri & J. Melleton, *Rare Earth Elements in Europe and Greenland: A geological potential? An overview*, Research Gate, August 2013 [https://www.researchgate.net/publication/258695038\\_Rare\\_Earth\\_Elements\\_in\\_Europe\\_and\\_Greenland\\_A\\_geological\\_potential\\_An\\_overview/link/0deec528cd396e2571000000/download](https://www.researchgate.net/publication/258695038_Rare_Earth_Elements_in_Europe_and_Greenland_A_geological_potential_An_overview/link/0deec528cd396e2571000000/download)

36. Turner, *Europe's rare earth deposits could shore up tech industry*, Horizon, The EU Research and Innovation Magazine, 9 March 2015 <https://horizon-magazine.eu/article/europe-s-rare-earth-deposits-could-shore-tech-industry.html>

# IV. EUROPE, UN SURSAUT RÉGLEMENTAIRE À CONCRÉTISER

## 1. Critical Raw Materials Act

Le 23 mai 2024, l'Union européenne s'est dotée d'un vrai outil réglementaire avec le Critical Raw Materials Act (CRMA). Cette législation marque un tournant stratégique par rapport aux initiatives précédentes, en fixant des objectifs quantitatifs contraignants pour 2030 :

- 10% des MPC consommées dans l'UE devront être extraites sur le sol européen,
- 40% devront être transformées dans l'UE,
- 25% devront provenir du recyclage.

Pour atteindre ces objectifs, la Commission européenne a labellisé 47 projets stratégiques répartis dans 13 pays, couvrant l'extraction, la transformation, le recyclage et la substitution de MPC (lithium, nickel, cobalt, manganèse, graphite, etc.).

Ces cibles représentent une ambition sans précédent comparée à la situation de 2020 où l'Europe ne disposait d'aucun cadre législatif aussi structuré.<sup>37</sup>

## 1.1. Les grands piliers de la stratégie européenne

### 1.1.1. Sécuriser et diversifier l'approvisionnement

L'UE vise à réduire sa dépendance à l'égard de quelques grands fournisseurs (notamment la Chine, qui concentre plus de 90% de certains métaux rares) en développant de nouveaux partenariats internationaux (ex : Canada, pays africains, Groenland) et en soutenant l'investissement dans des chaînes de valeur locales et étrangères

Aucun pays tiers ne devra fournir plus de 65% de la consommation annuelle européenne d'une matière première stratégique. C'est un défi considérable dans la mesure où les matières premières critiques sont très largement extraites et raffinées **en dehors de l'UE**. Et si celle-ci ne sera jamais autosuffisante dans toutes les ressources visées, elle vise à diversifier son approvisionnement.

Actuellement, pour certaines matières premières critiques, l'UE dépend uniquement d'un seul pays et notamment de la Chine.

## Principaux fournisseurs de matières premières critiques de l'UE:

Survolez les cercles bleus figurant sur la carte pour afficher les données



37 Conseil de l'Union européenne. (2025). Législation sur les matières premières critiques : enjeu, objectifs et perspectives pour l'autonomie stratégique de l'UE [infographie]. Consulté sur <https://www.consilium.europa.eu/fr/infographics/critical-raw-materials/>

De fait, alors que la plupart des points ci-dessous démontre une dépendance dans une ou deux matières (ex : Brésil = néobium à 92% ou Turquie pour le Bore (99%), l'antimoine (63%) et le Feldspath (51%)), il en va d'une toute autre ampleur pour la Chine qui lui fournit par exemple 100 % de l'approvisionnement de l'UE en terres rares lourdes, pour ne citer que cet exemple.<sup>38</sup>

### 1.1.2. Classification et Priorisation des Matériaux

L'acte identifie 34 matières premières critiques, dont 17 sont considérées comme stratégiques.<sup>39</sup>



Les matières premières stratégiques dans les terres rares lourdes et les terres rares légères: Nd, Pr, Tb, Dy, Gd, Sm et Ce.<sup>40</sup>

Cette classification dépasse largement les 20 matériaux critiques identifiés dans le document de base de 2020, reflétant une compréhension élargie des dépendances européennes<sup>41</sup>. L'objectif de ne pas dépendre à plus de 65% d'un seul pays tiers pour l'approvisionnement constitue une réponse directe aux leçons tirées de la crise géopolitique de 2010 et des récentes tensions avec la Chine<sup>42</sup>.

38 Ibid.

39 Ibid.

40 Ibid.

41 Pollutec Learn & Connect. (2025). Matières premières critiques : l'UE retient 60 projets stratégiques pour renforcer son approvisionnement. Consulté le 27 juin 2025 sur <https://learnandconnect.pollutec.com/matieres-premieres-critiques-lue-retient-60-projets-strategiques-pour-renforcer-son-approvisionnement/>

42 Commission européenne. (2025). Selected strategic projects under the Critical Raw Materials Act (CRMA). Consulté le 27 juin 2025 sur [https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/strategic-projects-under-crma/selected-projects\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/strategic-projects-under-crma/selected-projects_en)

43 Commission européenne. (2025). Garantir et diversifier l'accès aux matières premières dans l'UE : la Commission européenne sélectionne 47 projets stratégiques. Représentation en France de la Commission européenne. Consulté le 27 juin 2025 sur [https://france.representation.ec.europa.eu/informations/garantir-et-diversifier-lacces-aux-matieres-premieres-dans-lue-la-commission-europeenne-selectionne-2025-03-25\\_fr](https://france.representation.ec.europa.eu/informations/garantir-et-diversifier-lacces-aux-matieres-premieres-dans-lue-la-commission-europeenne-selectionne-2025-03-25_fr)

## 1.2. Que sont ces 47 projets stratégiques ?

En mars 2025, la Commission européenne a sélectionné 47 projets stratégiques localisés dans 13 États membres (dont la Belgique avec Umicore et la France) et 13 dans des pays hors UE (60 au total) pour renforcer l'autonomie de l'UE dans l'accès aux matières premières critiques.<sup>41</sup>

### 1.2.1. Portée et répartition des projets

- 25 projets d'extraction de matières premières sur le sol européen
- 24 projets de transformation (raffinage, purification, etc.)
- 10 projets de recyclage
- 2 projets de substitution de matières premières critiques

**Matières premières concernées :** 14 des 17 matières stratégiques listées dans le règlement CRMA, dont le lithium, cobalt, nickel, manganèse, graphite (essentiels pour les batteries), terres rares (pour les aimants permanents), bauxite/alumine/aluminium, bore, cuivre, gallium, germanium, magnésium, platinoïdes et tungstène.<sup>42</sup>

**Géographie :** Les projets sont répartis dans 13 pays de l'UE, avec une forte concentration sur les filières batteries et énergies renouvelables, mais aussi la défense et l'aérospatiale

**Investissement estimé :** 22,5 milliards d'euros pour rendre ces 47 projets opérationnels, avec un soutien coordonné de la Commission, des États membres et des institutions financières.<sup>43</sup>

### Chances de succès et défis

**Procédures accélérées :** Les projets bénéficient d'un traitement administratif accéléré (27 mois maximum pour l'extraction, 15 mois pour la transformation ou le recyclage) et d'un accès facilité aux financements européens. Cela vise à lever l'un des principaux freins historiques : la lenteur des autorisations.

**Critères exigeants :** Les projets doivent répondre à des critères techniques stricts, démontrer leur faisabilité, respecter les normes environnementales, sociales et de gouvernance de l'UE, et présenter des avantages transfrontaliers pour l'ensemble du marché européen.

**Défis : Acceptabilité locale** (certains projets, comme une mine de lithium en Serbie, suscitent déjà une forte opposition locale ou des ONG environnementales).

**Complexité technique et économique** : la réussite dépendra de la capacité à surmonter les difficultés liées à l'extraction, au traitement ou au recyclage de matériaux complexes, souvent dans des contextes géologiques ou industriels nouveaux pour l'Europe.

**Volatilité des marchés** : la rentabilité de certains projets dépendra des prix mondiaux des matières premières et de la stabilité des politiques européennes.

### 1.2.2. 3.1.2.2. Conclusion :

Les 47 projets labellisés par l'UE constituent le cœur de la nouvelle politique industrielle européenne pour les matières premières critiques. Ils couvrent toute la chaîne de valeur (extraction, transformation, recyclage, substitution) et sont conçus pour répondre aux besoins croissants de l'économie bas-carbone et numérique.

Il est encore trop tôt pour se prononcer sur les impact de cette législation. Son succès dépendra de la capacité collective à accélérer les procédures, mobiliser les investissements nécessaires et atteindre un horizon de rentabilité et combinant un niveau acceptable d'acceptabilité sociale et environnementale. Si ces conditions sont réunies, ils pourraient marquer un tournant pour la souveraineté industrielle et énergétique de l'Europe.

## 2. Le « Deep sea mining » ou exploitation des nodules polymétalliques

Vu l'immensité de nos besoins actuels et futurs, pourquoi ne pas se tourner vers les fonds sous-marins ? Les ressources de matières premières situées sur le plancher océanique sont supérieures aux réserves terrestres.<sup>44</sup>

Le « deep-sea mining » est un secteur d'activités encore à l'état de projet et dont il est beaucoup question ces dernières années. Il consiste à envoyer des véhicules télécommandés à une très grande profondeur sur le plancher océanique afin de récolter des nodules polymétalliques ou encore des éléments métalliques issus des cheminées hydrothermales, c'est-à-dire des événements sous-marins qui évacuent une partie de la chaleur interne de la terre. Il y a une quantité de minerais sur les sols océaniques : les nodules polymétalliques bien sûr mais aussi des amas structurés massifs, des sables de fer, des encroûtements cobaltifères, etc.

Selon un rapport Merrill Lynch,<sup>45</sup> les technologies requises, et en cours de développement, pour le « deep sea mining » figurent dans les 15 innovations les plus importantes pour le futur de l'humanité.

### 2.1. Les nodules polymétalliques

Les nodules polymétalliques sont de sortes de gros galets qui, situés de 4 à 6.000 mètres de profondeur dans les fonds océaniques, agrègent des minerais présents dans l'eau (principalement des couches de fer et de manganèse accumulées autour d'un noyau). Ces métaux proviennent de l'érosion terrestre et se déversent au fil du temps dans les rivières, puis les fleuves, puis la mer et enfin les océans. Il faut que plusieurs conditions soient réunies pour que se forment ces nodules. Il y a toujours de la vase au fond des océans (provenant des galets qui se transforment en granulés puis en sable puis en vase). C'est dans cette boue que vont se créer ces nodules. Ces métaux en suspension dans l'eau finissent par s'agglutiner en boules autour de dents de requins ou d'autres déchets organiques marins. On les dénomme « truffes » ou « patates » en raison de leur forme. Il y en a des plus grandes, de la taille d'un ballon de rugby.

La zone de fracture de Clarion-Clipperton Zone (CCFZ) est une zone sous-marine de l'Océan Pacifique d'une longueur d'environ 7240 kilomètres et qui s'étend sur environ 4.500.000 kilomètres carrés. L'Autorité Internationale des Fonds Marins estime que cette zone contiendrait 21 milliards de tonnes de nodules polymétalliques dont 5,95 milliards de tonnes de manganèse, 0,27 milliards de nickel, 0,23 milliards de cuivre et 0,005 milliards de cobalt. Cette zone contient plus de nickel, de manganèse, de manganèse et de nickel que l'ensemble des réserves terrestres.

En juillet 2011, des scientifiques japonais ont publié un article<sup>46</sup> annonçant une découverte d'une nouvelle réserve de terres rares situées dans les eaux internationales du Pacifique. A en croire Yasuhiro Kato, professeur associé de sciences de la terre à l'université de Tokyo, les stocks de terres rares et d'yttrium situés dans cette zone seraient absolument colossaux. Elles ne se présentent pas sous forme de nodule polymétallique mais sous forme de « boue enrichie ». Ces scientifiques ont sondé les fonds vaseux, sur une couche d'un mètre, un ensemble de 78 sites. Ils estiment qu'une zone d'à peine un kilomètre carré située autour d'un des sites échantillonnés pourrait couvrir à elle-seule un cinquième de la consommation mondiale de terres rares et d'yttrium. Cette « boue enrichie » pourrait renfermer entre 80 à 100 milliards de tonnes de terres rares. Mais ces chiffres doivent encore être confirmés. Si ces chiffres sont exacts, et sachant que la production mondiale de terres rares avoisine les 144.000 tonnes chaque année, on pourrait en déduire que les fonds océaniques contiennent, à consommation constante, de quoi satisfaire nos besoins pour... des dizaines de milliers d'années.



Patania II, le second prototype de DEME, « gros aspirateur sous-marin à chenilles » pour aller récolter des nodules polymétalliques à 5000 km de profondeur et capable de résister à une pression de 426 bars

Une seconde expédition a eu lieu en janvier 2013 et il apparaît que ces sédiments vaseux prélevés à 5800 mètres de profondeur présentent une concentration de terres rares 20 à 30 fois supérieure à celle des mines chinoises. En 2018, dans une publication de Scientific Report (de la revue Nature),<sup>47</sup> cette même équipe affirme que, dans la zone la plus prometteuse, le sol abriterait plus de 16 millions de tonnes d'oxydes de terres rares. En l'occurrence 780 ans d'approvisionnement mondial en yttrium, 620 ans pour l'euporium, 420 ans pour le terbium et 730 ans pour le dysprosium.

### 2.2. La Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer (CNUDM)

Où compte-t-on exploiter ces nodules ? En territoire international dans l'Océan Pacifique, entre Hawaï et le Mexique, là se situent toutes les zones exploitables. Ce territoire est un héritage commun de l'humanité. L'ONU gère cela via l'International Seabed Authority (ISA) qui a été fondée en 1994.

La Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer (CNUDM) ou traité UNCLOS (United Nations Convention on the Law of the Sea) a été adoptée le 16 novembre 1973 par l'Assemblée Générale de l'ONU et est entrée en vigueur le 16 novembre 1994. Elle régleme l'exploitation minière des fonds océaniques : 167 pays et l'Union Européenne ont signé cette convention. Ont des concessions. Certains pays n'ont pas signé cela. Par exemple, les pays qui n'ont pas de mer. Mais les Etats Unis n'ont pas signé non plus. Pourquoi ? Parce que c'est un pays très maritime. Ils veulent être libres en mer. Ils ne veulent pas être limités par une autorité internationale.

### 2.3. Le projet d'exploitation sous-marine de l'entreprise belge DEME

En 2013, Global Sea Mineral Resource (GSR), filiale de l'entreprise anversoise DEME, leader mondial du dragage et de l'ingénierie marine, a signé un contrat de 15 ans avec l'International Seabed Authority (ISA) lui conférant le droit de conduire une prospection sous-marine sur 72.728 kilomètres carrés de la Zone Clarion Clipperton.

DEME et 16 autres contractants industriels ont donc été autorisés à explorer la zone de Clarion Clipperton. C'est une licence d'exploration et non pas une licence d'exploitation. La volonté de beaucoup d'Etats signataires est en effet d'obtenir une concession et de l'exploiter. Mais aucun permis n'a encore été délivré. Quand ces derniers seront-ils donnés ? Ce sera le cas quand l'immense étude d'impact aura été approuvée par l'autorité, étude qui permet à tout un chacun de critiquer le projet d'exploitation sous-marine.

L'autorité doit aussi adopter son code minier qui régule l'entièreté de ce droit international. La date est prévue pour cette année.

A proprement parler, ce que DEME vise à exploiter, c'est le cuivre, le nickel, le cobalt et le manganèse. Les entreprises, comme DEME, sont parmi les premières de l'histoire humaine, à « inventer » l'exploitation sous-marine. Le nickel, le cobalt, etc. sont des minéraux fondamentaux dans les batteries et donc dans les technologies renouvelables et les technologies numériques.

