



# Transition énergétique et métaux critiques : escalader l'Everest en tongs

# À propos de l'auteur



Alessandro Giraud

Expert de l'Institut Sapiens

Enseigne dans une Grande École à Paris ; pendant une quarantaine d'années s'est occupé de matières premières et a publié une vingtaine de livres sur le sujet.

## A propos de l'Institut Sapiens

L'Institut Sapiens est un *think tank* (laboratoire d'idées) indépendant et non partisan réfléchissant aux nouvelles conditions d'une prospérité partagée à l'ère numérique. L'humanisme est sa valeur fondamentale. Son objectif est d'éclairer le débat économique et social français et européen.

Il fédère un large réseau d'experts issus de tous horizons, universitaires, avocats, chefs d'entreprise, entrepreneurs, hauts fonctionnaires, autour d'adhérents intéressés par les grands débats actuels. Sapiens s'attache à relayer les recherches académiques les plus en pointe.

Les travaux de Sapiens sont structurés autour de **dix observatoires thématiques** : développement durable ; agriculture ; IA et éthique ; science et société ; santé et innovation ; travail, formation et compétences ; politiques, territoire et cohésion sociale ; innovation économique et sociale ; droit social ; immobilier.

Pour en savoir plus, visitez notre site internet : [institutsapiens.fr](http://institutsapiens.fr)



**L**e monde s'est engagé dans une transition énergétique historique dont le but fondamental est de réduire les émissions de gaz à effet de serre principal responsable du réchauffement climatique. Le choix s'avère à la fois politique, économique et stratégique. Bien que cruciale pour notre avenir, cette transition doit être abordée calmement et non brutalement sous la pression des faits.

La transition énergétique aura un impact particulièrement important sur le monde des matières premières avec toutes les répercussions économiques et géopolitiques qui en découlent. Elle suppose une disponibilité abondante et continue des métaux de base (cuivre, nickel, fer, aluminium), des métaux stratégiques (cobalt, lithium), des terres rares et de certains matériaux assez peu connus comme le graphite. Rappelons qu'une voiture électrique contient en moyenne 80 kg de cuivre contre 30-35 kg pour une voiture thermique. Mais c'est surtout sans compter avec l'extension du réseau électrique qui réclamera dans l'avenir des quantités considérables de cuivre et surtout d'aluminium pour les lignes à haute tension. Ces dernières utilisent l'ACSR (Aluminium-Conductor Steel Reinforced Cable) dont la conductivité est seulement 62% de celle du cuivre mais le poids est de 30% celui du cuivre à volume égal. A conductivité égale, un conducteur en aluminium pèse donc environ la moitié de son équivalent en cuivre, tandis que le prix du cuivre est 3.78 fois supérieur à celui de l'aluminium et ce à un prix quatre fois inférieur (8503 \$/tonne pour le cuivre contre 2245 \$/tonne pour l'aluminium). En revanche, la production de l'aluminium est très énergivore : pour obtenir une tonne d'aluminium, il faut traiter 4-5 tonnes de bauxite avec un coût énergétique représentant environ la moitié du prix final de l'aluminium

D'ici 2040, on anticipe un doublement de la longueur du réseau électrique mondial qui devrait passer de 80 millions de km à 170 millions de km. Une extension correspondant à un investissement de 600 milliards de US\$/an au cours des six prochaines années.

Les batteries des voitures et le stockage de l'énergie en général nécessitent du lithium, du sodium, du plomb et du cobalt. De son côté la fabrication des éoliennes nécessite beaucoup d'acier et de béton armé pour les socles et les mâts, des polymères (dérivés du pétrole) ou éventuellement du graphène pour les pales, du cuivre, du néodyme et du dysprosium. Selon les technologies, l'ensemble du système électrique requiert entre 80 et 650 kg/MW.

Actuellement, l'approvisionnement de ces métaux (stratégiques et de base) est stable. Toutefois des tensions liées à des problèmes logistiques mais aussi à la guerre Russo-Ukrainienne ont été observées au cours des dernières années. Elles ont induit des

