



Les enjeux de l'accès aux matières premières critiques pour l'économie européenne

Imene Zebiri

Université Paris Nanterre

Date : 23 mai 2025



Sommaire

1	Introduction	3
2	Partie I : Revue littéraire	4
2.1	Introduction	4
2.2	Facteurs de criticité	4
2.2.1	Risque d’approvisionnement et dépendance géopolitique	4
2.2.2	Volatilité des prix et compétition industrielle	4
2.2.3	Accroissement de la demande technologique	4
2.2.4	Risques environnementaux et difficultés de recyclage	5
2.3	Enjeux pour l’économie européenne et française	5
2.3.1	Compétitivité et souveraineté	5
2.4	Chaînes de valeur et contrôle géographique	5
2.4.1	Extraction et transformation	5
2.4.2	Acteurs, gouvernance et vulnérabilité	5
2.5	Stratégies européennes et françaises	5
2.5.1	Initiative européenne (2008-2023)	5
2.6	Exemple concret de matière critique	6
2.6.1	Le Nickel : un métal stratégique en pleine reconfiguration mondiale	6
2.7	Défis et perspectives	7
3	Partie II : Analyse statistique et graphique des matières premières critiques	9
3.1	Vue d’ensemble sur les matières premières critiques (MPC)	9
3.1.1	Production totale par matière première	9
3.1.2	Top 5 des pays producteurs toutes matières confondues	9
3.1.3	Évolution annuelle de la production	9
3.1.4	Variabilité de la production par matière	10
3.1.5	Statistiques descriptives générales	11
3.2	Étude de cas : Le nickel	11
3.2.1	Statistiques descriptives	11
3.2.2	Top producteurs de nickel	12
3.2.3	Évolution mondiale de la production et des réserves de nickel .	12
3.3	Analyse économétrique : lien entre réserves et production	13
3.3.1	Corrélation linéaire	13
3.3.2	Régression linéaire simple	14
3.3.3	Nuage de points et droite de régression	14
4	Méthode de travail	15
5	Conclusion	16

1 Introduction

Dans un contexte de transition énergétique et de transformation numérique, les matières premières critiques (MPC) occupent une place centrale dans les stratégies industrielles et politiques des grandes puissances économiques. Ces ressources, indispensables au bon fonctionnement de nombreuses technologies (batteries, éoliennes, panneaux photovoltaïques, semi-conducteurs...), sont également soumises à des risques de disponibilité croissants en raison de leur rareté, de leur concentration géographique et de la pression accrue sur la demande.

Ce travail s'inscrit dans une double démarche. Dans une première partie, cette étude adopte un regard plus qualitatif à travers une revue de littérature mobilisant des publications scientifiques, des rapports institutionnels et des analyses de politiques publiques. Cette revue vise à mieux comprendre les enjeux géopolitiques, économiques et environnementaux liés à l'accès aux MPC, avec un focus particulier sur le cas du nickel.

Dans une seconde partie, une analyse statistique et économétrique a été menée à partir de données quantitatives portant sur plusieurs matières premières critiques. Cette exploration a permis d'identifier les métaux les plus produits dans le monde, les principaux pays producteurs, ainsi que l'évolution de la production au fil des années. Le cas du nickel a ensuite fait l'objet d'un traitement économétrique particulier, en étudiant la corrélation entre réserves et production à l'échelle mondiale. Ces analyses ont mis en lumière les dynamiques de concentration et les tendances structurelles propres au nickel, métal stratégique dans les batteries lithium-ion.

En croisant ces deux approches : l'analyse de données et la lecture critique de la littérature. Ce travail ambitionne de mettre en évidence les vulnérabilités structurelles de l'Union européenne face aux MPC, tout en esquissant les pistes de résilience à travers les politiques mises en place et les innovations technologiques émergentes.

2 Partie I : Revue littéraire

2.1 Introduction

L’approvisionnement en matières premières minérales, en particulier les métaux, constitue un enjeu stratégique majeur pour les économies modernes (1; 3). L’Union européenne (UE), très dépendante des importations, a progressivement structuré une politique de sécurisation des chaînes d’approvisionnement (2). Ce besoin est d’autant plus critique que les matières premières sont indispensables à la transition énergétique et numérique (5; 4).

Cette revue s’appuie principalement sur la Note d’analyse n°03 du Commissariat général à la stratégie et à la prospective (1), les listes successives de matières critiques publiées par la Commission européenne (3; 2), et des rapports d’institutions comme le BRGM, l’ADEME, l’IEA et l’IRENA (6; 5; 4).

