



AOÛT
2021

Géoéconomie des chaînes de valeur

Les matières premières minérales
de la filière batterie

Raphaël DANINO-PERRAUD



L’Ifri est, en France, le principal centre indépendant de recherche, d’information et de débat sur les grandes questions internationales. Créé en 1979 par Thierry de Montbrial, l’Ifri est une association reconnue d’utilité publique (loi de 1901). Il n’est soumis à aucune tutelle administrative, définit librement ses activités et publie régulièrement ses travaux.

L’Ifri associe, au travers de ses études et de ses débats, dans une démarche interdisciplinaire, décideurs politiques et experts à l’échelle internationale.

Les opinions exprimées dans ce texte n’engagent que la responsabilité de l’auteur.

ISBN : 979-10-373-0402-5

© Tous droits réservés, Ifri, 2021

Couverture : © Jason Benz Bennee/Shutterstock

Comment citer cette publication :

Raphaël Danino-Perraud, « Gééconomie des chaînes de valeur : les matières premières minérales de la filière batterie », *Études de l’Ifri*, Ifri, août 2021.

Ifri

27 rue de la Procession 75740 Paris Cedex 15 – FRANCE

Tél. : +33 (0)1 40 61 60 00 – Fax : +33 (0)1 40 61 60 60

E-mail : accueil@ifri.org

Site internet : ifri.org

Auteur

Raphaël Danino-Perraud est docteur en économie des ressources et chercheur associé au Laboratoire d'économie d'Orléans (LEO). Il a réalisé sa thèse entre octobre 2016 et février 2021 au LEO et en partenariat avec le Bureau des recherches géologiques et minières (BRGM) sur la thématique des approvisionnements en minerais critiques. Cette étude est issue de son travail de thèse.

Résumé

Les ressources minérales jouent un rôle essentiel dans la fabrication des technologies bas carbone et digitales. Leur déploiement accéléré et à grande échelle provoque un changement de paradigme géopolitique lié aux matières premières minérales dont les conséquences sont multiples : la nouvelle géographie des ressources, des réserves et de la production entraîne l'apparition de nouveaux acteurs, de nouvelles interdépendances et vulnérabilités. La géopolitique des matières premières minérales doit maintenant être considérée à part entière dans une perspective globale : avec la complexité des maillons des chaînes de valeur minérales et leurs acteurs spécifiques, et l'imbrication grandissante avec les industries technologiques, l'enjeu de la géoéconomie de l'ensemble de la chaîne de valeur des technologies bas carbone devient essentiel. Enfin, l'impact environnemental et social de l'exploitation, puis de l'utilisation des ressources devient en lui-même un enjeu stratégique.

Le cobalt, le lithium, le nickel, le manganèse ou le graphite viennent désormais compléter les enjeux géopolitiques traditionnellement accaparés par les matières premières comme le pétrole ou le gaz. Le cobalt est principalement produit en République démocratique du Congo (RDC), le lithium l'est en Australie et en Amérique du Sud tandis que la production de graphite est localisée en Chine. Ces ressources minérales sont généralement très concentrées, tant au niveau de la production que du raffinage, et ce d'un point de vue géographique, étatique ou capitalistique.

Cependant, le raffinage, étape intermédiaire entre l'extraction minière et la production de composants directement utilisables par l'industrie, ne présente pas la même localisation, ni les mêmes enjeux. À titre d'exemple, si le cobalt est extrait en RDC, son raffinage a lieu en Chine. Le cobalt doit être raffiné de manière suffisamment précise et diversifiée pour qu'il réponde aux critères de pureté nécessaire à son utilisation dans les batteries, mais également aux autres usages (cobalt et nickel sont utilisés sous forme de produits chimiques dans les batteries, mais sous forme métallique dans les superalliages). Les capacités de raffinage sont autant liées aux caractéristiques géologiques propres à chaque zone de production qu'aux procédés et à leurs consommations d'énergie et de produits chimiques, ce qui a un impact direct sur l'environnement.

Les normes environnementales et sociétales, notamment celles liées à l'extraction minière, au raffinage ainsi qu'à la production d'électricité, sont également en passe de devenir un enjeu clé de politique environnementale et industrielle. Enfin, les stratégies relatives au recyclage seront essentielles.

Pour l'Union européenne (UE), la maîtrise ou le contrôle de la production minière n'est plus une réponse suffisante face aux vulnérabilités liées aux approvisionnements. Il s'agit surtout de maîtriser industriellement les étapes suivantes des chaînes de valeur, représentant autant de goulets d'étranglement, à commencer par le raffinage. Si 75 % des composants de batteries sont produits en Chine, cela résulte en partie de la maîtrise par l'industrie chinoise des processus de raffinage de qualité batterie. Ces segments sont souvent aussi complexes, énergivores et capitalistiques que l'étape de l'extraction.

Alors que les pays disposant de matières premières veulent monter en puissance sur les chaînes de valeur de produits bas carbone (comme l'Indonésie), et que la Chine a su développer une position dominante, c'est l'ensemble de la compétition pour ces mêmes chaînes de valeur qui doit être considérée par les Européens. C'est bien à la fois la capacité à sécuriser les approvisionnements en matières premières, composants ou batteries par exemple, mais également à imposer des normes qui permettent à l'industrie européenne de se développer, de s'imposer et de produire de manière responsable, qui doit entrer en compte.

Il existe peu d'entreprises minières européennes susceptibles d'avoir les compétences et la taille critique nécessaire pour des investissements de très grande échelle, à l'exception d'Eramet (France), de Terrafame (Finlande) ou encore de Boliden (Suède), qui sont néanmoins loin de faire le poids face aux *majors* anglo-saxonnes ou chinoises. Un soutien renforcé aux entreprises minières européennes à l'étranger est nécessaire mais prendra au moins une décennie à porter des fruits. Il passe aussi par la mise en œuvre de normes et standards notamment d'écodesign, mais aussi de standards internationaux et vérifiables de bonnes pratiques.

Rendre la production secondaire plus rentable vis-à-vis de la production primaire avec des stratégies de recyclage efficaces permettrait à l'UE de diminuer sa dépendance tout en initiant un cercle plus vertueux du point de vue environnemental. La proposition de refonte de la directive batterie de décembre 2020 est très cohérente et montre notamment que la Commission européenne a bien pris en compte l'urgence de la situation. La proposition de directive comprend notamment des exigences en termes de collecte, mais également en termes de contenu recyclé pour les nouvelles batteries. En ce qui concerne les procédés de recyclage en tant que tels, ces derniers

doivent aussi atteindre un certain seuil de rendement, soit 65 % de son poids pour une batterie au lithium d'ici 2020 et 70 % d'ici 2030. Enfin la valorisation des différentes matières premières doit atteindre 35 % pour le lithium et 90 % pour le cuivre, le cobalt et le nickel d'ici 2026, puis sera augmentée à nouveau en 2030.

L'harmonisation des différents systèmes de collecte et de calcul des différents taux de recyclage au niveau européen est bienvenue puisque les différents systèmes de comptage nationaux étaient susceptibles de créer des distorsions de performance selon la définition qu'ils prenaient de la norme.

Cependant, la mise en œuvre de la directive fera face aux problèmes de coûts inhérents au développement d'une filière, mais également à des questions de définition. Sur ce dernier point, il s'agira notamment de poser une définition claire sur la notion de valorisation et de recyclage au poids. Ainsi, si 65 % du poids d'une batterie doivent être recyclés, le recyclage du cuivre, du cobalt, du nickel et du lithium à eux seuls ne représenteront pas cette part (43 % d'une batterie NMC – nickel manganèse cobalt). Il faudra donc trouver une solution pour le recyclage de l'aluminium (8 %), mais également pour le recyclage ou la valorisation énergétique du graphite (22 %), de la solution électrolytique (15 %) ou du plastique (3 %). À l'heure actuelle, ces différents éléments sont souvent valorisés énergétiquement, servant à alimenter les fours dans les procédés pyrométallurgiques de recyclage. La différence entre recyclage fonctionnel et valorisation énergétique devra donc être déterminée précisément.

On peut également se demander comment un meilleur taux de collecte pourrait advenir sans en changer les mécanismes. Celui basé sur la Responsabilité élargie des producteurs (REP) montre pour l'instant ses limites et peine à dépasser 15 % de collecte. Les consommateurs devront être mieux associés, mais également les vendeurs de produits contenant les batteries. Des solutions sont requises pour que la filière soit rentable sur chacune des substances recyclées. À l'heure actuelle, cette rentabilité est basée sur le recyclage du nickel et du cobalt. Mais la quantité de ce dernier dans les batteries doit diminuer fortement dans les prochaines années. En ce qui concerne le nickel, ce dernier est peu présent dans les batteries LFP (lithium fer phosphate) qui tendent à se substituer au moins partiellement aux batteries NMC et NCA (nickel cobalt aluminium) en Chine. Cela laisse la rentabilité de la filière peser sur le lithium dont les coûts de recyclage sont encore très supérieurs aux coûts extractifs.

Sommaire

INTRODUCTION	7
PANORAMA DE LA PRODUCTION DES MÉTAUX DE BATTERIES ET DES PROBLÉMATIQUES ASSOCIÉES	9
Criticité et chaîne de valeur	9
Une concentration potentiellement préjudiciable, tant au niveau des ressources, de la production que du raffinage	11
Evolution haussière de la consommation et goulets d'étranglement : l'exemple du raffinage	15
Une thématique environnementale et éthique	19
Le recyclage et la production secondaire, indispensables mais à la peine	22
DE LA GÉOÉCONOMIE DES MATIÈRES PREMIÈRES À CELLE DE LEURS CHÂÎNES DE VALEUR.....	26
Une stratégie industrielle chinoise « globale »	26
La force par la norme, quelles options pour l'Union européenne ?	30
Les chaînes de valeur, entre outils de développement économique et politique stratégique.....	35
CONCLUSION	40

Introduction

Du fait de la crise du COVID-19, les tensions sur les denrées alimentaires, sur les produits pharmaceutiques (masques, vaccins, médicaments), voire sur l'électronique (puces) se sont multipliées, tandis que les doutes sur la capacité des industries ayant des chaînes de valeur éparpillées dans le monde à répondre à certaines demandes spécifiques (nickel de qualité batterie, vaccins, semi-conducteurs...) ont été confirmés. Dans le même temps, les matières premières ont vu leur prix fluctuer, à la baisse tout d'abord en 2020, puis à la hausse dès le passage à 2021, en particulier pour les matières premières minérales. Le cuivre, l'aluminium, le cobalt, le nickel ou encore le lithium ont vu leur prix augmenter de 30 % à 50 % en quelques mois. Les notions de criticité, de résilience et de souveraineté technologique sont devenues centrales, à mesure aussi que le rôle clé de la Chine dans de nombreuses chaînes de valeur a été mis en exergue et que les chaînes de valeur ont été perturbées. De nombreux plans de relance lancés à travers le monde en 2020 mettent l'accent sur la réindustrialisation, mais également sur la transition énergétique et numérique. Dans la plupart des économies de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), la lutte contre le changement climatique a été érigée en priorité. Les hydrocarbures devraient progressivement s'effacer à mesure que les pays progressent vers la neutralité climatique, bouleversant certaines des interdépendances traditionnelles, tandis que les technologies bas carbone, gourmandes en métaux, devront être déployées à grande échelle partout dans le monde.

Cependant, il s'agirait de ne pas remplacer une dépendance par une autre et une pollution par une autre. En effet, les énergies renouvelables (solaire, éolien...), les batteries ou encore la filière hydrogène consomment de nombreuses matières premières et composants qui ne sont pas produits dans l'Union européenne (UE). D'une dépendance strictement énergétique (pétrole, gaz), les pays européens pourraient passer à une dépendance multiple, allant de la matière première à l'outil de la production d'énergie (batterie, panneau solaire...) en passant par les technologies de production.

