



LES MINÉRAUX CRITIQUES : FICHE INFORMATIVE

Rédigé par Murtiani Hendriwardani, Conseillère politique, IGF, et Isabelle Ramdoo, Directrice adjointe, IGF

Les matières minérales sont des composantes essentielles de plusieurs objets que nous utilisons au quotidien. Elles constituent des éléments clés pour la production agricole et industrielle et sont au cœur du fonctionnement des technologies modernes.

Que sont les minéraux « critiques » et pourquoi sont-ils importants ?

Les matières premières – minéraux et métaux – qui sont nécessaires à l'énergie renouvelable, aux technologies propres et à notre transition vers un avenir plus durable et à faibles émissions de carbone, sont connues sous le nom de **minéraux critiques**.

C'est l'expression consacrée et la terminologie la plus couramment utilisée, souvent de manière interchangeable avec les concepts de « minéraux stratégiques »¹, « minéraux stratégiques et critiques »², ou « minéraux de la transition énergétique »³.

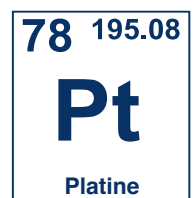
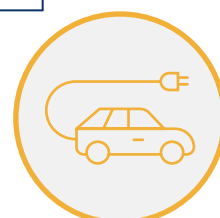
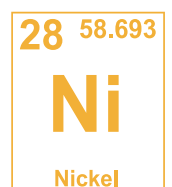
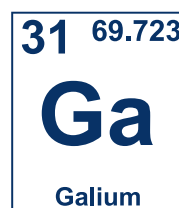
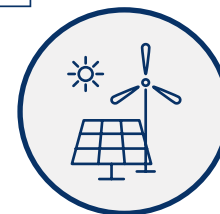
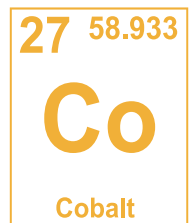
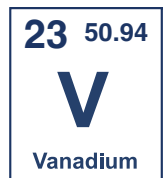
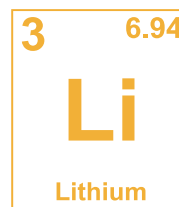
Il n'existe pas de définition universellement acceptée de ce que signifie l'adjectif « critique » dans ce domaine, car la notion de **criticité peut changer au fil du temps**, selon les besoins de la société et la disponibilité de l'offre.

La criticité est également spécifique à chaque pays et contexte, en particulier à l'égard des richesses minérales, à la relative importance des minéraux pour le développement industriel et économique, et à l'évaluation stratégique des risques liés à l'approvisionnement, compte tenu de leur volatilité. Ces considérations sont cruciales pour que chaque pays et/ou région puisse déterminer quelle doit être sa stratégie dans ce domaine.

¹ Anderson, E. W., & Anderson, L. D. (1998). *Strategic minerals: Resource geopolitics and global geo-economics*. Wiley.

² Society for Mining Metallurgy and Exploration. (s.d.). *Critical and strategic minerals: Importance to the U.S. economy*. <https://www.smenet.org/What-We-Do/Technical-Briefings/Critical-and-Strategic-Minerals-Importance-to-the>

³ Agence internationale de l'énergie (2022). *Le rôle des minéraux critiques dans la transition vers les énergies propres* <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ffd2a83b-8c30-4e9d-980a-52b6d9a86fdc/TheRoleofCriticalMineralsinCleanEnergyTransitions.pdf>





Pour aider à déterminer la criticité, deux angles d'approche sont possibles :