La notion de criticité repose sur deux piliers : l’importance économique d’une matière première et le risque de rupture d’approvisionnement. Selon Barreau, Hossie et Lutfalla (2013) (1), un métal peut être critique pour des raisons géologiques (rareté), industrielles (usage faible mais stratégique), ou politiques (monopole d’approvisionnement). La Commission européenne (3) définit une matière première comme critique si elle est essentielle à l’économie européenne et si son approvisionnement est incertain. Le BRGM, via le Comité pour les métaux stratégiques (COMES), applique un modèle bi-axe (risque d’approvisionnement / importance économique) pour évaluer la criticité pour la France.

2.2 Facteurs de criticité

2.2.1 Risque d’approvisionnement et dépendance géopolitique

L’UE importe plus de 98% de ses terres rares de Chine, plus de 60% de son cobalt de RDC et la quasi-totalité de son nickel pur (1; 2). Cette dépendance est aggravée par des mesures de restriction à l’exportation (ex. Chine, Indonésie). La concentration géographique de la production et de la transformation (raffinage notamment en Chine) expose l’UE à des risques systémiques.

2.2.2 Volatilité des prix et compétition industrielle

Barreau et al. (2013) (1) soulignent que les marchés de métaux critiques sont particulièrement volatils. Les métaux comme le nickel, le palladium ou le tungstène ont connu des hausses brutales de prix liées à la spéculation, à la guerre en Ukraine, ou aux politiques industrielles des grands producteurs. Cette volatilité compromet les chaînes de production en aval.

2.2.3 Accroissement de la demande technologique

La croissance de la demande, tirée par les secteurs des batteries, de l’éolien, du numérique et des transports électriques, crée une pression forte sur les marchés internationaux. L’IEA (5) et l’IRENA (4) estiment que la demande pour certaines

MPC pourrait être multipliée par 4 à 6 d'ici 2040. Les terres rares, le lithium, le cobalt et le nickel sont les plus concernés.

2.2.4 Risques environnementaux et difficultés de recyclage

Les processus de raffinage sont très consommateurs d'énergie et peuvent générer des déchets polluants. Comme le rappelle la Note d'analyse (1), ces contraintes freinent l'acceptabilité sociale des projets miniers. Le recyclage des métaux critiques reste techniquement difficile et économiquement limité : la part des ressources secondaires est faible pour la majorité des MPC.

2.3 Enjeux pour l'économie européenne et française

2.3.1 Compétitivité et souveraineté

L'UE dépend à 100% des importations pour certains métaux (2). La non-disponibilité de ces ressources compromet les chaînes de valeur industrielles, comme l'a montré la crise des semi-conducteurs. La souveraineté industrielle, notamment dans la défense, est menacée : 60% des matériaux utilisés dans la BITD française sont critiques (1).

Les secteurs clés, c'est-à-dire, automobile, aéronautique, électronique, chimie sont fortement exposés. La stratégie d'autonomie passe par l'innovation, le soutien à la R&D, et le développement de procédés de substitution et de recyclage.

2.4 Chaînes de valeur et contrôle géographique

2.4.1 Extraction et transformation

L'extraction minière est concentrée dans quelques pays (Chine, RDC, Russie, Indonésie). Le raffinage est encore plus concentré : 80% des terres rares et 60% du lithium sont raffinés en Chine (2). L'UE ne contrôle qu'une part marginale de ces chaînes.

2.4.2 Acteurs, gouvernance et vulnérabilité

Les grandes puissances minières comme la Chine ont mis en place des stratégies d'intégration verticale. L'Europe, de son côté, tente de réagir avec la création de l'EIP (European Innovation Partnership) sur les matières premières (2012), et avec la Critical Raw Materials Act (2023), qui fixe des objectifs de production, de transformation et de recyclage internes (2).

2.5 Stratégies européennes et françaises

2.5.1 Initiative européenne (2008-2023)

L'Initiative matières premières (2008), mise à jour via des listes critiques (3; 2), s'articule autour de trois piliers :

1. Sécurisation de l'approvisionnement extérieur (via accords commerciaux, diplomatie minérale)

2. Développement des ressources nationales (exploration, extraction, réforme des permis miniers)
3. Promotion de l'économie circulaire et du recyclage (Plan d'action 2015, CRMA 2023)

En France, le COMES (2010) pilote la stratégie nationale :

- Études de criticité (1; 8)
- Recherche sur les gisements (inventaire minier, ressources sous-marines)
- Recyclage (6)
- Formation (bourses d'excellence, écoles d'ingénieurs)

2.6 Exemple concret de matière critique

2.6.1 Le Nickel : un métal stratégique en pleine reconfiguration mondiale

Le nickel est un métal central dans la transition énergétique, avec une demande et des usages en mutation profonde. En 2019, la demande mondiale atteignait 2,4 millions de tonnes, dont 71% pour la production d'acier inoxydable et seulement 5% pour les batteries. Les projections indiquent une transformation structurelle du marché : d'ici 2040, les batteries devraient représenter 21% de la demande mondiale, contre 62% pour l'acier inoxydable et 17% pour d'autres applications (1).

