

Métaux, quels enjeux ?

Les métaux sont au cœur du numérique.
Enjeux géopolitiques, industriels et souveraineté numérique.

Seconde version de l'étude Green IT



L'association Green IT

L'association Green IT est une association à **but non lucratif**, reconnue d'**intérêt général**.

Nos membres sont bénévoles. Nous agissons au quotidien pour une **meilleure connaissance, prise en compte et réduction des impacts environnementaux du numérique**.

1

Nous réalisons des **études** pour **évaluer** et **quantifier** les impacts environnementaux et sanitaires du numérique.

2

Ces études nous permettent de **sensibiliser le grand public** aux impacts et comment les réduire.

3

Nous réalisons aussi un travail de **plaidoyer** auprès des institutions et des décideurs en vue de réduire l'empreinte environnementale du numérique.

Depuis 2004, les experts de Green IT éclairent la société civile sur les impacts environnementaux du numérique en réalisant des études de référence et en proposant des recommandations concrètes aux pouvoirs publics, en France et en Europe.

En 2022, ces experts ont formalisé cet engagement bénévole de longue date en créant une association loi 1901 reconnue d'intérêt générale.

L'association rassemble les acteurs numérique responsable et de la sobriété numérique qui réalisent ses travaux bénévoles tels que cette étude, ainsi que le plaidoyer et des actions de sensibilisation.

Qui est derrière l'étude ?



Auteurs

- Frédéric Bordage
- Loïc Desnos

Relecteurs / Contributeurs

- Laure Alfonsi, Zeb & Web
- Raphaël Lemaire, Zenika
- Thomas Lemaire, IT's on us
- Xavier Prizé, Paradigmes

Editeur

- Association Green IT

État des réserves mondiales de métaux

1. Méthodologie
2. Contexte
3. Liens avec le numériques ?
4. État des réserves mondiales de métaux
5. Dépendance géopolitiques et industrielles
6. Recommandation
7. Questions / réponses

Méthodologie

Trois notions différentes

1

RESSOURCES GÉOLOGIQUES

Ce qui existe dans la croûte terrestre et a été identifié ou estimé.

2

RÉSERVES RENTABLES

Part des ressources identifiées exploitables techniquement et économiquement à un instant donné.
Fluctue dans le temps en fonction des découvertes de nouveaux gisement et de la demande

3

Criticité d'un métal

Évaluée en fonction de nombreux paramètres tels que :

- Les réserves rentables ;
- La capacités à accéder effectivement à ces réserves ;
- Les tensions sur ces ressources liées à la demande et aux stratégies géopolitiques des États,
- etc

Une « année de réserve » n'est pas une date de disparition physique du métal.

1 Périmètre étudié

- 25 des principaux métaux : aluminium, antimoine, argent, cobalt, cuivre, dysprosium, étain, gallium, germanium, indium, lithium, magnésium, manganèse, néodyme , nickel, or, palladium, platine, praséodyme, ruthénium, silicium métal, tantale, tungstène, yttrium et zinc
- Les métaux absent de l'étude, notamment certaines « terres rares » de la famille des lanthanides, ont été exclus faute de données quantitatives disponibles publiquement.

2 Données et calculs

- Environ 150 sources pour les réserves actuelles, la demande et son évolution, les taux de recyclage, etc
- Modélisation manuelle (tableur)

$$\text{Année de réserve} = \text{réserves rentables} / \text{demande annuelle}$$

Contexte

55 %

**Des émissions
mondiales de
GES**

Et 40 % des émissions de PM liées à l'extraction des
ressources

17 %

**Des émissions
mondiales de
GES**

Liées uniquement à l'extraction des métaux et
minéraux

Source : PNUE, International Resource Panel (2024), Global Resources Outlook 2024, p. xiv.

**6x
+**

De matériaux

utilisés par les habitants des pays à hauts revenus

10x+

**Émissions de
GES**

par les habitants des pays à hauts revenus

Source : PNUE, International Resource Panel (2024), Global Resources Outlook 2024, p. xiv.

58 %

**des ressources extraites sont
des métaux et minéraux**

Contre 40 % en 1970

Source : PNUE, International Resource Panel (2024), Global Resources Outlook 2024, p. xiv.

Le numérique partage ses ressources avec d'autres transformations stratégiques.

N

NUMÉRIQUE & IA

Terminaux, réseaux, centres de données,
semi-conducteurs

+59 % de demande en métaux/minéraux
associée au numérique en France entre 2022
et 2030 (scénario Ademe-Arcep).

E

TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Éoliennes, photovoltaïque, batteries,
réseaux électriques

Électrification et infrastructures mobilisent cuivre,
lithium, nickel, terres rares...