Par ailleurs, le débat est encore ouvert sur le bénéfice environnemental en cycle de vie complet des technologies bas carbone. En effet, les outils de la transition énergétique consomment

de nombreuses matières premières minérales¹. Leur extraction, leur raffinage et leur transport sont également consommateur d'énergie, d'eau et de produits chimiques, mais également producteur de déchets, de plus en plus nombreux. À titre d'exemple, la production d'acier (équivalente à 1 milliard de tonnes et à 90 % de la production métallique mondiale) représente à elle seule près de 10 % de la consommation énergétique mondiale². Ces divers éléments du cycle de vie et des maillons des chaînes de valeur sont essentiels mais ne sont pas systématiquement pris en compte dans les analyses de cycle de vie, le plus souvent par manque de données³. Chacune de ces étapes présente des acteurs différents ainsi que des enjeux économiques et technologiques, trop souvent éclipsés et dont la notion de « géopolitique des matières premières », trop réductrice, peine à rendre compte.

Cette étude entend illustrer ces propos par la notion de « géopolitique des chaînes de valeur » appliquée à la filière des batteries lithium-ion et notamment les principales substances qui y sont utilisées, à savoir le cobalt (Co), le lithium (Li), le nickel (Ni), le manganèse (Mg) et le graphite. La première partie présente les problématiques liées à l'exploitation et l'utilisation de ces matières premières. La seconde porte sur la position dominante de la Chine et les alternatives restantes pour l'UE.

1. Pour une même efficacité énergétique, les éoliennes et centrales solaires nécessitent jusqu'à 15 fois plus de béton, 90 fois plus d'aluminium et 50 fois plus de cuivre et de fer que les centrales de production utilisant des combustibles traditionnels, dont les émissions en cycle de vie complet sont néanmoins largement supérieures. Chaque éolienne en mer consomme également 20 tonnes de cuivre et plusieurs kilomètres de câbles sous-marins en cuivre pour être reliées les unes aux autres et au continent (Autret *et al.*, 2015).

2. P. Bihouix, *L'Âge des low tech : vers une civilisation techniquement soutenable*, Collection Anthropocène, Paris, Éditions du Seuil, 2014.

3. L'étude récente de la Commission européenne sur le cycle de vie des véhicules électriques conclut à l'avantage dont disposeraient les véhicules électriques sur les véhicules thermiques en termes d'émission de CO₂ tout au long du cycle de vie. Cependant, les auteurs reconnaissent qu'en raison de nombreuses données manquantes, l'impact de l'exploitation des matières premières n'a pas pu être pris en compte (Hill *et al.*, 2020).

Panorama de la production des métaux de batteries et des problématiques associées

Alors que le terme de « criticité » ou l'aspect « stratégique » de certaines matières premières minérales restent parfois encore mal compris, il s'agit de brièvement revenir sur la caractérisation de ces appellations, mais également sur le concept de chaîne de valeur.

Criticité et chaîne de valeur

En 2013, le Commissariat général à la stratégie et à la prospective⁴ considérait « comme *stratégiques* les matières premières indispensables aux différentes filières de l'économie d'un pays, indépendamment des risques pouvant peser sur leur approvisionnement, et comme critique un métal dont la chaîne d'approvisionnement est menacée et pour lequel l'impact d'une restriction d'approvisionnement serait néfaste à l'économie d'un pays ».

Si les définitions varient parfois, selon le temps et l'espace, elles conservent certaines propriétés cardinales. La fonction stratégique d'un métal est notamment liée à son rôle central dans le fonctionnement d'un pays, dans son industrie, dans son économie, bref, dans sa souveraineté. La fonction critique est, elle, plus diffuse, moins saisissable et semble applicable à des échelles comme à des acteurs très différents. Ainsi, la criticité d'une ressource peut être définie par plusieurs critères que sont :

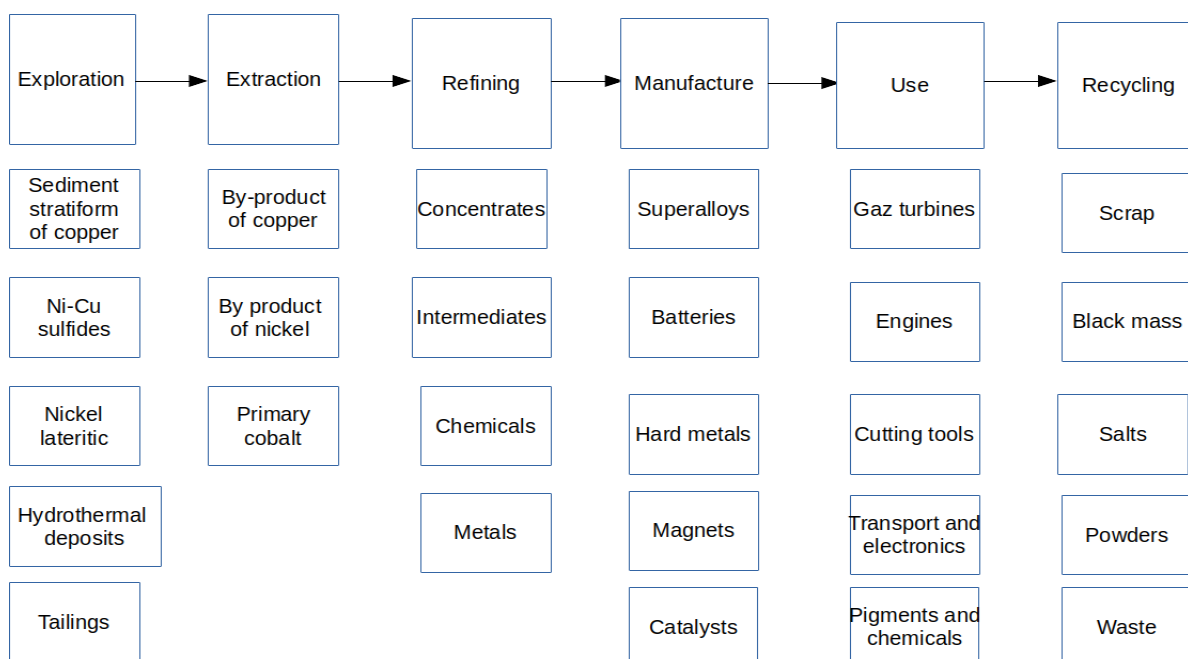
- L'état des ressources, réserves et production mis en relation avec l'évolution de la demande ;
- son caractère non ou difficilement substituable ;
- les tensions géopolitiques associées à sa production et/ou son acheminement ;

4. B. Barreau, G. Hossie et S. Luftalla, « Approvisionnements en métaux critiques : un enjeu pour la compétitivité des industries française et européenne », Commissariat général à la stratégie et à la prospective, 2013.

- la taille de son marché (souvent inférieure à un million de tonnes) ;
- son statut de co- ou de sous-produit qui influence la flexibilité de sa production ;
- son importance dans des industries économiques clés.

Parmi les cinq métaux que nous avons choisi d'étudier, seuls trois sont considérés comme critiques par la Commission européenne (CE) (lithium, cobalt et graphite) et quatre par le United States Geological Survey ou USGS (manganèse, lithium, cobalt et graphite), tandis que trois font partie des sept métaux rares stockés par la Japan Oil, Gas and Metals National Corporation ou JOGMEC (nickel, cobalt et manganèse). Tous sont donc sujets, à des degrés divers, de préoccupation et peuvent être qualifiés de métaux « stratégiques » pour la filière batterie.

Illustration de la chaîne de valeur : l'exemple du cobalt



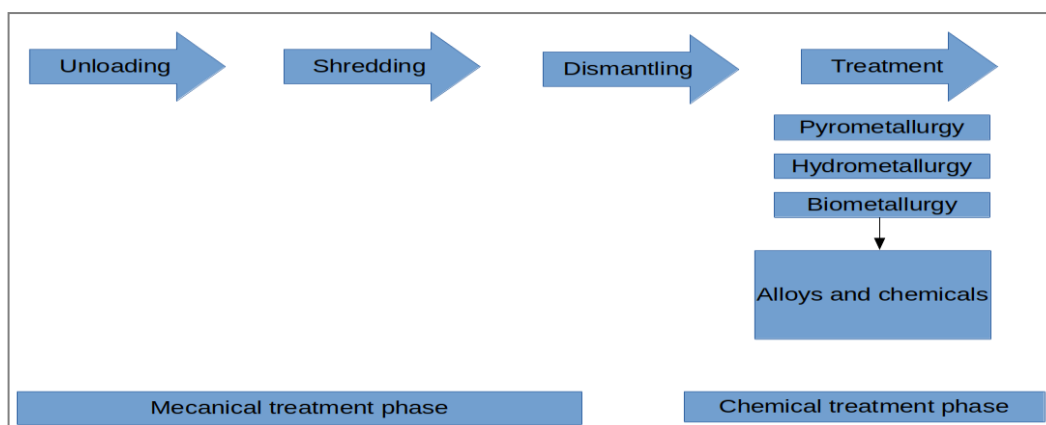
Source : d'après Danino-Perraud, 2021.

Les différentes études relatives à l'analyse de la criticité des matières premières minérales soulignent l'importance de prendre en compte la chaîne de valeur, mais également les difficultés à le faire⁵. Ainsi, les ressources et les réserves qui correspondent à l'étape de l'exploration doivent être prises en compte pour anticiper la future localisation de la production. La qualité, la localisation, les

5. R. Danino-Perraud, « La criticité des matières premières minérale : les caractéristiques du calcul européen », *Revue Défense nationale*, 2020.

caractéristiques et la propriété des gisements doivent être analysées lors de l'étape de l'extraction et du raffinage. Au stade manufacturier, la fabrication de composants et la maîtrise technologique associée sont des éléments essentiels de la chaîne de valeur, en ce qu'elles permettent la mise en place d'économies d'échelle qui libèrent des marges de manœuvre pour d'autres développements technologiques. La production de cathodes représente par exemple une valeur ajoutée de 40 % par rapport à l'étape précédente du raffinage⁶. La production de produits semi-finis et finis correspond quant à elle à l'assemblage des batteries et à la production de véhicules. Enfin, le segment du recyclage comprend plusieurs étapes intermédiaires, dont la collecte, le broyage et les procédés de récupération.

Description du processus de recyclage



Source : d'après Danino-Perraud, 2021.

Une concentration potentiellement préjudiciable, tant au niveau des ressources, de la production que du raffinage

La concentration des ressources et des réserves⁷, mais également de l'extraction et du raffinage sont des éléments importants à prendre en compte en ce qu'ils sont des facteurs explicatifs des tensions actuelles et futures pesant sur les matières premières. Cette concentration peut être géographique (ressources et réserves), mais également étatique et capitalistique.

6. C. Mathieu, « Green Batteries: A Competitive Advantage for Europe's Electric Vehicle Value Chain? », *Études de l'Ifri*, Ifri, juin 2021, disponible sur : www.ifri.org.

7. Les ressources et les réserves représentent respectivement l'ensemble des gisements connus susceptibles de faire l'objet d'une exploitation au moment où les conditions techniques et économiques le permettraient et la part des ressources qui peut techniquement et surtout économiquement être exploitée.

Répartition géographique des réserves 2019 pour les cinq métaux étudiés, en millions de tonnes (Mt)

Lithium		Cobalt		Nickel		Manganèse		Graphite	
Chili	8,6	RDC	3,6	Indonésie	21	Australie	230	Turquie	90
Australie	2,8	Russie	0,3	Australie	20	Brésil	270	Chine	73
Argentine	1,7	Australie	1,4	Brésil	16	Chine	45	Brésil	70
Chine	1	Philippines	0,3	Russie	6,9	Gabon	61	Madagascar	26
États-Unis	0,6	Cuba	0,5	N^{lle}-Calédonie	6,7	Ghana	13	Mozambique	25
Canada	0,4	Madagascar	0,1	Cuba	5,5	Inde	34	Tanzanie	17
Zimbabwe	0,2	Canada	0,2	Philippines	4,8	Mexique	5	Inde	8
Brésil	1	Chine	0,1	Afrique du Sud	3,7	Afrique du Sud	520	Ouzbékistan	7,6
Autres	2,1	Autres	0,6	Chine	2,8	Vietnam	140	Mexique	3
				Canada	2,8			Corée du Nord	2
				Autres	14			Sri Lanka	1,5

Source : L'Elementarium et United States Geological Survey (USGS).