44 J. Hein, K. Mizell, A. Koschinsky & T. A. Conrad « Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high- and green-technology applications: Comparison with land-based resources », Ore Geology Reviews, Elsevier, 2013, 20 December 2012

45 H. Israel & co, Thematic Investing, Eureka ! Future Tech Primer, Bank of America Merrill Lynch, 3 October 2019

46 Y. Kato, K. Fujinaga, K. Nakamura, Y. Takaya, K. Kitamura, J. Ohta, R. Toda, T. Nakashima et H. Iwamori, « Deep-sea mud in the Pacific Ocean as a potential resource for rare-earth elements », Nature Geoscience, no 4(8), July 2011, p. 535-539 [https://www.researchgate.net/publication/253929395\\_Deep-sea\\_mud\\_in\\_the\\_Pacific\\_Ocean\\_as\\_a\\_potential\\_resource\\_for\\_rare-earth\\_elements](https://www.researchgate.net/publication/253929395_Deep-sea_mud_in_the_Pacific_Ocean_as_a_potential_resource_for_rare-earth_elements)

47 Y. Takaya, K. Yasukawa, T. Kawasaki & Co, The tremendous potential of deep-sea mud as a source of rare-earth elements, Scientific Report, 10 April 2018 <https://www.nature.com/articles/s41598-018-23948-5>

DEME a passé un accord de partenariat avec Umicore. DEME va extraire et Umicore l'aidera à exploiter le minerai une fois remonté à la surface. DEME devra d'ailleurs nouer plusieurs partenariats dans le cadre de cette exploitation. D'après Alain Bernard, contrairement à la Hollande, DEME a pu obtenir une concession pour la Belgique. Une zone équivalente à deux fois la taille de la Belgique. Les richesses situées au fond des océans sont considérées comme un « patrimoine commun de l'humanité ». A ce titre, la Convention oblige chaque pays désireux d'exploiter les fonds marins de le faire avec un pays en voie de développement et de partager, pour moitié, avec lui la valeur des stocks prélevés. La Belgique, elle, s'est associée avec les Iles Cook. Par ailleurs, suite à une demande de Greenpeace, 30% de zones riches en nodules sont protégées et interdites à l'exploitation.

Dans l'optique d'exploiter les fonds marins, DEME a également racheté G-Tech, un bureau de recherche basé à Herstal et fondé par le renommé professeur et géologue Lucien Halleux, spécialisé dans les nodules polymétalliques. DEME s'appuie aussi sur le Centre Renard situé à l'Université de Gand (le professeur belge Renard fut la première personne au monde à analyser les nodules au XIX<sup>ème</sup> siècle). En Belgique, il existe un véritable biotope de chercheurs spécialisés dans l'exploitation sous-marine. Le Patania II, l'engin qui va prospecter au fond des océans (et qui supporte une pression considérable à 3 ou 4 km de profondeur) a également été conçu en Flandre. L'engin qui servira finalement à exploiter à grande échelle les fonds marins (le Patania III) aura la taille d'un immeuble de 6 étages. Télécommandé en surface, il récoltera les nodules et des bateaux feront remonter d'immenses paniers dont ils chargeront le contenu à leur bord. On développe également des technologies pour pouvoir communiquer en surface via des ondes avec ces engins opérant sur le sol marin. Aussi cocasse que cela puisse paraître, on peut aujourd'hui communiquer avec des engins sur la lune ou Mars mais c'est encore difficile de le faire avec des engins sous-marins. Par ailleurs, la Belgique est à la pointe sur la conception des matériaux de nature à réaliser des câbles incassables.

DEME, on le voit, est l'une des entreprises les plus avancées dans ce projet. Elle a déjà investi personnellement plus de 100 millions € dedans et a pu recevoir une partie des subventions reçues dans ce cadre (environ 30 millions € au total).

## 2.4. Le Deep-sea mining est-il propre ?

L'exploitation océanique est-elle moins polluante que l'exploitation des terres ? A première vue, il y a lieu de s'inquiéter quand on voit, dans le cadre du projet Solwara-1, les premières machines conçues pour arpenter et extraire les minéraux sur le plancher océanique. Hérissées de piques, ces énormes robots télécommandés pèsent largement plus lourd que les plus volumineux animaux connus sur notre planète, à savoir les baleines bleues de 200 tonnes.<sup>48</sup>

Le danger est que cette activité soulève des « panaches », c'est-à-dire de larges dégagements de sédiments et de roches qui se disperseront sur plusieurs kilomètres autour et nuire à la faune et à la flore.

Nous avons posé la question à Alain Bernard,<sup>49</sup> ancien CEO de DEME et président du conseil d'administration de Global Sea Mineral Resources (GSR). Il explique que, contrairement aux exploitations minières terrestres, l'exploitation est horizontale et que beaucoup de tests sont menés aujourd'hui et démontrent que cette exploitation ne génère pas de gros nuages au fond de la mer. Cela impacte probablement, il est vrai, les micro-organismes au fond de la mer, mais cet impact serait minimal et chaque activité humaine a un impact. La biomasse marine est, continue-t-il, 5000 fois moins importante que la biomasse des forêts tropicales. Il est souvent affirmé que la mer profonde est le plus important écosystème de la planète, ce qui est faux. En réalité, si on prend en compte les sols (entre 2,5 et 5 km en dessous de la surface terrestre), on remarque que la biosphère « profonde » est deux fois plus importante que la biosphère de tous les océans pris ensemble. Plaidant pour sa chapelle, il faut, estime-t-il, comparer cet impact à celui qu'on permet d'éviter dans les activités minières terrestres.

Qu'en penser ? Les effets environnementaux sont, c'est souligné par la plupart des acteurs, largement méconnus. Il est néanmoins admis que l'extraction sous-marine serait beaucoup moins polluante que l'extraction terrestre et cela pour plusieurs raisons :

- nul besoin de recourir à la déforestation ;
- nul besoin d'extraire et de rejeter de la terre ;
- nul besoin d'utiliser de l'eau pour refroidir les moteurs ;
- nul besoin de forer la roche ;
- nul besoin de faire exploser la roche ;
- pas de destruction des récifs coralliens ;
- nul besoin de construire des routes, des chemins de fer et des ports ;
- hauts standards en droit du travail : impossibilité de recourir à ce procédé moralement inacceptable d'employer de jeunes enfants pour faire baisser le coût de la main d'œuvre ;
- des champs de nodules équivalent à deux ou trois mines terrestres en un seul endroit (nickel, cobalt, cuivre et manganèse), ce qui réduit significativement les émissions de CO<sub>2</sub> par kilo de métal produit ;<sup>50</sup>

- l'exploitation sous-marine des nodules permettrait de diminuer de 75% le CO<sub>2</sub> émis<sup>51</sup> pour l'exploitation de la même quantité de métaux par rapport à l'extraction terrestre ;
- 95% des sédiments déplacés lors de l'exploitation restent sur les fonds marins ;
- 90% des sédiments qui sont soulevés dans un panache restent dans le voisinage du véhicule ;
- quelques fines particules soulevées se déplaceront effectivement plus loin mais la question est de savoir jusqu'où et dans quelle mesure elles engendreront des nuisances à l'environnement.

C'est la première fois dans l'histoire qu'un régulateur d'une activité est mis en place avant même que cette activité ne commence. Cela a permis à plusieurs experts de commencer à travailler sur ces questions et sur des solutions. Il est par exemple préconisé d'utiliser un matériel minier adéquat en améliorant constamment, par exemple, la précision des robots miniers afin qu'ils recalibrent leurs gestes en fonction des conséquences de ces derniers (mécanisme d'apprentissages des machines).<sup>52</sup> Il importe également de créer des corridors qui ne sont pas exploités, d'aménager, au milieu du site exploité, des refuges pour protéger et délocaliser la faune et la flore, de repeupler les sites exploités après l'exploitation (en réimportant, par exemple, des larves). L'avantage de ces espèces, c'est qu'elles se développent et se reproduisent rapidement. Le problème, par contre, c'est que les habitats sont relativement rares sur le plancher marin et qu'ils diffèrent d'un site à un autre parce que ces animaux se sont chaque fois adaptés aux fluides chimiques de la zone.

Les projets d'exploitation sous-marine font l'objet d'une opposition frontale de la part d'un ensemble d'associations. Ces critiques ont encore été réitérées récemment lors de l'OCEAN Summit, officiellement la troisième Conférence des Nations unies sur l'Océan (UNOC3), qui s'est tenu à Nice du 9 au 13 juin 2025. Elle s'est conclue par l'appel de certains pays à un moratoire sur l'exploitation.

Le deep sea mining est à la croisée des chemins : la course à la concession d'exploitation commerciale n'est pas encore engagée, mais la pression industrielle et géopolitique s'intensifie. L'avenir immédiat dépendra des décisions de l'ISA et de la capacité de la communauté internationale à concilier impératifs économiques, souveraineté, et préservation de la biodiversité marine.

## 3. L'industrie minière en Wallonie – Etat des lieux

La Wallonie a connu une riche histoire d'exploitation minière sur base des besoins en matières premières (principalement le charbon et le fer), créés par la Révolution Industrielle, et l'essor de son industrie sidérurgique. En parallèle, les connaissances de la géologie belge ont connu de grandes percées à l'époque grâce à des grands noms de la géologie belge<sup>53</sup>, dont les travaux forment la base de nos connaissances actuelles.

Il faut souligner que la Belgique était le premier pays à se doter d'une couverture cartographique géologique complète – sa petite superficie aidant – dès la fin du 19<sup>ème</sup> siècle. La qualité des travaux des grands pionniers de cette époque, qui ne disposaient que de leur marteau géologique, de leur microscope et d'un pouvoir d'observation hors-pair<sup>54</sup>, est évidente de par le fait que les cartes géologiques actualisées ne dévient que très peu des anciennes. Un fait méconnu de l'impact de ces recherches est qu'un nombre de localités ou de régions en Wallonie ont servi de localité-type pour des niveaux géologiques d'origine et d'âge différents, et que leurs noms figurent dans la Charte Stratigraphique Internationale.<sup>55</sup>

Dans ce qui suit, il est important de faire la distinction entre les minéralisations et gisements métallifères (p.e. fer, plomb, zinc, cuivre, lithium), les minéraux industriels (p.e., talc, sables à silice, calcaires pour la production de ciment et de chaux, matériaux de construction) et les minéraux combustibles (charbon, lignite, pétrole), qui ont chacun leurs particularités quant à l'extraction, le traitement et l'application en industrie.

### 3.1. Exploitations historiques

#### 3.1.1. Charbon

D'un point de vue géologique, du charbon existe encore en profondeur dans les bassins houillers wallons (notamment à Liège et Charleroi) et au Limbourg, mais les gisements sont soit trop profonds, soit trop dispersés, et leur extraction ne serait plus rentable avec les technologies actuelles et dans le contexte énergétique et environnemental contemporain. De plus, suite aux fermetures, les galeries ont été condamnées et remblayées et sont souvent inondées depuis, ce qui rend toute réouverture quasi impossible sans des investissements colossaux. De tout point de vue technique et économique, on peut considérer les ressources en charbon en Wallonie ne sont plus exploitables à grande échelle, à tout le moins pour ses qualités énergétiques.

48 C. J. Close, Can deep-sea mining avoid the environmental mistakes of mining on land?, *The Guardian*, 28 Jun 2017 <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2017/jun/28/deep-sea-mining-environmental-mistakes>

49 Entretien d'Alain Bernard avec Corentin de Salle le 18 octobre 2019 dans les locaux de DEME à Anvers

50 J. Hein, K. Mizell, A. Koschinsky & T. A. Conrad « *Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high- and green-technology applications: Comparison with land-based resources* », *Ore Geology Reviews*, Elsevier, 2013, 20 December 2012, p.12

51 source : DeepGreen 2019 <https://deep.green/nodules/>

52 C. Clouse, *Can deep-sea mining avoid the environmental mistakes of mining on land?*, 28 Jun 2017, <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2017/jun/28/deep-sea-mining-environmental-mistakes>

53 Jean-Baptiste Julien d'Omalius d'Halloy et André Hubert Dumont, pour n'en nommer que deux.

54 Contrairement aux géologues modernes qui disposent d'une large gamme d'outils techniques et de données de base, p.e. photographie aérienne, images satellitaires, outils géophysiques, logiciels cartographiques.

55 Exemples: Viséen, Tournaisien, Famennien, Frasnien. D'autres localités-types wallonnes (Namurien, Dinantien, Gedinnien, Salmien) ne sont plus utilisées pour des raisons de représentativité et d'une redéfinition de l'approche stratigraphique.

### 3.1.2. Plomb-zinc

L'exploitation du plomb et du zinc en Wallonie a une histoire ancienne, continue et très significative, liée à la richesse en minéralisations du type « Mississippi Valley Type » (MVT) dans les régions calcaires, notamment la Calestienne, la région de Verviers, et l'Entre-Vesdre-et-Meuse. Les minéralisations primaires se composent de concentrations de sulfures de plomb (galène) et de zinc (sphalérite) dans des veines de calcite et de dolomite. D'autres minéraux présents sont la pyrite (sulfure de fer), la cérusite (carbonate de plomb) et la smithsonite (carbonate de zinc). Les roches hôtes sont des calcaires d'âge dévonien à carbonifère. La mise en place des minéralisations est liée à la circulation de fluides hydrothermaux pendant l'orogénèse hercynienne. L'altération à faible profondeur et la concentration de métaux qui s'en suivit est responsable de la formation des gisements les plus riches. C'est ici qu'on exploitait la « calamine », un mélange de smithsonite et d'hémimorphite (silicate de zinc).

Des traces d'extraction sont présentes dès l'époque romaine et tout au long du Moyen-Âge. Ce n'est qu'au **XIXe siècle qu'on voit l'industrialisation et également l'apogée**. La Société des Mines et Fonderies de Zinc de la Vieille-Montagne voit le jour en 1837 à Angleur et devient vite un acteur majeur du secteur, exploitant notamment le site de La Calamine. À Plombières, l'exploitation industrielle démarre véritablement dans les années 1840, avec la création de la Société du Bleyberg (1841), puis de la Compagnie des Mines et Fonderies du Bleyberg (1846). L'autorisation d'exploiter le zinc est accordée en 1856, entraînant une période de prospérité jusqu'aux années 1880.

**Au XXe siècle**, l'épuisement progressif des gisements exploités avec les facultés techniques de l'époque, les difficultés d'exhaure (pompage des eaux) et la concurrence internationale entraînent le déclin des mines wallonnes à la fin du XIXe et au début du XXe siècle. Les dernières grandes exploitations ferment dans l'entre-deux-guerres ou peu après (Plombières en 1922, Vedrin en 1940).

L'industrie du zinc en Wallonie (notamment la transformation, le raffinage, la métallurgie et la production de produits finis) perdure jusque dans les années 1970 et même au-delà pour certaines unités industrielles (comme à la Vieille-Montagne ou à Prayon). Les sites (usines, fonderies, laminoirs) ont continué à fonctionner en important du minerai ou en utilisant des stocks, alors que l'extraction locale était arrêtée

Entre 1837 et 1936, la production de zinc (le métal) se chiffre à environ 693.000 tonnes de zinc à partir de 2 millions de tonnes de calamine (teneur moyenne 35% Zn) et de 382.000 tonnes de zinc à partir de 800.000 tonnes de sphalérite (teneur moyenne 47%), donnant un total de près de 1,1 million de tonnes de zinc. La production totale de plomb durant la même période s'élève à 250.000 tonnes.

De nombreux terrils et haldes subsistent dans les anciennes zones d'exploitation, qui sont souvent enrichis en métaux lourds. Certains des sites sont encore suivis en raison du potentiel de pollution (plomb, cadmium, zinc), d'autres ont été réhabilités (réserve naturelle de Plombières).

### 3.1.3. Fer

La région liégeoise, surtout autour de Seraing, Ougrée et Flémalle, a été un des hauts lieux de la sidérurgie européenne. John Cockerill y fonda une des premières grandes entreprises sidérurgiques intégrées du continent dès les années 1810-1820. Le fer utilisé au XIXe siècle provenait en partie des gisements locaux, mais aussi d'importations une fois que les ressources locales étaient devenues insuffisantes.