M

MOBILITÉ ÉLECTRIQUE

Batteries, moteurs, électronique de
puissance

Les mêmes chaînes peuvent être sollicitées par
plusieurs secteurs en parallèle.

→ **Des arbitrages deviennent nécessaires lorsque plusieurs secteurs dépendent des mêmes matières.**

Source : Green IT 2025, d'après Ademe-Arcep et autres scénarios de demande cités dans l'étude.

Lien avec le numérique

Le numérique partage ses ressources avec d'autres transformations stratégiques.

**31 Mds
d'appareils**

Électroniques qui manipulent des données binaires

**Mond
e**

- **31 Milliards** d'équipements
- **5,3 milliards** d'utilisateurs
- **6 fois plus** que de Terriens

**Franc
e**

- **651 millions** d'équipements
- **58 millions** d'utilisateurs
- **15 équipements** par français de 15 ans ou plus

Source : Bordage F, « empreinte environnementale du numérique mondiale », GreenIT.fr, 2025 ; étude « INUM : impact environnemental du numérique en France », GreenIT.fr, 2020.

Système nerveux des sociétés dites « développées »

- Qu'arriverait-il si nous venions à manquer de numérique ou à connaître une rupture de service ?
 - Comment renforcer la robustesse et la résilience de nos sociétés ?

Le numérique est une ressource non renouvelable

- Combien de temps nous reste-t-il pour transiter vers un monde moins high-tech ?

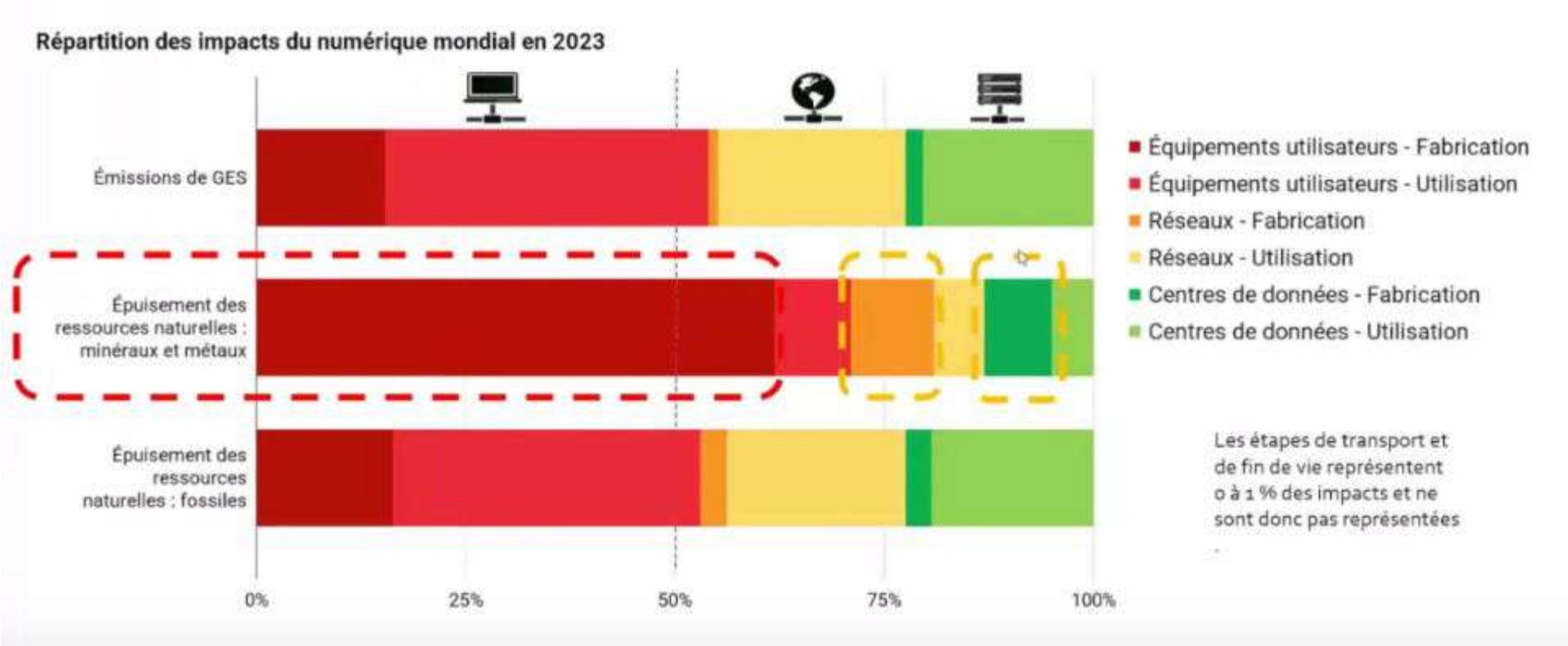
Un « clic » mobilise une chaîne physique complète.