Ainsi, en ce qui concerne le lithium et le cobalt, les ressources identifiées sont fortement concentrées. La majorité des 25 Mt de cobalt considérées comme ressources sont situées en RDC et en Zambie sur la « Copperbelt », tandis que 50 Mt de lithium sont situées en Amérique latine (Bolivie, 21 Mt, Argentine, 19 Mt, Chili, 10 Mt), sur une quantité totale de 86 Mt. De manière similaire, environ 50 % des réserves de cobalt (7,6 Mt) sont localisées en RDC et 20 % en Australie tandis que la moitié des réserves de lithium (21 Mt) se trouvent au Chili et 25 % en Australie. Graphite (800 Mt), nickel (300 Mt) et manganèse sont moins concernés par une concentration des ressources, mais tout autant par les réserves. Ainsi, en ce qui concerne le premier, 28 % des réserves estimées à 320 Mt sont localisées en Turquie (qui n'est qu'un producteur mineur), pour 22 % au Brésil et en Chine, tandis qu'on retrouve la majorité des réserves de nickel (94 Mt) en Indonésie et en Australie (22 %) ainsi qu'au Brésil (17 %). Enfin, 40 % des réserves de manganèse (1 300 Mt) sont situées en Afrique du Sud et environ 20 % au Brésil et en Australie.

Répartition géographique de la production 2019 des cinq métaux étudiés, en kilotonnes (kt)

Lithium		Cobalt		Nickel		Manganèse		Graphite	
Australie	42	RDC	100	Indonésie	853	Afrique du Sud	58	Chine	700
Chili	18	Russie	6,1	Philippines	323	Australie	31	Mozambique	107
Chine	7,5	Australie	5,1	Russie	279	Gabon	25	Brésil	96
Argentine	6,4	Philippines	4,6	N^{lle}-Calédonie	208	Brésil	17	Madagascar	48
Zimbabwe	1,6	Cuba	3,5	Canada	181	Ghana	15	Inde	35
Portugal	1,2	Madagascar	3,3	Australie	159	Chine	13	Russie	25
États-Unis	0,7	Papouasie-N^{lle}-Guinée	3,1	Chine	120	Inde	8	Ukraine	20
Brésil	0,3	Canada	3	Brésil	60	Côte d'Ivoire	5	Norvège	16
		Afrique du Sud	2,4	Cuba	49	Birmanie	4	Pakistan	14
		Maroc	2,1	Autres	310	Malaisie	4	Canada	11
		Chine	2,5			Autres	3	Mexique	9
		Autres	6,3						

Source : L'Elementarium et United States Geological Survey (USGS).

De manière similaire, on retrouve cette concentration pour la production minière, qui à l'exception du graphite, correspond à la localisation des réserves. Ainsi, 72 % de la production minière de cobalt (140 kt) est réalisée en RDC, tandis que la moitié de celle de lithium (86 kt) l'est en Australie, pour 22 % au Chili et 13 % en Chine⁸. Environ 64 % de la production de graphite (1,1 Mt) a lieu en Chine et 11 % au Mozambique (province de Cabo Delgado). Sur une quantité totale de 19,6 Mt, 30 % du minerai de manganèse est extrait en Afrique du Sud, 16 % en Australie et 13 % au Gabon. Enfin, 33 % de la production de nickel (2,6 Mt) est localisée en Indonésie pour 16 % aux Philippines, 11 % en Russie et 8 % en Nouvelle-Calédonie.

Cependant, le constat est très différent lorsqu'il s'agit du raffinage et particulièrement du raffinage de qualité batterie. Ainsi, pour les cinq substances étudiées, la Chine maîtrise en moyenne 80 % du raffinage destiné à la production des batteries. En détail, cela représente 59 % pour le lithium, 65 % pour le nickel, 82 % pour le

8. Selon les sources, les quantités de lithium peuvent être exprimées sous différentes formes. Les plus courantes sont les tonnages exprimés en LCE (Lithium Carbonate Equivalent) ou encore en hydroxydes de lithium (LHE). Nous donnons ici les chiffres en lithium élémentaire contenu (Li contenu). Les taux de conversion sont les suivants : 1 kilogramme (kg) LCE = 0,188 kg Li ; 1 kg LHE = 0,165 kg Li.

cobalt, 93 % pour le manganèse et 100 % pour le graphite⁹. Cette domination est due aux nombreux investissements d'entreprises chinoises réalisés ces dernières années, tant sur le territoire national pour la construction d'infrastructures, qu'à l'étranger pour l'acquisition d'actifs miniers et de compétences.

Ainsi, en 2019, neuf entreprises chinoises ont produit environ 33 % de la production minière de cobalt, principalement en RDC mais également en Papouasie-Nouvelle-Guinée¹⁰. Cette part est équivalente à celle du premier opérateur minier, Glencore. Pour le manganèse, la société chinoise Ningxia Tianyuan Manganese Industry¹¹, représentait 23 % de la production minière, principalement au Ghana et en Australie. Elle était précédée par l'entreprise South 32 (26 %) et suivie par Eramet (22 %). Pour le lithium, le marché est séparé en cinq entreprises, Albermarle, SQM, Livent, Tanqui lithium et Ganfeng lithium. Ces deux dernières représentent environ 60 % de la production mondiale, à travers l'exploitation des gisements domestiques, des prises de participation et des acquisitions¹².

Cette concentration de la production relative aux principales matières premières de la filière batterie ne manque pas d'être source d'inquiétudes. Ainsi, l'instabilité structurelle de la RDC, celle plus récente du Mozambique et, dans une moindre mesure, celle de la Bolivie, posent question quant à la viabilité de la production future de cobalt, de graphite et de lithium. La domination quasi monopolistique de la Chine sur le raffinage de qualité batterie est également vecteur de tensions alors que le marché de l'électromobilité monte en puissance. Les entreprises chinoises sont les principaux fournisseurs des constructeurs automobiles occidentaux. Enfin, la volatilité des

9. Le terme de raffinage pour le graphite n'est pas entièrement exact. En effet, on parle plutôt de concentration des minerais, par flottation puis par traitements chimiques : L'Elementarium, « Graphite », disponible sur : www.lelementarium.fr ; C. Bonnet *et al.*, « L'alliance européenne des batteries, enjeux et perspectives européennes », Observatoire de la sécurité des flux et des matières énergétiques, IRIS, disponible sur : www.iris-france.org.

10. China Molybdenum, Metallurgical Corp. of China (MCC), Huayou Cobalt, Jinchuan Group, Nanjing Harui, Wanbao Mining, China Railways Resources Group, Jiana Energy.

11. Ningxia Tianyuan Manganese Industry (TMI) a acquis, en mai 2017, la société australienne Consolidated Minerals Ltd (Consmin) qui possédait, au Ghana, 90 % de la société Ghana Manganese Company (mine de Nsuta) et exploitait la mine à ciel ouvert de Woodie Woodie en Australie. L'Elementarium, « Manganèse », disponible sur : www.lelementarium.fr.

12. Tianqui exploite en Chine le gisement de spodumène de Jiajika et a en projet l'exploitation du salar de Zabuye, au Tibet. Elle détient 51 % de Talison lithium qui exploite le gisement de spodumène de Greenbushes, en Australie. Elle a également acquis, en 2018, une participation de 23,77 % dans le capital de la société chilienne SQM. Le groupe chinois Ganfeng Lithium exploite le gisement de Mount Marion, au sud de Kalgoorlie, détenu moitié/moitié avec Mineral Resources Limited et est associé 51/49 à la société Lithium Americas dans le projet d'exploitation du salar de Cauchari-Olaroz, dans la province de Jujuy, en Argentine. L'Elementarium, « Lithium », disponible sur : www.lelementarium.fr.

prix (phénomène principalement associé au cobalt, au lithium et au nickel), due à des effets mécaniques d'offre et de demande¹³, n'aide pas à structurer et stabiliser le marché. Elle peut être accentuée par des événements conjoncturels du type brusque croissance de la demande, pandémie, guerres civiles (RDC) ou troubles sociaux (Nouvelle-Calédonie), maintenance dans les mines, voire des politiques de nationalisme des ressources (Indonésie).

Évolution haussière de la consommation et goulets d'étranglement : l'exemple du raffinage

Si la production minière est assez concentrée géographiquement et capitalistiquement à l'exemple du cobalt et du lithium, cette première étape ne fait pas l'objet des mêmes contraintes que les suivantes. En plus de la concentration de la production, les métaux de la filière batterie font face à plusieurs contraintes qui créent autant de goulets d'étranglement potentiels pour le raffinage de qualité batterie. Ainsi, l'utilisation de batteries a bouleversé le marché de ces métaux en quelques années, tandis que le raffinage de qualité batteries tarde à s'adapter à la croissance de la demande. En effet, leurs structures de marché sont calquées notamment sur les déterminants géologiques de leurs gisements et sur les infrastructures de raffinage, ces dernières n'évoluant pas au même rythme que la demande. À titre d'exemple, la hausse récente du prix du nickel est en grande partie liée aux doutes du marché sur la capacité de l'industrie nickélifère à répondre à la demande croissante en nickel de qualité batterie, avec, qui plus est, l'introduction de règles ou des demandes plus pressantes pour que cette production soit responsable. En ce qui concerne le lithium, la chute des prix en 2018 pourrait être en partie imputée aux difficultés des infrastructures chinoises vieillissantes à traiter une quantité de spodumène australien toujours croissant, ce qui a mécaniquement provoqué une accumulation des stocks¹⁴.

13. Caricaturalement, si la demande est forte, les opérateurs vont ouvrir des capacités minières et les acteurs miniers seront de plus en plus nombreux, jusqu'à ce que les capacités de production soient telles que les prix s'écroulent. Cela entraîne la fermeture des exploitations les moins rentables et la mise en sommeil des projets jusqu'à la flambée suivante.

14. G. Lefebvre et D. Tavignot, « Le marché du lithium en 2020 : enjeux et paradoxes », Le Portail français des ressources minérales non énergétiques (Mineral Info), 12 mars 2020, disponible sur : www.mineralinfo.fr.

Répartition de l'utilisation des cinq métaux étudiés, en %

Lithium		Cobalt		Nickel		Manganèse		Graphite	
Batteries	65	Batteries	58	Acier inoxydable	68	Métallurgie	91	Matériaux réfractaires	46
Verres et céramiques	18	Superalliages	15	Alliages non ferreux	10	Métaux non ferreux	4	Batteries	14
Graisses lubrifiantes	5	Carbures cimentés	7	Électroplacage	7	Batteries	3	Production d'acier	14
Nano-soudure au silicium	3	Produits chimiques	5	Acier allié et fonderies	7			Graphite expansé	2
Métallurgie	3	Catalyseurs	5	Batteries	6			Garnitures de freins	6
Produits chimiques	1	Aimants	2	Autres	2			Parements de fonderie	4
								Lubrifiants	5

Source : L'Élémentarium et United States Geological Survey (USGS).

En premier lieu, la consommation de batteries a provoqué une croissance importante de la production, phénomène que l'on retrouve principalement pour le cobalt et le lithium. En effet, la part des batteries dans la consommation de manganèse (3 %), de graphite (13 %) et de nickel (7 %) est certes en croissance, mais encore mineure, tandis qu'elle a eu des conséquences majeures sur la consommation de cobalt et de lithium. La production du premier a été multipliée par quatre en vingt ans et celle du second par six. Dans le même temps, les piles et batteries sont devenues le premier poste de consommation de ces deux substances, allant jusqu'à représenter 55 % pour le cobalt et 70 % pour le lithium.

Avant la montée en puissance des batteries lithium-ion qui utilisent le cobalt sous forme de produits chimiques (sulfates notamment), le marché du cobalt raffiné était tourné vers un usage métallique destiné à l'aéronautique ou à l'industrie (superalliages, métaux durs...). Les procédés de raffinage doivent donc s'adapter à cette demande nouvelle et les entreprises convertir leur outil industriel, à l'image de la compagnie russe Nor Nickel. Cette dernière a construit une nouvelle ligne de production de cathodes de cobalt de haute pureté dans sa raffinerie de Monchegorsk fin 2015. Fin 2017, elle produisait 1,4 kt de cobalt métal, 0,9 kt de sulfates de cobalt et 2 kt de concentrés d'hydroxydes de cobalt¹⁵. Une opération similaire est en cours dans sa raffinerie de Harjavalta en Finlande pour la production de nickel

15. G. Lefebvre, « La structure traditionnelle du marché du cobalt est bouleversée par les besoins de la mobilité électrique », Minéral Info, 3 décembre 2018, disponible sur : www.mineralinfo.fr.

raffiné de qualité batterie¹⁶.