Du fer a aussi été extrait dans les régions d'Huy, Durbuy, Rochefort, Stavelot ou Marche-en-Famenne, où des gisements de minerai de fer oolithique étaient présents. Ces exploitations étaient plus petites et souvent de type forge rurale, utilisant des bas-fourneaux.

A partir de la fin du XIXe siècle, les gisements wallons ne suffiront plus aux besoins croissants et l'industrie se tourna vers les gisements riches de la Lorraine française, puis vers l'importation maritime. Les hauts-fourneaux wallons continuent à prospérer jusqu'au XXe siècle, mais le minerai n'est plus local.

Il n'y a plus d'exploitation active de minerai de fer en Wallonie aujourd'hui. Le passé minier est toutefois bien documenté, et certaines anciennes exploitations ou sites sidérurgiques sont visitables.

### 3.1.4. Or

Les époques celtique et romaine ont vu des exploitations d'or, principalement dans des placers alluvionnaires dans les vallées de l'Amblève, de la Salm, de la Lienne, de la Warche et dans le haut bassin de l'Ourthe orientale, mais aussi à partir d'excavations souterraines dans la roche primaire (galeries de l'époque celte dans la même région) à la Baraque de Fraiture. Ces exploitations sont archéologiquement attestées.

L'or alluvionnaire provient de l'altération et de l'érosion de minéralisations aurifères, présentes en faibles quantités dans des filons de quartz, recoupant les roches sédimentaires et métamorphiques dans le socle ardennais d'âge paléozoïque. Les teneurs en or sont le plus souvent inférieures à 1 gramme par tonne de roche, ce qui, combiné avec la petite taille des minéralisations, rend ces dernières inexploitable de façon économique en l'état d'exploration.

Des recherches et lavages d'or dans les alluvions ont été tentés au XIXe siècle et jusqu'au XXe siècle, mais cette activité est restée artisanale. Aucune entreprise n'a pu démontrer une rentabilité industrielle et il n'y a jamais eu d'exploration à ce sujet.

### 3.1.5. Autres métaux

La Wallonie a vu l'exploitation historique d'autres métaux comme le cuivre, l'argent, l'antimoine, le manganèse et marginalement le cobalt, mais ces exploitations étaient anciennes, artisanales et de petite échelle. Elles n'ont jamais atteint l'importance économique de celles du plomb-zinc ou du fer.

## 3.2. Minéraux industriels et pierre de taille

La Wallonie dispose d'une gamme variée de minéraux industriels et de roches ornementales, qui ont été exploités historiquement et, pour certains, le sont encore aujourd'hui. Ces minéraux jouent un rôle crucial dans des secteurs comme la construction, la chimie, la verrerie, la céramique, ou encore l'agriculture. Le tableau ci-dessous donne un bref aperçu des matières principales.

Catégorie	Exemples	Etat actuel
Minéraux et roches pour la construction (agrégats)	Calcaire, dolomie, porphyre, sables, argiles	Activement exploités
Minéraux verriers et céramiques	Sables siliceux, dolomie	Certaines toujours en activité
Chaux	Calcaires, craies et marnes	Activement exploités
Briqueteries	Argiles	Certaines toujours en activité
Minéraux chimiques	Phosphates, barytine, fluorite	Exploitations arrêtées
Pierres de taille et ornementales	Calcaires (marbres)	Activement exploités

## 4. Potentiel minier connu et à découvrir

### 4.1. Connaissances géologiques

Dans l'exploration minière moderne, l'approche de base se fonde sur, d'une part, une compréhension de l'environnement géologique et géodynamique<sup>56</sup> de la région explorée, et, d'autre part, la base de données des minéralisations déjà connues et exploitées dans la région concernée. L'avancée depuis les dernières décennies dans nos connaissances sur les minéralisations métallifères et autres et les environnements géologiques dans lesquels elles se forment permet au géologue d'exploration d'exclure d'emblée certains types de gisements de ses recherches et de mieux circonscrire son évaluation du potentiel réel.

En Belgique, hormis quelques forages profonds ponctuels, nos connaissances du sous-sol par observation directe se limitent à des profondeurs qui ne dépassent pas les 1400 m dans les anciens charbonnages (1317 m au Limbourg et environ 1050 m en Wallonie). Les forages profonds mentionnés ont été exécutés dans le cadre de l'exploration du gaz et du potentiel géothermique, ou pour la recherche scientifique.<sup>57</sup>

Ces connaissances sont supplémentées par l'observation indirecte du sous-sol à partir de levés géophysiques. Ceux-ci incluent :

- Des couvertures aéromagnétique<sup>58</sup>, radiométrique<sup>59</sup> et gravimétrique<sup>60</sup> de l'ensemble de la Belgique ;
- Plusieurs dizaines de longs profils de sismique de réflexion recoupant la Wallonie et le nord de la France, exécutés dans le cadre de la recherche pétrolière et la recherche scientifique. Ce sont ces profils sismiques qui ont amené à une meilleure connaissance des anciennes structures majeures (failles, chevauchements) et de leur rôle dans la déformation des formations géologiques du sous-sol wallon il y a plus de 300 millions d'années.

Les données par observation directe et les considérations sur l'environnement géologique nous amènent à conclure que le potentiel minier de la Wallonie jusqu'à des profondeurs exploitables économiquement se limite essentiellement aux métaux et aux minéraux déjà connus et exploités. Toutefois, les connaissances géologiques continuent d'évoluer et il est important de garder un esprit ouvert.

<sup>56</sup> L'historique des mouvements de plaques tectoniques, des déformations associées et des structures géologiques qui se forment sous l'effet des dernières.

<sup>57</sup> Les plus profonds en Wallonie étaient le forage d'Havelange (1981-1984), qui a atteint une profondeur de 5648 m, et le forage de Saint-Ghislain (1972-1976) jusqu'à environ 5400 m. En Campine, le forage de Balmatt à des géothermiques (2015-2018) a atteint une profondeur d'environ 4500 m (longueur de forage de l'ordre de 5000 m).

<sup>58</sup> Mesurant les variations du champ magnétique terrestre dans la région survolée.

<sup>59</sup> Spectrométrie à rayons gamma qui mesure la radioactivité naturelle, émise par les isotopes radioactifs du potassium, du thorium et de l'uranium.

<sup>60</sup> Mesurant les (infimes) variations dans la force de la gravité, liées aux variations de densité des formations géologiques sous-jacentes.

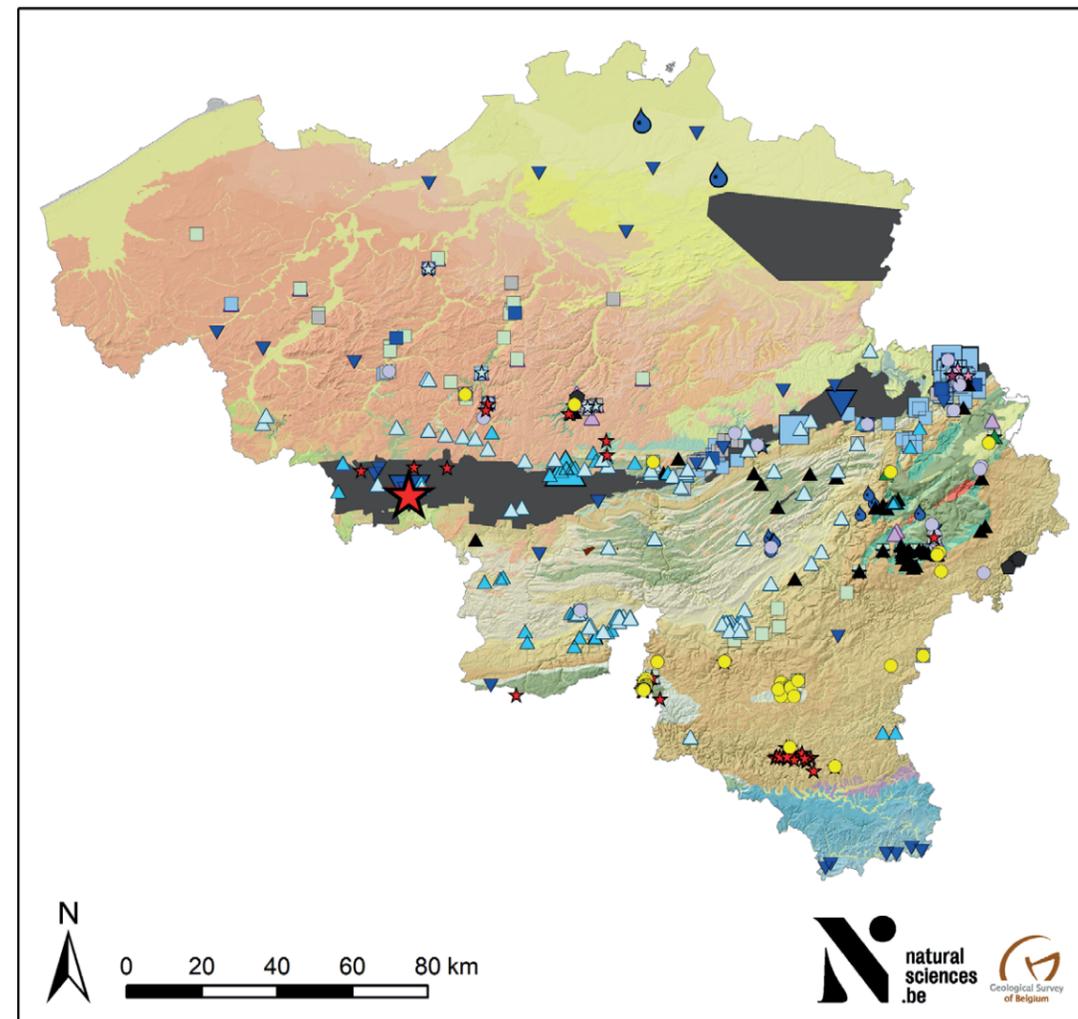
## 4.2. Métaux et minéraux concernés – des pistes sérieuses

La publication récente du Service Géologique de Belgique, « The Critical Raw Materials Atlas of Belgium » de 2024, fait un effort louable de compiler en un seul volume l'ensemble de nos connaissances sur le potentiel minier en Belgique.

Le sujet est bien trop large pour être couvert de façon complète ici. Nous nous contentons donc de relever ici ce que nous considérons les deux seuls types de gisement, les plus amènes à voir un développement minier dans un futur pas trop lointain.

Elle recense l'ensemble des gisements historiques et les indices qui ont été compilés avec les années. La Belgique n'ayant plus fait de grande campagne d'exploration depuis des décennies, toutes les données qui sont recensées n'ont pas le même niveau de stabilité. Des matières premières peu utilisées il y a 50 ans n'ont peut-être pas été recensées à l'époque parce qu'elles étaient sans intérêt.

Cette carte est à manier donc avec précaution et mériterait d'être considérablement renforcée grâce à un large campagne d'exploration du sous-sol belge. Toute la Flandre centre et occidentale (en rose) est encore très largement inconnue à de plus grande profondeur par exemple.



### Legend

▲ As	★ Li (sediment)	▲ Ni-Co	○ Very large	■ Coal mining concessions
■ Cu	💧 Li (water)	○ PGE	○ Large	■ Lignite mining concessions
■ Pb-Zn	⬛ Graphite	★ Sb	○ Medium	
■ Pb	▲ Sr	★ Bi	○ Small	
■ Zn	▲ Mn	○ Ag	○ Occurrence	
★ Ge	▲ BaSO <sub>4</sub>	★ REE		
▼ PO <sub>4</sub>	▲ CaF <sub>2</sub>	● Au		

Source : Geological Survey of Belgium (Sophie Decrée), *Memoirs of the Geological Survey of Belgium*, 2024, Vol. 66, p. 126

En conséquence, nous plaçons pour que les services fédéral et régionaux concernés puissent s'entendre sur les modalités d'une large campagne d'exploration de notre sous-sol. Nous plaçons pour que des moyens soient débloqués rapidement dans ce but.

Dans les années 1980, des programmes de sondages dans les concessions de Bleiberg (Plombières) et de Vieille Montagne (abandonnées depuis) ont démontré l'existence de ressources zincifères encore très importantes jusqu'à près de 300 mètres de profondeur et le potentiel d'extensions significatives aux corps minéralisées interceptés. A Vieille Montagne, les ressources intersectées étaient estimées à 537.000 tonnes de minerai à 21,9% de zinc et 3,6% de plomb. A Bleiberg, les chiffres s'élevaient à 850.000 tonnes de minerai à 13,5% de zinc, 5% de plomb et 24 g/t d'argent (14000 mètres de carottages effectués). Les autres zones minières plomb-zinc connues (Verviers, Andenne, ...) restent inexplorées par des méthodes modernes à ce jour.

La carte des indices minéraux de la Wallonie comporte un grand nombre d'occurrences reconnues d'autres métaux et minéraux, y compris le cuivre, le cobalt et le nickel. Comme déjà relevé dans la section sur l'exploitation historique, aucune de ces dernières n'a une taille assez grande pour justifier une exploitation à l'échelle industrielle. A noter, cependant, que leur potentiel en profondeur reste totalement inexploré.

### 4.2.3. Germanium

Une exception importante est le germanium, matière première critique et stratégique dans le classement de l'UE, qui se trouve distribué dans la nature dans la sphalérite (sulfure de zinc, où le germanium remplace le zinc dans la maille cristallographique) et dans certains types de charbon. Les informations, disponibles en ligne, quant à l'importance relative de ces deux sources principales pour la production mondiale (en dehors du recyclage dont une partie se fait en Belgique), sont très variables. Le Critical Raw Material Alliance (CRM Alliance) la met à 60/40 pour la sphalérite et le charbon (cendres volantes dérivées) en ce qui concerne la Chine, qui représente à elle seule 60% de la production mondiale, qui est estimée 130-150 tonnes par an.

Des analyses réalisées au sein de l'Université de Liège ont démontré des concentrations significatives de germanium dans la sphalérite des gisements plomb-zinc de l'Est de la Belgique, sur un ensemble d'échantillons restreint. Ces résultats ouvrent la voie à une recherche plus approfondie et plus élargie pour couvrir l'ensemble des gisements connues en Wallonie. Si confirmé, des teneurs de germanium d'ordre économique ajouteraient grandement à la valeur du minerai et représenteraient une justification de plus pour relancer l'exploration du zinc dans la Région.<sup>61</sup>

### 4.2.1. Phosphates

Les dépôts sédimentaires du Crétacé du Bassin de Mons contiendraient le deuxième plus grand gisement de phosphates (sous forme du minéral apatite) en Europe. Une réévaluation récente des ressources estime les tonnages récupérables à entre 47 et 96 millions de tonnes P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (oxyde de phosphore) à des teneurs respectives de 5% et 10%.

Cependant, la teneur élevée en éléments pénalisants (uranium, thorium, cadmium) implique l'application de traitements spécifiques pour les enlever du produit fini (augmentant le prix de la production et générant des déchets à gérer). D'autres éléments associés, d'importance économique potentielle, sont les terres rares et la fluorine (CaF<sub>2</sub>, minéral du fluor).

Il est à noter que le Gouvernement fédéral s'est donné l'objectif de relancer l'énergie nucléaire à des fins de production d'électricité. Dans ce cadre, l'accord de gouvernement prévoit que des mesures doivent être mises en place pour garantir l'approvisionnement en uranium d'une part et que des éléments de la chaîne de valeur liée au recyclage du combustible usé doivent être développés. De même, nous avons dans notre pays des acteurs (le SCK CEN) qui développent du recyclage de l'uranium contenu dans le combustible usés des réacteurs de recherche. Nous disposons donc d'acteurs forts capables de manipuler des matières radioactives. Ce qui pourrait favoriser l'implantation de chaîne de valeur locale.

### 4.2.2. Zinc

Outre les ressources de minéraux industriels (dont des phosphates dans la région de Mons) et de pierres de taille, le potentiel minier résiduel en Wallonie concerne principalement -- les gisements de plomb-zinc déjà explorés dans le passé récent et à découvrir encore par des techniques d'exploration adaptés.

