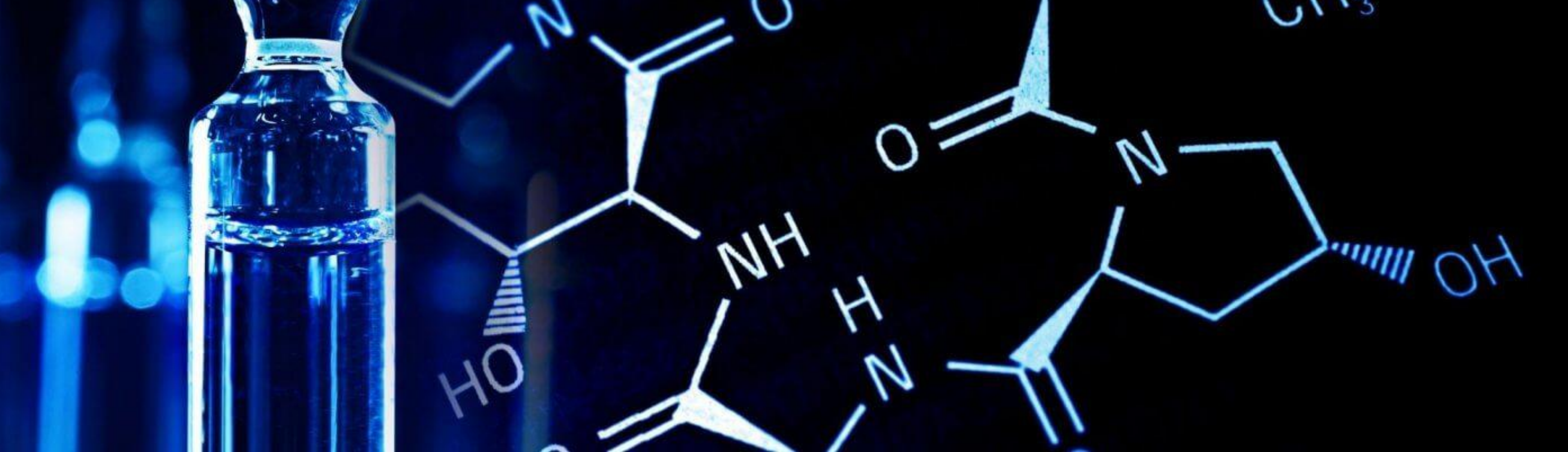


# Le cobalt

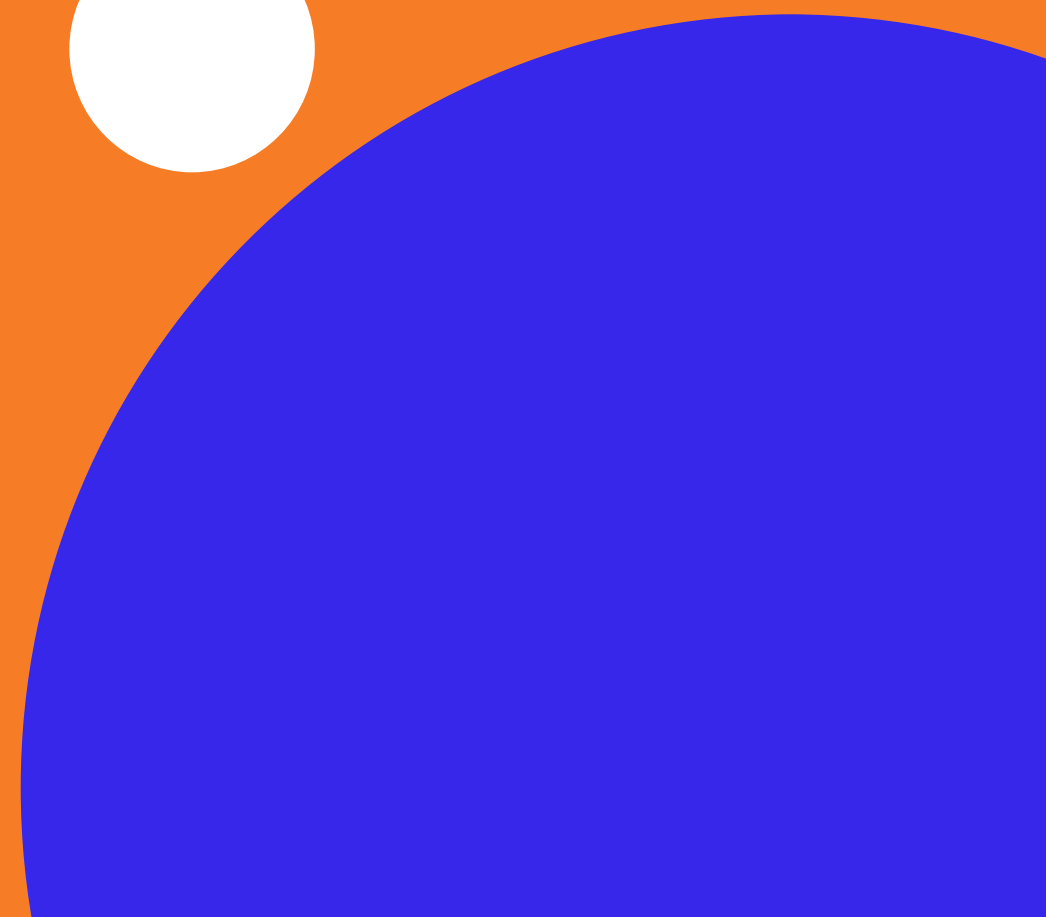
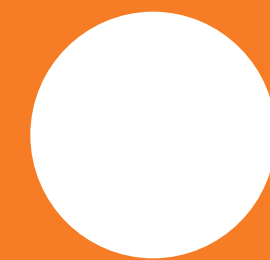
---

**Une ressource minérale indispensable de la transition écologique**

Lambert Toxé  
Claire Mauduit  
Albane Gautier  
Anna Montagner  
Ksenia Ternovykh



# Propriétés physicochimiques et usages du cobalt



# Composition chimique

**Tableau périodique des éléments**

Groupe → 1 2 13 14 15 16 17 18  
 IA IA IIA IVA VA VIA VIIA VIIIA  
 Période ↓

← nom de l'élément (**gaz**, **liquide** ou **solide** à 0°C et 101,3 kPa)  
 ← numéro atomique  
 ← symbole chimique  
 ← masse atomique relative ou [celle de l'isotope le plus stable]

1	hydrogène 1 H 1,00794																hélium 2 He 4,002602	
2	lithium 3 Li 6,941	béryllium 4 Be 9,012182																néon 10 Ne 20,1797
3	sodium 11 Na 22,98976928	magnésium 12 Mg 24,3050																argon 18 Ar 39,948
4	potassium 19 K 39,0983	calcium 20 Ca 40,078	scandium 21 Sc 44,955912	titane 22 Ti 47,867	vanadium 23 V 50,9415	chrome 24 Cr 51,9961	manganèse 25 Mn 54,938045	fer 26 Fe 55,845	cobalt 27 Co 58,933195	nickel 28 Ni 58,6934	cuivre 29 Cu 63,546						krypton 36 Kr 83,80	
5	rubidium 37 Rb 85,4678	strontium 38 Sr 87,62	yttrium 39 Y 88,90585	zirconium 40 Zr 91,224	niobium 41 Nb 92,90638	molybdène 42 Mo 95,94	technétium 43 Tc 97,9072	ruthénium 44 Ru 101,07	rhodium 45 Rh 102,90550	palladium 46 Pd 106,42	argent 47 Ag 107,868						xénon 54 Xe 131,29	
6	césium 55 Cs 132,9054519	baryum 56 Ba 137,327	lanthanides 57-71	hafnium 72 Hf 178,49	tantale 73 Ta 180,94788	tungstène 74 W 183,84	rhénium 75 Re 186,207	osmium 76 Os 190,23	iridium 77 Ir 192,217	platine 78 Pt 195,084	or 79 Au 196,966569						radon 86 Rn [222,0176]	
7	francium 87 Fr [223,0197]	radium 88 Ra [226,0254]	actinides 89-103	rutherfordium 104 Rf [261,1125]	dubnium 105 Db [262,1144]	seaborgium 106 Sg [266,1219]	bohrium 107 Bh [264,1247]	hassium 108 Hs [269,1341]	meitnérium 109 Mt [268,1388]	darmstadtium 110 Ds [272,1463]	roentgenium 111 Rg [272,1537]						oganesson 118 Og [289]	
			lanthane 57 La 138,90547	cérium 58 Ce 140,116	praséodyme 59 Pr 140,90765	néodyme 60 Nd 144,242	prométhium 61 Pm [144,9127]	samarium 62 Sm 150,36	europium 63 Eu 151,964	gadolinium 64 Gd 157,25							actinium 89 Ac [227,0277]	
			actinium 89 Ac [227,0277]	thorium 90 Th 232,03806	protactinium 91 Pa 231,03588	uranium 92 U 238,02891	neptunium 93 Np [237,0482]	plutonium 94 Pu [244,0642]	américium 95 Am [243,0614]	curium 96 Cm [247,0703]	berkélium 97 Bk [247,0703]	californium 98 Cf [251,0796]	einsteinium 99 Es [252,0830]	fermium 100 Fm [257,0951]	mendélévium 101 Md [258,0984]	nobélium 102 No [259,1011]	lawrencium 103 Lr [262,110]	

27: Cobalt 2,8,15,2

métaux alcalins

alcalino-terreux

lanthanides

actinides

métaux de transition

métaux pauvres

métalloïdes

non-métaux

halogènes

gaz nobles

primordial

désintégration d'autres éléments

synthétique

Source : Le monde.fr

# Sous quelle forme le trouve-t-on dans la nature ?

Le cobalt est présent naturellement en petites quantités **dans les sols, l'air, l'eau, les plantes et les animaux** (ATSDR, 2004). Ses concentrations dans l'air varient entre 0,4 et 2 ng/m<sup>3</sup>, dans l'eau entre 0,1 et 10 µg/L et **dans les sols entre 1 et 50 µg/kg**.