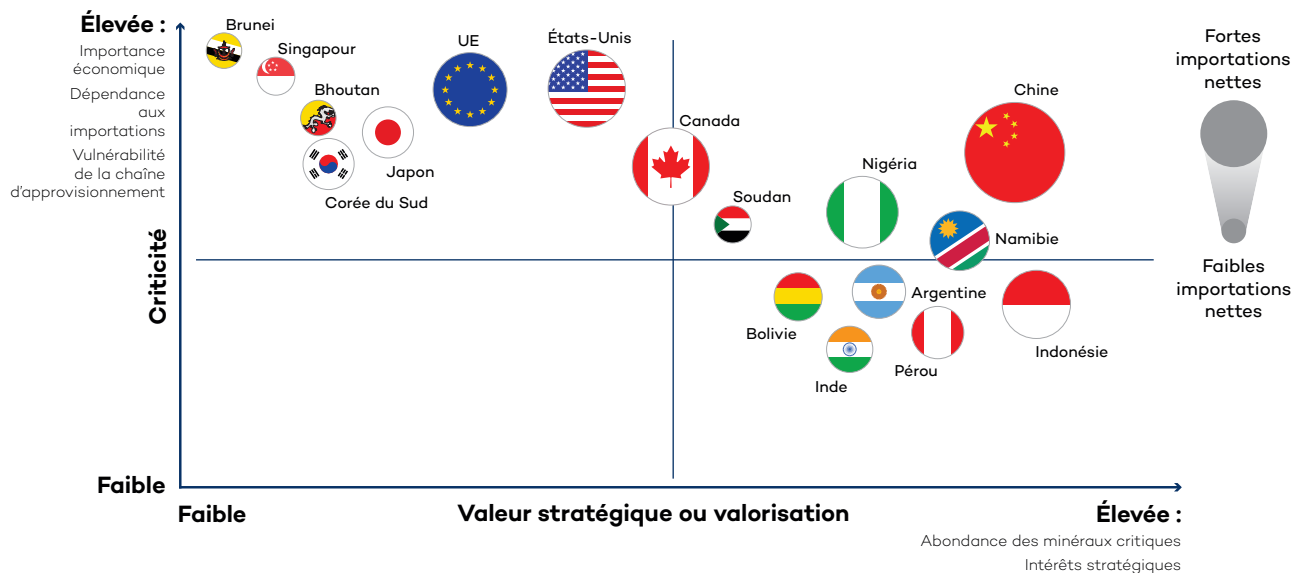
1 Sécurité et contrôle de l'approvisionnement

Les minéraux sont considérés comme critiques lorsqu'ils sont très importants du point de vue économique, mais sont rares, ce qui fait que leur disponibilité dépend fondamentalement de la possibilité de les importer. Un aspect clé de cette définition est celui de la vulnérabilité de la chaîne d'approvisionnement en raison des risques liés à d'éventuelles ruptures d'approvisionnement, aux problèmes de gouvernance, à l'instabilité politique ou à la concentration extrême de la production dans une poignée de pays. Cette définition est largement admise par les pays européens, les États-Unis et le Japon, par exemple.

2 Valorisation

Les minéraux sont également considérés comme critiques lorsqu'ils sont abondamment présents dans un pays et celui-ci a un intérêt stratégique à profiter de sa position dominante pour obtenir un avantage concurrentiel dans la chaîne d'approvisionnement mondiale. Les pays qui utilisent cet angle pour définir la criticité sont le Canada, l'Australie et la Chine. Cette optique est également pertinente dans les pays possédant des réserves substantielles de certains des minéraux et métaux qui sont nécessaires pour la transition énergétique et la réduction des émissions de carbone : c'est le cas de l'Indonésie (nickel, bauxite), du Gabon (cuivre, manganèse), du Mozambique (graphite, bauxite), de la Namibie (éléments de terres rares, tantale), du Nigéria (manganèse, lithium), de la Bolivie (lithium, gallium) et du Kazakhstan (cuivre-plomb-zinc).

PERSPECTIVES DE CRITICITÉ*



* Évaluation indicative sur la base d'une compilation de déclarations nationales (par ex., décret spécifique, stratégie minière), de données récentes sur la production, sur les réserves et les découvertes de gisements (cf. cuivre au Pérou, chrome au Soudan), et de publications et rapports internationaux (par ex. Rapports nationaux des pays de l'AIE).



Il existe également des facteurs qui peuvent influencer ou éclairer ce que la criticité signifie pour les pays et/ou les régions, et ces facteurs peuvent être déterminés en considérant la criticité selon les cinq dimensions suivantes :

Dimension	Facteurs à prendre en compte
1. ÉCONOMIQUE	<ul style="list-style-type: none"> • Sécurité économique • Avantage stratégique ou concurrentiel • Objectifs de développement industriel • Objectifs de développement social • Besoins en matière de développement des infrastructures
2. CHÂÎNE D'APPROVISIONNEMENT	<ul style="list-style-type: none"> • Risques et vulnérabilité de l'approvisionnement • Dépendance à l'importation • Concentration géographique de la production et de la transformation (raffinerie) • Viabilité des substituts et disponibilité des sources secondaires • Opportunités de la chaîne de valeur
3. TECHNOLOGIE	<ul style="list-style-type: none"> • Intrans essentiel aux technologies propres • Nécessaire à la transition vers une économie à faible émission de carbone • Innovations technologiques et nouveaux substituts minéraux
4. GÉOPOLITIQUE	<ul style="list-style-type: none"> • Considérations de sécurité nationale • Risques de nationalisme et de stockage des ressources • Chocs externes et réalignements géopolitiques
5. GÉOLOGIQUE	<ul style="list-style-type: none"> • Dotation en ressources naturelles • Disponibilité des réserves et capacité de production • Emplacement et qualité des minerais, teneur en métaux ou minéraux, et taux d'épuisement.