<sup>61</sup> A titre d'exemple, le prix LME (London Metals Exchange) du zinc en juin 2025 est de l'ordre de 2700 dollars US par tonne. Le prix du germanium pur tourne autour de 4500 dollars par kg, alors que des formes moins purs se vendent à 2000-3000 dollars le kg.



## 5. Recommandations

Au début des années 2000, la société belge BUGECO (Bureau of Geological Consultancy s.a.), en collaboration avec le prof. Eric Pirard de l'Université de Liège, tentèrent de convaincre le Gouvernement wallon du bien-fondé d'un relancement de l'exploration dans la région de Plombières sur fonds propres pour confirmer les résultats des sondages des années 1980 et pour identifier d'éventuelles nouvelles minéralisations en profondeur. Le programme proposé comprenait un levé électromagnétique hélicoptère, une technique géophysique permettant de détecter des corps minéralisés conducteurs d'électricité jusqu'à des profondeurs de plusieurs centaines de mètres. La proposition resta sans effet, mais l'idée d'exécuter le programme envisagé reste d'actualité.

Les techniques électromagnétiques aéroportées et le traitement numérique des données générées (bientôt avec l'apport de l'intelligence artificielle) ont fait de grands progrès depuis. Des levés du type « Time-Domain Electromagnetics » permettent à ce jour de détecter des corps conducteurs jusqu'à des profondeurs de 500-700 m selon le cas. L'approche aéroportée permet de couvrir de grandes superficies en grand détail en peu de temps tout en limitant les effets sur la population survolée à une faible nuisance sonore pendant quelques minutes au plus. Dans le cadre actuel de la volonté politique au niveau européen de développer nos propres ressources de matières premières critiques, l'exécution d'un tel levé géophysique nous semble plus que justifiée. L'enveloppe du financement requis et sa source (Région, UE) reste à étudier.

Pour conclure, on relève le fait que les formations géologiques dans lesquelles se situent les gisements de plomb-zinc en Wallonie continuent vers l'ouest sous la Mer du Nord et refont surface dans le sud de l'Angleterre et de l'Irlande. Ce dernier produit des tonnages importants de zinc provenant de plusieurs mines, dont la plus profonde (Navan, opéré par Tara Mines) atteint la profondeur de 1000 m avec une extension planifiée jusqu'à 1900 m. Quoiqu'il n'y ait pas eu de production de germanium à partir du minerai de zinc produit à ce jour, des analyses chimiques d'échantillons de sondage dans le cadre de programmes d'exploration en cours ont démontré des teneurs très élevées en germanium.

Les mines souterraines de zinc en Irlande et leur approche en termes énergétique et environnemental sont un bon exemple de ce qui serait possible de faire en Wallonie. De même, nous pensons qu'il faut explorer de manière les gisements de phosphate dans le bassin de Mons et de Germanium, qui renforcerai l'intérêt pour le zinc.

Pour rendre cela possible, cependant, il est impératif de revoir en profondeur le nouveau Code Minier, voté en mars 2024 lors de la législature précédente. De fait, aux yeux d'experts miniers, la nouvelle réglementation, gouvernant les demandes des permis d'exploration et d'exploitation, ainsi que leur évaluation, semble être faite pour décourager tout nouvel investissement minier en Wallonie.

## 6. Un contexte institutionnel belge compliqué et en retard

### 6.1. La Belgique, son institutionnel implacable

La grande majorité des pays disposent au sein de leur structure gouvernementale une entité chargée de gérer la collecte, le traitement, l'archivage et la mise à disposition au public de l'ensemble des données géologiques et minières historiques et nouvelles. En Belgique, la compétence institutionnelle des matières premières a été régionalisée en grande partie pendant les années 80. Malheureusement, le législateur spécial n'a pas détecté l'importance des matières premières comme il l'a fait pour l'énergie par exemple.

Dans cette dernière compétence, il a laissé à l'Autorité fédérale les éléments qui sont cruciaux pour le bon fonctionnement de l'économie belge et de la politique énergétique du pays, comme la sécurité d'approvisionnement, la compétence sur les infrastructures critiques qui sont par nature indivisibles ou encore la main sur la législation des marchés concernés.

Il n'y a rien de tout cela pour les matières premières.

En Wallonie, cette tâche est dévolue au Service géologique de Wallonie (SGW). Contrairement au Service géologique de Belgique qui a une date de « naissance » bien précise (1896, bientôt 130 ans d'existence), la création du SGW actuel est le résultat d'un long processus suivant la régionalisation des matières concernées.

Le service fédéral susmentionné (Geological Survey of Belgium) existe toujours et s'occupe de la recherche sur les matières premières critiques et stratégiques. Ce service était attaché au SPF Economie avant de migrer vers le département de la recherche (Belspo) en 2002.

Tout le reste a été peu ou prou transféré dans les régions où nous retrouvons des réalités différentes avec des services rattachés au service de l'aménagement du territoire ou encore sous la tutelle du ministre de l'Environnement en Wallonie. Au niveau des ministres de l'Industrie et de l'Economie, nous supposons que certains services ont des missions qui se recoupent avec un service centralisé comme dans d'autres pays. Mais il est compliqué d'y voir clair.

Nous souhaitons que ces enjeux puissent être portés à l'attention des gouvernements des différentes entités afin qu'elles clarifient les rôles de chacun.

## 6.2. Un manque de clarté sur la compétence qui engendre des retards

En Belgique, on ne s'est pas vraiment préoccupé des matières premières jusqu'à récemment. La nouvelle législation UE oblige dorénavant les Etats membres à prendre des mesures et à s'organiser pour monitorer les matières premières critiques, faire de l'exploration en vue d'atteindre l'objectif de 10% d'extraction d'ici 2030 et à s'organiser pour vitaliser les chaînes de valeur.

Le problème est qu'il faut transposer cette volonté dans le contexte institutionnel belge, qui est compliqué comme chacun le sait. Dans les faits, le board qui a été constitué au niveau belge avec toutes les administrations concernées ou potentiellement concernées est toujours en train de discuter de qui va faire quoi.

A ce stade, personne n'est capable de centraliser des bonnes données de manière assez complète. Pour prendre un exemple, aucun service du pays n'est capable de savoir quelle quantité de matières premières critique entre ou sort du pays.

Ce genre de flou est d'autant plus malvenu que les autres pays membres de l'UE avancent et créent des observatoires capables d'analyser l'ensemble de la chaîne dans toutes les matières premières critiques. En effet, les matières premières critiques sont devenues un enjeu si important qu'ils érigent, souvent sous l'autorité du service géologique national, un observatoire dédié. Quelques exemples :

- Sous l'autorité du service de géologie français, le BRGM, le Gouvernement français a créé l'année passée un observatoire des matières critiques (OFREMI). Il doit ainsi faire des monitoring de toutes les données pertinentes dans toute la chaîne.
- La situation est la même pour l'Allemagne et le Royaume-Uni. Ces observatoires travaillent avec les ministères de l'énergie, de l'économie, des sciences. Il a souvent une équipe très interdisciplinaire où se trouvent même des psychologues.
- Au Pays-Bas, c'est un institut qui a 4 mois puisqu'il a été érigé en mars 2025

Tous ces pays se donnent les moyens de répondre à ces besoins, pourquoi pas nous ?

Nous sommes clairement en retard sur les autres pays européens. Nous souhaitons que les rôles entre l'Autorité fédérale et les Régions soient clarifiés et qu'une entité soit chargée de rassembler des données et de jouer le rôle d'observatoire des matières premières critiques.

## 6.3. Cadre juridique des activités minières

Ce n'est que tout récemment que la Région wallonne s'est dotée de l'équivalent d'un code minier. En effet, le « **Décret instituant le Code de la gestion des ressources du sous-sol en Wallonie** » ne date que de l'année passée. Il est entré en vigueur le 1<sup>er</sup> juillet 2024 mais n'est pas pleinement applicable, faute d'arrêtés de gouvernement., notamment en ce qui concerne les procédures de délivrance de permis d'exploration ou d'exploitation ou la gestion des nouvelles instances prévues par le Code (Fonctionnaire du Sous-Sol, Conseil du Sous-sol, comité scientifique).

L'objectif du nouveau décret était donc : de regrouper la législation existante en un seul texte unique, clair et moderne, de simplifier les procédures administratives, d'y intégrer les nouvelles technologies et pratiques « durables » (géothermie, stockage souterrain) et de renforcer la sécurité juridique. A noter que les dispositions relatives aux carrières ne sont pas comprises dans cette législation.

## 6.4. Evaluation du Code en vigueur

Il est important de noter que des consultations sur le contenu d'un avant-projet de code minier avaient déjà démarrées en 2018, sous le gouvernement MR-cdH du moment, et que bon nombre de recommandations avaient été faites par des experts avec une longue expérience internationale dans les opérations minières et les lois minières y afférant, afin de rendre la législation la plus attractive pour des investisseurs étrangers et locaux, tout en préservant les intérêts de la Région.

Après lecture détaillée du Décret 2024, principalement du point de vue d'une société d'exploration souhaitant étendre ses activités à la Wallonie<sup>62</sup>, force est de constater qu'aucune des recommandations d'experts ci-dessus n'a été retenue et que le texte n'a réussi que dans deux des objectifs énoncés, à savoir le regroupement de la législation existante en un seul texte et l'inclusion des techniques nouvelles.

La clarté, la simplification administrative et la sécurité juridique brillent par leur absence. L'ensemble du textes semble témoigner d'une méconnaissance profonde du sujet traité de la part des auteurs.<sup>63</sup>

Au niveau de la réglementation, **trois éléments répriment automatiquement une quelconque velléité de se lancer dans l'exploration en Wallonie, éléments pourtant relevés par les experts consultés en 2018 :**

- **Mise en concurrence d'un projet** par avis du Gouvernement après réception d'une demande de permis exclusif d'exploration par une société privée. Libre au gouvernement de lancer un appel d'offres dans l'absence de demande de permis existante pour une zone dont les données du Service géologique confirment le potentiel minier, mais pourquoi une société voudrait-elle introduire une demande pour la voir passer éventuellement à un concurrent après un appel d'offres publique ? Partout ailleurs, la règle est : premier venu, premier servi, pour autant que la société ait démontré ses capacités techniques et financières.
- **Durées excessives des diverses étapes dans l'évaluation d'un permis d'exploration avant approbation**, y inclus une enquête publique auprès des communes et des habitants concernés. Un an minimum si tout va bien, plus probablement un an et demi, sans compter le temps nécessaire à l'obtention des permis d'urbanisme et d'environnement (voir ci-dessous) qui requièrent également l'intervention des communes.
- La plupart des sociétés d'exploration n'ont pas le loisir d'attendre pendant un an ou plus pour savoir si tel permis ou autre sera accordé ou non Les « mining majors » pourraient éventuellement se contenter d'attendre puisqu'ils disposent d'un portfolio de projets bien fourni, mais il est improbable qu'une de ces entreprises ne s'intéresse à la Wallonie en vue du potentiel minier résiduel, restreint de leur point de vue.
- **Obtention obligatoire d'un permis d'environnement et d'un permis d'urbanisme** avant qu'un programme d'exploration ne puisse démarrer. Un permis unique est tout à fait normal dans le cas de démarrage d'une exploitation, mais beaucoup trop onéreux pour de simples campagnes d'échantillonnage de sols et/ou d'alluvions, de géophysique au sol et/ou aéroportée, et de forages. Il est clair que ces activités doivent respecter les règles environnementales en vigueur, mais l'obligation d'obtenir ces permis témoigne encore une fois d'une méconnaissance des activités concernées. La délivrance des permis ajoute une durée supplémentaire à l'attente de l'approbation d'un nouveau permis.

Nous souhaitons que les ministres compétents puissent revoir le Code minier pour qu'il s'aligne sur les pays qui encouragent l'exploration minière et l'exploitation dans un cadre balisé, responsable et durable. Nous avons besoin d'un Code moderne mais aussi fonctionnel.

Dans les autres griefs ou manquements, les éléments suivants sont pointés :

- Le Code ne contient aucune référence à la taxation minière, pourtant un élément-clé de la politique minière d'un pays ou région.
- Une vraie réflexion doit être faite sur ce que peut et doit rapporter à l'économie de la Région wallonne
- Le cadre légal de l'exploitation de carrières n'a pas été incorporé dans le Code, nonobstant le fait que les matériaux exploités (matériaux de construction, pierre de taille, minéraux industriels) représentent des ressources du sous-sol et que l'exploitation à ciel ouvert, qu'il s'agisse de roches ou de métaux, est considérée comme une activité minière.

## 6.5. Recommandations

Comme relevé dans les paragraphes sur le potentiel minier résiduel de la Wallonie, il n'y aura pas de développement de nouvelles mines en Wallonie (de zinc en particulier) sans phase d'exploration préalable. Sur base des éléments présentés ci-dessus, il semble clair que le cadre créé par le nouveau « code minier » de la Wallonie n'attirera aucun investisseur intéressé, qu'il soit étranger ou local.

Le fait que l'Arrêté définissant l'application du Décret 2024 reste à l'état de projet offre au Gouvernement actuel l'occasion d'apporter au Décret les modifications requises sur base de recommandations par un panel d'experts en la matière et en s'inspirant du code minier d'autres pays. Ce serait également l'occasion d'établir le « plan stratégique de la gestion des ressources du sous-sol » dont l'acceptation est une condition sine qua non pour la délivrance de tout nouveau permis d'exploitation, suivant le Code (Art. D.VI.3).

Toutefois doit d'abord se poser la question de la volonté politique quant au renouvellement des opérations minières en Wallonie. Le **Code actuel semble être rédigé pour décourager toute nouvelle tentative dans ce sens ou, du moins, aura cet effet sur quelconque investisseur intéressé.** L'affirmation d'une volonté politique pour offrir un cadre légal vraiment propice au développement minier passe nécessairement par la modification du cadre actuel. Reste alors à démontrer à la population wallonne que l'activité minière moderne ne ressemble en rien aux charbonnages de leurs parents et grands-parents et peut se faire dans le respect de l'environnement et sans désagrément majeur pour les habitants concernés, tout en offrant un impact positif sur l'emploi local. Bon nombre de mines modernes en Europe peuvent servir d'exemple dans cet exercice.

Une autre action concerne la place du Service géologie de Wallonie au sein de la structure gouvernementale. Son inclusion actuelle dans la DRIGM au sein du DEE dans la SPW Agriculture, Ressources naturelles, Environnement (voir la section sur le SGW) semble être le résultat de sa création par étapes diverses plus que d'une réflexion approfondie sur son rôle et sur sa place appropriée dans l'organigramme du Gouvernement.

<sup>62</sup> Vu que toute nouvelle activité minière d'envergure en Wallonie doit passer par la phase d'exploration.

<sup>63</sup> Rien que par le choix des définitions techniques (erronées pour certaines) et de certaines formulations, il semble qu'aucun expert minier ou juridique, versé dans la législation minière internationale, n'a été consulté pour sa rédaction et qu'aucun effort n'a été fait de consulter les codes miniers de pays à industrie minière florissante, ni même la France, pourtant voisin (et pas nécessairement une référence en la matière).

# V. ENJEUX ÉCONOMIQUES, SOCIAUX ET ENVIRONNEMENTAUX DANS LE RESPONSIBLE MINING

## 1. Une vraie politique est nécessaire. Un discours de vérité aussi

### 1.1. Un secteur mal connu et mal aimé en Europe et en Belgique

En ciblant l'extraction minière, le Centre Jean Gol ne se facilite pas la tâche. Le secteur souffre d'une vraie phobie sociale et d'une image environnementale déplorable. Les représentations collectives en Europe occidentale se partagent entre :

- les représentations historiques à la Emile Zola dans Germinal,
- des reportages d'époque dans les mines de charbon d'antan
- ou encore les images, bien contemporaines quoique très minoritaires dans le secteur minier mondial, de certains reportages dans des mines artisanales en Afrique le plus souvent avec des enfants ou de pauvres gens qui extraient des minerais pour quelques sous et dans des conditions épouvantables.

Les sociétés européennes ont depuis longtemps oublié ce qu'était une mine et ne veulent rien avoir à faire avec cette industrie. Et qu'importe qu'elle soit à la base de la plupart d'objets et infrastructures qui permettent son niveau de bien-être.