La fabrication de batteries exige du sulfate de nickel de haute pureté (>98,5 %), obtenu à partir de nickel de classe I ou d'intermédiaires tels que l'hydroxyde mixte nickel-cobalt (MHP). Les produits de classe II (ferronickel, fonte de nickel), moins purs, nécessitent des traitements supplémentaires coûteux. Les MHP et MSP (produits sulfurés mixtes), issus de procédés hydrométallurgiques, permettent la production rentable de sulfates destinés à l'industrie des batteries (10).

Historiquement, le nickel était extrait de minerais sulfurés par pyrométallurgie. Cependant, ceux-ci ne représentent que 30 % des gisements mondiaux. En 2022, environ 72 % du nickel provenait de minerais latéritiques, transformés soit par pyrométallurgie, soit par des méthodes hydrométallurgiques telles que le HPAL (High-Pressure Acid Leaching) ou l'AL (Atmospheric Leaching). Des technologies émergentes comme la biolixiviation (testée notamment en Finlande chez Terrafame), le procédé Direct Nickel (acide nitrique à pression atmosphérique) et Neomet (acide chlorhydrique) ouvrent de nouvelles voies, bien que leur maturité industrielle reste inégale (10).

Les grands producteurs se situent en Asie du Sud-Est et en Océanie : Indonésie (désormais premier producteur mondial), Philippines, Nouvelle-Calédonie et Australie. Ensemble, ils fournissent environ 60 % de la production mondiale. La Russie, le Canada, le Brésil et la Finlande complètent le tableau, cette dernière étant le principal acteur européen (1; 8).

La Russie, via la société Norilsk Nickel (Nornickel), joue un rôle prépondérant : en 2022, elle représentait 10 à 12 % de la production mondiale. Près de 50 % des ventes de Nornickel étaient destinées à l'Europe. Entre le début de la guerre en Ukraine et mi-2023, ses exportations vers l'UE (nickel et cuivre) ont atteint 7,6 milliards USD. Selon le European Policy Centre, jusqu'à 90 % du nickel de certaines

qualités importées en Europe provenait de fournisseurs russes. Cette dépendance a contribué à une hausse de 26 % du prix du nickel après l'invasion de l'Ukraine (11).

En parallèle des enjeux géopolitiques, le nickel soulève des questions sanitaires. L'allergie de contact au nickel reste fréquente dans l'UE malgré la directive intégrée au règlement REACH (2009). Si des baisses de prévalence ont été observées dans certaines tranches d'âge (notamment chez les jeunes femmes), les chiffres globaux restent élevés (8 à 18 %). Le tungstate de nickel est également classé comme cancérigène (12).

Du point de vue économique, le nickel est aussi un sous-produit du cuivre et du cobalt, ce qui influence indirectement sa disponibilité (1). À l'instar de Renault, certaines entreprises intègrent désormais la criticité du nickel dans leur stratégie d'approvisionnement, notamment dans la chaîne des batteries (7). En France, le BRGM et l'ADEME ont lancé plusieurs projets visant à renforcer la capacité de recyclage, en particulier à partir des DEEE (déchets d'équipements électriques et électroniques) et des batteries usagées (8; 6).

Enfin, le nickel est explicitement pris en compte dans les politiques industrielles européennes : il figure parmi les métaux suivis dans l'Initiative Matières Premières (IMP) depuis 2008, et dans la Critical Raw Materials Act de 2023. L'IPCEI sur les batteries, lancé en 2019, soutient des projets couvrant l'ensemble de la chaîne de valeur : extraction, transformation, durabilité et recyclage (13; 14; 15).

En résumé, le nickel illustre à lui seul la complexité des enjeux contemporains : dépendance géopolitique, tension entre durabilité et croissance, et besoin de réindustrialisation stratégique en Europe.

2.7 Défis et perspectives

L'Europe doit investir massivement dans ses capacités minières, mais se heurte à des résistances sociales (logique NIMBY). Il faut construire une image de "mine durable" en Europe. Le potentiel du recyclage est élevé mais reste peu exploité. L'ADEME recense de nombreux projets, mais les défis techniques et économiques persistent. La lenteur des procédures administratives, l'hétérogénéité des indicateurs nationaux et l'absence de marché fonctionnel nuisent à la performance du système.