Le numérique n'est pas immatériel : il repose sur des chaînes d'approvisionnement mondiales.

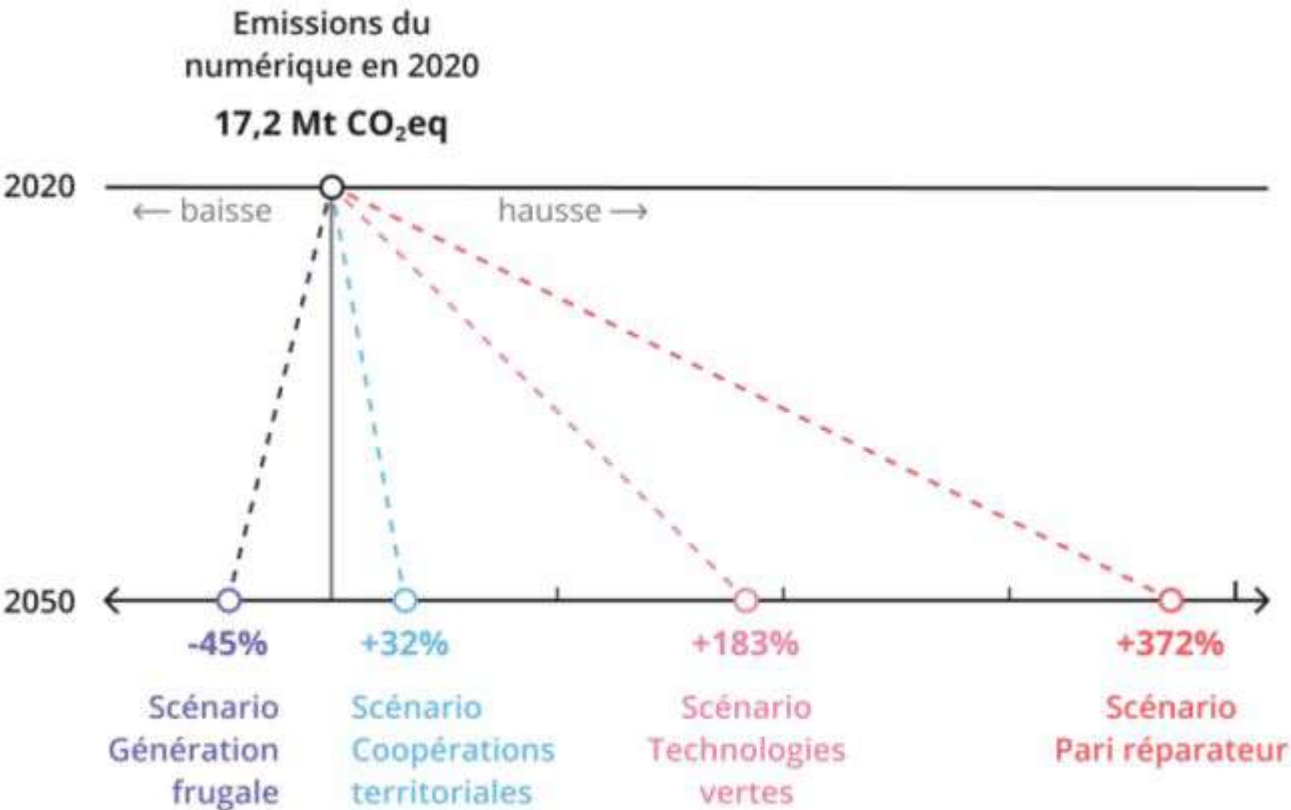
		2023	2050
		%	%
Métal	Symbole	Part du numérique	Part du numérique
Antimoine	Sb	8%	20%
Argent	Ag	5%	12%
Cobalt	Co	20%	35%
Cuivre	Cu	10%	30%
Dysprosium	Dy	22%	40%
Etain	Sn	40%	55%
Gallium	Ga	50%	65%
Germanium	Ge	95%	98%
Indium	In	80%	90%
Lithium	Li	70%	80%
Magnésium	Mg	3%	12%
Manganèse	Mn	10%	18%
Néodyme	Nd	2%	8%
Nickel	Ni	25%	45%
Or	Au	2%	10%
Ruthénium	Ru	20%	40%
Silicium métal	Si	50%	65%
Tantale	Ta	70%	80%
Tungstène	W	65%	75%
Yttrium	Y	15%	30%
Zinc	Zn	15%	30%

Tableau n°1 – Part du numérique dans la consommation des métaux. Auteur : Frédéric Bordage, mai 2025.