On peut d'ailleurs se poser la question du pourquoi il faudrait à tout prix investir massivement dans des circuits-courts pour son alimentation, pour ses vêtements mais pas pour les métaux de mon smartphone ou l'aluminium de mon panneau solaire.

Au Centre Jean Gol, nous avons fait le choix du discours vérité, parce qu'on ne construit pas quelque chose de concret sur des mensonges, des faux-semblants ou en ignorant les faits.

### 1.2. Une vraie politique publique basée sur des faits, pas des souhaits

Le document présent et la conférence de presse se basent sur les meilleures expertises géologiques de notre pays. Tous les chiffres qui sont détaillés sont validés scientifiquement et permettent de trier le vrai du faux sur cette industrie.

Le Centre Jean Gol voit qu'il existe encore chez nous des centres de recherche réputés mondialement, qu'il y a encore des acteurs économiques capables de développer une vraie vision moderne de la gestion des matières premières et du recyclage de celle-ci. Nous regardons aussi avec intérêt les initiatives européennes qui tentent de relancer une activité et s'inquiètent du degré de dépendance dans lequel est tombée notre économie vis-à-vis de technologies et matières premières.

Nous voyons enfin qu'il y a un vrai essor des initiatives de recyclage et d'écoconception au départ d'une expertise forte de nos acteurs. Nos autorités publiques et nos acteurs économiques concernés investissent des millions dans l'amélioration du processing, du recyclage ou de la fonctionnalité. Mais nous délaissions totalement l'aspect extraction en Belgique. Pourquoi ?

Nous constatons enfin que le traitement politique est totalement sous-estimé au regard des enjeux en présence.

En un mot, le défi proposé par l'Union européenne le 23 mai 2024, l'entrée en vigueur du Critical Raw Materials Act (CRMA) n'est tout simplement pas relevé dans notre pays.

Pour rappel, il s'agit d'extraire au moins 10% des besoins annuels de l'UE, traiter 40% et recycler 25% des matières premières stratégiques d'ici 2030. Il est aussi question dans la stratégie européenne d'améliorer l'exploration et l'innovation autour du processing et de l'extraction, en plus du recyclage. Sur ces points, nous passons à côté du sujet en faisant semblant de ne pas le voir...

### 1.3. Être responsable, c'est assumer ses responsabilités et un devoir de vérité

A ce stade, l'activité minière a laissé la plupart des gouvernements très frileux sur la question. Toutes les demandes d'exploration en Wallonie se sont par exemple soldées par des prospecteurs qui jettent l'éponge devant l'apathie de l'administration, des autorités politiques et des résistances des locaux. De même, nous n'avons plus fait d'exploration digne de ce nom depuis des années.

Nous plaçons au contraire pour une attitude volontariste sur la question. C'est très bien de voter des textes au Parlement européen ou de communiquer dans les médias. Mais il faut maintenant joindre la parole aux actes : **nous devons assumer une politique minière ambitieuse.**

Nous voyons que des prises de conscience se font doucement dans le chef d'autres partis politiques : par exemple, le président des Engagés, Yvan Verougstraete, a appelé le 5 juin dernier la Wallonie à relancer l'exploration minière, notamment sur l'hydrogène blanc. Il plaide pour une campagne de cartographie et de sondage de notre sous-sol.<sup>64</sup>

→ **Nous nous réjouissons que Les Engagés ouvrent la porte à l'exploration minière sur ce sujet important. Nous pensons que les ministres de ce parti ont un rôle fondamental pour déployer cette stratégie à très court terme et nous nous engageons à apporter notre concours aux Ministres de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire wallons.**

Il y a par contre une attitude beaucoup répandue qui est celle de **l'ignorance**. Certains partis politiques n'ont tout simplement pas d'avis sur la question parce qu'ils ne l'ont jamais analysée ou n'ont pas pris conscience du tournant au niveau européen.

Il y a enfin une dernière attitude qui est celle d'avoir fouillé significativement le sujet, bien appréhendé les enjeux **puis apporter une réponse tellement conditionnée qu'elle empêche, dans les faits, toute stratégie minière**. Cette dernière attitude est notamment défendue par Etopia dans son récent ouvrage « Relance minière en Europe : un passage obligé ?<sup>65</sup> ».

L'auteure pose bien les enjeux du débat mais s'appuie abondamment sur la littérature qui critique l'industrie minière. Dans le même temps, même si la croissance extraordinaire des besoins est bien identifiée, la mine est toujours vue comme une entité irréformable, désuète et par nature incompatible avec l'avenir écologique prôné par l'auteure.

La question à se poser est : que fait-on à partir de cette conclusion ? Contraindre l'industrie sur base de dossier à charge ne risque pas de développer une réflexion constructive sur la manière dont nous assumons néanmoins l'extraction. De même, nous voyons que même l'essor de l'écoconception et du recyclage à grande échelle ne suffiront absolument pas à répondre à nos besoins pour le futur. Dans

les faits, une telle attitude implique que nous importerons ces matières premières en faisant porter cette extraction et ce raffinage par d'autres que nous, soit nous prenons notre part. Mais il est certain qu'il faudra continuer à alimenter la boucle des matières premières via la mine. Et ce, encore pour longtemps.

En un mot comme en cent : oui à l'écoconception, oui à la durabilité des objets, oui à une extraction et une industrie minière responsable et engagée à réduire ses externalités négatives sur l'environnement et la société. Mais il ne faut pas se cacher derrière des normes impossibles à rencontrer pour fuir ses responsabilités.

### 1.4. Pour une grande campagne d'exploration du territoire belge

Qui doit faire l'exploration ? Le public ou privé ? Les deux.

Mais, dans un premier temps, c'est avant tout la charge d'un service géologique public. Et ce, pour une raison qui est propre à la logique de l'industrie minière.

Pour intéresser des acteurs du secteur minier, il faut à tout le moins mener une exploration de base pour mieux connaître le sous-sol. Ces campagnes représentent déjà des investissements mais à l'attention de tous publics. Il faut produire des données de base sur le sol et les sortes de roches.

C'est d'ailleurs l'une des volontés de la législation européenne. L'exploration est le premier pas.

De quelle manière se passe cette exploration ?

- Il s'agit d'analyses géophysiques (soit au sol ou en avion)
- des analyses géochimiques dans les rivières et les sédiments.
- Il y a aussi des explorations plus spécifiques dans certains contextes et avec les gisements ad hoc avec des sondages, carottages, etc.
- Un autre élément est de retraiter les données qu'on a avec des cartes qu'on connaît et qu'on met à jour.

Tout ce travail sert aussi aux universités et aux acteurs locaux. Dans le même temps, ce travail peut permettre de susciter l'intérêt des "junior". C'est-à-dire des compagnies minières au profil plus risque qui font des études de réserve et vont plus loin dans l'exploration pour mieux connaître les gisements.

<sup>64</sup> Echo, Les Engagés appellent la Wallonie à relancer l'exploration minière, [lecho.be/economie-politique/belgique/wallonie/les-engages-appellent-la-wallonie-a-relancer-l-exploration-miniere/10610359.html](https://lecho.be/economie-politique/belgique/wallonie/les-engages-appellent-la-wallonie-a-relancer-l-exploration-miniere/10610359.html)

<sup>65</sup> Géraldine Duquenne, Relance minière en Europe : un passage obligé, Etopia, 12 décembre 2023 [etopia.be/blog/2023/12/12/relance-miniere-en-europe-un-passage-oblige](https://etopia.be/blog/2023/12/12/relance-miniere-en-europe-un-passage-oblige)

Ultérieurement, les compagnies “majors” peuvent entrer en lice si les gisements sont prometteurs. Les juniors revendent alors leurs droits aux majors qui font de l’exploitation.

En conséquence, nous plaçons pour que les services fédéral et régionaux concernés puissent s’entendre sur les modalités d’une large campagne d’exploration de notre sous-sol. Nous plaçons pour que des moyens soient débouqués rapidement dans ce but.

## 2. Responsable mining sur les enjeux économiques, sociaux et environnementaux

Cela ne veut pas dire que nous allons creuser n’importe quoi n’importe où.

Il apparaît que le secteur minier européen est devenu leader mondial en matière de « sustainability reporting ». <sup>66</sup> C’est-à-dire qu’il participe activement au Global Reporting Initiative (GRI), une organisation internationale formée en 1997 avec le soutien de l’ONU. 95% des 250 plus grandes entreprises font des rapports sur la soutenabilité de leur activité et 74% d’entre elles le font en utilisant les standards de GRI.

D’année en année, le nombre de compagnies minières qui produisent des rapports annuels à propos l’impact de leurs activités sur l’environnement augmente fortement. Cela prouve qu’elles s’en préoccupent réellement. Ce sont, pour l’instant, les entreprises les plus prospères qui se montrent les plus zélées dans cet exercice de transparence.

### 2.1. Qu’est-ce que le « responsable mining » ?

Depuis quelques années, tout un ensemble de pratiques et de nouvelles techniques ont permis d’améliorer significativement l’efficacité des activités minières et de réduire leur impact environnemental. Il faut travailler à ce que ces pratiques dites de « responsable mining » se généralisent et soient appliquées partout.

Il est nécessaire de passer par des réglementations ad hoc et par des technologies innovantes. C’est particulièrement vrai pour les sites minières exploitant des terres rares. La Chine et les Etats-Unis ont tous deux réalisé des progrès en la matière. Lors de la réouverture de Molycorp dans le site de Mountain Pass, des technologies eco-friendly ont été privilégiées afin de satisfaire aux nouvelles normes. Ainsi, les résidus miniers

sont désormais séchés et étalés, ce qui les rend moins volatiles et plus compact. L’eau qui s’en évacue peut alors être utilisée pour d’autres usages dans la mine, ce qui permet au passage de recycler les agents chimiques dont cette eau est chargée. La chaleur des moteurs est récupérée pour chauffer les équipements, le gaz naturel remplace les carburants, etc. Quant à la Chine, en raison de nombreuses protestations populaires et de manifestations écologiques, elle a été contrainte d’adopter des mesures qui ont été codifiées dans le Rare Earth Industrial Development Policy. <sup>67</sup>

Voici, sans aucune prétention à l’ordre ou à l’exhaustivité, quelques pratiques et techniques dites de « **responsable mining** » :

- **Avant l’ouverture de la mine, étudier la flore et la faune endémique afin de préserver les espèces rares présentes sur le site et, éventuellement les transplanter** : le fait de construire des refuges pour ces espèces permettra, une fois l’activité terminée, de les réimplanter sur les sites revégétalisés et de repeupler ces derniers.
- **Imperméabiliser les résidus miniers** : dans l’exploitation des terres rares, ces résidus sont souvent radioactifs. Cette radioactivité, en cas de fuite, peut s’échapper et contaminer l’eau, le sol et les cours d’eaux environnants. Il faut dès lors les imperméabiliser par des couches protectrices étanches ou, mieux, déshydrater ces déchets et les transformer en une sorte de pâte.
- **Réévaluer les teneurs de coupure afin de réduire la quantité de déchets** : la teneur de coupure est la teneur minimale au-dessus de laquelle le gisement est considéré comme économiquement exploitable (calculée en fonction des coûts d’extraction spécifiques au gisement et des prix actuels ou estimés du minerai extrait). Si cette teneur n’est pas atteinte, le gisement sera laissé en place. Souvent, ces teneurs ont été fixés à un moment où les technologies n’étaient pas si évoluées qu’elles ne le sont aujourd’hui. Il est donc souvent possible d’exploiter beaucoup plus un minerai. Cela permet dès lors de réduire significativement les déchets. <sup>68</sup>
- **Pratiquer l’hydrométallurgie de préférence à la pyrométallurgie**, c’est-à-dire attaquer, quand on le raffine, le métal par voie chimique plutôt que d’utiliser le four électrique qui consomme une quantité très importante d’énergie. Cela nécessite évidemment de récupérer les acides et solvants en fin de processus, non seulement pour les réutiliser mais aussi pour que les déchets (représentant parfois 99% du poids de minerai) puissent être inertés. Il faut néanmoins être conscient que l’hydrométallurgie ne convient pas à tous les minerais.

- **Gérer les eaux de pluie et les nappes souterraines pour éviter qu’elles ne compliquent le travail ou qu’elles ne déclenchent un ravinement en aval** : cela implique, quand les volumes sont importants, de créer des bassins de décantation et de filtration pour éviter que les ruisseaux de la vallée ne soient pollués par des boues. <sup>69</sup>
- **Réexploiter les résidus miniers** : ces résidus sont parfois encore très riches en terres rares. Réexploiter ces déchets permet d’en réduire la taille souvent très imposante.
- **Utiliser des systèmes d’arrosage (sprinklers) et des canons humidificateurs pour empêcher que de grandes quantités de poussières ne soient relâchées dans l’atmosphère** et ne nuisent aux populations vivant aux alentours (silicose). C’est possible en humidifiant au préalable les zones où l’on fore et en récupérant les poussières qui s’envolent au moyen de canons vaporisateurs.
- **Extraire les matériaux utiles des déchets miniers hautement toxiques et acides grâce à la technologie dite de « Liquid Membrane Emulsion »** : cela permet de réduire la taille des déchets et de réutiliser des matériaux auparavant contaminés. <sup>70</sup>
- **Utiliser des ressources renouvelables pour satisfaire tout ou partie des besoins énergétiques de la mine** : en moyenne, 10% des coûts de l’exploitation d’un gisement proviennent de la consommation d’électricité. Il est généralement avantageux d’utiliser l’énergie solaire et éolienne du site pour se procurer de l’énergie propre à bon marché.
- **Faire un décompte rigoureux des déchets miniers toxiques** : les entreprises minières doivent inventorier précisément leurs déchets et rendre ces informations publiques. C’est grâce à de tels rapports qu’on peut éviter de graves atteintes à l’environnement.
- **Constamment améliorer les performances environnementales de la mine** : les entreprises doivent adopter des mesures pour minimiser l’impact de leurs activités sur l’environnement. C’est possible en faisant preuve d’imagination et en recyclant des déchets, l’eau, la chaleur, etc. En utilisant aussi des matériaux réutilisables pour leurs infrastructures. <sup>71</sup>
- **Fermer les mines illégales ou non réglementées** : la Chine et divers pays du tiers monde comptent sur leur territoire de nombreuses mines opérant dans l’illégalité ou dans un contexte réglementaire qui ne respecte pas les droits humains, la protection de l’environnement et les standards de qualité. Soit il faut les régulariser en forçant leurs propriétaires à satisfaire à toutes ces exigences, soit il faut les fermer. Une fois

fermée, il faut bien vérifier qu’une activité clandestine n’y subsiste avec la complicité des autorités locales.

- **Nettoyer et fermer les anciens sites miniers** : beaucoup de zones anciennement exploitées par des compagnies minières sont désormais contaminées et cela au détriment des populations qui habitent dans ces zones ou à proximité.
- **Végétaliser et reconvertir en site naturel les anciennes exploitations** : il faut recouvrir les zones décapées avec de la terre végétale et pratiquer la revégétalisation. Des techniques modernes permettent de répandre des semences par arrosage et la réintroduction d’espèces endémiques. Des carrières peuvent être reconverties en lacs ou grands étangs avec un écosystème diversifié.

Ces pratiques sont salutaires mais sont malheureusement encore trop peu mises en œuvre dans le monde, même parmi les entreprises qui adoptent publiquement des politiques soutenables. Il existe encore une gigantesque marge de progression en la matière, particulièrement en ce qui concerne les accidents mortels de travail et le respect des droits de l’homme.

### 2.2. Révolution robotique et Intelligence Artificielle dans le secteur minier

Une recommandation figurant incontestablement dans les codes de « responsable mining » est le recours aux innovations et nouvelles technologies. Le secteur minier est un secteur dangereux pour la vie humaine des travailleurs et populations environnantes. On estime à 12.000 le nombre de personnes qui décèdent chaque année dans le monde dans ce secteur (principalement dans les mines à charbon). <sup>72</sup> 1.000 mineurs meurent chaque année aux seuls Etats-Unis, même si le chiffre précis est difficile à évaluer (en raison de chutes, d’explosion ou d’interaction avec les machines). La profession de mineur demeure l’une des plus dangereuses au monde.