Qu'en est-il des éléments de terres rares ?

Que sont les éléments de terres rares (ETR) ?

Il s'agit d'un ensemble de 17 éléments métalliques considérés comme critiques en raison de leurs propriétés. Selon leur nombre atomique, il existe deux groupes d'éléments de terres rares : les ETR lourds (9 éléments) et les ETR légers (8 éléments).

Qu'est-ce qui fait que les ETR sont qualifiés de *rare*s ?

Contrairement à ce que le terme pourrait laisser entendre, les ETR, en fait, ne sont pas rares. Ils sont relativement abondants et assez couramment présents dans la croûte terrestre⁴. Ce qui rend ces matériaux rares, c'est qu'ils sont très difficiles à extraire et que les procédés pour les traiter sont complexes⁵.

L'usage final le plus important des ETR est celui lié à la fabrication d'aimants permanents, débouché qui représentait environ 29 % de la demande en 2020⁶. Les aimants permanents, et donc les ETR, sont essentiels aux technologies propres et à l'électronique grand public, comme les véhicules électriques, les téléviseurs, les téléphones portables et autres dispositifs numériques, ainsi que les éoliennes.

⁴ Enquête géologique des États-Unis, (s.d.). *Statistiques et informations sur les terres rares*. <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/rare-earths-statistics-and-information>; Mineralinfo France. (s.d.). *Substances critiques et stratégiques*. <https://www.mineralinfo.fr/fr/securite-des-approvisionnements-pour-leconomie/substances-critiques-strategiques>; Somarin, A. (2013). *What's so rare about rare earth elements?* ThermoFischer Scientific. <https://www.thermofisher.com/blog/mining/whats-so-rare-about-rare-earth-elements/>

⁵ Ibid.; ICMM, (2022). *Why mining is crucial for sustainability*. <https://www.icmm.com/en-gb/stories/2022/why-mining-is-crucial-for-sustainability>

⁶ Ressources naturelles Canada, (2022). *Éléments de terres rares*. <https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/mines-materiaux/faits-mineraux-metiaux/faits-sur-les-elements-des-terres-rares/20631>



ÉLÉMENTS DE TERRES RARES (ETR)

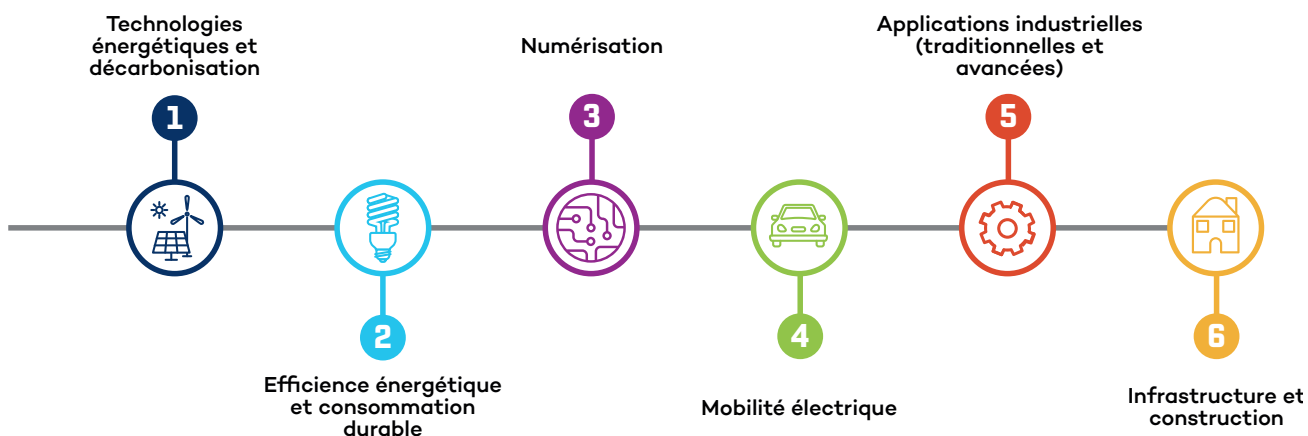
21 44.956 Sc Scandium	39 88.906 Y Yttrium	57 138.91 La Lanthane	58 140.12 Ce Cérium	59 140.91 Pr Praséodyme	60 144.24 Nd Néodyme	62 150.36 Sm Samarium	63 151.96 Eu Europium	64 157.25 Gd Gadolinium	65 158.93 Tb Terbium	66 162.50 Dy Dysprosium	67 164.93 Ho Holmium
68 167.26 Er Erbium	69 168.93 Tm Thulium	70 173.04 Yb Ytterbium	71 174.97 Lu Lutécium	61 144.91 Pm Prométhium*							