Ce constat s'applique de manière plus prégnante à la filière nickel. En effet, les produits issus du raffinage du nickel sont divisés en deux catégories selon leur degré de pureté :

- Le nickel dit de classe I a une teneur en nickel supérieure ou égale à 99,98 % et est généralement issu des gisements de sulfure. Du fait de son haut niveau de pureté, les coûts de production des produits (poudres, briquettes, cathodes) sont plus élevés. Or, c'est ce nickel qui est le plus à même de convenir à la production des sulfates de nickel employés dans la fabrication de batteries. Environ 55 % de la production mondiale de nickel correspond à cette catégorie.
- Le nickel de classe II (alliages et ferronickels par exemple), est issu des gisements de latérite et a un niveau de pureté inférieur. Il est principalement utilisé dans l'industrie de l'acier inoxydable.

Or, la possibilité que la production de nickel de haute qualité soit insuffisante à moyen terme n'est pas à exclure. En effet, l'augmentation des capacités de production a jusqu'à présent concerné du nickel de classe II et le prix bas du métal n'a pas encouragé les investissements dans la production de nickel de classe I. Par ailleurs, le nickel de classe I est issu des gisements de sulfures et ces derniers sont plus profonds, ce qui demande un investissement initial plus élevé. S'ils peuvent être produits à partir de minerais latéritiques plus faciles à exploiter, les coûts sont plus élevés en raison de leur moindre qualité. De plus, les découvertes de gisements de sulfures présentant un potentiel de production de nickel de classe I ont été moins importantes que celles de gisements de latérites ces dernières années. Pour finir, le nickel de classe I pour les batteries est en concurrence avec d'autres usages et notamment l'acier inoxydable, ce qui maintient une pression supplémentaire^{17 18}.

L'exemple du nickel de classe I illustre les difficultés de sécurisation des approvisionnements, liées autant à des contraintes géochimiques qu'industrielles et économiques. Si pour le cobalt, la

16. P. Devitt et A. Lyrchikova, « Nor Nickel to Boost Output of Nickel Products in Finland for EV Battery Market », Mining[dot]com, 13 avril 2021, disponible sur : www.mining.com.

17. E. Hache, C. Barnet et G.S. Seck, « Le nickel dans la transition énergétique : pourquoi parle-t-on de métal du diable ? », Institut Français du pétrole et des énergies renouvelables (IFPEN), n° 5, 26 mars 2021, disponible sur : www.ifpenouvelles.fr.

18. Le constat sur le nickel s'applique dans une moindre mesure au manganèse. En effet, la part des batteries dans la consommation de manganèse augmente lentement mais sûrement et les infrastructures de raffinage ne sont pas forcément calibrées pour produire du dioxyde de manganèse, c'est-à-dire du manganèse de qualité batterie. La qualité et les caractéristiques géochimiques des gisements, ainsi que les coûts de traitement et le développement de nouveaux procédés seront autant d'enjeux pour les opérateurs dans les prochaines années.

Chine détient environ 70 % des capacités de raffinage sur son propre territoire et monte jusqu'à 80 % du cobalt de qualité batterie, la donne est sensiblement différente pour le lithium. En effet, l'enjeu pour les opérateurs miniers est d'adapter leurs procédés pour répondre à la demande croissante en hydroxydes de lithium (LiOH) de pureté minimale 56,5 % par rapport au carbonate de lithium (Li₂CO₃) (de pureté minimale 99,5 %). Or, du fait de leurs caractéristiques géologiques, tous les gisements n'ont pas les mêmes aptitudes à produire ces qualités de composés (du moins sans investissements conséquents). Dans le cas des roches lithinifères, un des obstacles principaux est la multiplicité des formes minéralogiques et les éléments associés (fer, fluor, magnésium, aluminium...). Les gisements de zinnwaldite par exemple (projets Cinovec et Wolfsberg en Europe) ont un certain contenu en fer qui les rend originellement impropres à la production de lithium de qualité batterie. Malgré le développement de solutions techniques, (procédés Sileach et L-MAX), il reste à démontrer que l'élimination du fer demeure efficace et à des coûts acceptables pour la production de quantités industrielles de lithium de « qualité batterie ». En ce qui concerne les saumures, les impuretés principales sont le magnésium, le bore et le calcium. Elles sont éliminées par ajout de réactifs, dont les coûts représentent la majeure partie des coûts totaux d'exploitation, ce qui fait des coûts induits par leur élimination un paramètre important dans l'évaluation de la qualité des projets. Cela explique en partie l'émergence du salar d'Atacama (Chili) par rapport au salar d'Uyuni en Bolivie, dernier étant notamment pénalisé par un ratio Mg/Li très élevé¹⁹.

Le raffinage est une opération complexe et spécifique, plus compliquée à dupliquer que les opérations extractives *stricto sensu*. Cette étape demande une grande maîtrise technologique de la part des entreprises et les coûts opératifs dépendent en partie des propriétés et de la qualité des minerais extraits, ce qui rend d'autant moins flexible leur capacité à répondre à une hausse prolongée de la demande. Par ailleurs l'exploitation de nouveaux gisements entraînera des coûts de développement de nouveaux procédés risqués à mettre en œuvre puisque le prix des métaux est volatile. L'augmentation de la production demandera la mise en route de nouveaux sites miniers, de capacités supplémentaires de production de produits intermédiaires et raffinés, mais nécessitera également de mieux valoriser la production issue du recyclage. Cela s'accompagnera de coûts environnementaux supplémentaires qu'il s'agira de gérer au mieux afin que la production

19. G. Lefebvre et D. Tavignot, « Le marché du lithium en 2020 : enjeux et paradoxes », *op. cit.*

des matières premières, et donc des batteries, soit « responsable ».

Une thématique environnementale et éthique

L'impact environnemental de l'exploitation minière n'est pas neutre, comme l'illustrent les cas du lithium, du nickel ou encore du graphite. Par ailleurs, les considérations éthiques ne sont pas absentes, comme le montre le cas du cobalt, dont 10 à 20 % de la production sont issus du secteur informel, notamment en RDC.

L'industrie du lithium présente des externalités environnementales qui dépendent du mode d'extraction et du type de gisement. Deux types de sources sont à l'origine de la production de lithium, les saumures (45 % de la production mondiale) et les roches dures (55 % de la production mondiale). Les premières proviennent de lacs salés en partie asséchés, appelés « salars » qu'on retrouve en Amérique du Sud et au Tibet. Les impacts environnementaux sont principalement liés :

- aux émissions de CO₂ car la production d'une tonne de lithium rejeterait entre 5 et 15 tonnes de CO₂ en moyenne, dans les cas des salars et des roches dures ;
- à l'utilisation en eau car environ 469 m³ d'eau sont nécessaires à la production d'une tonne de lithium ;
- à l'occupation des terres, car la production de lithium *via* l'exploitation des réservoirs souterrains monopolise 3 124 m² de terres par tonne produite pour la mise en place de bassins d'évaporation²⁰.

Ainsi, l'exploitation du lithium serait susceptible d'augmenter le stress hydrique dans des régions déjà arides voire de mettre en danger des écosystèmes entiers, comme le craignent de nombreux opposants au salar d'Uyuni en Bolivie.

L'impact environnemental de l'exploitation de nickel a incité les gouvernements indonésien et philippin à poser un moratoire sur la production minière, mais également à geler les projets en cours de développement. L'entreprise chinoise Tsingshan a récemment affirmé sa capacité à produire du nickel de qualité batterie (classe I) à partir de fontes de nickel (classe II), ce qui calmerait les inquiétudes du

20. E. Hache, C. Barnet et G. S. Seck, « Le lithium dans la transition énergétique : au-delà de la question des ressources ? », IFPEN, n° 4, 10 février 2021, disponible sur : www.ifpenouvelles.fr.

marché quant à d'éventuelles pénuries²¹. Cependant, cette opération aurait un coût environnemental important en termes de production de déchets et de consommation de solvants ou d'énergie. À titre d'exemple, le cabinet de conseil Roskill estime que les émissions de CO₂ liées à la production de cobalt doubleront d'ici 2030 et que 55 % d'entre elles parviendront des gisements latéritiques²². De plus, l'exploitation de quantités croissantes de minerais dont la teneur en métal décroît pose la question de la consommation énergétique nécessaire à leur traitement, mais surtout de la gestion des déchets miniers. En Indonésie et en Papouasie-Nouvelle-Guinée, leur rejet dans l'environnement par des entreprises chinoises a occasionné un bras de fer tendu avec les gouvernements locaux²³.

Enfin, un traçage adéquat doit être mis en place pour contrôler la production artisanale issue de la RDC, dont les impacts sont plus complexes que ce que l'on pourrait croire. En effet, sur le plan sanitaire et environnemental, les conséquences sont désastreuses, puisque des travailleurs, parfois des enfants, affrontent des conditions de travail extrêmement dégradées et sans soucis de préserver l'environnement. Comme pour l'exploitation aurifère artisanale, cela donne lieu à de nombreuses et graves pollutions. Dans le cas du cobalt, un tiers de sa production présenterait des risques de pollution selon l'organisation non gouvernementale Resource Matters. Pourtant, supprimer les exploitations artisanales, comme cela a été fait ailleurs, reviendrait à priver non seulement les ouvriers de leur salaire, mais également à détruire tout l'écosystème économique qui s'est installé autour, comme le montrent des analyses effectuées sur la mise en œuvre de la loi étasunienne Dodd-Frank sur le traçage de la production artisanale²⁴. Les initiatives se multiplient, non pas pour supprimer la production artisanale, mais pour mieux l'encadrer. Ainsi, plusieurs initiatives ont vu le jour ces dernières années, en plus des réglementations internationales déjà en place, en grande partie portées par des acteurs chinois qui cherchent à répondre aux préoccupations des industries manufacturières en aval de la chaîne de valeur :

■ le *Responsible Sourcing Blockchain Network* (RSBN) initié en

21. S. Zhang, « Questions Arise after Tsingshan Announces New Nickel Matte Technology », *Metal Bulletin*, 5 mars 2021, disponible sur : www.metalbulletin.com.

22. « CO₂ Emissions from Cobalt Production Expected to Soar — Report », Mining[dot]Com, 19 avril 2021, disponible sur : www.mining.com.

23. M. Burton, « Papua New Guinea Orders China-owned Ramu Nickel Plant to Shut », *Reuters*, 24 octobre 2019, disponible sur : <https://mobile.reuters.com>, [consulté le 30 août 2020].

24. G. Lefebvre, « L'UE compte encadrer le commerce des minerais de conflits », *Minéral Info*, 4 novembre 2015, disponible sur : www.mineralinfo.fr.

2019 par Huayou Cobalt, Ford Motors, LG Chem, IBM et RCS Global ;

- la Responsible Cobalt Initiative (RCI) a été initiée en 2016 par la China Chamber of Commerce of Metals, Minerals and Chemicals Importers and Exporters (CCCIMC), soutenue par l'OCDE Development (OECD) ;
- la Responsible Raw Materials Initiative (RMI) lancée en 2016 par des entreprises du segment aval de l'industrie telles Dell, HP, Microsoft Fiat-Chrysler, General Motors et Renault ;
- le Better Cobalt Pilot Project lancé en 2018 en collaboration avec Huayou.

Par ailleurs, le gouvernement congolais a officiellement créé, en mars 2021, l'Entreprise générale du Cobalt (EGC), détenue par l'État, dont l'objectif est d'acheter et de revendre le produit de l'extraction artisanale. Le gouvernement congolais s'est associé avec le *trader* Trafigura pour les cinq prochaines années afin de mener à bien son initiative²⁵. Cela ne lève pas pour autant le risque de corruption lié à l'exploitation des ressources qui est un problème déjà ancien en RDC, comme l'illustrent les nombreuses accusations de détournement d'argent à l'encontre de la société d'État congolaise Gécamines²⁶.