Source : Bordage F, GreenIT.FR, Banchmark Green IT 2024



Source : ADEME-Arcep (2023), Évaluation de l'impact environnemental du numérique en France et analyse prospective – Analyse prospective à 2030 et 2050

Etat des réserves (rentable de métaux)

Avons-nous assez de stock pour réaliser la promesse d'un futur tout numérique ?

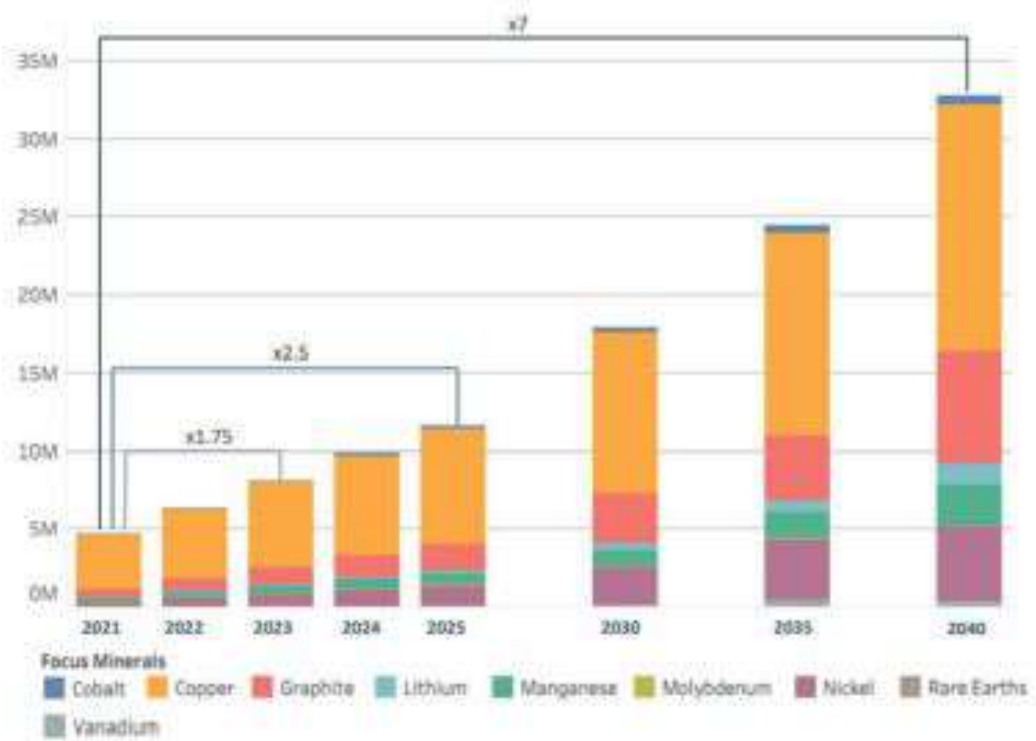
Besoins associés au déploiement des technologies bas-carbone dans le scénario NGFS « Net Zero by 2050 »