■ ETR légers ■ ETR lourds

* En effet rare, mais souvent non inclus dans les listes de ce fait et à cause de sa rareté et son instabilité

Quels sont les principaux moteurs de la demande ?

La demande croissante de minéraux « critiques » est principalement due à la place qu'ils occupent dans la transition vers les énergies propres et des économies à faibles émissions de carbone. Les raisons motivant la demande peuvent être classées en six catégories :



La demande grandissante de minéraux critiques entraînera également une pression encore plus forte sur les processus extractifs, de production et de raffinage ce qui, pour les gouvernements, sera source à la fois de défis et d'opportunités.



LES MINÉRAUX CRITIQUES EN CHIFFRES⁷ :



6x

plus de minéraux nécessaires pour produire un véhicule électrique que pour un véhicule conventionnel (AIE, 2020)



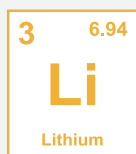
**3
MILLIARDS
DE TONNES**

de minéraux « critiques » nécessaires pour décarboniser le système énergétique mondial d'ici 2050 (Banque mondiale, 2020).



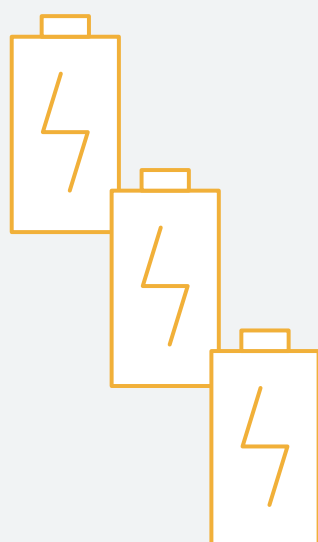
20x

Augmentation prévue de la demande de graphite (carbone), de cobalt et de nickel (AIE, 2021)



13x

Augmentation estimée de la demande de lithium entre 2020 et 2040 (AIE, 2021)



**MILLIARDS
105,63
USD**

Valeur estimée du marché de la batterie

9,6 %

Taux de croissance annuel composé prévu

**MILLIARDS
239,4
USD**

recettes prévues d'ici 2030

39,2 %

Croissance du marché mondial des batteries en 2021 pour la région Asie-Pacifique

⁷ Sources : Agence internationale de l'énergie 2022, supra n. 3; Banque mondiale. (2020). *Exploitation minière intelligente pour le climat : minéraux pour l'action climatique*. <https://www.worldbank.org/en/topic/extractiveindustries/brief/climate-smart-mining-minerals-for-climate-action>; Emergen Research. (2022). *Marché de la technologie des batteries, par type de batterie (lithium-ion, nickel-cadmium, plomb acide, autres), par domaine d'application (automobile, commercial et résidentiel, secteur électrique, autres) et par région, selon les prévisions pour 2030*. <https://www.emergenresearch.com/industry-report/battery-technology-market>



Quelles sont les principales sources d'approvisionnement ?

Les minéraux et les métaux sont extraits et produits par le biais d'opérations minières à grande échelle et aussi d'exploitations minières artisanales et à petite échelle (EMAPE). Comme il faut généralement entre 5 et 10 ans pour qu'une exploitation minière à grande échelle devienne opérationnelle, le secteur EMAPE joue un rôle de plus en plus important dans la production des minéraux critiques.

En République démocratique du Congo, dans le cas du cobalt par exemple, le secteur EMAPE représente environ 15 à 35 % de la production⁸. Dans le cas du tantale, environ 26 % de la production mondiale provient du secteur artisanal et à petite échelle⁹. Toutefois, entre 70 % et 80 % des artisans mineurs opèrent dans le secteur informel, soit illégalement, soit en profitant des zones d'ombre laissées par le cadre normatif – ce qui fait de l'inclusion du secteur EMAPE dans l'économie formelle un problème qui préoccupe les décideurs politiques.