01

## SA FORME NATURELLE

Oxydes, carbonates, sulfures, arséniures (smaltite :  $\text{CoAs}_2$ ), thioarséniures (cobaltite :  $\text{CoAsS}$ )

02

## SA TENEUR DANS LES MINERAIS

De 0,5 à 2,5% de Co

03

## SA FORME

Le cobalt est dans 98% des cas co-produit lors des opérations métallurgiques d'obtention du Cuivre et du Nickel

# Les propriétés du cobalt

01

Propriétés magnétiques semblables à celles du fer (ferromagnétique)

02

**Point de fusion élevé**  
(1 495 °C)

03

Bonne **conductivité électrique**  
(conductivité électrique  
 $17,2 \times 10^6 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$ )

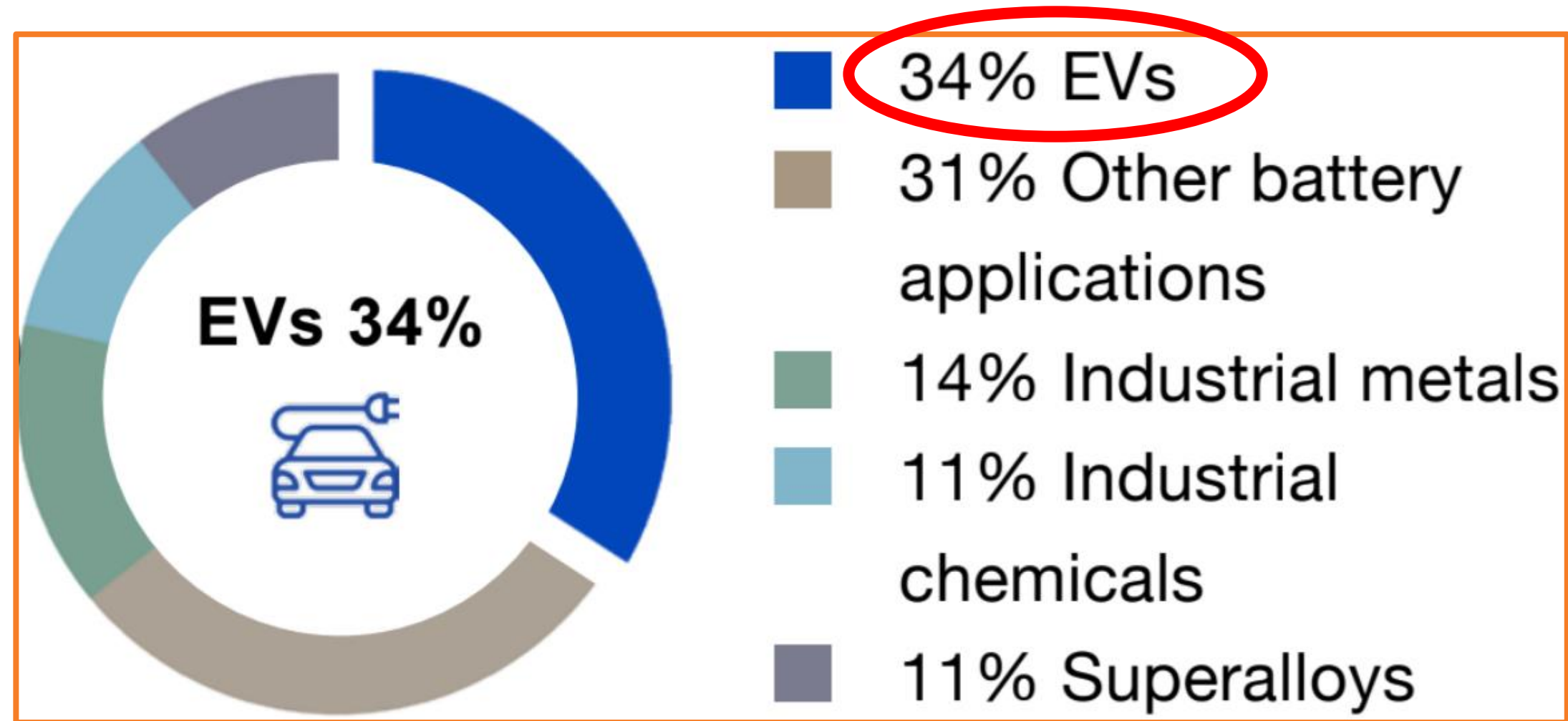
05

Importante **résistance à la chaleur, à l'usure et à la corrosion**

06

**Forte densité énergétique**

# Les utilisations du cobalt



Source : Cobalt Market Report 2021, Cobalt Institute

En tout, plus de 60% du cobalt sur le marché est utilisé pour faire des batteries, dont 34% pour les batteries des voitures électriques

# Quels sont les usages du cobalt ?

**Un élément incontournable pour de nombreux domaines stratégiques !**

- l'aérospatial, la défense



- la chimie



- composant des superalliages utilisés dans les turbines à gaz et les réacteurs nucléaires

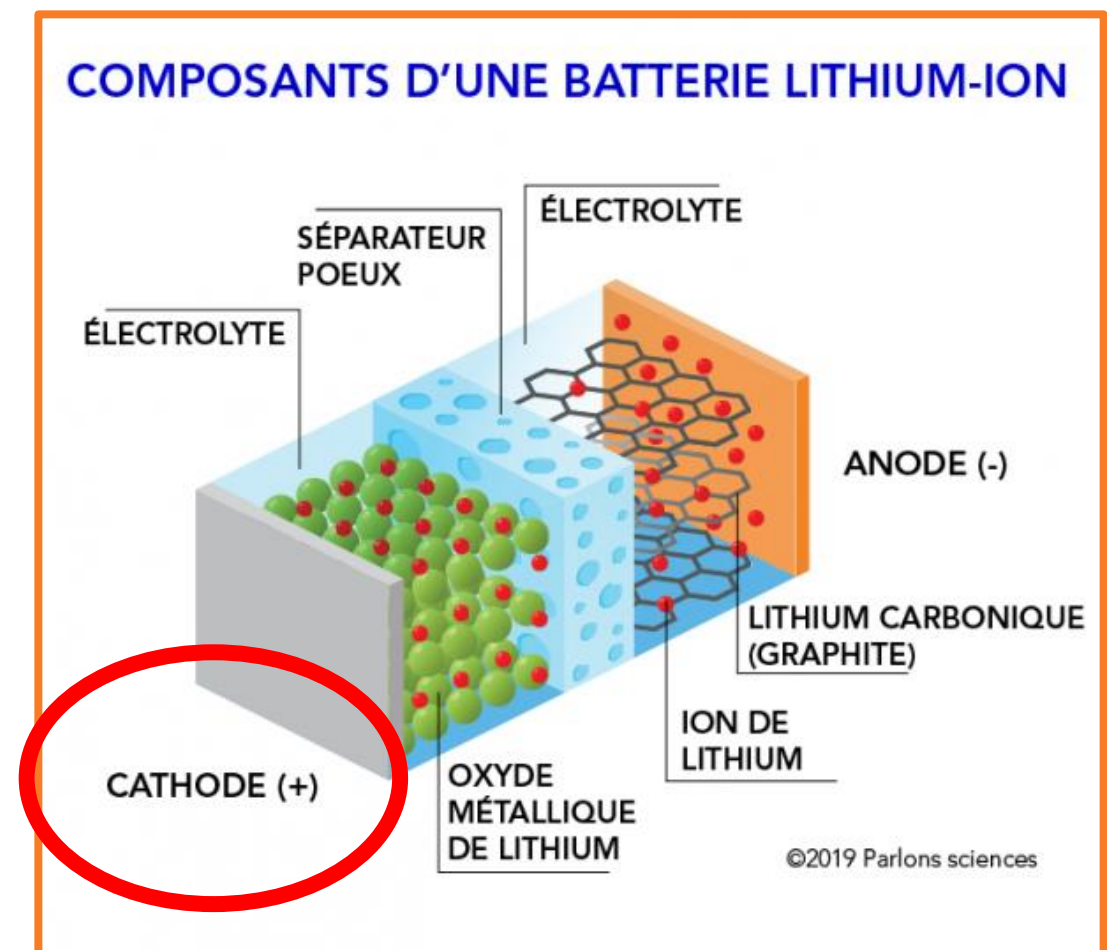


- dans les aimants des radars, les systèmes de guidage de missiles, les systèmes de propulsion marins, ou encore les capteurs.