Références

- [1] Barreau, B., Hossie, G., Lutfalla, S. (2013). *Approvisionnements en métaux critiques : un enjeu pour la compétitivité des industries française et européenne ?*. Note d'analyse n°03, Commissariat général à la stratégie et à la prospective.
- [2] Commission européenne. (2023). *Critical Raw Materials Act*. Bruxelles : Union européenne.
- [3] Commission européenne. (2010). *Critical Raw Materials for the EU*. Rapport du groupe de travail ad hoc sur les matières critiques.
- [4] IRENA. (2023). *Future demand for critical materials for energy transitions*. International Renewable Energy Agency.
- [5] IEA. (2021). *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*. International Energy Agency.
- [6] ADEME. (2017). *Panorama des projets de recherche sur le recyclage des métaux stratégiques en France*. Agence de la transition écologique.
- [7] Lefebvre, G., Christmann, P., Leguérinel, M. (2018). *Compétition interfilière et vulnérabilité de l'industrie française*. BRGM pour le Ministère de la Transition écologique.
- [8] Calzada, C. (2018). *Dépendance stratégique aux matériaux critiques de la BITD française*. BRGM pour le COMES.
- [9] Braux, C., Christmann, P. (2012). *Facteurs de criticité et stratégies publiques française et européenne*. Géosciences, BRGM.
- [10] Agatzini-Leonardou, S., Komnitsas, K., et al. (2022). Extraction of nickel from laterites via HPAL and AL. *Metals*, 12(807).
- [11] European Policy Centre. (2023). *Nickel dependency and EU-Russia trade vulnerabilities*. Bruxelles.
- [12] Union européenne. (2009). *Directive Nickel intégrée au règlement REACH*. Journal officiel de l'UE.
- [13] Buu-Sao, D. (2023). *Faire advenir la « mine durable » en Europe ? Discours institutionnels et impératif de relance minière, de l'Union européenne à l'Andalousie*. Revue scientifique.
- [14] Hellendorff, B. (2023). *L'initiative « matières premières » de l'Union européenne : Quel impact sur les relations avec l'Afrique ?*. Institut d'études de sécurité.
- [15] Catinat, M., Anciaux, P. (2023). *L'union européenne et les minerais stratégiques*. Publication institutionnelle.

3 Partie II : Analyse statistique et graphique des matieres premieres critiques

Cette partie présente une double analyse : d’une part une vue d’ensemble sur la production mondiale des matieres premieres critiques (MPC), d’autre part une etude de cas approfondie sur le nickel, avec une approche econometrique.

3.1 Vue d’ensemble sur les matieres premieres critiques (MPC)

3.1.1 Production totale par matiere premiere

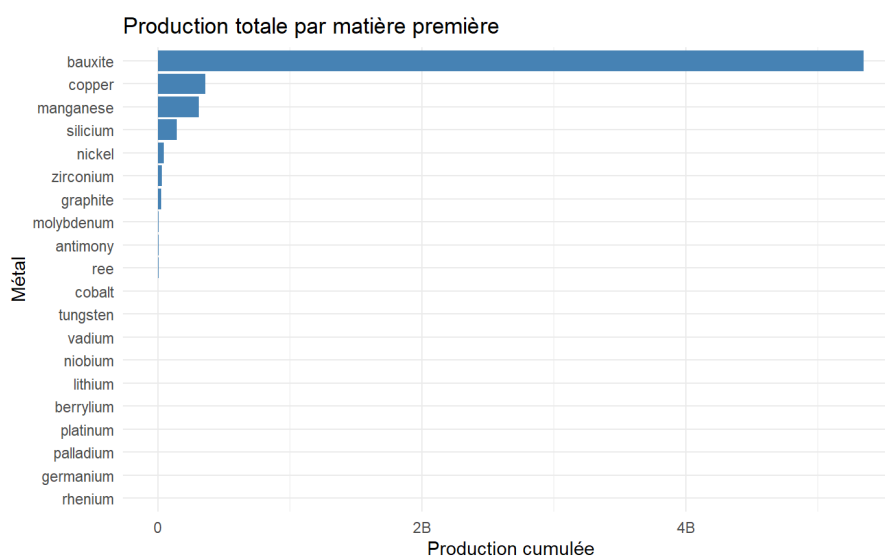


FIGURE 1 – Production cumulee par matiere premiere

Le graphique montre une concentration très nette de la production sur quelques matières dominantes. La bauxite occupe la première place avec une production largement supérieure aux autres matières, suivie du cuivre et du manganèse. Le nickel arrive en cinquième position. Cette hiérarchie traduit les besoins industriels massifs en bauxite (aluminium), cuivre (électricité, construction) et manganèse (alliages), et montre l’importance stratégique du nickel.

3.1.2 Top 5 des pays producteurs toutes matieres confondues

Les pays les plus producteurs de MPC sont l’Australie, la Chine, le Brésil, la Guinée et l’Inde. L’Australie domine en raison de ses vastes ressources minières. Ce graphique illustre une forte dépendance mondiale vis-à-vis de quelques pays, posant un enjeu géopolitique pour l’approvisionnement.