perturbations sur les marchés et les flux de certains métaux comme le titane dont la Russie et l'Ukraine sont respectivement les 4<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> producteurs mondiaux (un avion contient entre 20% et 40% de titane en fonction de son utilisation commerciale ou militaire) mais aussi de produits chimiques comme le néon et le CO<sub>2</sub>. La saga du néon est un cas d'école : les principaux gaz nobles sont extraits de l'atmosphère par les grandes usines sidérurgiques qui les cèdent ensuite comme sous-produit aux entreprises spécialisées dans le traitement et la distribution de gaz industriels. L'Ukraine est un grand pays sidérurgique. La destruction de certains complexes industriels (Azovstal à Mariupol, par exemple) a ainsi asséché l'offre mondiale de néon. Par effet-domino, les grands producteurs de semi-conducteurs (surtout localisés en Asie) utilisant des lasers au néon pour dessiner les circuits intégrés ont été fortement affectés. Et que dire des producteurs de boissons gazeuses subissant des problèmes de disponibilité de CO<sub>2</sub>, sous-produit des engrais azotés principalement fabriqués à partir de méthane. L'explosion du prix du gaz naturel en Europe a ainsi forcé les fabricants d'engrais à réduire leurs productions et donc à limiter l'offre de CO<sub>2</sub>. A leur tour les fabricants de boisson ont dû bloquer temporairement les chaînes d'embouteillage.

## Géopolitique et disponibilité

La Transition énergétique est confrontée à un tandem de problèmes sérieux : la géopolitique des flux et la disponibilité des métaux et des matériaux.

*Extrapolation de la demande potentielle 2050 de métaux critiques en terme de facteurs multiplicatifs par rapport à 2022*

*STEP (politique décidées)*

*NZE (Net Zero Emissions)*

Métal	STEP	NZE
Lithium	12.8	41.9
Graphite	7.7	24.7
Cobalt	6.4	21.3
Nickel	6.5	19.4
Manganèse	3.0	8.1
Terres rares	3.4	7.3
Chrome	2.0	3.4
Molybdène	2.0	2.9
Cuivre	1.7	2.7
Zinc	1.8	2.6
Silicium	1.8	2.3
Argent	1.2	2.4

Source : Agence Internationale Energie

Nous analysons ci-dessous quatre exemples :

- Cuivre : accroissement de la demande de 170 à 270%.
- Cobalt : accroissement de la demande de 640-2130%.
- Lithium : accroissement de la demande de 1280-4190%.
- Graphite : accroissement de la demande de 707- 2470%.

Ces trois métaux ainsi que le graphite sont stratégiques pour la révolution verte. Le cuivre est crucial pour le transport de l'électricité et les panneaux solaires, le cobalt pour les batteries et les éoliennes, le lithium pour les batteries. Avec le lithium, le cobalt, le manganèse

et le nickel, le graphite est l'un des cinq plus importants matériaux associé aux véhicules électriques. Il faut environ 11 kilos de graphite pour un véhicule hybride et 55 kilos pour un véhicule 100 % électrique équipé d'une batterie lithium-ion. La question cruciale est donc la disponibilité future de cet ensemble de matériaux pour répondre à la demande croissante de véhicules électriques. Et les doutes sont... hamlétiques.

L'offre est en effet fortement influencée par de forts vents contraires car, après 20 ans de succès ininterrompu dans la marche triomphale à la mondialisation, « *quelques cailloux sont entrés dans la chaussure* ». La logique ricardienne est très rationnelle : les pays développés ont progressivement transféré leurs productions vers les pays émergents lesquels exportent aujourd'hui ces biens ordinaires à des prix très compétitifs (avec un impact positif sur l'inflation mondiale) vers les pays riches qui, à leur tour, vendent leurs produits à leurs clients localisés dans les pays émergents. Mais cette logique a été mise à mal par la pandémie de la COVID19 et la guerre en Ukraine. Le climat politico-économique international a changé et on assiste aujourd'hui à un bras de fer entre le "West" et "le Rest" avec un dialogue très difficile entre blocs. Il suffit d'observer la diatribe entre les États-Unis et l'UE avec des mesures de protection et de rapatriement du secteur industriel (par exemple l'Inflation Reduction Act décidé par Joe Biden en 2022) prises par l'administration américaine ainsi que les hésitations protectionnistes de l'Europe. Il existe donc de fortes incertitudes sur le futur des flux de matières premières essentielles dédiés à la production industrielle et stratégique d'équipements verts : les fournisseurs « amis » resteront-ils des amis sur lesquels on peut compter ?

## Le dilemme géologie-investissements

Un autre problème provient du tandem géologie-investissements. Au cours des dernières décennies, les filons exploités dans les mines sont de moins en moins riches. Par exemple, la teneur des mines de cuivre a été réduite d'une moyenne de 7-8 kg/tonne à 4-5 kg/tonne tandis qu'au cours des 40 dernières années, la teneur en or a chuté d'une moyenne de 6-8 grammes/tonne à 4 grammes/tonne. Dans l'est de l'Australie, certaines mines travaillent (et font des bénéfices !) avec une teneur d'un demi-gramme/tonne.