De manière assez positive, ces initiatives entraînent une coopération et une interopérabilité inattendue tout au long de la chaîne de valeur, non seulement entre les acteurs, mais également entre les différentes initiatives, entre les systèmes juridiques et entre les chaînes d'approvisionnement. Ainsi, la Responsible Minerals Initiative a été créée par des membres de la Responsible Business Alliance et de la Global e-Sustainability Initiative. Elle comprend plus de 380 membres issus de dix secteurs industriels²⁷. Cependant, ces initiatives ont très vite montré leurs limites et leurs revers, la principale étant leur légitimité. En effet, peu de sanctions sont

25. C. Jamasmie, « Congo Launches State-owned Cobalt Miner », Mining[dot]Com, 31 mars 2021, disponible sur : www.mining.com.

26. La Gécamines, ou Société générale des carrières et des mines, est une société commerciale de droit privé détenue à 100 % par l'État de la République démocratique du Congo. Elle participe à la prospection et à l'exploitation du sous-sol congolais.

La justice américaine mène une enquête depuis 2018 sur les transactions opaques entre le principal producteur de cobalt mondial Glencore et la Gécamines. Lire : M. Matéso, « Corruption dans les mines de RDC : la justice américaine mène l'enquête », *France Info*, 4 juillet 2018, disponible sur : www.francetvinfo.fr.

Gécamines serait également impliquée dans le détournement d'un milliard de dollars au profit de proches de l'ancien président congolais, Joseph Kabila. Lire : H. Leclercq, « Gécamines : près d'un milliard de dollars détournés des caisses de l'État », *La Libre Afrique*, 5 février 2020, disponible sur : <https://afrique.lalibre.be>.

27. Responsible Minerals Initiative, 2020, voir : www.responsiblemineralsinitiative.org.

prévues en cas de non-respect des règles. Ainsi, l'Initiative pour la transparence dans les industries extractives (ITIE) ne prévoit qu'une exclusion temporaire des membres ne respectant pas les règles communes, tandis que certains pays ne participent pas aux initiatives, même s'ils les soutiennent, comme c'est le cas de la Chine et de l'Inde pour l'ITIE. Pour finir, en dehors du *Dodd Frank Act* et prochainement de la Loi européenne sur les minerais de sang, aucune n'est contraignante.

Dans les cas évoqués précédemment, la question de la norme et du suivi des initiatives est une question primordiale. En effet, il ne s'agit maintenant plus seulement de produire, mais produire de manière responsable, tant humainement qu'environnementalement. Ainsi, les annonces réalisées par l'entreprise Tsingshan doivent-elles interpellier sur la durabilité de ce modèle économique, tout comme les initiatives prises en RDC pour contrôler la production artisanale. Il ne s'agit pas de créer des enceintes fermées au sein desquelles une partie de la production serait industrielle et une autre artisanale, mais plutôt de donner aux organisations non gouvernementales les moyens de contrôler la mise en œuvre de mesures responsables.

Le recyclage et la production secondaire, indispensables mais à la peine

Depuis plusieurs années, le recyclage est annoncé comme un moyen de réduire les dépendances aux approvisionnements extérieurs, mais également l'empreinte environnementale. Or, malgré l'inscription de cette thématique aux différentes stratégies étatiques ou d'entreprises, les taux de recyclage peinent à augmenter, contraints par plusieurs facteurs politico-économiques.

Ainsi, au niveau mondial, moins de 1 % du lithium est effectivement recyclé et 6 % pour le graphite. En ce qui concerne le cobalt, le taux de recyclage en fin de vie est de 32 %²⁸ suivi par le nickel (42 %) et le manganèse (46 %)²⁹. Les taux élevés de ces trois derniers métaux ne doivent pas nous faire perdre de vue que ce sont bien les usages métalliques qui sont recyclés et beaucoup moins les batteries. Ainsi, les taux de collecte pour les batteries portables se

28. En 2020, le cobalt issu du recyclage aurait représenté environ 9 % de la consommation, soit environ 12 000 tonnes (Darton Commodities, *Cobalt Market Review 2019-2020*, 2020).

29. C. T. Matos *et al.*, « Material System Analysis of Five Battery-related Raw Materials: Cobalt, Lithium, Manganese, Natural Graphite, Nickel », Joint Research Council (JRC), Publication Office of the European Union, 2020, disponible sur : <https://rmis.jrc.ec.europa.eu>.

situent entre 5 % pour les smartphones et 15 % pour les ordinateurs portables, tandis qu'ils sont de 30 % à 50 % pour les véhicules électriques en Europe.

Ces chiffres sont similaires au Japon et inférieurs dans tous les autres pays. Ainsi, au Japon, le taux moyen de collecte ne dépassait pas 10 % en 2013³⁰, mais a pu augmenter depuis. Le recyclage est un élément clé de la stratégie d'approvisionnement du Japon en matières premières minérales. Ainsi, des infrastructures de pointe existent pour le raffinage et le recyclage des métaux identifiés comme essentiels à l'industrie japonaise comme le cobalt, le nickel, mais aussi les terres rares. La mise en place d'une infrastructure de recyclage soutenue par les pouvoirs publics ainsi que le soutien financier du JOGMEC à l'entreprise australienne Lynas³¹ a permis au Japon de diminuer sa dépendance vis-à-vis de la Chine de 90 % à 60 % en l'espace de dix ans³².

En Chine, environ 5 % des déchets électroniques contenant des batteries étaient collectés en 2019. Les chiffres du recyclage et notamment celui des métaux de batteries y sont globalement plus mauvais que dans les pays de l'OCDE, notamment en raison d'une infrastructure de collecte déficiente et d'un manque de rentabilité de la filière³³. La récupération de certains métaux est néanmoins effectuée par le secteur informel, dans des conditions sanitaires et environnementales qui ne sont pas encadrées. On estime que dans la province de Gansu, le recyclage informel des métaux représenterait plus de 100 000 emplois³⁴, tandis que la Chine est probablement la destination d'une partie des exportations illégales de matériel électronique en fin de vie en provenance d'Europe³⁵. Cependant, la Chine est en mesure de mettre en œuvre rapidement des capacités de recyclage de batteries importantes en raison de son industrie intégrée,

30. M. Asari et S. I. Sakai, « Li-ion Battery Recycling and Cobalt Flow Analysis in Japan » *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 81, n° 52-59, 2013.

31. Hors Chine, Lynas est le principal producteur de minerais et d'oxydes de terres rares.

32. M. Hui, « Japan's Global Rare Earths Quest Holds Lessons for the US and Europe », *Quartz*, 2021, disponible sur : <https://qz.com>.

33. Z. Chen, Z. Lingen et X. Zhagnming, « Analysis of Cobalt Flows in Mainland China: Exploring the Potential Opportunities for Improving Resource Efficiency and Supply Security », *Journal of Cleaner Production*, 2020 ; Y. Wang et Y. Ge, « Potential of Urban Cobalt Mines in China: An Estimation of Dynamic Material Flow from 2007 to 2016 », *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 161, 2020.

34. A. Kumar, M. Holuszko et D. Croce Romano Espinosa, « E-waste: An Overview on Generation, Collection, Legislation and Recycling Practices », *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 122, n° 32-42, 2017.

35. On estimait en 2015 que deux tiers des déchets électroniques collectés dans l'UE étaient ensuite exportés via des filières illégales. Lire J. Huisman et al., *Prospecting Secondary Raw Materials in the Urban Mine and Mining Wastes (ProSUM). Final Report*, 2017.

mais également de son gisement potentiel. À titre d'exemple, l'entreprise chinoise GEM, également présente sur le marché de l'extraction du cobalt, de son raffinage et de la fabrication de précurseur, avait une capacité de traitement de batteries en fin de vie de l'ordre de 300 000 tonnes en 2019³⁶.

Le recyclage fait face à de nombreuses barrières qui peinent pour l'instant encore à être dépassées :

- Tout d'abord, l'absence de système de collecte efficace est le problème majeur auquel une réponse devra être apportée par l'ensemble des acteurs³⁷. Même au Japon, où l'expérience du recyclage est plus importante qu'en Europe, la collecte rencontre les mêmes difficultés, à savoir le manque d'incitation et de rentabilité. Ce premier constat remet en cause la masse critique nécessaire pour un fonctionnement quotidien des infrastructures de recyclage. À l'heure actuelle, de nombreuses usines doivent attendre un certain temps afin d'avoir une quantité suffisante pour que l'opération soit rentable. En plus des problèmes de collecte, il y a un décalage mécanique entre demande et disponibilité puisque la durée de vie d'une batterie est de trois à quinze ans, selon qu'elle est utilisée dans un appareil électronique ou dans un véhicule. Les infrastructures nécessaires au recyclage des nombreuses batteries lithium-ion qui seront produites dans les prochaines années ne sont pas encore planifiées.
- La consommation d'énergie et de produits chimiques pour les opérations de recyclage est un facteur non négligeable du coût des opérations. Ces dernières seront donc dépendantes des prix de l'énergie.
- Le coût des matières premières est également un facteur clé. Si recycler est moins polluant qu'extraire, le coût d'extraction est toujours plus faible que le coût de recyclage. Dans une période de prix croissant (comme celle que nous vivons), le recyclage est rentable. Cependant, en l'absence d'incitations, les incertitudes quant aux prix freineront les investissements capitalistiques nécessaires.
- Enfin, la réutilisation des matières premières recyclées en boucle

36. R. Danino-Perraud, « Les politiques d'approvisionnement en minerais critiques : une analyse combinée de la chaîne de valeur et des flux de cobalt dans l'Union européenne », Université d'Orléans, 2021.

37. En France, le système des filières REP (Responsabilités Élargies des Producteurs) est basé sur l'éco-participation qui finance les filières de collecte. Il a permis la mise en place de système de collecte à but non lucratif et agréée par les pouvoirs publics, mais se heurte à un plafond de verre, notamment en raison du manque d'incitations et de méconnaissance du système. C'est pourquoi la mise en œuvre de mesures incitatives avec les distributeurs d'équipements électroniques pourrait être approfondie.

courte implique d'avoir une industrie à même de les utiliser, ce qui n'est pas forcément le cas en Europe où la production de composants de batteries et de cellules n'est pas encore développée. Cela devrait heureusement évoluer dans les prochaines années.

Au contraire de l'aval de l'industrie dominée par la Chine et dont les entreprises européennes sont absentes, le segment du recyclage est encore relativement ouvert. Bien que stratégique, il manque de dynamisme et de rentabilité financière. Il s'agit toutefois de le réglementer et de prendre des mesures incitatives pour encourager les entreprises à investir ce segment et ce tant pour des raisons environnementales que stratégiques.

Le constat est donc celui d'une grande concentration de l'industrie pour la production de métaux destinés à la fabrication de batteries, ce qui est potentiellement source de tensions principalement pour des raisons d'approvisionnement. Cependant, l'aspect responsable de la production et, avec elle, la production secondaire issue du recyclage, laisse penser que les normes vont avoir une place de plus en plus importante dans les stratégies d'acteurs, et ce du fait aussi des pressions grandissantes des consommateurs.

De la géoéconomie des matières premières à celle de leurs chaînes de valeur

Si les stratégies d'approvisionnement en minerais s'inscrivent dans une stratégie de puissance pour la Chine, la politique envisagée par la CE est également marquée par une ambition liée à la préservation de l'environnement. Enfin, d'autres acteurs voient cette course comme une opportunité de développement économique, voire comme l'acquisition d'un moyen de pression commerciale.