En plus des sources primaires, les minéraux critiques peuvent également être produits à partir de sources secondaires, entre autres les eaux usées pour les ETR et les résidus miniers pour le tungstène, le tantale et le molybdène. Le recyclage, en particulier dans le contexte de l'économie circulaire, devient donc un moyen d'approvisionnement de plus en plus important et viable.

Des sources nouvelles ou alternatives font également leur apparition, notamment via l'exploitation minière des fonds marins, considérée néanmoins comme controversée, mais un nouvel horizon possible pour le manganèse, le cobalt, le nickel et d'autres ETR¹⁰; c'est le cas aussi pour le lithium¹¹ d'origine marine ; et le *phytomining*¹², soit l'exploitation de plantes indigènes pour extraire ou recueillir des minéraux à partir de la sève, des feuilles et/ou des fruits. L'attention accrue portée aux sources secondaires et émergentes, ainsi que la recherche et le développement s'y rapportant, auront de même une incidence certaine sur la dynamique de l'offre et de la demande, la fixation des prix, la durabilité environnementale et la géopolitique.

Quelles sont les utilisations et les applications finales des minéraux critiques ?

Les minéraux critiques entrent dans la composition de biens des objets de la vie moderne, de la télévision aux téléphones portables, des énergies renouvelables aux technologies médicales.

L'énergie éolienne et solaire nécessite plus de dix minéraux critiques différents, tandis qu'un véhicule électrique en utilise au moins huit. Environ 42 minéraux critiques, dont les ETR, sont nécessaires à la fabrication des appareils numériques émergents, tels ceux liés aux technologies de l'information et à la mobilité. Ces minéraux sont également essentiels dans le secteur de la santé et de la médecine puisqu'ils sont des ingrédients clés pour les thérapies contre le cancer (radiothérapie), les rayons X, les IRM et les tomodensitogrammes (CT scan), ainsi que pour la recherche médicale.

⁸ Cobalt Institute, (2021). *Cobalt mining in the Democratic Republic of Congo*. <https://www.cobaltinstitute.org/cobalt-mining-in-the-democratic-republic-of-congo/>

⁹ Fritz, M., McQuilken, J., Collins, N., & Weldegiorgis, F. (2018). *Global trends in artisanal and small-scale mining (ASM): A review of key numbers and issues*. <https://www.iisd.org/publications/report/global-trends-artisanal-and-small-scale-mining-asm-review-key-numbers-and-issues>

¹⁰ U.S. Government Accountability Office, (2021). *Deep-sea mining could help meet demand for critical minerals, but also comes with serious obstacles*. <https://www.gao.gov/blog/deep-sea-mining-could-help-meet-demand-critical-minerals%2C-also-comes-serious-obstacles>

¹¹ Patel, P. (2022). *New biodegradable, recyclable battery is made of crab shells*. *Anthropocene*. <https://www.anthropocenemagazine.org/2022/09/battery-made-with-crab-shells-is-biodegradable-and-recyclable/>

¹² Aussi connu sous le nom « agromine » – exploitation minière à partir de plantes –, technique explorée par diverses institutions, dont l'Université du Queensland, et certains pays, notamment l'Indonésie, la Malaisie, l'Afrique du Sud et la Zambie. Voir Sustainable Minerals Institute, (s.d.). *Les leaders de la transition énergétique appellent à une source durable de minéraux critiques – la réponse est-elle l'agromine ?* Université du Queensland. <https://smi.uq.edu.au/leaders-energy-transition-sustainable-source-critical-metals-phytomining>



À QUOI SERVENT LES MÉTAUX ET LES MINÉRAUX CRITIQUES ? QUELS SONT CEUX NÉCESSAIRES AUX DIFFÉRENTS SECTEURS ?