# Le cobalt et les technologies bas-carbone



- Le cobalt est présent dans les **aimants des turbines des éoliennes**
- Mais il est surtout utilisé dans les **cathodes des batteries lithium-ion** et des **cathodes batteries à hydrure métallique de nickel (Toyota)** employées dans les **véhicules électriques ou hybrides**



Utilisations du cobalt dans les cathodes de batteries Li-ion

Typologie de la cathode	Chimie	Abréviation	% Co en masse	Caractéristiques et usages préférentiels
Oxyde de Lithium-Cobalt	Li CoO <sub>2</sub>	LCO	60%	Grande capacité. <i>Electronique portable (ordinateurs, téléphones, etc.)</i>
Oxyde de Nickel-Manganèse-Cobalt	LiNiMnCoO <sub>2</sub>	NMC	6 à 21% (en fonction de la configuration)	Moindre capacité mais meilleures puissance et durée de vie que les LCO. <i>Outils portables, vélos et véhicules électriques (ex : Renault Zoé)</i>
Oxyde de Nickel-Cobalt-Aluminium	LiNiCoAlO <sub>2</sub>	NCA	9%	Plus grande densité d'énergie et meilleure stabilité thermique. <i>Stockage d'énergie, véhicules électriques (ex : Tesla Model S)</i>

brgm

Source : La structure traditionnelle du marché du cobalt est bouleversée par les besoins de la mobilité électrique, Mineral Info, 2018

Source : Parlons Science





un mineur artisanal, détient une pierre de cobalt à la mine artisanale de Shabara près de Kolwezi RDC le 12 octobre 2022

# Données minières

# RESSOURCES - RÉSERVES - PRODUCTION

## RESSOURCES

Ressources terrestres : 25 millions de tonnes (USGS, 2020) :

- Copper Belt : notamment en RDC
- Australie
- Cuba
- Canada
- Russie
- USA

### Ressources supplémentaires ?

jusqu'à 120 millions de t se trouveraient peut-être au fond des océans Atlantique, Indien et Pacifique (USGS, 2020) (pas d'exploitation actuellement de ces nodules)

*(cf Actu : l'Exploitation Minière des Fonds Marins  
Discours d'Emmanuel Macron lors de la COP27 : "la France soutient l'interdiction de toute exploitation des grands fonds marins.")*

## RESERVES

7.6 millions de t de Co (USGS 2021)

en milliers de t de Co contenu

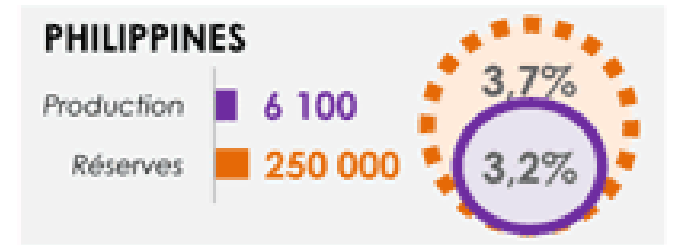
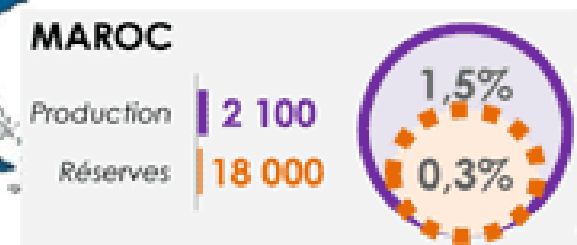
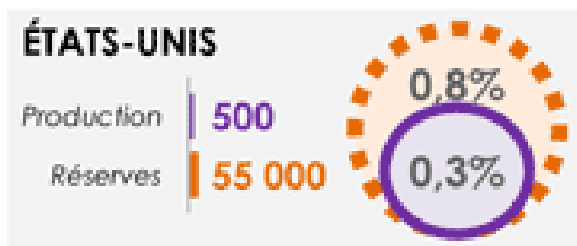
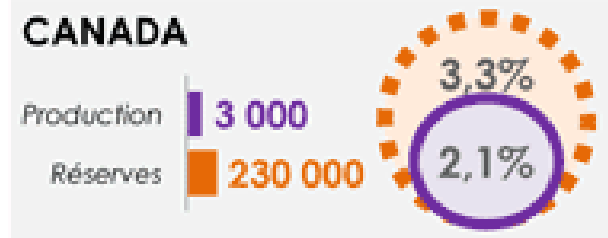
R.D. du Congo	3 500	Philippines	260
Australie	1 400	Russie	250
Indonésie	600	Canada	200
Cuba	500	Madagascar	100
Zambie	270	Chine	80

Source : USGS

**Production Annuelle :**  
160 000 t (selon cobalt institute 2021)  
144 000 t raffiné

Il nous reste environ : 50 ans d'exploitation à production constante

# PRODUCTION ET RÉSERVES MONDIALES DE COBALT EN 2019 (t)



## Production et réserves mondiales de cobalt en 2019

■ Les 13 principaux producteurs de cobalt

■ Production nationale de cobalt en tonnes

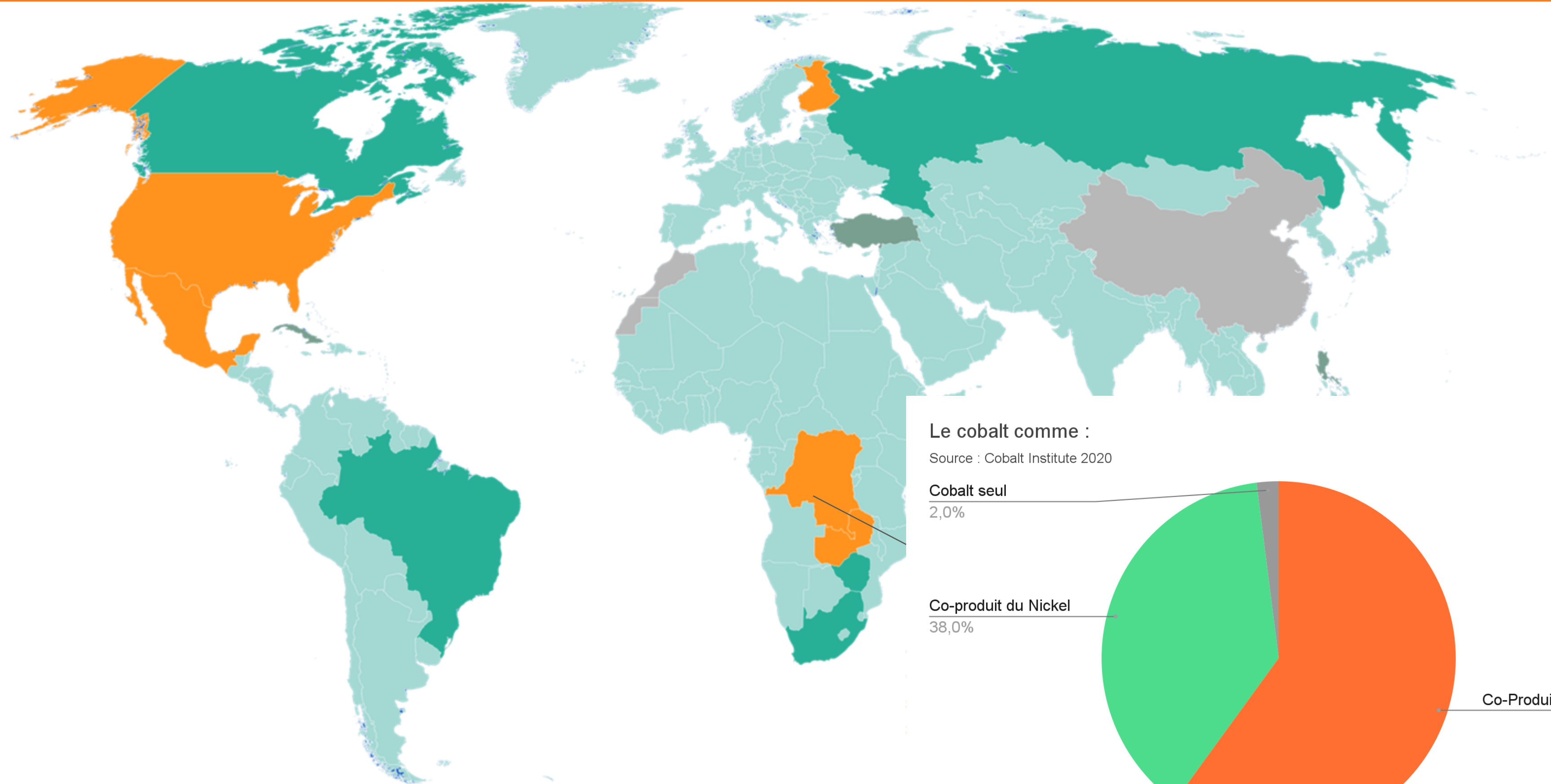
■ Réserves nationales de cobalt en tonnes