Une stratégie industrielle chinoise « globale »

La stratégie de puissance chinoise est symbolisée par sa volonté d'assurer son indépendance industrielle à travers la construction d'entreprises verticalement intégrées et contrôlant les chaînes de valeur sur lesquelles elles sont installées. Cette politique industrielle doit soutenir le développement économique de la Chine, qui est le garant à la fois de la paix sociale, de son indépendance et de son rayonnement international. Le développement économique doit également permettre de construire un outil militaire qui se base de plus en plus sur une industrie technologique de pointe. Cette politique a notamment permis aux entreprises chinoises de posséder une position quasi monopolistique sur la chaîne de valeur des terres rares qui est « un bon exemple de l'approche qu'adopte la Chine lorsque cette dernière contrôle la production mondiale [...] ». Dans le commerce des terres rares, la Chine est prête à enfreindre les règles du marché que ce soit pour obtenir des avantages sur le plan diplomatique ou pour encourager des transferts de technologies étrangères ». Même si la Chine est le principal consommateur de terres rares (et d'autres métaux rares par la même occasion) et même si elle n'est pas prête à s'affranchir des règles de l'Organisation mondiale du commerce (OMC), son attitude montre qu'elle est prête à utiliser cette carte dans le jeu de la compétition internationale³⁸.

38. J. Seaman, « L'approvisionnement de la Chine en ressources énergétiques et minérales : quel rôle pour les marchés ? », *Notes de l'Ifri*, Ifri, octobre 2015, disponible sur : www.ifri.org ;

La Chine contrôle en moyenne 80 % des produits raffinés de qualité batterie sur les substances ici étudiées. Il faut également rajouter qu'elle fabrique près de 75 % des composants et cellules de batteries au niveau mondial³⁹. Ce constat découle d'une stratégie globale qui se vérifie à la fois en termes d'investissements et de flux commerciaux.

Ainsi, bien qu'elle en soit le premier producteur, la Chine est également le premier importateur de graphite au niveau mondial, principalement en provenance d'Afrique (Mozambique : 74 %, Madagascar : 18 %, Tanzanie : 5 %). Elle est le second importateur de lithium, derrière la Corée du Sud et est aussi (de très loin), le premier importateur de minerais (34 Mt contre 2,8 Mt pour l'Inde), dont 39 % proviennent d'Afrique du Sud, 15 % d'Australie, 15 % du Ghana et 11 % du Gabon. Elle est le premier importateur de minerai de cobalt, dont 97 % proviennent de RDC ainsi que le premier importateur de nickel (71 % d'Indonésie, 8 % de Nouvelle-Calédonie). Par ailleurs, 88 % de la production de minerai de nickel indonésienne est exportée en Chine.

Ces flux, dont la Chine est le centre, sont le fruit d'investissements multiples réalisés par les entreprises chinoises qui concernent autant les actifs miniers, les réserves, mais aussi les infrastructures de transports, de télécommunications ou encore énergétiques. Ainsi, les compagnies chinoises ont investi dans les projets d'exploration de lithium en Afrique, au Zimbabwe (Arcadia project), en RDC (Manono project), en Namibie ou au Mali (Goulamina project). Elle rachète également des parts de futures productions de mines de graphite au Mozambique (Balama, Ancyabe, Montepuez...) ou encore en Tanzanie (Namangale, Bunyu, Malenge...)⁴⁰.

Le cobalt représente plus encore cette stratégie d'intégration industrielle verticale. En effet, en l'espace de dix ans, les entreprises chinoises sont passées de quelques milliers de tonnes produites sur le sol domestique à plusieurs dizaines de milliers, principalement extraites en RDC. Par ailleurs, des entreprises comme GEM ou Huayou Cobalt sont à la fois présentes sur les segments de la production minière et raffinée, de la fabrication de composants de

J. Seaman, « La Chine et les terres rares, son rôle critique dans la nouvelle économie », *Notes de l'Ifri*, Ifri, janvier 2019, disponible sur : www.ifri.org.

39. C. Bonnet *et al.*, « L'alliance européenne des batteries, enjeux et perspectives européennes », *op. cit.*

40. R. Danino-Perraud, « Les politiques d'approvisionnement en minerais critiques : une analyse combinée de la chaîne de valeur et des flux de cobalt dans l'Union européenne », *op. cit.*

batteries ainsi que du recyclage. Elles produisent ou comptent produire du cuivre, du nickel, du cobalt et même du lithium. Récemment, CATL a même pris une part dans le projet de Kisanfu, développé par China Molybdenum⁴¹.

En parallèle à l'acquisition d'actifs miniers et de compétences, la construction d'infrastructures de transport, notamment en Afrique australe, centrale ou de l'Est, est mise en œuvre afin de former un ensemble cohérent permettant de relier la Chine au continent africain. Ces projets sont souvent réalisés dans le cadre de contrat de type ressources contre infrastructures, comme cela a été le cas en Angola ou en RDC⁴². Ainsi, la réfection du port de Mombasa a été suivie par la construction d'une ligne de chemin de fer intérieure confiée au groupe China Railway Construction Corp Ltd. Plus au sud, la China Railway Engineering (CREC) doit également construire les lignes Tazara (Tanzanie-Zambie) et Trans-Zambèze (Mozambique-Zambie-Zimbabwe)⁴³. Par ailleurs, le gouvernement chinois a annulé une dette camerounaise de 78 millions de dollars tout en ayant été le principal créancier de la construction du port en eau profonde de Kiribi⁴⁴. Cette liste n'est pas exhaustive.

Les autorités chinoises ont également développé leurs propres règles de transparence, sur le plan intérieur comme extérieur. La China Chamber of Commerce of Metal Miners and Chemicals Importers and Exporters (CCCCMC) a créé en 2014 les *Guidelines for social responsibility in outbound mining investments* à destination des entreprises chinoises à l'étranger. La seconde règle, les *Chinese green mining guidelines*, a été lancée par le ministère chinois des sols et des ressources en 2017 à destination de l'industrie minière domestique. Ces dernières sont mises en œuvre à travers des projets de *blockchain* qui nécessitent l'utilisation d'un réseau et de systèmes de stockage importants. À ce titre, elles rentrent tout à fait dans le cadre des projets chinois de 5G. S'inspirant directement des règles de l'OCDE, ces initiatives élargissent leurs préoccupations à d'autres minerais (dont le cobalt), mais rajoutent également des éléments sur

41. T. Daly, « CATL Takes Stake in China Moly Cobalt Mine for \$137.5 Million », Mining[dot]com, 11 avril 2021, disponible sur : www.mining.com.

42. Pour un résumé du modèle angolais et du contrat en RDC, voir R. Danino-Perraud, « Les politiques d'approvisionnement en minerais critiques : une analyse combinée de la chaîne de valeur et des flux de cobalt dans l'Union européenne », *op. cit.*

43. J. Genevaz et D. Tull, « Les financements chinois dans le secteur des transports en Afrique : un risque maîtrisé », Institut de recherche stratégique de l'École militaire (IRSEM), Étude n° 67, 2019.

44. « La Chine, premier partenaire économique du Cameroun, est également son premier créancier », Direction générale du trésor, Ministère de l'économie, des finances et de la relance, 4 octobre 2018, disponible sur : www.tresor.economie.gouv.fr.

le respect de l'environnement. Plusieurs raisons ont motivé les entreprises chinoises à développer ces principes, notamment :

- exporter aux États-Unis nécessite de se conformer au *Dodd Frank Act* ;
- diminuer le risque réputationnel de grandes entreprises préoccupées par la production éthique de leurs approvisionnements (Samsung, Apple, BMW...) ;
- l'entrée de pays tels que le Pérou dans l'ITIE, dans lesquels les entreprises chinoises du secteur minier sont très présentes.

Cependant, il est nécessaire de souligner que les règles chinoises sont non contraignantes et s'adressent principalement aux entreprises d'État (*State Owned Entreprises*, SOE). Elles reposent sur la bonne volonté des entreprises et des ambassades qui sont leurs premiers contacts à l'étranger. Leur impact sera donc nécessairement limité, mais si leur existence mérite d'être soulignée.

Afin de sécuriser ses approvisionnements, la Chine actionne plusieurs leviers, politiques, économiques, diplomatiques mais aussi normatifs. Ainsi, la signature de contrats gouvernementaux et de traités aide-t-elle les entreprises à investir en s'appuyant sur une infrastructure financière dédiée. Il faut noter la cohérence des investissements miniers avec ceux effectués dans les transports qui visent principalement à déplacer le centre de gravité du commerce de l'océan Atlantique à l'océan Indien. Enfin, il faut également souligner le renforcement des capacités militaires chinoises en Afrique, à la fois en termes d'infrastructures (Djibouti) que de ventes d'armes et de troupes présentes, le plus souvent dans le cadre de mission de maintien de la paix. Pour finir, l'action de la Chine dans les comités ISO (Organisation internationale de normalisation) relatifs au lithium et aux terres rares⁴⁵, combinés aux différentes initiatives pour une production responsable des ressources, témoignent de sa volonté à s'emparer de l'aspect normatif.

45. M. Caillette, « L'AFNOR appelle la France à s'impliquer dans la standardisation des normes d'exploitation du lithium », Portail de l'IE, 14 décembre 2020, disponible sur : <https://portail-ie.fr>.

La force par la norme, quelles options pour l'Union européenne ?

L'UE se trouve dans une situation de dépendance quasi-totale en ce qui concerne sa consommation de matières premières qu'elle qualifie de critique. En effet, elle ne produit que 3 % des 30 matières qu'elle a identifiées comme critiques et plus de 50 % d'entre elles viennent de Chine. Par ailleurs, elle n'est présente que sur des marchés de niches pour la production de batteries et de composants, même si elle raffine environ 15 % du cobalt au niveau mondial⁴⁶. Pourtant, cela fait plusieurs années que l'UE est consciente de ses vulnérabilités.

Ainsi, dès 2008, la CE lance l'initiative pour les matières premières critiques (*Raw Materials Initiative*, RMI). Cette dernière est basée sur trois piliers qui sont :

- la production soutenable et légale de matières premières minérales ;
- la maîtrise des routes d'approvisionnement de l'UE ;
- une stratégie d'utilisation efficiente des ressources à travers le recyclage.

Elle met en œuvre un budget de recherche et développement important et vise à créer un réseau d'experts intra-européen. Malgré cela, les dépendances se sont accentuées et la fermeture de capacités de production s'est poursuivie. En effet, la RMI n'avait pas d'objectifs industriels, ni celui de coordonner les politiques minières des États membres. Ce n'est que récemment, à l'aune de grands projets industriels, que des projets miniers ont vu le jour, encouragés par la mise en place d'incitations et d'un écosystème industriel. En parallèle, l'alliance européenne pour les matières premières a vu le jour en septembre 2020.

Ainsi, il existe plusieurs projets de production de lithium en Allemagne, au Portugal, en Espagne, en Finlande, en Autriche ou encore en République tchèque pour une capacité totale de 155 kt LCE. Actuellement, ce sont entre 400 et 450 kt LCE qui sont produites mondialement. Il semble que ces projets miniers puissent mobiliser jusqu'à deux milliards d'euros et répondre à 80 % des besoins

46. CE, « Study on the Review of the List of Critical Raw Materials: Critical Raw Materials Fact-Sheets », Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, Directorate Industrial Transformation and Advanced Value Chains, 2020.

européens⁴⁷. Pour le graphite, des capacités de production de 55 kt sont en projet, pour une production mondiale de 1,1 Mt. Les perspectives pour le cobalt et le nickel existent, mais ne sont pas nombreuses. Cependant, l'Europe ne dispose pas d'infrastructures de raffinage de lithium ou de graphite de qualité batterie, contrairement au nickel ou au cobalt. C'est pour éviter que les minerais ne soient exportés hors d'Europe pour être raffinés qu'une raffinerie de lithium devrait voir le jour en Allemagne⁴⁸.

Il convient aussi de noter que certaines entreprises de l'amont de la chaîne de valeur, telle Volkswagen ou BMW, envisagent des investissements directs dans les projets miniers ou *a minima* de signer des contrats directement avec les producteurs. L'entreprise CATL a investi directement dans la mine de cobalt de Kisanfu en RDC, en partenariat avec China Molybdenum, tandis que Tesla a investi dans une mine de lithium située dans l'État du Nevada⁴⁹. Cependant, cela ne diminuera que peu la vulnérabilité des industries européennes vis-à-vis des approvisionnements extérieurs ainsi que l'empreinte environnementale de la production manufacturière européenne.

Lancée en 2018, l'Alliance européenne pour les batteries possède trois volets : industriel, recherche et environnemental⁵⁰.