3.1.3 Evolution annuelle de la production

La courbe met en évidence une croissance soutenue de la production mondiale de MPC depuis les années 1990. Cette tendance reflète la hausse continue de la

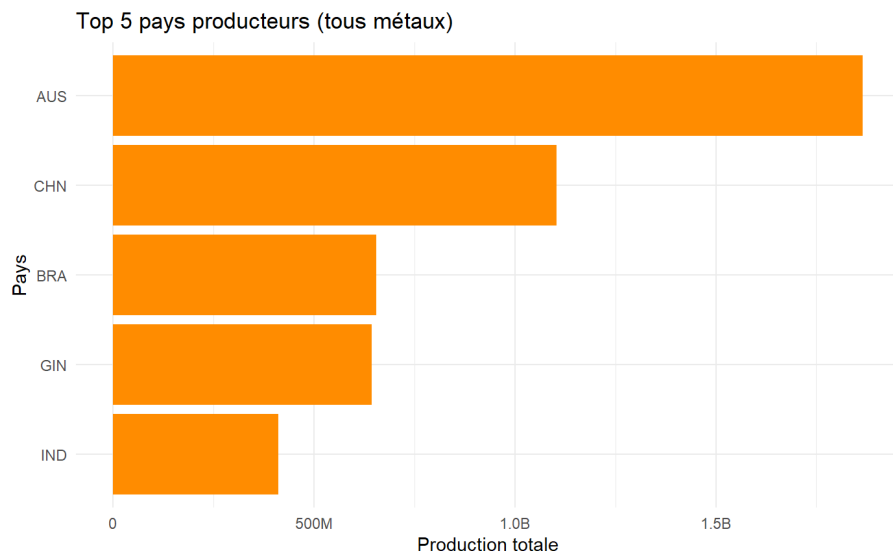


FIGURE 2 – Top 5 des pays producteurs toutes MPC confondues

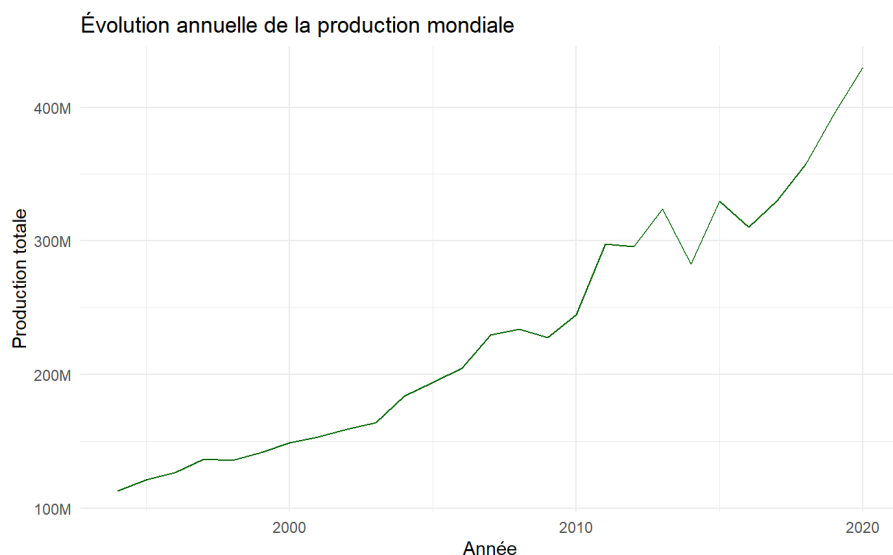


FIGURE 3 – Evolution annuelle de la production mondiale de MPC

demande en lien avec la transition énergétique (batteries, technologies vertes) et le développement économique global.

3.1.4 Variabilité de la production par matière

La boîte à moustaches montre une forte hétérogénéité entre les matières. Certaines comme la bauxite ou le cuivre présentent une production plus stable, tandis que d'autres comme le silicium, le graphite ou les terres rares (REE) montrent une forte dispersion, marquant une concentration de la production dans peu de pays ou de gisements.

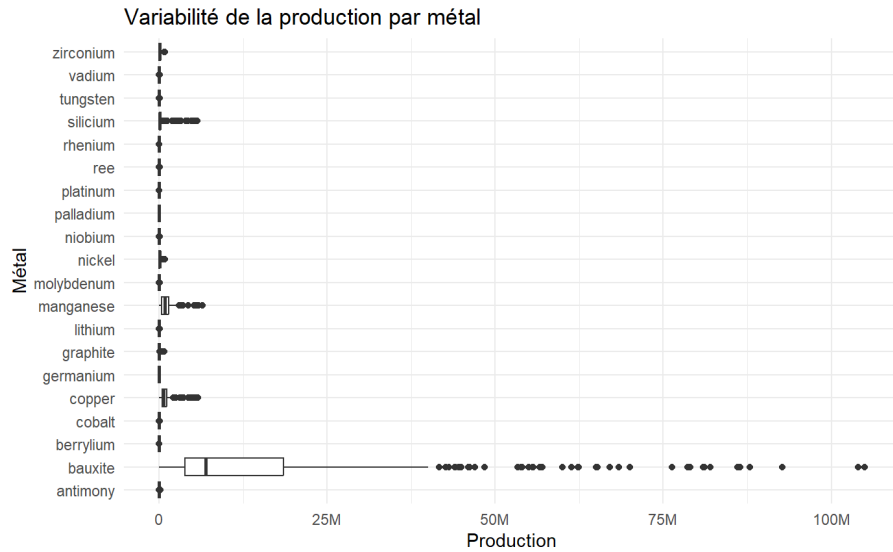


FIGURE 4 – Variabilite de la production par matiere (boxplot)