La solution à ces accidents tient principalement dans l’automatisation des processus et dans la robotisation des activités pénibles et/ou dangereuses. Ces progrès constituent une véritable révolution dans le secteur ces dernières années et constituent l’une des avancées les plus spectaculaires de l’intelligence artificielle. Les robots minières sont tout à la fois en train de remplacer les hommes et de sauver des vies. Les robots ne boivent pas, ne stressent pas, ne paniquent pas, ne sont jamais fatigués et sont également beaucoup plus efficaces. Les robots peuvent soulever des charges importantes, peuvent travailler à des températures extrêmes et ne risquent pas d’avoir des problèmes respiratoires en étant exposés à la poussière ou aux vapeurs toxiques. Il n’a pas besoin de système de ventilation et d’air conditionné dans les galeries où il opère. On comprend que les entreprises y recourent de plus en plus. C’est le cas en Australie, au Brésil, au Chili, etc.

66 European Commission, The European innovation partnership (EIP) on raw materials, 2018 site internet, pp.102-103 [https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/eip\\_en/](https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/eip_en/)

67 MIT, Environmentally Sensitive “Green” Mining : Using Environmentally Conscious Mining Standards, The future of Strategic Natural Resources, 2016, <https://web.mit.edu/12.000/www/m2016/finalwebsite/solutions/greenmining.html>

68 MIT, Environmentally Sensitive “Green” Mining : Using Environmentally Conscious Mining Standards, The future of Strategic Natural Resources, 2016, <https://web.mit.edu/12.000/www/m2016/finalwebsite/solutions/greenmining.html>

69 Ph. Bihouix et B.de Guillebon, Quel futur pour nos métaux ?, Un nouveau défi pour la société, EDP Sciences, 2010, pp.91-92

70 B. Ghate, How Mining Industries are turning towards Green Mining Technology ?, Insightssuccess, 20 march 2018 <https://www.insightssuccess.com/mining-industries-turning-towards-green-mining-technology>

71 C. Kotze, Responsible mining practices not met with sufficient company action, Mining Review Africa, 12 april 2018, <https://www.miningreview.com/international/responsible-mining-practices-not-met-with-sufficient-company-action/>

72 A. Chakravorty, Underground robots: How robotics is changing the mining industry, Eos, 100, May 2019 <https://doi.org/10.1029/2019EO121687>



Un robot minier du projet Robominers, financé par le programme Horizon 2020 de l'UE<sup>73</sup>

Les robots interagissent de plus en plus avec les appareillages de la mine grâce à l'internet des objets. Ils peuvent être informés via quantité de capteurs des conditions évolutives de leur environnement. Ils peuvent eux-mêmes placer les capteurs qui les informent (par exemple, d'une fuite de gaz). On peut parler d'une authentique synergie.<sup>74</sup> Il y a encore place aussi, dans les mines, pour les « corobots », c'est-à-dire les robots qui accompagnent un humain et effectuent pour lui quantité de tâches. Ces « assistants » peuvent porter du matériel, collecter des données, scanner, prélever des échantillons et les analyser sur place, etc.<sup>75</sup>

Dans le métier de la mine, il y a quantité de tâches qui peuvent désormais être assurées par des robots :

- **Drones survolant les sites miniers** : les drones prospectent, détectent, inspectent, surveillent, contrôlent, etc. Ils donnent une vue d'ensemble et peuvent repérer de nouveaux gisements. Ils permettent de réaliser des cartes en 3D. Il est également possible, même si l'idée est encore à l'état de projet, d'expédier les drones parmi les galeries souterraines.

- **Robots programmés pour forer dans la roche** : ils opèrent beaucoup plus rapidement que des humains et n'exposent plus ces derniers au danger des explosions parfois nécessaires pour pénétrer la roche. Ces foreuses peuvent se déplacer pour choisir un meilleur endroit où creuser. Elles sont plus précises, plus efficaces et plus sûres. Elles peuvent forer 12 heures d'affilée, ce qui est intéressant relativement aux 8,5 heures de travail journalier des êtres humains.

- **Robots explorant les galeries inondées des anciennes mines** : en Europe, il existe quantité de mines fermées ou abandonnées qui sont aujourd'hui inondées. L'inventaire des mines inondées recense pas moins de 8.500 sites. Dans un contexte de réouverture des mines européennes, il est intéressant de réévaluer leur potentiel et cela avec des outils dont ne disposaient pas ceux qui ont fermé ou abandonné la mine. Par ailleurs, le prix des terres rares est monté en flèche ces dernières années. Ce qui rend leur exploitation beaucoup plus intéressante qu'à l'époque de la fermeture ou de l'abandon de ces mines. Ces robots aquatiques, munis de sonars, de caméras acoustiques, de lasers, d'ordinateurs, de batteries rechargeables, de boucliers protecteurs contre la pression, d'un système de propulsion, etc. peuvent désormais s'aventurer dans des zones dangereuses pour l'homme. Ils réduisent considérablement les coûts destinés à assurer la sécurité des mineurs et plongeurs qui, traditionnellement, travaillaient dans des conditions extrêmes. Ils peuvent ainsi examiner si la mine inondée contient des terres rares et des minerais de valeur.

- **Trains de minerais sans conducteur** : les mines ont quasiment toujours nécessité des voies de chemin de fer pour évacuer les minerais. Dans la mine de Pilbara en Australie a été inauguré la première locomotive totalement autonome en 2018. Ils peuvent repérer les autres trains, s'arrêter aux signaux et charger et décharger automatiquement. Sur un trajet de 40 heures, on peut aisément gagner 2 heures grâce aux systèmes de détection.

- **Noria de camions autonomes** : ils opèrent à l'intérieur même de la mine, s'orientant grâce au GPS, à des lasers et des radars. Ils peuvent rouler par eux-mêmes en tenant compte de la route, des autres véhicules et des gens.

Les robots miniers du futur opéreront dans les océans pour extraire les minéraux, lieux inaccessibles aux humains en raison de la haute pression et de la visibilité quasi inexistante. Conçus pour affronter les milieux inhospitaliers, ils iront même probablement un jour dans l'espace.<sup>76</sup>



### 3. Comment devenir plus responsable ? Plusieurs pistes, dont l'extraction

#### 3.1. La boucle en 4 temps

Pour le Professeur Eric Pirard de l'ULiège, la question de la circularité doit très certainement être développée dans le marché des matières premières, notamment des métaux, mais elle recouvre quatre défis qui vont au-delà du « simple recyclage de déchets ».<sup>77</sup>

La première étape n'est pas spécialement très populaire en Europe : **il s'agit de nourrir la boucle**. En effet, étant donné la croissance phénoménale de la demande en matières premières, en métaux dans les prochaines décennies, il est illusoire de penser que l'humanité pourra répondre à ses défis sans continuer à prélever des minerais dans son environnement.

#### Pour l'Europe, il est grand temps de faire un état des lieux approfondi de ses sous-sols et de nos fonds sous-marins.

L'objectif de 10% de production intérieure par rapport à la consommation européenne est mentionné dans la législation européenne. La transformation doit quant à elle être de l'ordre de 40%.

**La prospection de nouvelles mines terrestres - et leur exploitation à terme - fait partie d'une stratégie européenne à long terme mais il faut maintenant la concrétiser.** Pour les fonds marins, lorsque l'on prend en compte les fonds marins du Vieux continent, le lecteur se rendra compte qu'une surface du globe extrêmement

étendue et potentiellement riche en minerais (pas seulement rares) est un atout considérable dans son jeu.<sup>78</sup>

L'objectif n'étant pas de baisser nos standards environnementaux actuels mais d'analyser quels chemins doivent encore parcourir les industries extractives et de raffinage afin d'atteindre nos standards environnementaux. Dans le même temps, il serait utile d'harmoniser ces standards à toute l'Europe.

#### 3.2. Diversifier l'approvisionnement et lutter contre les distorsions du marché

Dès l'initiative de 2008, l'Europe a visé à nouer des partenariats à long terme pour garantir un approvisionnement dans les matières premières critiques. Cet aspect fait partie intégrante du Critical Raw Material Act de 2023 avec un objectif de ne pas avoir une dépendance à un seul pays tiers qui dépasse les 65% par élément. Nous avons vu que nous sommes largement au-dessus pour de nombreux minerais et métaux envers la Chine, notamment.

#### 3.3. La substitution

Dès 2008, les Etats membres de l'Union européenne et la Commission européenne ont soulevé la possibilité de recourir aux substituts pour les minerais les plus critiques. « Certaines technologies arrivent à substituer les terres rares. Par exemple, le véhicule électrique : certains constructeurs comme Toyota utilisent du néodyme dans la construction de leurs modèles électriques,<sup>79</sup> tandis qu'à l'inverse, Renault est parvenu à s'en affranchir pour la Zoé. C'est aussi le cas avec la création de circuit imprimé à base de molécule de champignon. »<sup>80</sup>

<sup>73</sup> <https://robominers.eu/2023/10/18/robominers-media-kit-october-2023> ROBOMINERS Media Kit - October 2023 - Robominers

<sup>74</sup> Ibidem

<sup>75</sup> K. Brooks, *How robots are changing the mining sector*, Current, distrelec, 26 June 2018, <https://www.distrelec.de/current/en/robotics/how-robots-are-changing-the-mining-sector/>

<sup>76</sup> J. Gendron, *How Mining Robots are Replacing Humans and Saving Lives*, 10/07/2019 <https://www.robotshop.com/community/blog/show/how-mining-robots-are-replacing-humans-and-saving-lives>

<sup>77</sup> Le graphique est issu du document (powerpoint) : Pirard, E., *Matières premières critiques : quelles pistes pour réduire notre dépendance ?*, ULiège, 2018, p. 18

<sup>78</sup> Notons par exemple que la France possède des territoires immenses via notamment ses territoires d'Outre-Mer (11 millions de kilomètres<sup>2</sup>). Les îles de Wallis-et-Futuna, coincées entre Tahiti et la Nouvelle-Calédonie, auraient dans leur territoire sous-marin de fabuleux gisements de terres rares. - Guillaume Pitron, *La guerre des métaux rares*, op. cit., p. 241

<sup>79</sup> Toyota cherche tout de même des solutions pour s'affranchir de ce minéral.

<sup>80</sup> O. Soria, J. Grau, *Terres rares : notre ultra-dépendance à la Chine (et comment en sortir)*, op. cit.

**Il y a des limites à cette démarche : par exemple, dans le cas des technologies de l'information et de la communication (TIC) les substitutions sont difficiles, voire impossibles : cela demanderait de revoir complètement les produits.**

Il s'agit bien d'un débat plus large que la simple substitution d'un métal par un autre. Dans le cas des batteries, nous voyons que les développements à la base de la conception du produit prennent en compte la disponibilité des ressources. Dans cette optique, un investisseur qui souhaite mettre en place un processus industriel, qui s'inscrit donc dans un temps long, à tout intérêt à privilégier des ressources qui sont abondantes et dont le prix est le plus prévisible à long terme.

### 3.4. Ecoconception des objets et des infrastructures

L'écoconception est l'une des dimensions principales de l'économie circulaire<sup>81</sup>. Elle a sa place entre l'utilisation modérée et la plus efficace possible des ressources non renouvelables, l'exploitation respectueuse - de leurs conditions de renouvellement - des ressources renouvelables, une consommation respectueuse de l'environnement, la valorisation des déchets en tant que ressources et le traitement des déchets sans nuisance.

Il s'agit d'une approche holistique en ce sens qu'il s'agit moins de trouver, pour chacune des étapes de vie d'un produit, celle qui sera la moins nuisible pour l'environnement, mais de **mettre en place, sur l'ensemble du cycle de vie<sup>82</sup>, la chaîne d'opération qui au total aura l'impact le plus favorable d'un point de vue environnemental, social et économique**. Il s'agit aussi d'une approche préventive puisque l'on vise à

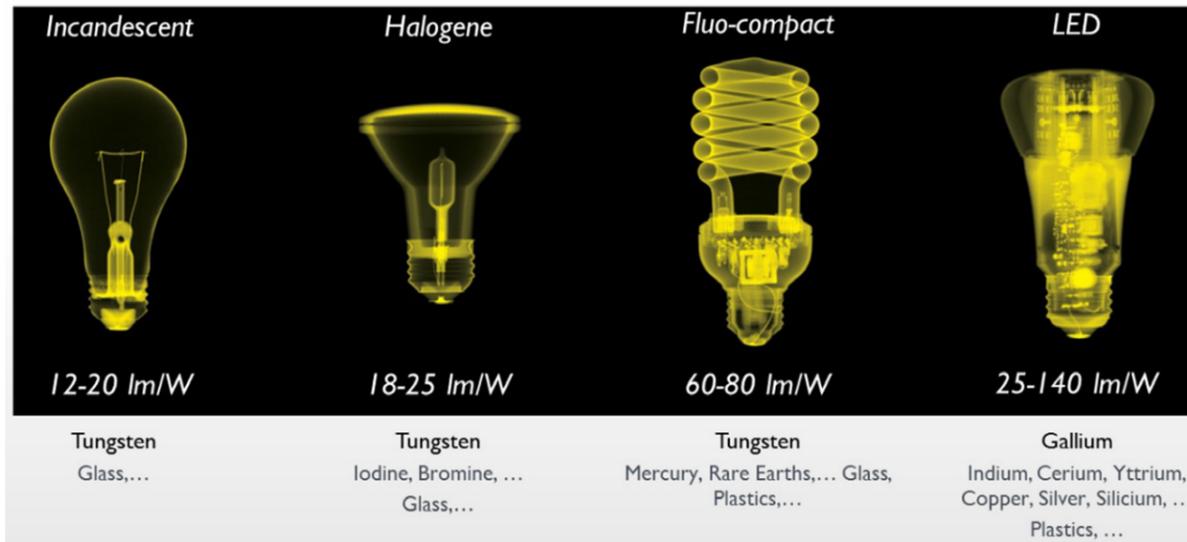
réduire l'impact environnemental de l'artefact ou du service rendu dès le stade de sa conception. Pour mener à bien de tels projets, il faut non seulement faire intervenir, mais aussi intégrer, toutes les fonctions de l'entreprise : cycle des achats, des ventes (y compris le marketing<sup>83</sup>), contrôle interne (protection des actifs ...), ressources humaines, recherches et développement (y compris *design* des objets).

**80% de la pollution de la pollution environnementale  
90% des coûts de fabrication résultent de décisions prises lors de l'étape de conception.<sup>84</sup>**

Partir de l'idée d'écoconception oblige de se poser des questions quant aux conditions de prélèvement des ressources utilisées, quant à la longueur des circuits de transport depuis le matériau brut jusqu'aux différents lieux de transformation et de livraison, quant à la quantité de ressources mises en œuvre et quant au sort réservé aux déchets produits (y compris, quand il s'agit d'un objet, la collecte et le recyclage de celui-ci).

#### 3.4.1. La tendance à complexifier les éléments et les rendre non recyclable

La plupart des biens qui nous entourent sont composés de toujours davantage de métaux et d'alliages composites. L'évolution de la conception des ampoules à incandescence vers les lampes LED en est un exemple particulièrement parlant.



81 J.-C. Levy, *L'économie circulaire: l'urgence écologique?*, Presses de l'École nationale des ponts et chaussées, 2009, cité par : *Économie circulaire : bénéfices socioéconomiques de l'écoconception et de l'écologie industrielle*, Stratégie & Études n°33, Ademe & vous, 2012, 7 pages, page 2, <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/ademe-strategie-etude-33.pdf>

82 Collecte des éléments de base ; transport de ceux-ci ; transformation ; création de l'artefact ; distribution de celui-ci ; impacts durant la durée de vie ; collecte en fin de vie, recyclage et sort de ce qui ne peut plus être recyclé.