x2 à x7

d'ici
2040

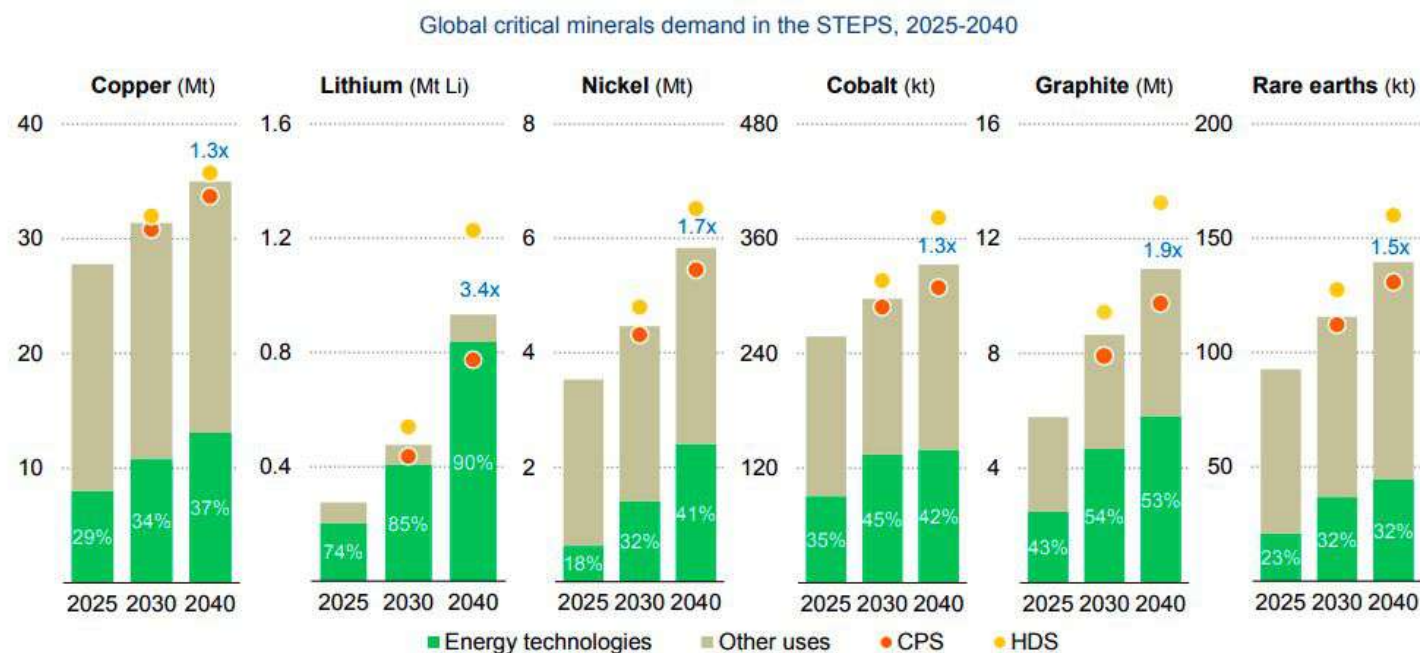
4,7 à 32,8

Mt/a
n



Source : Évolution de la demande en métaux critique (en Mt) induite par le scénario NGFS « Net Zero by 2050 », Miller et al. (2023)

D'ici 2040, la demande des principaux minéraux critiques pourrait presque doubler dans le scénario STEPS de l'AIE, fondé sur les politiques actuellement annoncée