3.1.5 Statistiques descriptives generales

Metal	Obs.	Pays	Min	Max	Moyenne	Mediane	Ecart-type	CV
Bauxite	320	17	30 000	105 000 000	16 723 244	6 985 000	21 330 727	127
Manganese	260	15	29 000	6 500 000	1 184 546	898 500	1 137 379	96
Cuivre	318	14	29 000	5 830 000	1 126 500	708 000	1 258 474	111
Silicium	408	24	15 000	5 700 000	354 858	95 000	896 023	252
Nickel	392	22	1 330	853 000	108 794	69 200	111 395	102
Graphite	302	24	100	810 000	78 168	15 000	175 550	224
REE	172	14	30	140 000	18 225	2 500	36 019	197
Antimoine	205	21	1	180 000	18 149	3 000	38 868	214

TABLE 1 – Statistiques descriptives pour les principaux metaux

Cette table permet de comparer la dispersion des productions. On note que la bauxite, le cuivre et le manganèse ont les plus fortes productions moyennes, avec des écarts-types élevés, mais aussi de nombreuses observations. Les coefficients de variation très élevés sur le silicium, le graphite ou l'antimoine témoignent d'une grande instabilité ou concentration de la production selon les pays.

3.2 Etude de cas : Le nickel

3.2.1 Statistiques descriptives

Les données sur le nickel révèlent une forte variabilité : le coefficient de variation supérieur à 100 pourcent et la différence importante entre la moyenne et la médiane montrent que certains pays produisent énormément, tandis que d'autres sont très en retrait. Cela traduit une spécialisation géographique. On constate ici une production

Nombre d'observations	403
Nombre de pays différents	22
Production minimale	1 330 tonnes
Production maximale	853 000 tonnes
Production moyenne	108 794,4 tonnes
Mediane de production	69 200 tonnes
Ecart-type	111 395,2 tonnes
Coefficient de variation	102,4 %

TABLE 2 – Statistiques descriptives sur le nickel

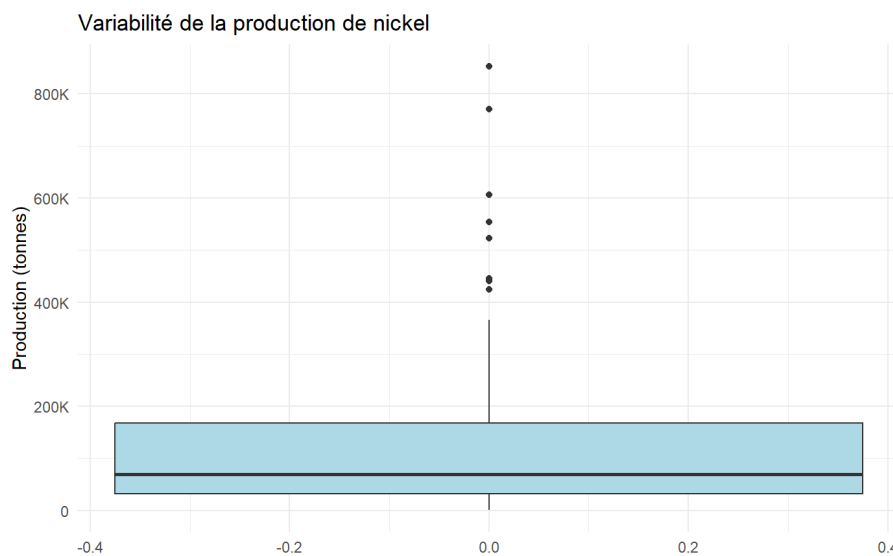


FIGURE 5 – Variabilité de la production de nickel (boxplot)

fortement déséquilibrée, marquée par de nombreux outliers. Le nickel est donc un métal à production très concentrée.

3.2.2 Top producteurs de nickel

La Russie, l'Indonésie, le Canada et l'Australie forment les principaux pôles de production. Ce classement confirme la domination de quelques pays dans l'extraction mondiale de nickel.

3.2.3 Evolution mondiale de la production et des réserves de nickel

On observe une augmentation globale des réserves, sans progression parallèle aussi marquée de la production. Cela peut refléter soit des découvertes de gisements, soit une rétention stratégique des ressources.