83 Un produit éco-conçu peut-il être vendu plus cher pour cette raison ? Devient-il par exemple un produit de luxe ?

84 Chiffres mis en avant en 2018 par le Parlement européen, lors de l'analyse de la mise en œuvre de la Directive établissant un cadre pour la fixation d'exigences en matière d'écoconception applicables aux produits liés à l'énergie (2019/125/CE), qui a débouché sur la résolution du Parlement européen du 31 mai 2018 sur la mise en œuvre de la directive relative à l'écoconception (2017/2087(INI)). Parlement Européen, Directive sur l'écoconception : de l'efficacité énergétique à la recyclabilité, Actualité Parlement Européen, 24 mai 2018, <https://www.europarl.europa.eu/news/fr/headlines/society/20180522ST004021/econception-de-l-efficacite-energetique-a-la-recyclabilite>

La première ampoule utilisait du tungstène, du verre et un métal conducteur pour le culot. Les lampes basses énergie étaient composées aussi du tungstène, du mercure, de plusieurs terres rares, du plastique et du verre. Les ampoules dernière génération, les lampes LED, utilisent quant à elles du gallium, de l'indium, du cérium, de l'yttrium, du cuivre, de l'argent, du silicium, etc.

Cette évolution vers toujours plus d'alliages et de minerais se remarque particulièrement dans les nouvelles technologies (numériques pour ne citer qu'elles) comme dans les objets les plus courants. A chaque innovation, les produits sont optimisés pour être plus fonctionnels. Aujourd'hui, selon Eric Pirard, il faudrait aussi se soucier de la recyclabilité et de la disponibilité durable des ressources.<sup>85</sup>

#### 3.4.2. Travailler sur la notion de propriété des objets

Cette approche amènera inévitablement à interroger notre rapport à l'un des piliers de notre modèle d'organisation de la société, mis en avant par le philosophe libéral John Locke dès le 17<sup>ème</sup> siècle : la **propriété des objets<sup>86</sup>**. En quelques mots, doit-on être propriétaire d'un objet ou, dans le but de réduire l'impact de celui-ci pour l'environnement, acceptons-nous d'en être seulement l'utilisateur ?

Ensuite - en milieu ou en fin de vie - il faut le restituer à celui qui pourra ou devra, mieux que les utilisateurs dans leur ensemble, recycler l'objet ou certains de ses composants. Est-ce envisageable pour une voiture ? Un ordinateur ? Un smartphone ? Une montre ? On mesure d'emblée que, **lorsque le fabricant reste propriétaire d'une machine** (alors que le consommateur achète un service), **il va sans doute préférer la concevoir comme robuste et facilement réparable**, afin de minimiser l'impact sur l'environnement et les coûts de son département « réparations ». *Last but not least*, la facilité avec laquelle le produit en fin de vie pourra être recyclé sera prise en compte dès la conception puisque le fournisseur garde jusqu'au recyclage la propriété de l'objet en cause.

### 3.5. Allonger la durée de vie

Le troisième défi identifié par E. Pirard est **l'allongement de la durée de vie des produits qui nous entourent**. En effet, il est constaté que les outils s'usent vite ou ne sont pas conçus pour durer. Un exemple connu est par exemple le téléphone portable qui doit être changé parce que la batterie, inamovible, est déficiente.

Cet enjeu est particulièrement porté par des auteurs comme Philippe Bihouix et son concept des *low techs*. L'objectif étant de **concevoir les objets avec des matériaux plus performants et en plusieurs pièces**. Les pièces les plus sollicitées, amenées à s'user plus rapidement, pourraient être

changées tout en gardant la majorité des autres pièces. Ces solutions pourraient être dupliquées dans à peu près tous les produits utilisant des métaux.<sup>87</sup>

### 3.6. Le recyclage des métaux – Etat des lieux et potentiel

Le 4<sup>e</sup> et dernier défi est bien entendu qu'il **faut boucler la boucle afin que les matières premières, autant que faire se peut, s'inscrivent dans la circularité**.

Dès 2008, l'initiative matières premières attire l'attention sur l'aspect du recyclage des matières premières. Pour autant, c'est seulement avec le Critical Raw Materials Act qu'une obligation est clairement reprise dans la réglementation européenne. L'objectif pour 2030 est que 25% des matières premières critiques soient recyclées. Sur les 47 projets sélectionnés par l'Union européenne, 10 portent sur le recyclage.

Bien que le recyclage des minerais et des métaux surtout soit une volonté depuis longtemps, il n'est pas toujours aisé de trouver un point d'équilibre et de faire émerger des chaînes d'approvisionnement. Plusieurs causes sont ainsi identifiées :

- Les filières de collecte des déchets et des objets en fin de vie ne permettent pas d'avoir accès aux matières premières de ces objets.
- Umicore indiquait lors du forum de l'écologie libérale en 2023 que l'on collecte moins de 10% des batteries de GSM.<sup>88</sup> De même, au niveau européen, on ne sait tout simplement pas ou part 40% de nos vieilles voitures.
- Encore trop souvent, nos vieux appareils électroniques terminent exportés dans des décharges de certains pays en développement et sont « recyclés » de manière artisanales et dans des conditions abominables. Pire, après avoir acheté nos terres rares à la Chine, nous lui renvoyons pour qu'elle les recycle, amplifiant encore notre dépendance.
- Si les objets en fin de vie ne sont pas accessibles, il est strictement impossible pour les filières en aval de les recycler.
- **Raison économique** : il arrive dans de nombreux cas la valeur du matériau est souvent inférieure au coût important du recyclage,
- La question du prix est également centrale dans l'implication des industriels. En effet, tant que les prix du marché de ces matières sont bas, il n'y a pas, ou peu, d'intérêt à investir massivement pour recycler.

85 Pirard, E., « Matières premières critiques : quelles pistes pour réduire notre dépendance ? », ULiège, 2018, p. 23

86 L'article 544 de notre code civil, inchangé depuis 1804, est libellé comme suit : La propriété est le droit de jouir et disposer des choses de la manière la plus absolue, pourvu qu'on n'en fasse pas un usage prohibé par les lois ou par les règlements. Locke va plus loin et tempère - et c'est d'une actualité brûlante - le droit de propriété. Il précise que lorsque l'on consomme une ressource de manière excessive par rapport à ses besoins, tandis que d'autres en manquent, l'usage qui est ainsi fait de la ressource n'est pas légitime.

87 Pour plus d'informations : Bihouix, Ph., de Guillebon, B., *Quel futur pour nos métaux ?*, EDP Sciences, 2010

88 15<sup>e</sup> forum de l'écologie libérale, 2 mai 2023, intervention de Umicore, slide 11.

- Dans le même temps, il faut se méfier des fausses bonnes idées qui visent à imposer un taux de recyclage qui ne tient pas compte de la réalité économique. Ces mesures aveugles peuvent avoir des effets pervers, c'est-à-dire qu'un élément ne sera pas recyclé alors qu'il le pourrait parce qu'il faudrait s'engager à recycler un autre élément co-produit qui mettrait en péril l'investissement.
- **Le besoin d'innovation** : le manque de technologies qui soient capables de développer un recyclage à l'échelle industrielle
- C'est tout l'enjeu des stratégies européenne (CRM) et wallonne (Circular Wallonia) qui cherchent à favoriser l'innovation par les clusters et des subsides ciblés dans la recherche
- Complexité des objets et évolution technique rapide
- Quand nous analysons le cas de l'arrêt du groupe Solvay-Rhodia en 2016 du recyclage des lampes de basse énergie, nous retrouvons effectivement ces causes.<sup>89</sup> La question du coût a été centrale dans l'arrêt de cette technologie prometteuse. En effet, tant que les prix des matières convoitées étaient à leur niveau de 2010-2011, le processus était rentable. Quand, en 2014, les prix ont retrouvé leur niveau de 2008, la rentabilité n'était plus garantie.

### 3.7. Une vision intégrée des éléments à prendre en compte dans la logique industrielle

Tous les acteurs du secteur actifs dans le recyclage nous portent tous le même message : il est très important de garder sur notre sol une activité extractive et de raffinage des matières premières. Umicore prend l'exemple du plomb.

Actuellement, l'Europe a toujours une capacité d'extraction et de raffinage dans le plomb. Il est très important de pouvoir la maintenir sur le sol européen parce que cette expertise concerne aussi des dizaines de métaux connexes qui sont très importants dans tous nos usages. Délocaliser cette extraction et ce raffinage des matières premières veut dire qu'un pan du savoir-faire industriel se perd et amende considérablement les capacités de recyclage dans tous ces éléments (germanium, gallium, etc.).

Le plomb est en quelques sortes le « navire-amiral » de ce sous-groupe d'éléments. Si nous décidons d'arrêter l'industrie et l'exploitation du plomb, nous perdons dans les faits toutes les capacités de recycler les éléments de cette catégorie.

L'industrie minière, en ce compris le recyclage, doit être comprise comme étant intégrée. Si les métiers d'extraction, de raffinage et de recyclage ne sont pas les mêmes, ils drainent des expertises communes. De même, il est impossible de travailler élément par élément de manière isolée, l'industrie réfléchit par expertise sur un groupe d'éléments où il y en a un qui est le plus connu (Zinc-Plomb, Fer, terres rares, Aluminium, etc.).

### 3.8. Un enjeu industriel majeur avec des volumes nécessaires

En terme de volume, même en espérant augmenter le taux de recyclage des terres rares, « cela n'empêchera pas que les volumes de métaux recyclés resteront insuffisants par rapport à nos besoins. **Même le recyclage à près de 100 % du plomb n'a pas eu raison de son extraction minière, puisque les besoins vont toujours croissant** ».<sup>90</sup> Il est souligné que c'est exactement pour cette raison que la boucle définie par E. Pirard doit continuer d'être alimentée (défi 1).

Enfin, il est évoqué un autre élément par les industriels actifs dans la transformation et le recyclage des métaux : **il faut atteindre, pour les éléments visés, une certaine masse critique en circulation dans l'économie afin que des économies d'échelle puissent être faites**. Vu les besoins futurs de nos économies, vu la quantité colossale de métaux que nécessite la transition énergétique<sup>91</sup> – même les plus communs –, il est envisageable qu'une partie significative soit recyclée après avoir atteint une « certaine masse critique » sur le marché.

## 4. Matières premières dans Circular Wallonia

La stratégie Circular Wallonia accorde une place importante aux matières premières métalliques, aux terres rares et aux minerais non-métalliques. L'une des chaînes de valeur est celle de « Métal-Batteries-Transport » et elle est considérée comme l'un de ses axes prioritaires d'action, aux côtés de la construction, de l'eau, de l'agroalimentaire, des plastiques et des textiles.<sup>92</sup> Cette filière couvre :

- Les métaux de base (acier, aluminium, cuivre, etc.)
- Les métaux critiques et stratégiques (lithium, cobalt, nickel, terres rares)
- Les minerais non-métalliques utilisés dans la construction et l'industrie (argiles, sables, granulats, etc.)

Les objectifs de cet axe de la stratégie Circular Wallonia définie en 2020 s'inscrivent parfaitement dans la réglementation européenne (ultérieure puisque de 2023)

En effet, il est question de réduire la dépendance aux importations en développant des capacités locales de recyclage et de valorisation, afin de limiter la dépendance vis-à-vis des marchés extérieurs, notamment asiatiques<sup>93</sup>, de déployer l'écoconception des produits métalliques pour faciliter leur réemploi et recyclage<sup>94</sup> et de financer des projets pilotes dans le recyclage des métaux et batteries, avec un accent sur la récupération des métaux stratégiques et terres rares contenus dans les déchets industriels, équipements électroniques, batteries et véhicules électriques.<sup>95</sup>

La mise en réseau des acteurs existants pour les secteurs concernés est un des défis avec la mise en place des plateformes Reverse Metallurgy et REMIND Wallonia. : en fédérant les acteurs industriels, les centres de recherche et les universités autour de chaînes de valeur circulaires intégrées, il est possible de se profiler comme un cluster de l'Europe capable d'attirer et de traiter des flux de déchets métalliques et minéraux pour en faire des ressources. Les plateformes REMIND Wallonia et Reverse Metallurgy sont opérationnelles et reconnues au niveau international.

Comme pour la stratégie européenne mais à un niveau wallon, les chaînes de valeur se concentrent sur la récupération et les techniques de recyclage, l'amélioration des procédés de tri, de traitement et de récupération des matières premières rares, en partenariat avec des centres de recherche de pointe (CRM Group, ULiège, etc.)<sup>96</sup>.

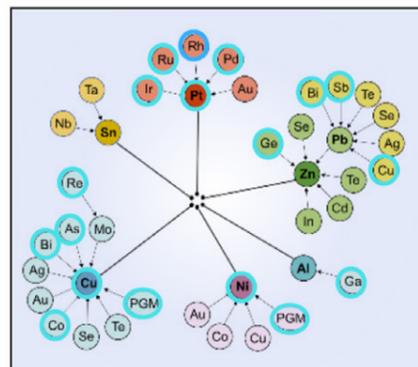
### 4.1. Une agrégation de l'écosystème des métaux autour de Reverse Metallurgy

Reverse Metallurgy est la plateforme pour le recyclage des métaux et fédère industriels, centres de recherche et universités autour du développement de nouvelles technologies de récupération, de tri et de valorisation des métaux issus des déchets industriels, électroniques, véhicules hors d'usage, batteries, etc.<sup>97</sup>

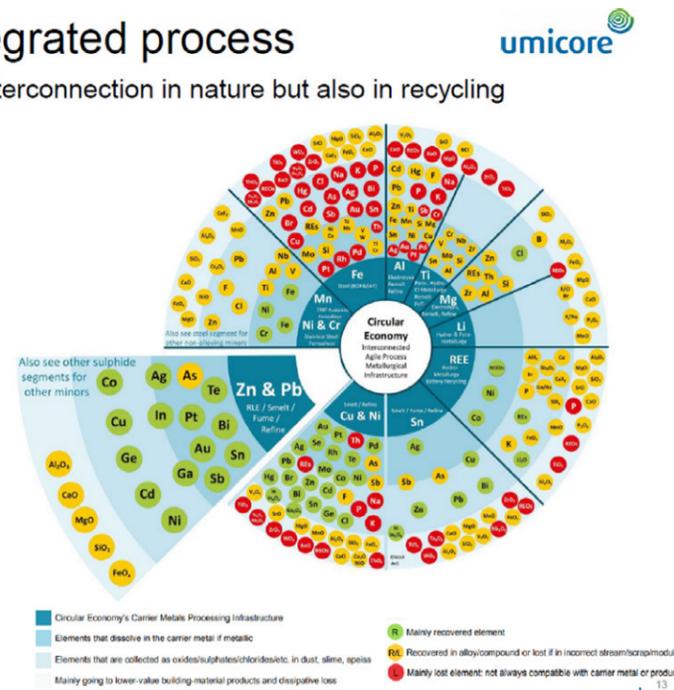
## Metals recycling is an integrated process

Metals never occur in isolation: Not only interconnection in nature but also in recycling operations

Critical/strategic raw materials



Without a EU base metals industry  
→ no metals recycling in EU



89 Myrtille Delamarche, « Solvay renonce au recyclage des terres rares », L'usine matières premières, hanUsinenouvelle.com, 26 janvier 2016, <https://www.usinenouvelle.com/article/solvay-renonce-au-recyclage-des-terres-rares.N375935>

90 Comprendre pour changer, « les métaux rares 2/2 », op. cit.

91 Guillaume Pitron, La Guerre des métaux rares, op. cit., p. 213-215.

92 CEBEDEAU. (2024). Projet Circular Wallonia : Développement d'une économie circulaire sur la chaîne de valeur EAU. <https://www.cebudeau.be/fr/blog/article/circular-wallonia>

93 Invest in Wallonia. (2024). La Wallonie, European Recycle Valley d'ici 2030 ? Consulté le 27 juin 2025 sur <https://investinwallonia.be/actualites/news/la-wallonie-european-recycle-valley-d-ici-2030>

94 Écosystème Économie Circulaire Wallonie. (2024). Appel à projets : Chantiers, services et produits circulaires 2024. Consulté le 27 juin 2025 sur <https://ecosysteme-economiecirculaire.wallonie.be/fiche-action/appe-a-projets-chantiers-services-et-produits-circulaires-2024/>

95 Écosystème Économie Circulaire Wallonie & Pôle MecaTech. (2025). Appel à projets « Proof of Circularity » – Édition 2. Consulté le 27 juin 2025 sur <https://ecosysteme-economiecirculaire.wallonie.be/fiche-action/appe-a-projets-proof-of-circularity-edition-2/>

96 AWEX – Agence wallonne à l'Exportation et aux Investissements étrangers. (2024). Une mission «Reverse Metallurgy» pour connecter les technologies wallonnes aux leaders suédois et norvégiens. <https://www.awex-export.be/fr/plus-d-infos/actualites/une-mission-reverse-metallurgy-pour-connecter-les-technologies-wallonnes-aux-leaders-suedois-et-norvegiens>

97 Wallonia.be. (2023). Reverse Metallurgy: a new life for metals. Consulté le 27 juin 2025 sur <https://www.wallonia.be/en/news/reverse-metallurgy-new-life-metals>

Parmi les projets phares, on peut citer :

- CISTEMEEC (budget de 28,5 millions d'euros, dont 16,5 millions de la Région wallonne) qui cible trois chaînes de valeur stratégiques : le recyclage des batteries Li-ion, la filière cuivre (vecteur clé de l'électrification), et la récupération des métaux des aimants permanents (terres rares) issus des moteurs électriques ;
- Biolix qui est un projet coordonné par Comet Traitements, il vise à produire du cuivre de haute qualité à partir de déchets métalliques (notamment véhicules en fin de vie et DEEE) via des procédés innovants développés avec l'Université de Liège. Production visée : 750 tonnes de cathodes de cuivre/an ;
- ou encore Plasmetrec qui développe des technologies de fours plasma pour récupérer des métaux critiques non ferreux à partir de déchets, avec intégration de procédés hydrométallurgiques pour maximiser la valorisation.<sup>98</sup>

Sept projets de R&D industrielle sont actifs, portés par 15 industriels, 2 universités et 2 centres de recherche, avec un soutien financier de 24 millions d'euros (PNRR et Plan Marshall) avec pour but de développer des matériaux de construction durables, bétons à haute performance, liants alternatifs, matériaux carbonatés.