x% Part de la production mondiale

x% Part des réserves mondiales



# Ressources en cobalt par pays producteur minier et type de gisement principal, 2020



## Le cobalt comme :

Source : Cobalt Institute 2020

**Cobalt seul**

2,0%

**Co-produit du Nickel**

38,0%

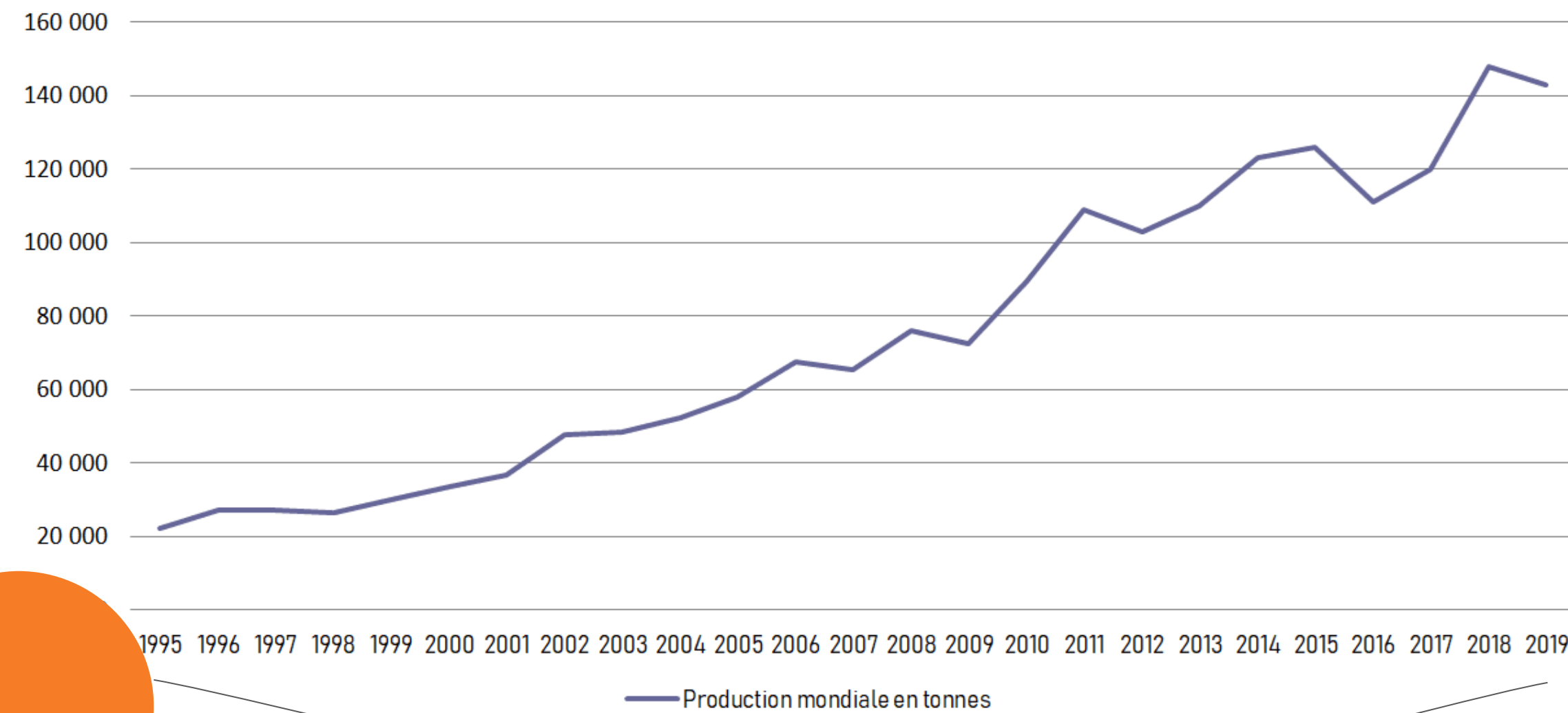
**Co-Produit du Cuivre**

60,0%

# CRITICITE

## La Production de cobalt dans le Monde a été multipliée par plus de 8 entre 1995 et 2021

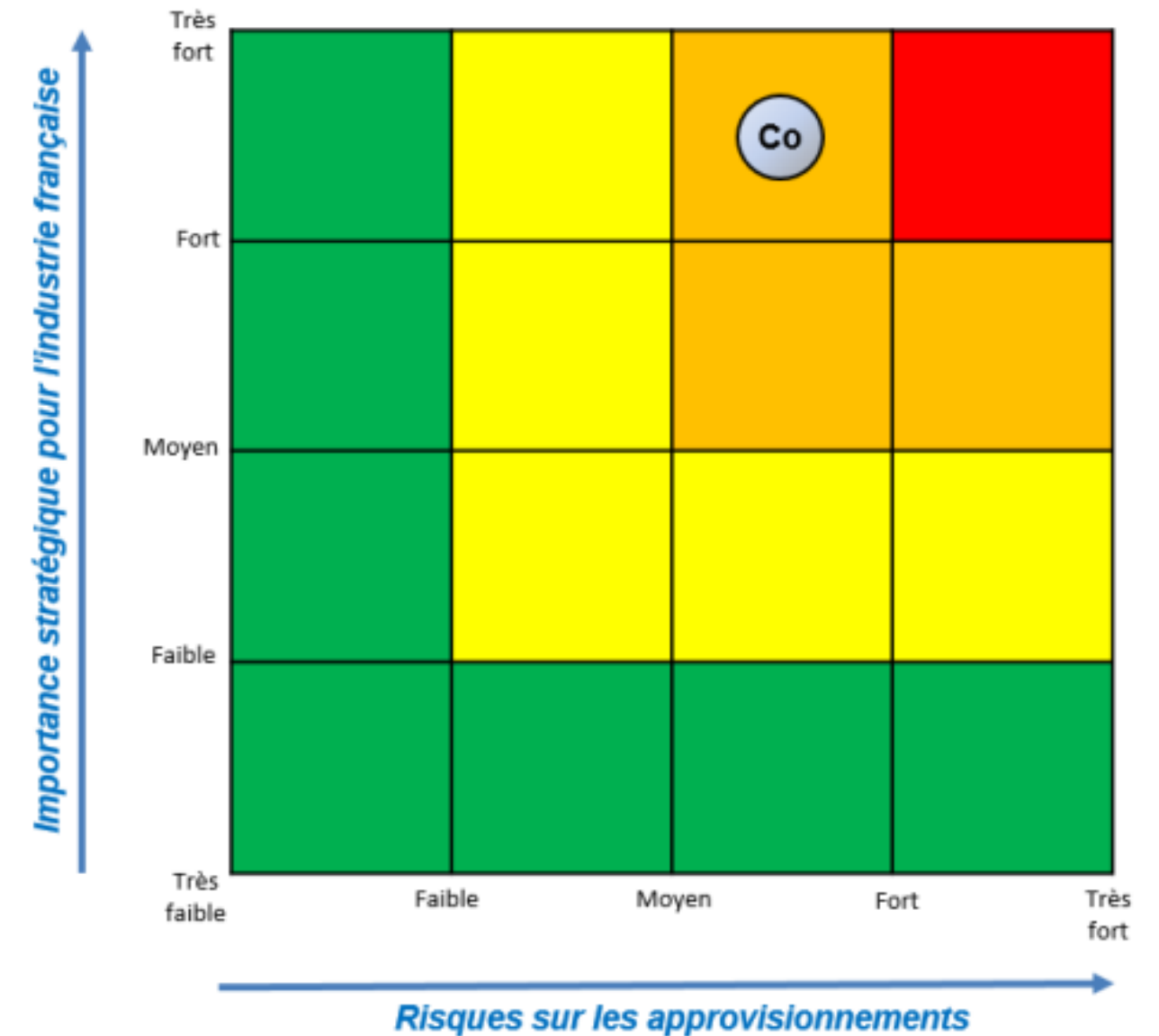
Évolution de la production mondiale de cobalt de 1995 à 2018  
(en tonnes)



x7

Source USGS : 2018

## Positionnement du cobalt



## Importance économique du cobalt

- Haute importance économique du fait des nombreux secteurs d'usages stratégiques, en particulier l'énergie, l'aéronautique, l'industrie de Défense, et l'automobile.

## Risques sur les approvisionnements

- Fort risque sur les approvisionnements lié à de nombreux facteurs : quasi-absence de production sur le territoire national, risques géopolitiques, concentration du marché et forte volatilité des prix.