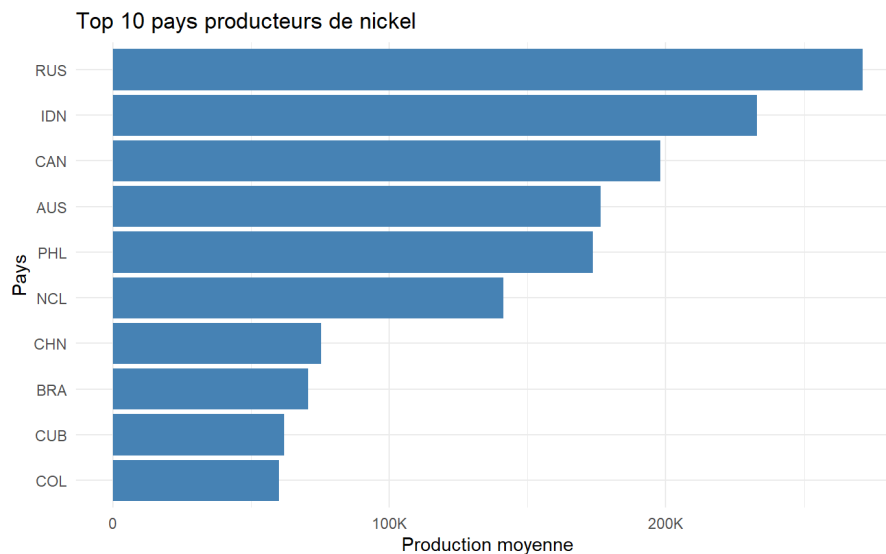


FIGURE 6 – Top 10 pays producteurs de nickel (production moyenne)

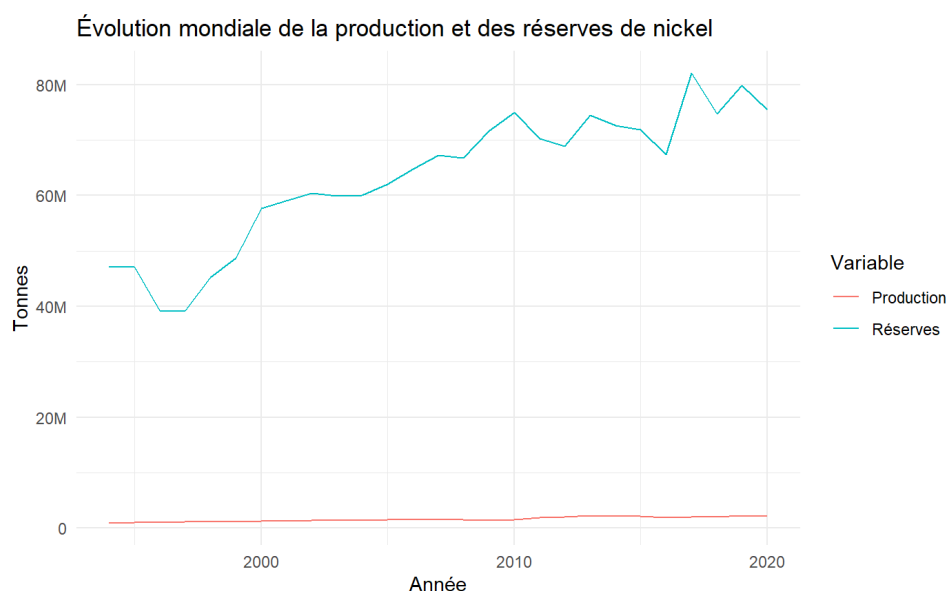


FIGURE 7 – Production et reserves de nickel dans le temps

3.3 Analyse econometrique : lien entre reserves et production

3.3.1 Correlation lineaire

Le coefficient de corrélation de Pearson est de 0,508 avec un p-value inférieur à $2,2e-16$. Cette corrélation modérée mais significative indique que la quantité de réserves influence positivement le niveau de production, bien que ce ne soit pas le seul facteur.

Variable	Coefficient (Erreur standard)
Intercept	61 245.870 (***) (6 359.402)
reserve_nickel	0.011 (***) (0.001)
R^2	0.258
F-statistic	132.95 ()

TABLE 3 – Regression lineaire de la production sur les reserves de nickel (n = 385)

3.3.2 Regression lineaire simple

Les résultats du modèle montrent que pour chaque tonne de réserve en plus, la production augmente en moyenne de 0.011 tonne. Le R^2 indique que 25,8 pourcent de la variabilité de la production est expliquée par la réserve, ce qui est significatif mais montre qu'il existe d'autres facteurs déterminants (infrastructures, politique d'exploitation, demande internationale).