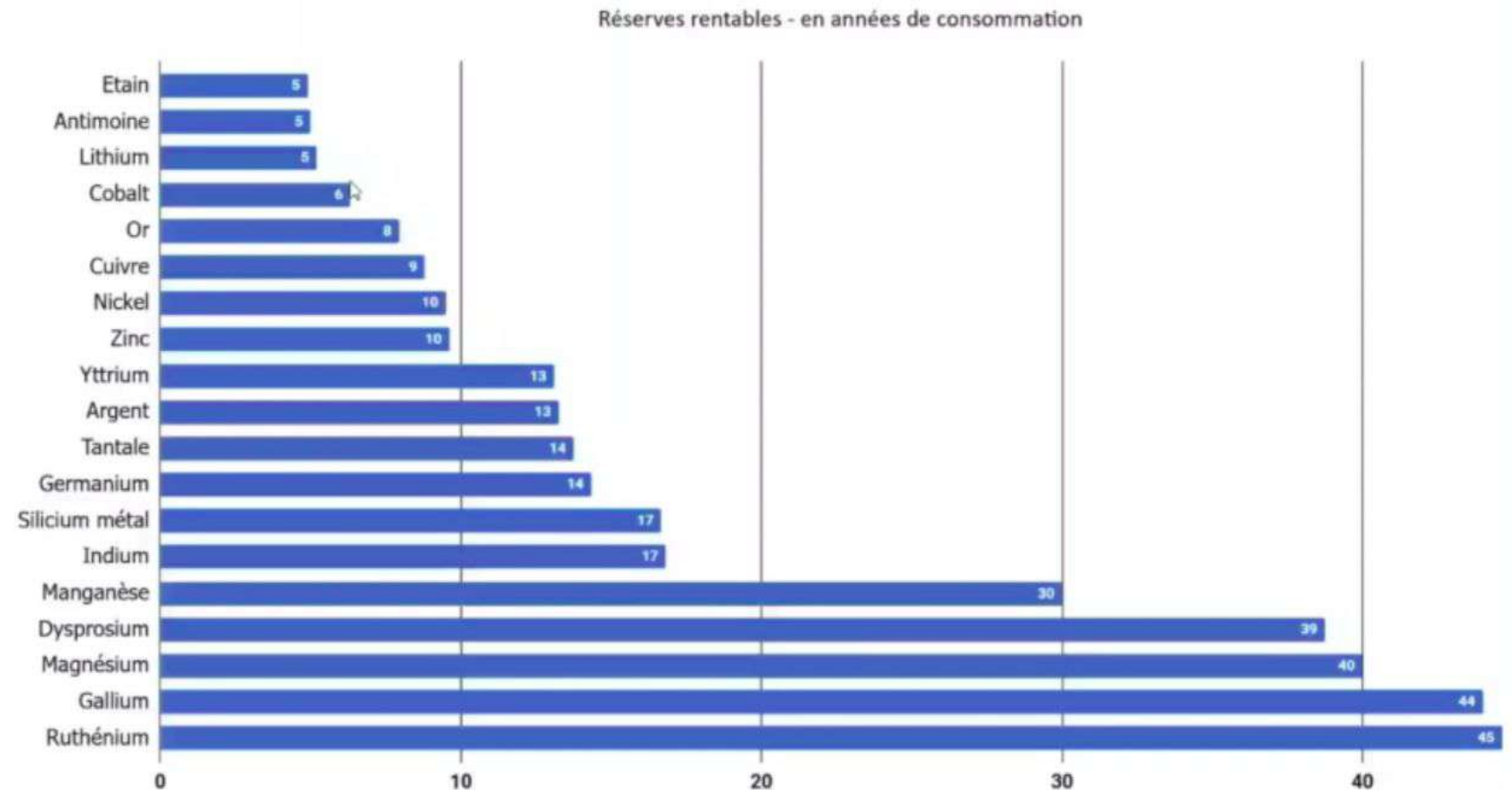


Source : IEA (2026), Global Critical Minerals Outlook 2026, scénario STEPS, CC BY 4.0.

14 métaux à très fort risque de ruptures, pénuries

Dont 6 métaux « critiques » :

- Antimoine
- cobalt
- cuivre
- Germanium
- Lithium
- Nickel



Source : Bordage F. Green IT, Etat des réserves mondiales de métaux, 2025.

Dépendance géopolitiques et industrielles

La géologie crée déjà des dépendances : les gisements exploitables sont très inégalement répartis.

EXTRACTION

Quelques exemples

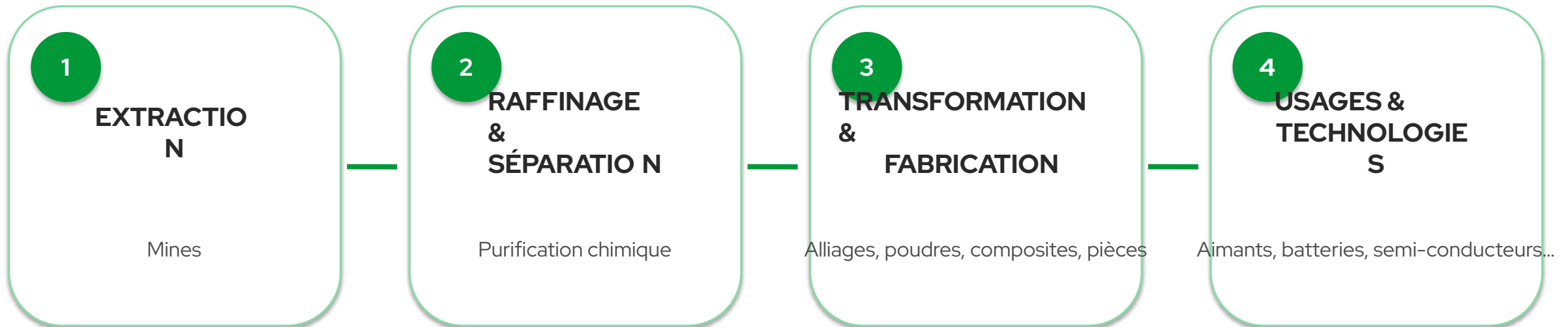
- Cobalt : forte concentration en Afrique centrale.
- Lithium et cuivre : poids majeur de l'Amérique du Sud et de l'Australie.
- Nickel : rôle central de l'Indonésie.
- Graphite et terres rares : forte place de la Chine.

Regarder la carte des mines ne suffit pas à comprendre la dépendance.



Source : cartographie Green IT – données USGS, IEA, Commission européenne, Ofremi et rapports publics.