Source BRGM : 2021



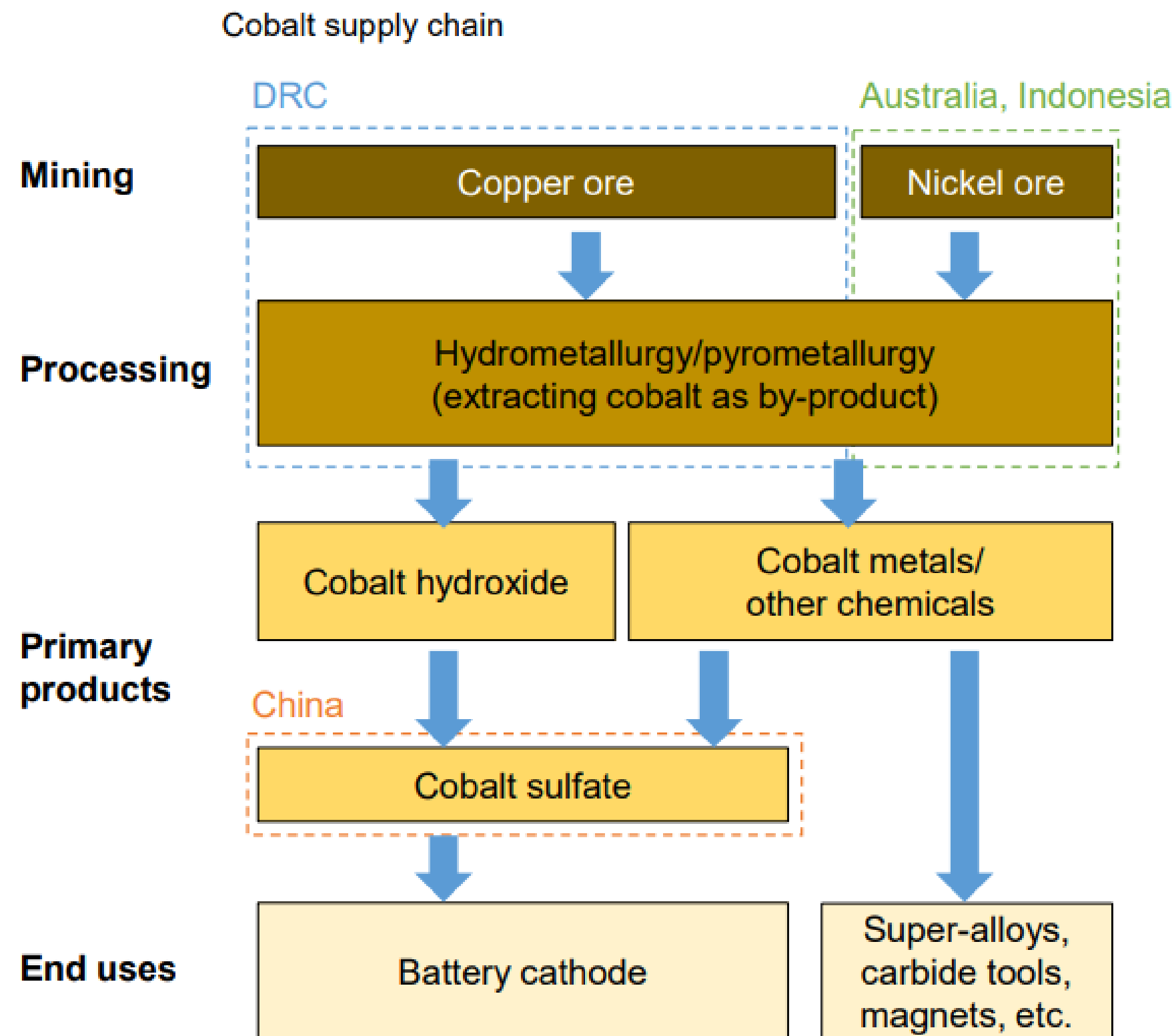
Données  
industrielles

# Métallurgie et séparation du minerais

Type de gisement	Traitement métallurgique
Minerais Cuivre-Cobalt (ex: RDC / Zambie)	Pyrométallurgie puis hydrométallurgie
Minerais oxydés Nickel-Cobalt (ex : Nouvelle-Calédonie)	Pyrométallurgie puis hydrométallurgie Mais de + en + directement par voie hydrométallurgique
Minerais sulfurés de Nickel-Cobalt	Traditionnellement par pyrométallurgie

Comparaison des 2 procédés, pour un traitement de minerais sulfurés Nickel-Cobalt :		
Facteurs	Pyrométallurgie	Hydrométallurgie
Investissement initial en Capital	Elevé	Faible
Production primaire de déchets	Solides et air	Liquides et solides
Taux de réaction chimique	Elevé	Faible
Coûts de production	Faible	Moyen
Niveau de séparations	Faible	Elevé
Continuité du process	Non	Oui