Les progrès considérables de la technologie minière ont certes compensé – de façon plus ou moins importante – cette tendance baissière permettant notamment d'opérer dans des régions plus hostiles sur le plan climatique, plus éloignées des réseaux de transport et dans des pays hors OCDE où la stabilité politique n'est pas nécessairement garantie. La liste à la Prévert est longue : la Russie, la RDC, l'Afghanistan, certains pays du M/O, le Brésil ou l'Afrique du Sud regorgeant de ressources minérales stratégiques. Ainsi, le Kazakhstan produit plus de 40% de l'Uranium mondial, la Russie et l'Afrique du Sud les 75% du Palladium et 83% du Platine ; la Chine pèse pour 82% dans la production mondiale de graphite et la République Démocratique du Congo pour plus de la moitié de celle de Cobalt

Les investissements miniers (métaux de base et métaux stratégiques) sont aujourd'hui insuffisants pour faire face à l'explosion de la demande. Par exemple, il n'existe à ce jour que 220 centres d'extraction et production de cuivre dans le monde alors que la demande future réclamerait le développement de 80 nouveaux projets miniers. Et pourtant, à l'heure actuelle, il n'y a pas de nouveaux projets dans le monde et seulement dix mines (en RDC, Russie, Chili, Chine et Botswana) existantes projettent d'étendre leur production....

Gros consommateur de capitaux et de temps, le secteur minier intègre des risques difficiles à évaluer. De plus, il s'écoule en moyenne 10 à 15 ans entre la décision d'investissement (prospection, études, analyses, tests, organisation des installations minières) et la production du premier lingot de métal. Pour cette raison, les investisseurs internationaux et le monde bancaire sont extrêmement prudents dans les opérations de « *project finance* ». Au cours des dernières années, un nombre significatif de banques a quitté ce type d'activités peu lucratives par rapport aux risques intrinsèques qu'elles présentent.

On observe le même phénomène dans les activités de « *trade finance* » : plusieurs banques se sont retirées du secteur, la nature des risques étant trop élevée par rapport aux profits potentiels.

En cause le manque de visibilité sur les prix à venir ainsi que le volume de la demande dépendant notamment d'une évolution capricieuse et difficile à anticiper des technologies (extraction, transformation, consommation finale). Ce positionnement a aussi été motivé à la suite des mésaventures de certaines banques européennes sur le marché du pétrole de Singapour, quand les prix avaient fortement baissé.



## Quelques doutes et conclusions

Le monde est aujourd'hui confronté à une équation difficile opposant la certitude d'une forte demande en métaux et l'incertitude sur leur offre. A l'échéance d'une dizaine d'années, il y a donc risque d'un important déséquilibre associé à trois conséquences complexes et violentes pouvant s'entrechoquer et/ou se chevaucher :

- hausses du prix des métaux et de certains matériaux
- conflits dans les régions de production
- crise économique potentielle dans la fabrication des équipements lié à la transition énergétique

En se lançant à corps perdu dans une potentielle croissance verte, le monde a-t-il entamé « **l'ascension de l'Everest en tongs** » ? Beaucoup de décisions ont en effet été prises en ignorant de nombreuses contraintes/conditions nécessaires à sa bonne réalisation.

**Réussir la transition énergétique demandera en particulier :**

- ◇ de diriger un flux suffisant d'investissements permettant de garantir l'approvisionnement futur en métaux critiques et autres matériaux nécessaires. Sachant que les investissements dans le secteur minier sont très élevés, l'effort des entreprises privées devra être soutenu par une réorientation de l'épargne publique et privée vers ce secteur (avec des incitations : fiscales, garanties de l'État). Il faudra aussi que certaines entités supranationales (Banque Mondiale, banques supranationales continentales comme les BAD - africaine et asiatique - la CAF latino-américaine et la Banque Européenne d'Investissements) interviennent pour appuyer, encourager et garantir (éventuellement) les investissements
- ◇ d'accroître l'effort de recherche fondamentale et appliquée pour accompagner la révolution en cours avec un engagement déterminé du système éducatif pour former des techniciens et des ingénieurs capables de gérer cette révolution
- ◇ de promouvoir dans la mesure du possible une implication mondiale. La réduction des Gaz à Effet de Serre n'ayant pas économique (par exemple l'Europe) restera sans effet si les autres refusent de le suivre,

- ◇ de promouvoir une pédagogie nouvelle impliquant producteurs, distributeurs et consommateurs dans la révolution en cours dans une chorale chantant à l'unisson,
- ◇ de développer massivement les technologies de recyclage (économie circulaire) qui représentent actuellement (avec 900 milliards de dollars) moins de 1% du PIB mondial. Le cas du recyclage de l'aluminium est exemplaire : plus de 50% de ce métal est aujourd'hui recyclé.