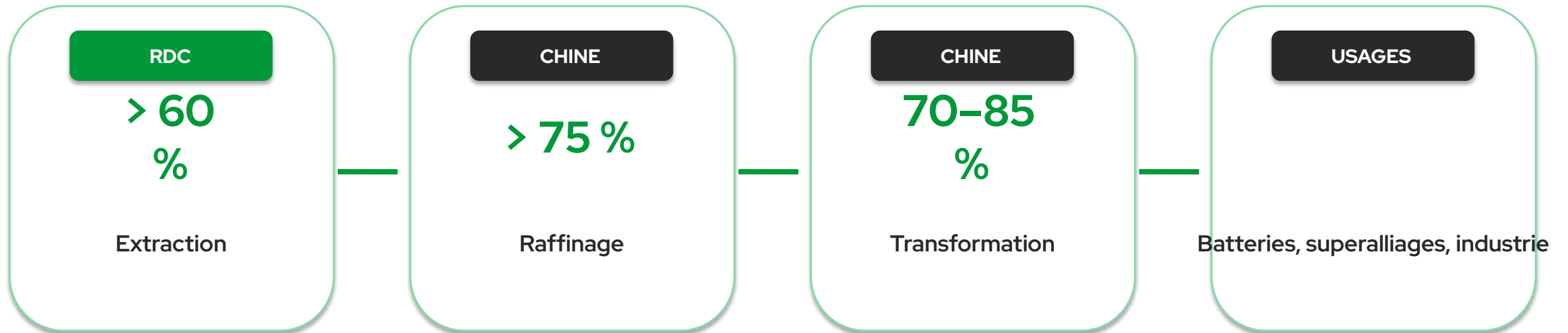
Entre un minerai et un composant numérique, plusieurs étapes industrielles peuvent devenir des points de contrôle.



La dépendance peut changer de pays – et de nature – à chaque étape.

Source : cartographie Green IT des principales dépendances industrielles liées aux métaux critiques, 2026.

Un exemple simple pour distinguer origine du minerais et contrôle industriel.



Le principal risque n'est donc pas uniquement « où se trouve la mine ? », mais aussi « qui maîtrise le raffinage et la transformation ? »

Source : cartographie Green IT 2026. Ordres de grandeur : RDC >60 % extraction ; Chine >75 % raffinage ; Chine 70-85 % transformation.

Lithium, gallium et germanium montrent que la criticité ne prend pas toujours la même forme.

LITHIUM

Extraction plus diversifiée

Chine ≈ 28 % • Australie ≈ 26 % • Chili ≈ 12 % • Argentine ≈ 10–15 %

Puis reconcentration industrielle

Raffinage Chine > 60 % → Transformation Chine 60–70 %

GALLIUM / GERMANIUM

Un autre type de vulnérabilité : les sous-produits

Gallium : sous-produit de la bauxite
Germanium : sous-produit du zinc

Métal hôte

Métal critique
récupéré

Ouvrir une « mine de gallium » ne se raisonne donc pas comme pour un métal primaire.

Source : cartographie Green IT 2026. Valeurs indicatives par étape de chaîne.

LE POINT DE CONTRÔLE N'EST PAS TOUJOURS LA MINE

Extraction → Raffinage → Transformation → Composants

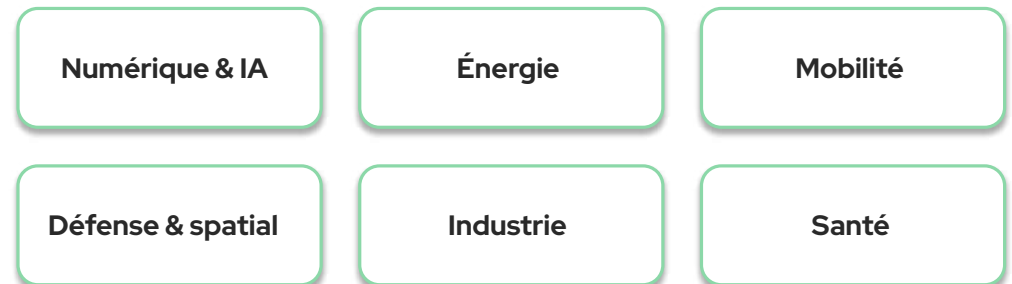
La dépendance peut se déplacer à chaque étape de la chaîne de valeur.

Une partie de la dépendance est invisible dans l'importation finale : elle est déjà incorporée dans le produit.



Nous pouvons acheter un équipement en Europe tout en restant dépendants, en amont, de métaux raffinés, de matériaux transformés ou de composants produits dans quelques pays.

Cette exposition traverse plusieurs secteurs stratégiques :



Souveraineté ≠ tout produire en France. → Souveraineté = conserver des alternatives et des marges de manœuvre.