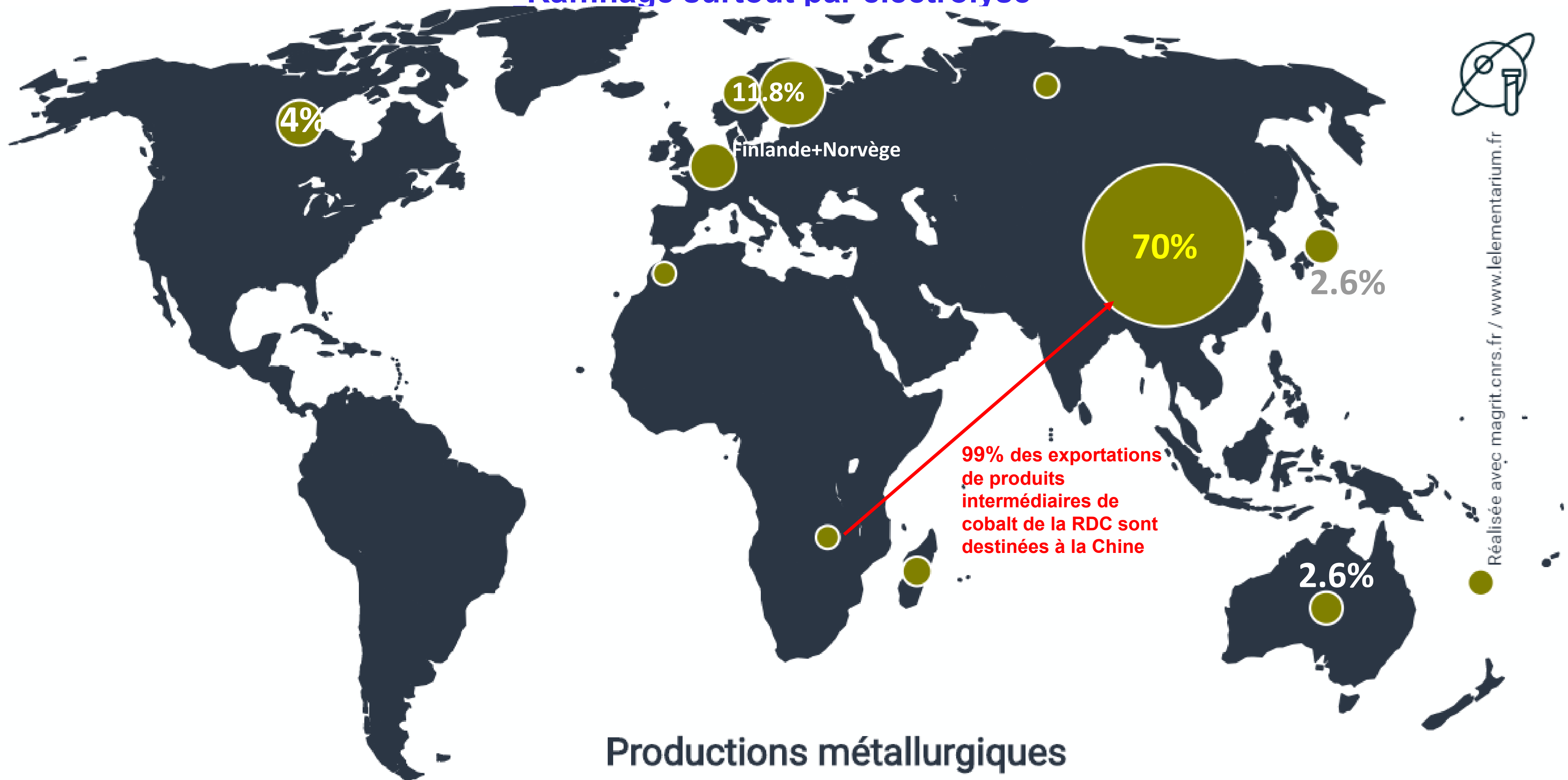
# Métallurgie et séparation du minerai





# Production métallurgique de cobalt primaire cad raffiné\* - 2021 : environ 144 000 t

\*Raffinage surtout par électrolyse





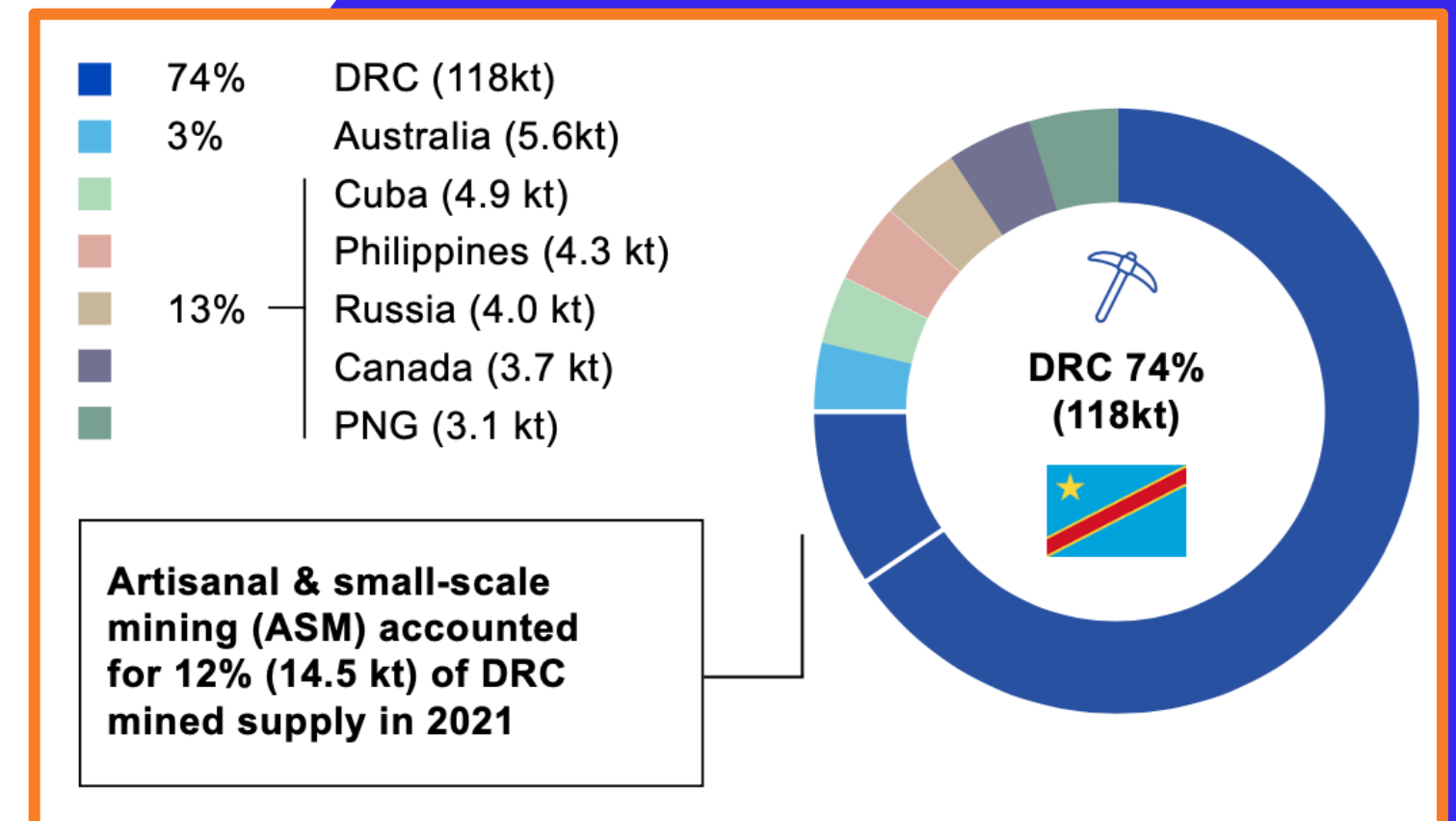
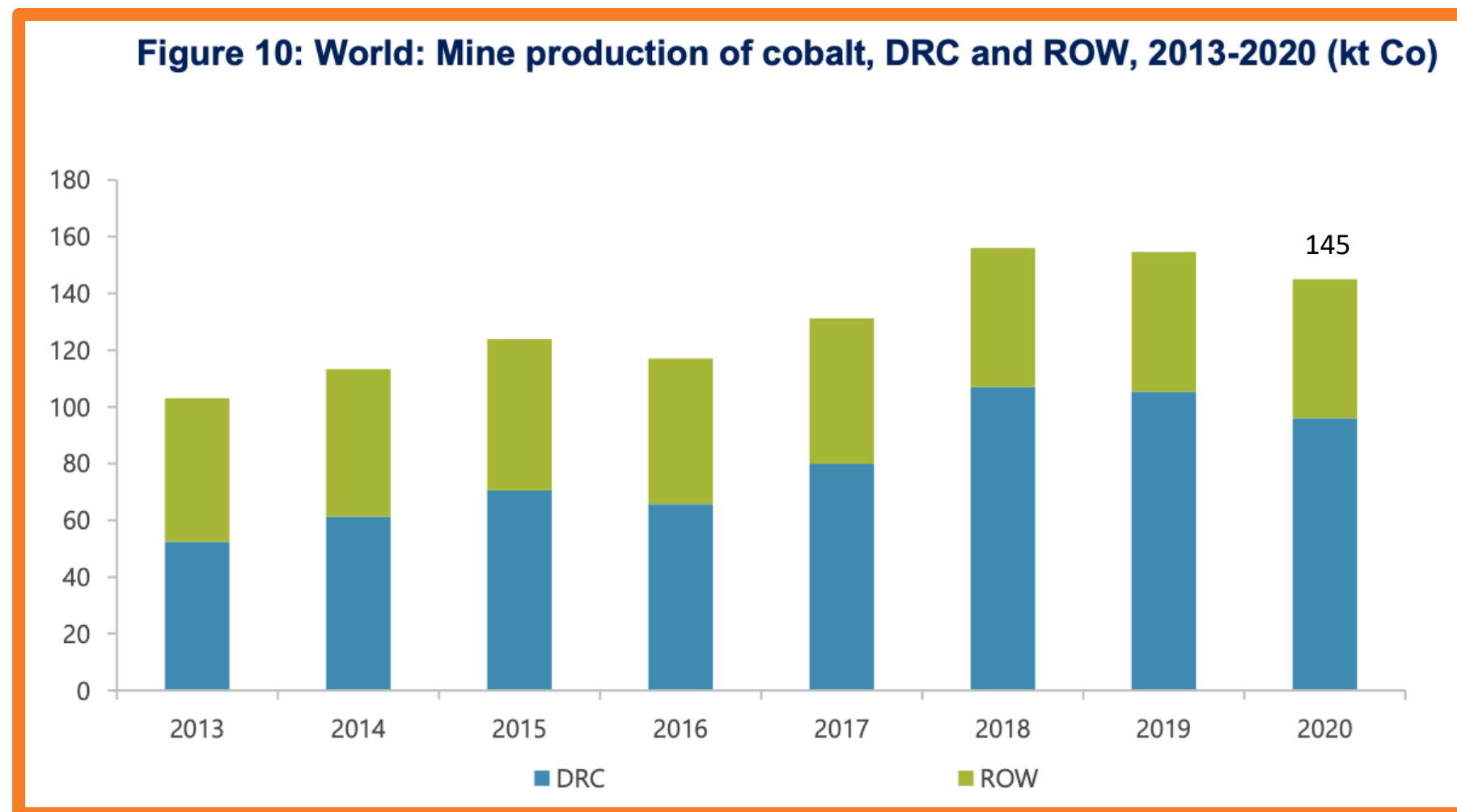
# Le marché du cobalt



# Une **production minière** en forte croissance concentrée en République Démocratique du Congo

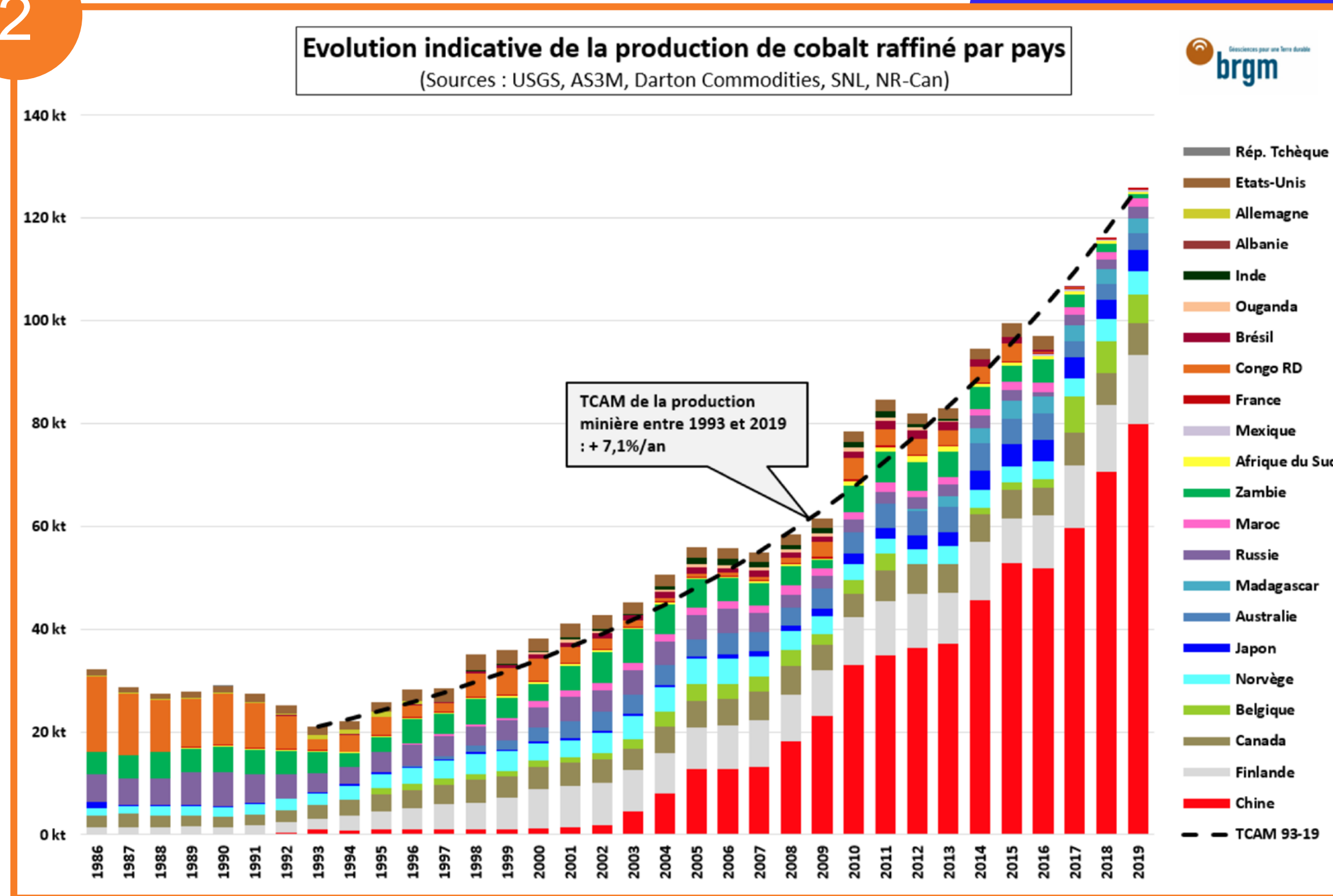
1

- La **production minière** de cobalt : **160 000 tonnes** en 2021
- Croissance sur **10 ans** (2009-2019) : **+ 7,9%** (doublement de la production tous les **10 ans**)



# Une production de cobalt raffiné dominée par la Chine

2



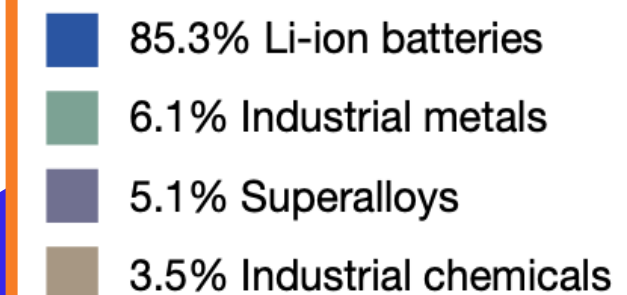
# Une **demande** en forte croissance propulsée par les batteries Li-ion

3

- Demande 2021 : **175 000** tonnes
- Une **croissance à deux chiffres** depuis 2016 (exc. 2020)
- La croissance en 2021 (+22%) est **portée par** la demande en **batteries Li-ion**
- La demande en cobalt pour les batteries Li-ion est dominée par les **BEV** (64% de la croissance 2021)