La proposition de refonte de la directive batterie de décembre 2020 montre la cohérence du projet d'ensemble, mais également le fait que la CE a bien pris en compte l'urgence de la situation, car le projet n'était pas attendu avant 2022. La proposition de directive comprend notamment des exigences en termes de collecte (70 % d'ici à 2030), mais également en termes de contenu recyclé pour les nouvelles batteries (12 % de cobalt, 85 % de plomb, 4 % de lithium et 4 % de nickel en 2030 ; 20 % de cobalt, 10 % de lithium et 12 % de nickel en 2035). En ce qui concerne les procédés de

47. C. Bonnet *et al.*, « L'alliance européenne des batteries, enjeux et perspectives européennes », *op. cit.*

48. C. Shy, « AMG to Build Lithium Hydroxide Refining Plant in Germany », *Metal Bulletin*, 15 novembre 2019, disponible sur : www.metalbulletin.com.

49. Volkswagen, « Volkswagen Group, BASF, Daimler AG and Fairphone Start Partnership for Sustainable Lithium Mining in Chile », Communiqué de presse, 8 juin 2021, disponible sur : www.volkswagenag.com ; E. Scheyder, « Tesla's Nevada Lithium Plan Faces Stark Obstacles on Path to Production », *Reuters*, 24 septembre 2020, disponible sur : www.reuters.com ; J. Holman, « BMW Signs Eur100 Million Sustainable Cobalt Supply Contract with Moroccan Miner », *S&P Global*, 9 juillet 2020, disponible sur : www.spglobal.com ; E. Cromptley, « Cobalt Angst Will Turn Carmakers into Mine Owners », *Reuters*, 10 mai 2021, disponible sur : www.reuters.com.

50. Pour plus d'informations sur ce sujet, voir l'étude de C. Mathieu, « Green Batteries: A Competitive Advantage for Europe's Electric Vehicle Value Chain? », *op. cit.*

recyclage en tant que tels, ces derniers doivent aussi atteindre un certain seuil de rendement, soit 65 % de son poids pour une batterie au lithium d'ici 2020 et 70 % d'ici 2030. Enfin la valorisation des différentes matières premières doit atteindre 90 % pour le cuivre, le cobalt et le nickel ainsi que 35 % pour le lithium d'ici 2026, puis augmenter à nouveau en 2030 (95 % pour le nickel, le cobalt et le cuivre, 70 % pour le lithium⁵¹). Par ailleurs, les batteries sont obligées de prendre en compte des critères de performance et de durabilité, d'empreinte carbone et de transparence de la chaîne d'approvisionnement, ainsi que d'écodesign pour faciliter les opérations de démantèlement, ces dernières représentant l'un des coûts les plus importants de la filière avec le transport. Ce dernier point est en lien avec la loi sur les « minerais de sang⁵² » votée par le Parlement européen en 2017 et entrée en vigueur au premier janvier 2021.

L'ambition de cette initiative mérite d'être saluée mais certains points sont néanmoins préoccupants et reflètent la difficulté à mettre en œuvre cet arsenal législatif.

L'harmonisation des différents systèmes de collecte et de calcul des différents taux de recyclage au niveau européen est une bonne chose puisque les différents systèmes de comptage nationaux étaient susceptibles de créer des distorsions de performance selon la définition qu'ils prenaient de la norme. À titre d'exemple, un taux de recyclage basé sur l'efficacité des procédés mais non couplé au taux de collecte paraîtra toujours plus important qu'un taux de recyclage couplant ces deux éléments.

Cependant, la mise en œuvre de la directive fera face aux problèmes de coûts inhérents au développement d'une filière, mais également à des questions de définition. Sur ce dernier point, il s'agira notamment de poser une définition claire sur la notion de valorisation et de recyclage au poids. Ainsi, si 65 % du poids d'une batterie doivent être recyclés, le recyclage du cuivre, du cobalt, du nickel et du lithium à eux seuls ne représenteront pas cette part (43 % d'une batterie NMC – Nickel Manganèse Cobalt). Il faudra donc trouver une solution pour le recyclage de l'aluminium (8 %), mais également pour le recyclage

51. CE, Proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil relatif aux batteries et aux déchets de batteries, abrogeant la directive 2006/66/CE et modifiant le règlement (UE)2019/1020, 2020, disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu>.

52. Le terme « minerais de conflit » ou « minerais de sang » désigne un groupe de 4 métaux : l'étain, le tungstène, le tantale et l'or. Depuis la fin des années 1990, l'extraction de ces minerais, notamment dans la région des Grands Lacs, a contribué au financement des guerres civiles et à de nombreuses violations des droits de l'homme.

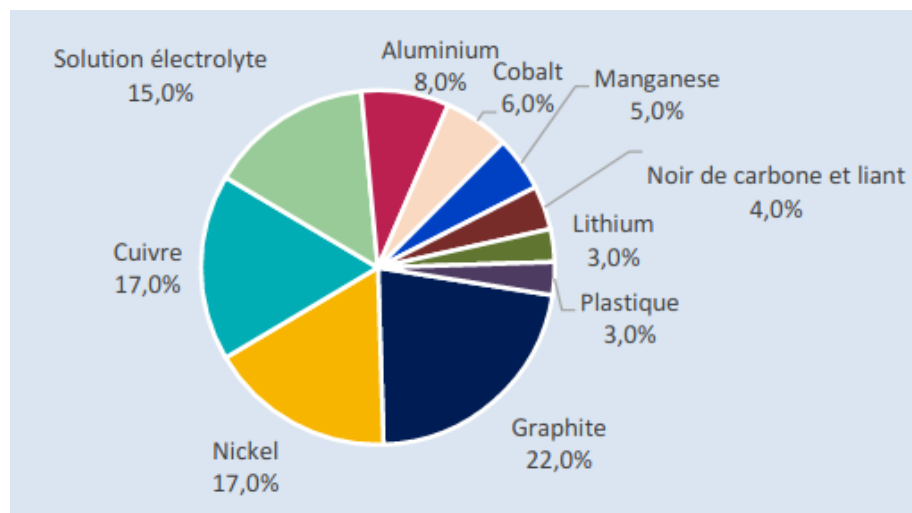
ou la valorisation énergétique du graphite (22 %), de la solution électrolytique (15 %), ou du plastique (3 %). À l'heure actuelle, ces différents éléments sont souvent valorisés énergétiquement, servant à alimenter les fours dans les procédés pyrométallurgiques de recyclage. La différence entre recyclage fonctionnel et valorisation énergétique devra donc être déterminée précisément.

On peut également se demander comment un meilleur taux de collecte pourrait advenir sans en changer les mécanismes. Celui basé sur la Responsabilité élargie des producteurs (REP) montre pour l'instant ses limites et peine à dépasser 15 % de collecte. Il faudra donc peut-être associer de manière plus approfondie les consommateurs, mais également les vendeurs de produits contenant les batteries⁵³. Il faudra également trouver une solution pour que la filière soit rentable sur chacune des substances recyclées. À l'heure actuelle, cette rentabilité est basée sur le recyclage du nickel et du cobalt. Mais la quantité de ce dernier dans les batteries doit diminuer fortement dans les prochaines années (projet de batterie NMC 8-1-1 ou de batteries sans cobalt). En ce qui concerne le nickel, ce dernier est peu présent dans les batteries LFP (Lithium Fer Phosphate) qui tendent à se substituer au moins partiellement aux batteries NMC et NCA (Nickel Cobalt Aluminium) en Chine. Cela laisse la rentabilité de la filière peser sur le lithium dont les coûts de recyclage sont encore très supérieurs aux coûts extractifs. Même en prenant en compte une nette augmentation des prix de la production primaire, le problème devrait rester entier pour les prochaines années. Des mesures de soutien à la filière devront donc être mises en œuvre pour faire respecter les ambitions réglementaires du texte.

Enfin, la CE évoque les coûts « négligeables » de la collecte qui seraient compensés par les « bénéfices environnementaux », or cette formule apparaît paradoxale à plusieurs niveaux. Tout d'abord, les coûts, même négligeables, devront être supportés par une filière dont les marges financières sont déjà assez faibles. Et il n'existe pas de méthodes de calcul en économie susceptible de quantifier les « bénéfices environnementaux ». Cette formulation pose avec beaucoup d'acuité le paradoxe du recyclage : les bénéfices pour l'environnement ne sont pas quantifiables en termes de valeur, mais les coûts induits, eux, le sont.

53. R. Danino-Perraud, « The Recycling of Lithium-Ion Batteries: A Strategic Pillar for the European Battery Alliance », *op. cit.*

Composition d'une batterie NMC 6-2-2 (en pourcentage du poids total)



Source : IRIS (2020) et Argonne Laboratory (2020).

Le recyclage représente aussi un volet stratégique, puisqu'on estime qu'à l'horizon 2027, quelque 50 000 tonnes de batteries usagées devront être traitées en Europe, dont 25 000 à 30 000 tonnes de lithium, cobalt, manganèse, nickel, aluminium et cuivre. Ce chiffre pourrait d'ailleurs doubler dès 2028⁵⁴. Les capacités européennes de recyclage sont estimées entre 15 000 et 20 000 tonnes par an à l'heure actuelle, mais concernent aussi bien les batteries au nickel que celles au lithium. Elles ne fonctionnent d'ailleurs pas à pleines capacités, c'est notamment le cas pour l'entreprise Valdi⁵⁵. La construction de nouvelles infrastructures et leur mise aux normes représentent donc un enjeu, mais aussi un défi considérable pour les entreprises européennes⁵⁶.

Pourvue de sa puissance économique et normative, l'UE utilise la norme pour lutter contre le changement climatique, mais également pour assurer la sécurité de ses approvisionnements. En effet, en incitant ses industriels à se fournir au sein de filières durables et responsables, tant sur le plan éthique qu'environnemental, il semble que la CE veuille permettre la mise en place d'un écosystème industriel européen produisant des matières premières de manière responsable. Cependant, la production de tels produits est plus

54. Conseil national de l'industrie, « Développement d'une filière intégrée de recyclage des batteries lithium. Synthèse des travaux pilotés par le Comité Stratégique de Filière Mines et Métallurgie », septembre 2019, disponible sur : www.a3ms.fr.

55. R. Danino-Perraud, « The Recycling of Lithium-Ion Batteries: A Strategic Pillar for the European Battery Alliance », *op. cit.*

56. A. Charlish et Z. Shabalala, « Belgium's Umicore Plans to Ramp Up EV Battery Recycling Capacity », *Reuters*, 2 août 2018, disponible sur : www.reuters.com.

coûteuse que ceux issus de la filière classique et il ne faudrait pas que l'industrie européenne pâtit d'une législation à laquelle elle seule serait soumise. Les récentes déclarations et mesures anti-dumping de la CE vis-à-vis des pays tiers semblent aller dans le bon sens, tout comme le mécanisme d'ajustement carbone aux frontières proposé par la CE le 14 juillet 2021, dont il faudra encore attendre le contenu définitif et la mise en œuvre.

Les chaînes de valeur, entre outils de développement économique et politique stratégique

La Chine est souvent montrée en exemple sur les sujets relatifs à l'industrie minière, symbolisant la possibilité pour les pays en développement à remonter la filière et à instrumentaliser leur position, tant sur le plan économique que stratégique. En effet, le développement d'une industrie et d'une filière permet l'acquisition de compétences technologiques, mais également des créations d'emplois et l'accaparement de la valeur ajoutée créée par la maîtrise des différentes étapes de la chaîne de valeur. D'un autre côté, la mise en œuvre d'une position monopolistique sur une filière permet de créer un moyen de pression à même d'être utilisé dans les négociations internationales. Ainsi, la Chine a développé la filière des terres rares dont la valeur extractive est d'environ 4 milliards de dollars. Cela lui a permis de se positionner sur la chaîne de valeur des aimants permanents, poudres et autres alliages d'une valeur de 400 milliards de dollars, puis sur celle des véhicules hybrides et électriques ou des éoliennes, d'une valeur bien supérieure⁵⁷. Cela lui permet également de conserver un moyen de pression sur les États-Unis dans la confrontation systémique qui les oppose.