Minéraux et métaux pour véhicules électriques par poids (en kg) et principaux pays producteurs



Cobalt 13,3 kg
Australie, Canada, RDC, Madagascar, Philippines, Russie



Graphite 66,3 kg
Brésil, Canada, Chine, Inde, Madagascar, Mozambique



Lithium 8,9 kg
Argentine, Australie, Chili, Chine, Zimbabwe



Fer et acier
Chine, Brésil, Inde, Allemagne, Japon, Corée du Sud, États-Unis



Nickel 39,9 kg
Australie, Brésil, Canada, Indonésie, Nouvelle-Calédonie, Philippines, Russie



ETR 0,5 kg
Chine, Myanmar, Madagascar, États-Unis



Manganèse 24,5 kg
Australie, Brésil, Côte d'Ivoire, Inde, Gabon, Ghana, Géorgie, Afrique du Sud



Cuivre 53,2 kg
Australie, Canada, Chili, RDC, Kazakhstan, Mexique, Pérou, États-Unis, Zambie

La couleur **bleue** indique l'appartenance à l'IGF



Minéraux et métaux nécessaires dans la chaîne d'approvisionnement médicale



Métaux de platine
(Ruthénium, rhodium, palladium, osmium, iridium et platine)
Résistants à la corrosion, combattants du cancer, médicaments pour la chimiothérapie, radiothérapie, implants, technologie cardiaque



Béryllium
Chirurgie optique, propriétés de résistance au feu, réduisant les niveaux de radiation, amélioration de l'efficacité des radiographies et des scans CT, mammographie



Cuivre
Surface tactile antimicrobienne (EPA, Agence américaine de protection de l'environnement), scanners d'imagerie médicale, malléable et recyclable, ordinateurs de haute technologie



Minéraux et métaux utilisés dans les appareils numériques, informatiques et mobiles



Lithium



Cobalt



Nickel



Cuivre



Gallium



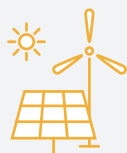
Tellure



Éléments de Terres Rares



Tantale



Minéraux et métaux utiles pour les énergies renouvelables



Chrome



Manganèse



Cobalt



Molybdène



Cuivre



Zinc



Gallium



Germanium



Étain



Tellure



Nickel



Éléments de Terres Rares

Sources : AIE, Energy Monitor, National Mining Association, RNCAN



Quels sont les aspects bénéfiques et aussi les défis que les gouvernements doivent prendre en compte ?

Au fur et à mesure que nous avancerons vers un avenir à faibles émissions de carbone et que nous abandonnerons les combustibles fossiles, le besoin de matériaux critiques ne fera qu'augmenter (et la dépendance à leur égard en même temps), créant de nouvelles dynamiques d'offre et de demande dans l'économie mondiale. Les pays producteurs et riches en ressources joueront un rôle clé dans le développement de chaînes d'approvisionnement fiables et résilientes, tandis que les pays non producteurs pourront profiter d'opportunités économiques inédites et bénéficier des retombées de la chaîne de valeur, par exemple en investissant dans les capacités de production, l'innovation et la technologie. La mise en place de chaînes de valeur innovantes s'accompagnera de la création d'emplois, et de la forte probabilité de remédier aux déséquilibres entre les sexes et aux écarts de rémunération dans certains métiers. L'amélioration de la gouvernance, ainsi que des cadres normatifs et de politiques, offrira de nouvelles sources de revenus, des chances de partenariats commerciaux et d'investissement du secteur privé.

Mais parallèlement aux avantages susvisés, certains risques et défis pourront se poser, et la manière dont les pays les affronteront aura un impact sur leur transition vers une économie à faibles émissions de carbone.

Des risques importants à prendre en compte

- **Des risques liés à l'approvisionnement** découleront d'une concentration de la production et de la transformation des minéraux dans un petit nombre de pays et d'entreprises ; et la raréfaction de l'approvisionnement du fait de l'épuisement des ressources géologiques avec le temps, outre l'innovation technologique qui donnera lieu à des substitutions et à de nouvelles sources de matériaux.
- **Les accords d'écoulement** pourront entraîner des difficultés à cause d'un possible décalage entre le volume de production et le volume requis, des prix en raison de leur volatilité, laquelle pourra être exacerbée par des chocs externes (par exemple, la pandémie de COVID-19) ou par l'instabilité au niveau géopolitique (par exemple, la guerre Russie-Ukraine).
- **Les risques macroéconomiques** sont également à prendre en compte, résultant de l'imprévisibilité des recettes étant donné le caractère cyclique de l'économie mondiale, des crises monétaires et de la fluctuation des prix des matières premières, ainsi que des problèmes liés à ce que l'on appelle le « syndrome hollandais »¹³.

¹³ Le syndrome hollandais désigne un paradoxe économique nommé d'après l'expérience des Pays-Bas dans les années 1960, après la découverte d'importants gisements de ressources naturelles, qui a entraîné une appréciation de la monnaie, réduit la compétitivité et nuï au reste de l'économie. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/basics/dutch.htm>