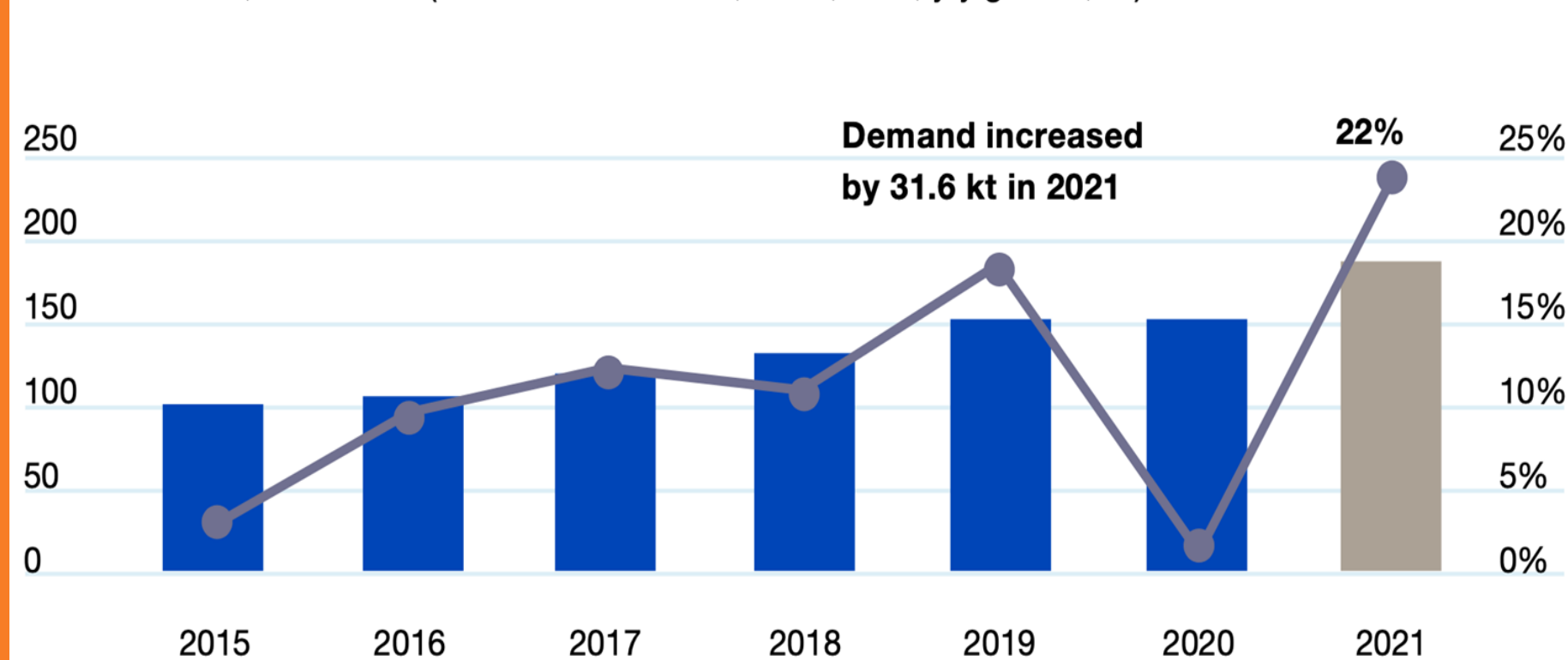
3.2

Share of 2021 growth by end use



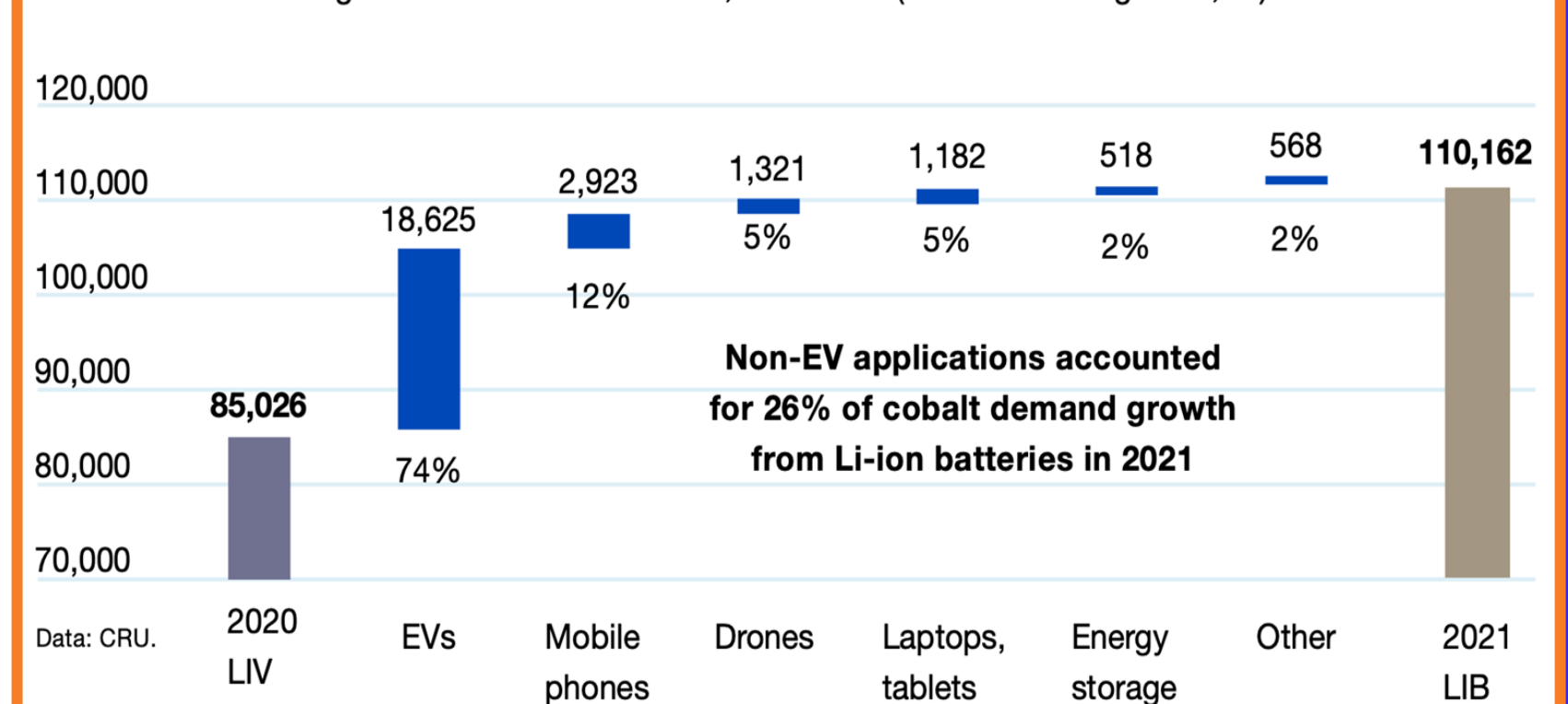
3.1

Cobalt demand, 2015-2021 (LHS: cobalt demand, kt Co; RHS; y/y growth, %)