## 4.2. Les minerais non-métalliques avec REMIND Wallonia

La Wallonie a une grande tradition industrielle dans les minerais non-métalliques. C'est d'ailleurs l'un des derniers grands écosystèmes industriels wallon après la désindustrialisation de l'acier et du charbon. Celui-ci est soumis à d'énormes défis de décarbonation et d'innovation pour continuer les productions de chaux, de ciment, d'argile ou d'autres granulats.

La stratégie explore en conséquence nombre d'applications permettant le réemploi de ces matériaux dans le secteur du bâtiment et des travaux publics, en développant des filières de valorisation des déchets de démolition et en encourageant l'innovation dans la formulation de nouveaux matériaux circulaires<sup>99</sup>.

REMIND Wallonia est la plateforme sectorielle, lancée en 2022, dédiée à la circularité des matières minérales (granulats, sables, bétons, argiles, etc.) et à la création de nouveaux matériaux de construction durables. Elle fédère les acteurs industriels, chercheurs et pouvoirs publics autour de l'innovation et de la valorisation locale.<sup>100</sup>

<sup>98</sup> Reverse Metallurgy. (2025). Reverse Metallurgy+: Platform of excellence in metal waste recycling in Wallonia. Consulté le 27 juin 2025 sur <https://reverse-metallurgy.net/en/homepage/>

<sup>99</sup> Quadraria News. (2024). Quadraria News - Janvier, part 2. Plateforme REMIND Wallonia. Consulté le 27 juin 2025 sur <https://www.remind-wallonia.be/files/Actualités/QuadrariaNews%20janvier-part-2.pdf>

Circular Economy Stakeholder Platform. (2025). Circular Wallonia Days 2025: 50 Shades of Minerals: Extending & Improving Mineral Resource Lifespans - Opportunities, Challenges and Future Perspectives. Consulté le 27 juin 2025 sur <https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/news-and-events/all-events/circular-wallonia-days-2025-50-shades-minerals-extending-improving-mineral-resource-lifespans>

<sup>100</sup> REMIND Wallonia. (2024). Rapport d'activités REMIND 2023. Consulté le 27 juin 2025 sur <https://www.remind-wallonia.be/files/Actualités/Rapport%20d'activités%20REMIND%202023%20-%20VF%20FR%20draft%205%20tomb.pdf>

# RECOMMANDATIONS

Nos besoins en matériaux et minerais sont en constante augmentation. Conformément à ce que nous enjoint l'UE qui vise à une autonomie stratégique en la matière, nous entendons assumer une politique minière ambitieuse.

Au terme de cette étude, nous formulons donc les recommandations suivantes :

## 1. Clarifier le cadre institutionnel belge et permettre une vraie coordination belge

Le cadre institutionnel n'a pas été conçu pour que la problématique des matières critiques soit adéquatement prise en charge.

Nous plaidons pour que ces enjeux puissent être portés à l'attention des gouvernements des différentes entités afin qu'elles clarifient les rôles de chacun et s'accordent sur une stratégie belge, à minima pour rencontrer les objectifs de la législation européenne.

La gestion optimale de ces dernières requiert une collaboration nationale entre fonctionnaires. Il se fait que tous ceux qui s'occupent de cette matière sont sur la même longueur d'onde et considèrent tous qu'il faut collaborer au niveau national.

## 2. Créer, à l'instar des pays voisins, un "Observatoire des ressources critiques et stratégiques" au niveau fédéral et chapeautant le service géologique

Nous devons nous doter d'une véritable stratégie et d'un outil capable d'analyser les chaînes de valeur de l'extraction jusqu'au recyclage. Les minerais ne s'arrêtent pas aux frontières régionales, linguistiques ou nationales.

Ce hub permettrait de connecter divers ministères (défense, environnement, économie, agriculture, etc.) et de les sensibiliser à cette thématique importante pour l'économie et l'industrie belge.

Pareil observatoire permettrait aussi de savoir ce qui, en termes de matériaux, entre et sort du territoire et d'identifier les besoins de matériaux de nos entreprises de manière à éviter des pénuries futures. Tous nos voisins (Allemagne, France, Pays-Bas, Angleterre, etc.) se sont dotés d'un pareil instrument et ont pris de l'avance dans la création de leur chaîne de valeur. Nous sommes en retard. On en est encore à se demander si prospecter est une bonne idée...

## 3. Prospector activement le sous-sol belge

Cela fait des décennies qu'on n'a plus prospecté de manière systématique et structurelle en Belgique. Depuis la régionalisation en réalité. Et cela fait des dizaines d'années que des géologues tels qu'Eric Pirard tente d'obtenir du politique qu'il se décide à explorer les sols.

Résultat ? Nous ignorons quasiment tout des richesses que peut abriter ce dernier. Sans ces informations, difficile de réaliser quoi que soit d'une certaine envergure. Car personne ne va venir investir s'il ne possède pas de quelques certitudes. En Flandre, par exemple, on ne sait quasiment rien. Mais il faut creuser très profondément (plusieurs kilomètres) en raison d'une épaisse couche de sable.

Même si on ne trouve pas ce qu'on cherche, on peut tomber sur des bonnes surprises. Encore faut-il commencer à chercher.

En conséquence, nous plaidons pour que les services fédéral et régionaux concernés puissent s'entendre sur les modalités d'une large campagne d'exploration de notre sous-sol. Nous plaidons pour que des moyens soient débloqués rapidement dans ce but.

## 4. Réécrire le code minier de manière telle qu'il favorise au lieu d'entraver l'exploitation. De même manière, permettre à des entreprises de déployer une activité tout en ayant un cadre réglementaire ferme avec de hautes exigences économiques, sociales et environnementales.

Car l'exploitation est ce qui permettra de compléter l'économie circulaire dans notre pays. Cela va faire entrer des matériaux dans la boucle, l'alimenter et cela va attirer quantité d'investisseurs et d'entrepreneurs désireux de s'insérer dans un écosystème en construction.

Le code minier doit être réformé en ce sens. Il faut également mener des réflexions politiques sur les exigences que nous imposons aux acteurs du secteur d'un point de vue fiscale, environnementale, sociétal, etc.

## 5. Envisager l'exploration plus poussée de certains gisements identifiés, même via des projets pilotes

Les mines souterraines de zinc en Irlande et leur approche en termes énergétique et environnemental sont un bon exemple de ce qui serait possible de faire en Wallonie. De même, nous pensons qu'il faut explorer de manière les gisements de phosphate dans le bassin de Mons et de Germanium, qui renforcerait l'intérêt pour le zinc.

Pour rendre cela possible, cependant, il est impératif de mettre en œuvre le point 4 et de permettre les sondages plus poussés dans les régions concernées. Nous plaidons pour que des réels projets pilote puissent être mis en place avec des plans de communication transparent envers la population et les autorités.

## 6. S'opposer à tout moratoire sur l'exploitation des nodules polymétalliques dans les fonds océaniques

C'est un non-sens de vouloir imposer un moratoire à cette exploitation. Autant établir un "moratoire" sur l'usage des smartphones et des ordinateurs. Il est doublement illogique de retarder cette exploitation.

Premièrement car, on l'a vu, la demande de métaux ne cesse de croître. Deuxièmement, parce que, même si l'impact écologique potentiel d'une exploitation sur les fonds marins est encore en partie méconnu, il est certainement très largement inférieur à celui, largement documenté, de l'exploitation des mines terrestres, en particulier dans des régions pauvres où les législations environnementales sont inexistantes, indigentes ou quasiment pas respectées.

S'opposer à cette exploitation des fonds marins revient, de facto, à favoriser une dégradation encore plus importante de la nature.

## 7. Créer une chaîne de valeur des ressources critiques et stratégiques de la mine au recyclage

Cela inclut le fait de favoriser la mise en place de tout écosystème industriel dans la gestion et le traitement de ces ressources et qui passe par une réindustrialisation de notre pays (extraction, séparation entre métaux, raffinage, écoconception, recyclage, etc.).

## 8. Favoriser l'innovation

Réouvrir des mines, c'est non seulement réindustrialiser notre pays et notre continent mais la mine a toujours été, historiquement, une pépinière d'invention. En effet, une mine est un nid à problèmes qui a toujours obligé les ingénieurs à faire preuve d'innovation (il fallait traîner des sacs, donc on a inventé les chariots ; il fallait traîner les chariots, donc on a inventé les rails ; il fallait convoier les chariots à la ville voisine, donc on a inventé la locomotive, etc.).

En l'occurrence, les inventions de la mine du XXIe seront probablement des innovations capables de résoudre des problèmes empêchant le responsable mining. La Belgique pourrait acquérir un savoir-faire en la matière.

## 9. Interdire l'exportation en dehors de l'UE des déchets contenant des terres rares ou tout autre matière première critique

En réalité, plusieurs de ces déchets aujourd'hui partent en Chine. Ce faisant, nous nous privons stupidement de ressources et nous accroissons celles d'un pays qui exerce déjà un quasi monopole sur ces dernières.

# BIBLIOGRAPHIE

---

International Energy Agency (IEA). (2021). *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*. Paris : IEA.

European Commission. (2024). *Critical Raw Materials Act (CRMA)*. Bruxelles.

Eric Pirard. (2023). *Matières Premières, Conception Durable & Économie Circulaire*. Université de Liège, cours et présentations.

World Mining Data 2023. Austrian Federal Ministry of Agriculture, Regions and Tourism (BMLRT), Vienna.

Global Material Flows Database. United Nations Environment Programme (UNEP), 2023.

World Steel Association. (2023). *World Steel in Figures 2023*. Bruxelles.

United Nations. (2022). *World Population Prospects 2022*. Révision de juillet 2022, actualisée en 2024.

United Nations. (2022). *World Urbanization Prospects 2022*. Révision de juillet 2022.

Northey, S., Mohr, S., Mudd, G., Weng, Z., & Giurco, D. (2014). "Modelling future copper ore grade decline based on a detailed assessment of copper resources and mining." *Resources, Conservation and Recycling*, 83, 190-201.

Panorama 2014. *Les terres rares : enjeux et perspectives*. BRGM, Orléans.

Koen Binnemans. (2015). "Rare Earths and the Balance Problem." *Journal of Sustainable Metallurgy*, 1:29-38.

Guillaume Pitron. (2018). *La guerre des métaux rares : La face cachée de la transition énergétique et numérique*. Les Liens qui Libèrent, Paris.

Sophie Decrée (éd.). (2024). *The Critical Raw Materials Atlas of Belgium*. Geological Survey of Belgium, Memoirs of the Geological Survey of Belgium, Vol. 66.

Yasuhiro Kato, Kazuhisa Fujinaga, Kenichiro Nakamura, et al. (2011). "Deep-sea mud in the Pacific Ocean as a potential resource for rare-earth elements." *Nature Geoscience*, 4, 535-539.

Takaya, Y., et al. (2018). "The tremendous potential of deep-sea mud as a source of rare-earth elements." *Scientific Reports*, 8, 5763.

Merrill Lynch. (2017). *Thematic Investing: The World in 2030*. Bank of America Merrill Lynch.

Service Géologique de Belgique. (2010). *Carte géologique de la Belgique*. OneGeology, GSB.

Code minier de la Région wallonne. (2024). *Décret instituant le Code de la gestion des ressources du sous-sol en Wallonie*.

04 /	<b>INTRODUCTION</b>	
06 /	<b>I. MATIÈRES PREMIÈRES, CRITICITÉ ET TERRES RARES</b>	
	1. Minerais, métaux, terres rares, de quoi parle-t-on ?	6
	2. Terres rares, métaux, matières premières, de quoi parle-t-on ?	7
08 /	<b>II. L'IMPORTANCE CONSIDÉRABLE DES MATIÈRES PREMIÈRES MINÉRALES DANS NOS VIES, ET POUR LE FUTUR</b>	
	1. L'utilisation des minerais et métaux dans nos vies	8
	2. Aperçu de la production minière mondiale	8
	3. La consommation de ces matières premières	12
	4. Et ce n'est pas près de s'arrêter (projections à long terme)	14
	5. Ressources, la gestion du stock de ressources minérales	16
18 /	<b>III. UNE RESSOURCE TRÈS PARTICULIÈRE : LES TERRES RARES</b>	
	1. L'importance cruciale des terres rares dans notre économie	18
	2. Les réserves de terres rares vont-elles s'épuiser ?	21
	3. Le paradoxe des métaux « sales » de l'énergie « propre »	22
24 /	<b>IV. EUROPE, UN SURSAUT RÉGLEMENTAIRE À CONCRÉTISER</b>	
	1. Critical Raw Materials Act	24
	2. Le « Deep sea mining » ou exploitation des nodules polymétalliques	26
	3. L'industrie minière en Wallonie – Etat des lieux	29
	4. Potentiel minier connu et à découvrir	31
	5. Recommandations	35
	6. Un contexte institutionnel belge compliqué et en retard	35
38 /	<b>V. ENJEUX ÉCONOMIQUES, SOCIAUX ET ENVIRONNEMENTAUX DANS LE RESPONSIBLE MINING</b>	
	1. Une vraie politique est nécessaire. Un discours de vérité aussi	38
	2. Responsable mining sur les enjeux économiques, sociaux et environnementaux	40
	3. Comment devenir plus responsable ? Plusieurs pistes, dont l'extraction	43
	4. Matières premières dans Circular Wallonia	47
50 /	<b>RECOMMANDATIONS</b>	
52 /	<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	

# CENTRE JEAN GOL CENTRUM

Avenue de la Toison d'Or 84-86  
1060 Bruxelles  
02.500.50.40 • [info@cjg.be](mailto:info@cjg.be)

[www.cjg.be](http://www.cjg.be)

f X @ in d



Retrouvez toutes nos études sur *cjg.be*  
ou demandez-nous gratuitement un exemplaire  
par téléphone ou par mail