3.3.3 Nuage de points et droite de regression

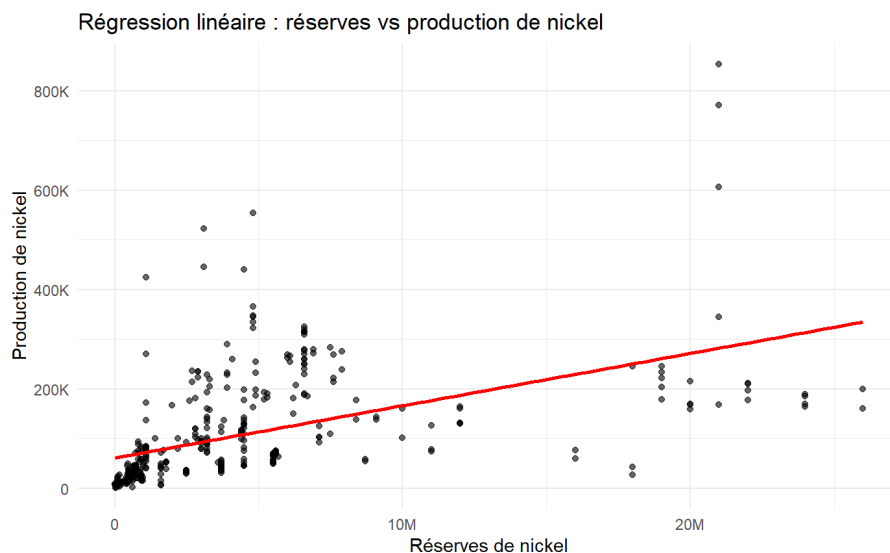


FIGURE 8 – Regression lineaire : production vs reserves de nickel

La droite de régression souligne la tendance positive, mais les points très dispersés autour montrent que la relation n'est pas parfaitement linéaire. Ce graphique confirme l'existence d'un lien entre réserves et production, mais aussi d'importantes variations pays par pays.

4 Méthode de travail

La réalisation de ce projet s’est appuyée sur une méthodologie rigoureuse mêlant outils numériques, recherches documentaires et rédaction académique.

Outils utilisés

- **RStudio** a été utilisé pour l’analyse statistique et la visualisation des données. Le jeu de données, provenant de <https://pladifes.institutlouisbachelier.org/critical-metals/> ont été nettoyés, manipulés et représentés graphiquement et statistiquement.
- **Google Scholar** a servi à identifier les sources académiques et institutionnelles pertinentes pour la revue de littérature.
- **LaTeX** a été le support principal de rédaction pour garantir un rendu propre, structuré et professionnel, notamment via l’éditeur Overleaf.

Cette méthodologie a permis de structurer un travail hybride, à la fois exploratoire (statistique) et analytique (documentaire), répondant aux exigences d’un projet universitaire de niveau licence.

5 Conclusion

Ce projet s’inscrit dans une démarche de compréhension approfondie des enjeux associés aux matières premières critiques (MPC), à la fois sous un angle quantitatif et qualitatif. À travers l’étude de données réelles issues de bases statistiques ouvertes, complétée par une revue de littérature scientifique et institutionnelle rigoureuse, nous avons mis en évidence les tensions croissantes qui pèsent sur l’approvisionnement des MPC, en particulier dans le cas du nickel.

L’analyse statistique a permis de dégager des tendances claires : concentration géographique de la production, domination de certains pays dans la transformation, et croissance rapide de la demande pour des usages industriels à haute valeur ajoutée, comme les batteries lithium-ion. Des graphes ont illustré ces phénomènes de manière visuelle et comparative (production, réserves, évolution annuelle, variabilité).

L’accès aux matières premières critiques constitue un enjeu structurel majeur pour l’UE et la France. La dépendance à des acteurs extérieurs, la concentration des capacités de transformation, la volatilité des marchés et les pressions géopolitiques rendent nécessaire une réponse multidimensionnelle. Les stratégies actuelles, bien qu’ambitieuses, devront surmonter des freins techniques, réglementaires et sociétaux. À terme, l’enjeu est de concilier compétitivité industrielle, souveraineté stratégique et transition durable dans un cadre européen renforcé.

En somme, ce travail met en évidence :

- La nécessité pour l’Europe de sécuriser ses chaînes de valeur liées aux matières critiques ;
- La vulnérabilité structurelle de certains matériaux clés comme le nickel ;
- L’importance de la diversification, du recyclage et de l’innovation pour bâtir une économie résiliente et durable.

Le croisement des approches quantitatives et qualitatives a permis de nourrir une réflexion complète, appuyée à la fois sur des données chiffrées et sur une compréhension fine des politiques publiques. Ce projet pourrait être enrichi par une étude de cas terrain ou par un suivi longitudinal des stratégies nationales en matière de transition minérale.