D'autres pays voient également leur choix de nationalisme des ressources couronné de succès : c'est le cas de l'Indonésie dans le cas du cobalt et du nickel, mais aussi de la Russie⁵⁸ ou des Philippines. Dès 2012, l'Indonésie a mis en œuvre une stratégie pour reprendre le contrôle sur ses ressources et utiliser le secteur minier pour promouvoir le développement ainsi que le désenclavement de certains

57. G. Pitron, *La Guerre des métaux rares : la face cachée de la transition énergétique*, op. cit.

58. La Russie contrôle très strictement tout investissement étranger dans les ressources naturelles, seules de rares exceptions étant acceptées. De plus, des taxes d'exportation sont encore en vigueur sur certains minerais (et notamment le cobalt), mais également sur les chutes de production de la plupart des métaux. Voir J. Hines *et al.*, « Mining in the Russian Federation : Overview », Thompson Reuters, disponible sur : <https://uk.practicallaw.thomsonreuters.com>.

territoires. Ainsi, la loi minière de 2012 oblige la transformation du minerai sur le sol indonésien, mais stipule également qu'à partir de la sixième année d'exploitation, les parts des entreprises étrangères doivent être revendues de manière à ce que 51 % de la propriété revienne à un acteur industriel indonésien, public ou privé. Un embargo sur les exportations de minerais non valorisés a été décidé en 2014, mais a été assoupli en 2017, avec des quotas et des licences pour certains producteurs ayant fait des efforts pour valoriser le minerai sur place⁵⁹, puis à nouveau durci en 2020. De nombreuses inquiétudes sont nées de ce projet, portant à la fois sur la capacité de l'Indonésie à ouvrir suffisamment de capacités de raffinage de produits intermédiaires destinés aux batteries, mais également sur la concurrence déloyale que ces décisions créaient. Cela a par exemple poussé l'UE à porter le cas devant l'OMC. Cependant, malgré ces difficultés, plusieurs succès ont vu le jour, comme nous avons pu le constater à travers les multiples investissements chinois.

Cela n'a pas empêché les investissements chinois dans le nickel indonésien d'augmenter, bien au contraire. Ainsi, les entreprises chinoises GEM (producteur de batteries et de matières premières), CATL (producteur de véhicules électriques) et Tsingshan Holding Group (producteur d'acier) ont offert 700 millions de dollars pour la construction du complexe nickelifère de Morowali sur l'île de Sulawesi⁶⁰. De manière similaire, les entreprises China Molybdenum et Huayou, également productrices majeures de cobalt en RDC, se sont alliées pour développer le complexe de Huayue sur l'île de Sulawesi, à travers la construction d'une raffinerie⁶¹. En 2033, les investissements chinois dans le nickel indonésien pourraient atteindre 35 milliards de dollars⁶². Ces derniers mois, l'Indonésie est également devenue la cible d'investissements dans le domaine des batteries puisque l'entreprise coréenne LG Chem a signé un protocole d'entente avec les autorités indonésiennes pour une valeur de 9.8 milliards d'euros pour la construction d'une usine de véhicules

59. M. Le Gleuher, « La Chine de plus en plus dépendante de ses importations de nickel a diversifié son approvisionnement et poursuit la délocalisation de sa production de fonte de nickel en Indonésie », *Minéral Info*, 18 juillet 2017, disponible sur : www.mineralinfo.fr.

60. T. Daly, « China Battery Firms Set Up \$700 Million Nickel Joint Venture in Indonesia », *Reuters*, 28 septembre 2018, disponible sur : www.reuters.com.

61. T. Daly, C. Leng et S. Singh, « China Moly Joins Huayou in Indonesia Nickel Project » *Reuters*, 10 novembre 2019, disponible sur : www.reuters.com.

62. T. Allard, F. Nangoy, T. Daly et M. Zhang, « Indonesia Sees China Firms Lead 'Commitment' for \$35bn Nickel Investments », *Mining[dot]Com*, 16 octobre 2020, disponible sur : www.mining.com.

électriques⁶³. Cette annonce s'inscrit dans le cadre de la stratégie de remontée de filière pour les batteries, mise en œuvre par le gouvernement indonésien. Ajoutons que ces dernières années, Chine et Indonésie sont les seuls pays à avoir vu leur production de nickel augmenter (9,7 % de hausse en 2019) alors que celles de leurs concurrents baissaient, permettant ainsi au marché d'être alimenté⁶⁴.

La réussite de l'Indonésie, malgré certaines déficiences environnementales constatées, s'inscrit dans un contexte particulier associant croissance chinoise et croissance de la mobilité électrique. Elle ne doit pas cacher les nombreux échecs survenus précédemment. Ainsi, suite à la décolonisation, la tentative de pays nouvellement indépendants de s'appuyer sur les matières premières pour se développer économiquement s'est globalement soldée par un échec, lié aux crises économiques des années 1980, à la volatilité des matières premières et au phénomène de ce que l'on surnomme la « malédiction des ressources naturelles ». Malgré la volonté zambienne et congolaise de développer la production de cuivre et de cobalt raffiné, ce type de production n'a cessé de reculer ces dernières années en raison d'un écosystème industriel et d'infrastructures peu adaptées, mais également d'une gouvernance ni transparente ni efficace.

D'autres acteurs, disposant pourtant d'un potentiel indéniable ne semblent pas en mesure de monter en puissance avec autant d'appoint que l'Indonésie. Il en est ainsi des Philippines qui disposent de ressources importantes en nickel et en cobalt, mais dont la stratégie minière est paralysée par le moratoire sur l'ouverture de nouvelles mines décrété en 2012. S'il a été allégé au printemps, cet allègement ne concerne que les mines souterraines qui ne représentent qu'une petite partie des infrastructures philippines. L'instabilité juridique et sécuritaire décourage également les investissements difficiles d'accès et subissant la concurrence indonésienne. De manière similaire, l'Afrique du Sud, pourtant acteur important de la production de manganèse et secondaire de la production de cobalt, subit de plein fouet les troubles sociaux liés à la montée des inégalités dans le pays, ainsi que la vétusté des infrastructures, avec des conséquences importantes sur l'accès à l'énergie et sur ses prix. Dans l'immédiat, l'Afrique du Sud n'apparaît

63. B. Christina, « Indonesia Says \$9.8 Billion EV Battery MOU Agreed with LG Energy Solution », *Reuters*, 30 décembre 2020, disponible sur : www.reuters.com.

64. J. Fraser *et al.*, « Study on Future Demand and Supply Security of Nickel for Electric Vehicle Batteries », Publications Office of the European Union, 2021, disponible sur : <https://publications.jrc.ec.europa.eu>.

pas en mesure de jouer son rôle de locomotive économique et technologique régionale pour les pays d'Afrique australe que sont la RDC, la Zambie ou encore le Mozambique. La Russie de son côté restera un acteur secondaire mais important des métaux de batteries, grâce à son potentiel minier et à son statut de fournisseur alternatif. Elle cherche également à monter en puissance sur la chaîne de valeur des batteries par la production de produits raffinés spécifiques, mais également par la mise en valeur de ses gisements de lithium⁶⁵.

En Amérique du Sud, les problèmes sont de différents ordres selon le pays concerné, chapeautés cependant par des problématiques environnementales et sociétales importantes, ainsi que par la volatilité des prix décourageant les nécessaires investissements. En effet, la Bolivie souhaite développer le salar d'Uyuni et en faire la base d'une industrie de batteries intégrée sur le territoire national. De leur côté l'Argentine et le Chili continuent à mettre en valeur leurs gisements de lithium afin de s'intégrer progressivement dans les chaînes de valeur internationale. Cependant, la Bolivie et le Chili font face à une contestation sociale pour l'exploitation des salars, dont la crainte est à la fois liée aux impacts environnementaux incertains dans des régions déjà touchées par un fort stress hydrique, mais aussi à une volonté de redistribution plus marquée des richesses générées par cette activité. En Argentine, c'est l'instabilité politique et son impact sur le code minier qui freinent le développement des infrastructures.

Face à ce nationalisme des ressources se traduisant par la volonté des pays producteurs de remonter la filière, quel pourra être l'attitude de l'UE ? Il semble que sa puissance normative lui permettra d'influencer le mouvement réglementaire en faveur de l'économie circulaire et de la décarbonation, même si elle n'est pas à l'abri d'offensives dans certains domaines spécifiques, comme celles que la Chine a menées dans les comités ISO pour le lithium et les terres rares. Sans beaucoup de réactions des États membres, cette dernière a failli imposer ses normes techniques, renforçant sa mainmise sur la filière. Sur le plan stratégique cependant, la problématique reste entière. Bien sûr, le recyclage des déchets pourra lui fournir une certaine quantité de matières de premières, à condition qu'ils ne soient pas exportés, mais la concurrence de pays en développement sur le segment du raffinage va probablement mettre une certaine pression sur une industrie européenne toujours fragile. Il faudra que

65. E. Bouckley, « Russia Aims to Supply 3.5 % of World's Lithium by Mid-decade », S&P Global, 25 septembre 2020, disponible sur : www.spglobal.com.

la CE et les États membres y soient particulièrement attentifs pour empêcher que des pans industriels soient fragilisés, entraînant pertes de compétences et d'indépendance.

En ce qui concerne la France, cette dernière devra être particulièrement attentive à la situation en Nouvelle-Calédonie, dont la production de nickel (voire de cobalt en co-produit) la place au centre de nombreux intérêts, comme l'ont prouvé les remous observés lors de la vente de l'usine du sud. Ajoutée à une situation socio-politique tendue et à son statut de carrefour stratégique dans le Pacifique, la question d'investisseurs potentiels devra être suivie attentivement.

Conclusion

À l'aune des matières premières minérales, la politique environnementale de l'UE apparaît comme une nécessité climatique, mais également stratégique. Alors que la Chine fait planer une menace sur l'industrie occidentale de mesures de rétorsion sur les terres rares, que le gouvernement étasunien soutient un certain renouveau de la politique minière à travers de nombreux investissements dans la chaîne de valeur des terres rares, dans les gisements de graphite, de nickel ou de lithium, que de nombreux autres gouvernements prennent des mesures juridiques et économiques pour protéger et favoriser le développement d'une industrie nationale, la CE doit renforcer les liens entre le mécanisme d'ajustement carbone aux frontières, la directive batterie, les normes d'écodesign et l'alliance européenne des batteries et son volet amont. L'ouverture des économies européennes doit être conditionnée et limitée par sa résilience stratégique et les enjeux environnementaux.

Une première étape a été franchie, matérialisée dans l'alliance européenne des batteries et le soutien à la formation d'un écosystème industriel cohérent. Dans le discours également, la prise de conscience des dirigeants européens se fait de plus en plus présente sur le *dumping carbone* des économies en développement. Sachant que les coûts des matières premières augmenteront très probablement à mesure que les contraintes stratégiques, sociales ou environnementales se renforceront, il est clair que le système de la mobilité propre ne pourra pas dupliquer celui de la mobilité thermique pour les producteurs et usagers.

La crise du COVID a brusquement et avec beaucoup d'acuité remis la question de la résilience des chaînes de valeur sur le devant de la scène. La nouvelle CE, qui se veut « géopolitique » va également devoir faire preuve de *realpolitik*. Construite sur des valeurs libérales, prônant le libre-échange et l'universalisme, bâtie par et pour la paix, l'UE doit s'adapter à un monde qui ne figure pas dans son « logiciel » originel ou pour lequel les États membres ne lui ont guère donné de moyens, un monde qui voit le retour des rapports de force et où l'hypothèse d'un conflit majeur prend de plus en plus d'ampleur.

Partant de là, il ne s'agit plus seulement de diversifier les approvisionnements vers des pays lointains qui ne seraient pas la Chine. Dans le cadre d'un conflit majeur, il faudrait s'assurer de la

protection des convois en provenance d'Australie ou d'Amérique latine et il n'est pas certain que les pays membres de l'UE disposent encore de telles ressources. Il s'agira non seulement de développer les ressources européennes, mais également de diversifier les approvisionnements dans le voisinage (Ukraine, Balkans, espace méditerranéen...). Au-delà de l'hypothèse d'un conflit, c'est l'ensemble de la chaîne de valeur qui, de manière crédible et vérifiable, devra réduire complètement son empreinte environnementale et climatique.



27 rue de la Procession 75740 Paris cedex 15 – France

Ifri.org