Rupture des chaînes d'approvisionnement

L'industrie à l'arrêt, rupture de continuité de services numériques

Augmentation significative du prix du numérique

Création d'inégalités liées au prix des services (santé, éducation, etc.) basés sur le numérique

Perte de souveraineté

Service critiques dépendants de pays tiers

**x3 à
x6**

**nombre de
mines à
ouvrir**

pour répondre à la demande de x3 à x40

15

Ans

pour aboutir à une mine opérationnelle

- **L'extractivisme n'est pas une solution acceptable**
 - pour les populations locales comme pour l'environnement
 - Ouvrir des mines va à l'encontre des objectifs climatiques
 - L'ouverture de nouvelles mines implique de nombreux autres impacts environnementaux et sanitaire pour les population et les écosystèmes locaux, contribuant, entre autre, à l'écroulement de la biodiversité
- **Pas de substitution possible**
 - A court terme, il suffit qu'un seul métal manque pour que nous ne soyons plus en mesure de fabriquer les équipements numériques qui constituent notre quotidien
 - Cette situation est liée au fait que nous ne sommes en mesure, sur un temps court, de trouver des matériaux de substitution pour chacun des métaux en tension

Le recyclage réduit le besoin primaire, mais il ne ferme pas la boucle des matières critiques.

17 / 26

matières premières critiques

≤ 5 % d'EOL-RIR

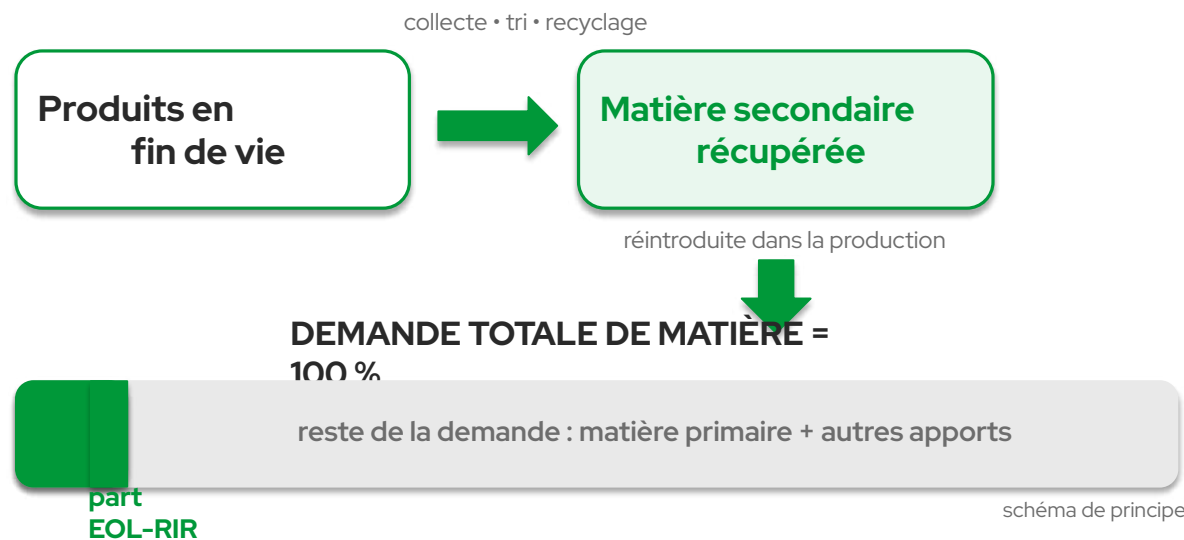
dont 10 à 0 %

Que mesure l'EOL-RIR

?

≠ taux de recyclage

La part de la demande totale couverte par de la matière recyclée issue de produits en fin de vie.



Un meilleur recyclage peut augmenter cette part, une demande croissante peut aussi la maintenir faible.

Sources : Cour des comptes européenne, Rapport spécial 04/2026 ; AIE, Global Critical Minerals Outlook 2026. Données sous-jacentes parfois antérieures à 2020.

Recommendations

Sécuriser l'offre et maîtriser la demande sont deux stratégies complémentaires.

AGIR SUR L'OFFRE

- Diversifier les fournisseurs et les pays partenaires
- Sécuriser certains approvisionnements et constituer des stocks stratégiques
- Développer des capacités industrielles européennes ciblées
- Recycler davantage et améliorer la collecte
- Substituer lorsque c'est techniquement et environnementalement pertinent

AGIR SUR LA DEMANDE

- Allonger la durée de vie des équipements
 - Réparer, reconditionner et mutualiser
 - Écoconcevoir pour limiter les exigences matérielles
 - Prioriser les usages et éviter le multi-équipement inutile
 - Réduire structurellement les besoins lorsque c'est possible
- Développer la slow.tech

**RÉSILIENCE +
MARGES DE MANŒUVRE**

Métaux, quels enjeux ?

Merci pour votre attention !

Question
S

Enjeux géopolitiques, industriels et souveraineté numérique