3.3

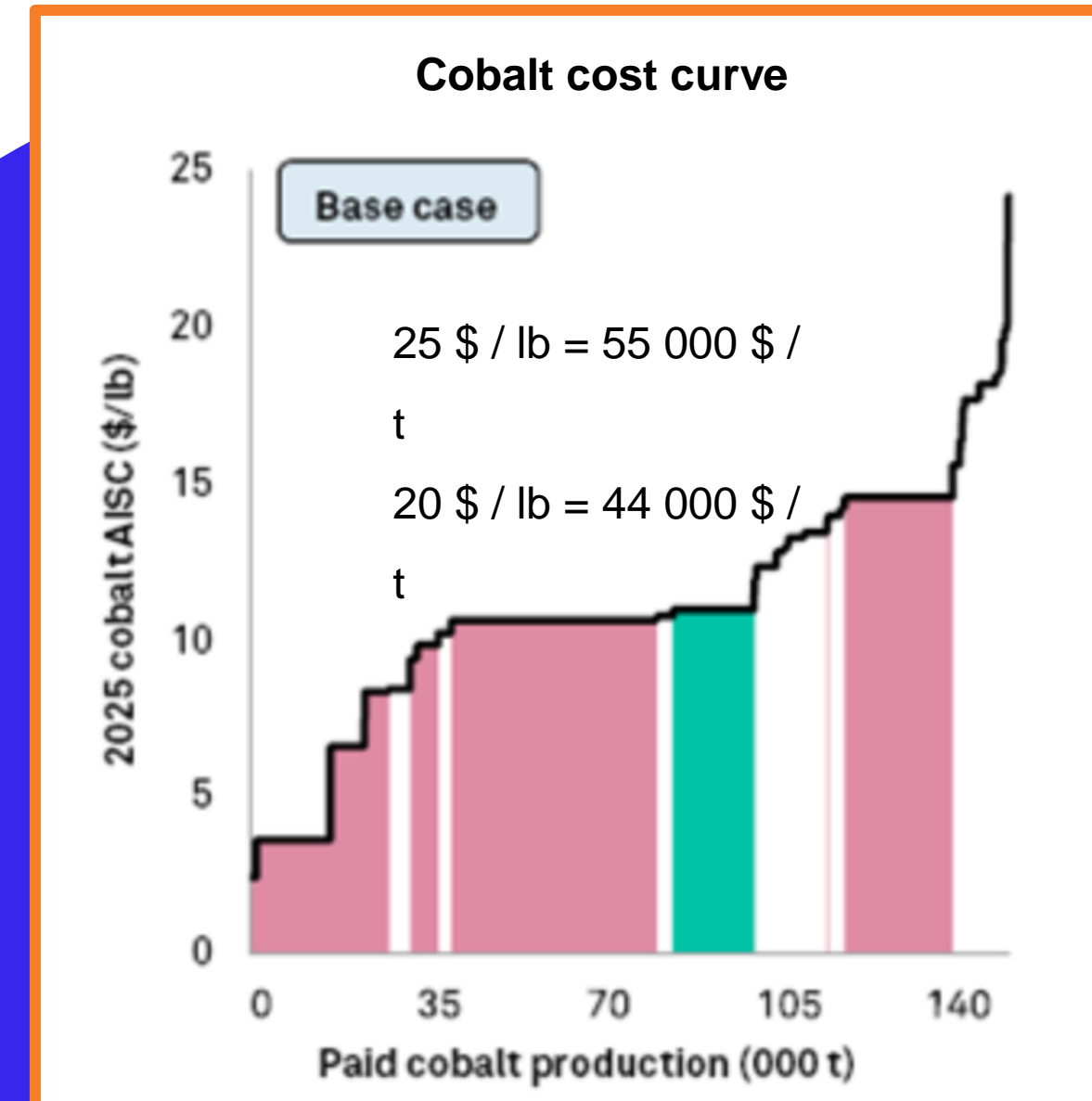
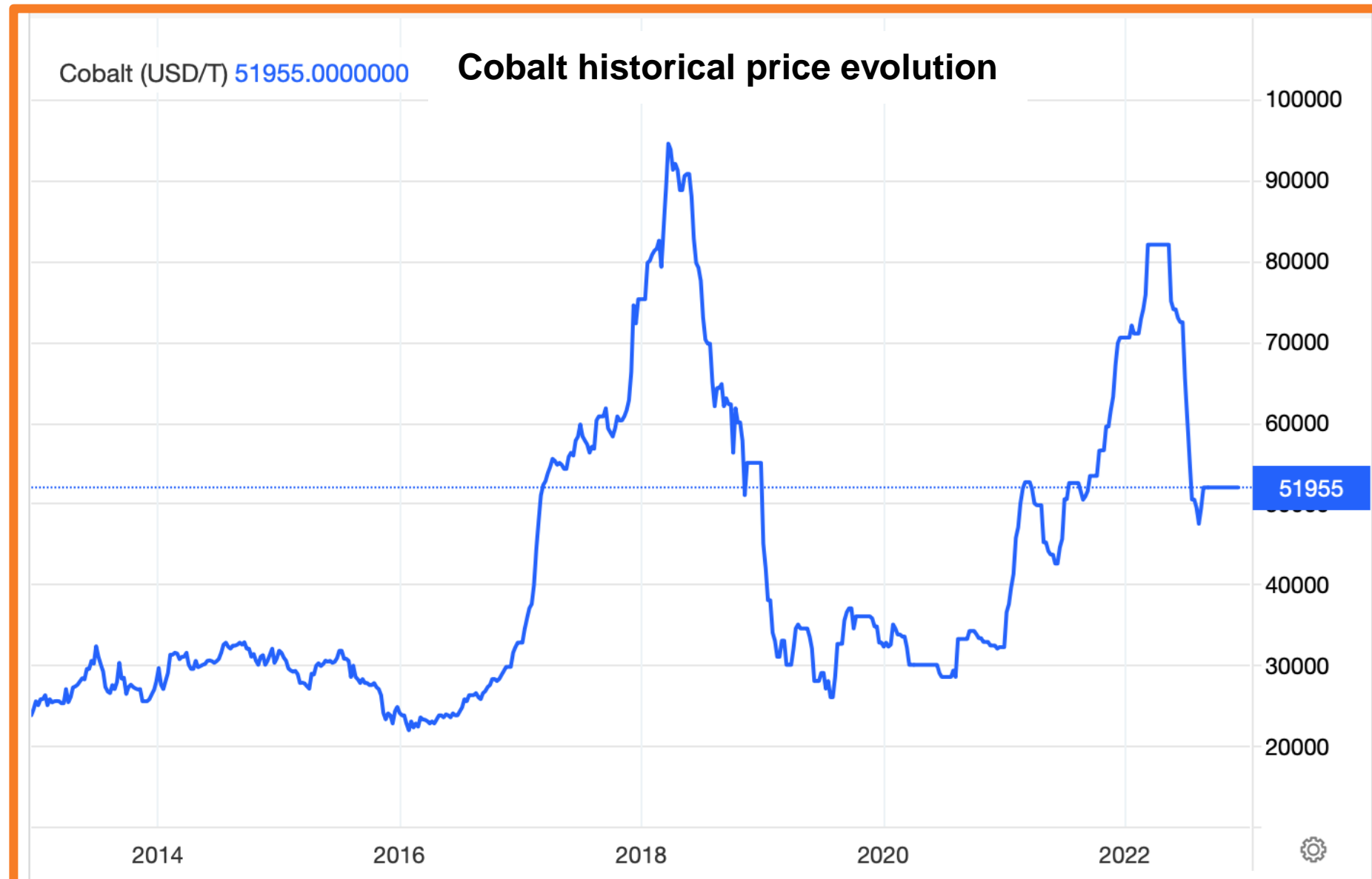
2021 cobalt demand growth from Li-ion batteries, tonnes Co (share of Li-ion growth, %)



# Prix du cobalt et cost curve

4

- Le **marché du cobalt** représente **8,4 bn\$** en **2021** en hausse de **90%** vs. 4,4 bn\$ en 2020
- Les **revenus du cobalt** dans les **mines de cuivre-cobalt africaines** représentait **plus de 25% des revenus** de ces mines en 2020
- Les **prix** sont très **volatils**
- La **forte demande post-covid** (2021) a mené à une forte augmentation des prix (**fly-up**) dû à la **sortie de la cost curve**
- **Correction des prix en 2022** engendré par la **baisse de la demande chinoise** avec les mesures anti-covid



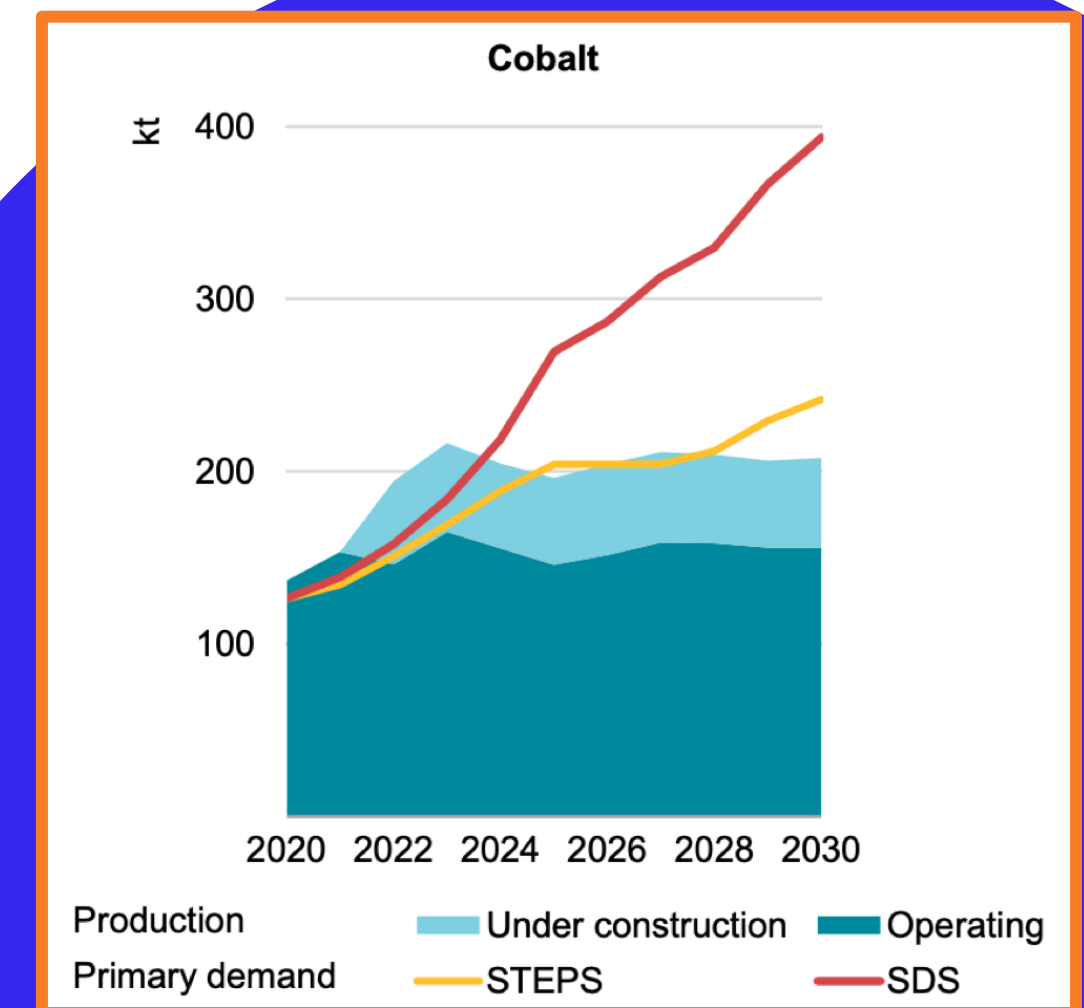
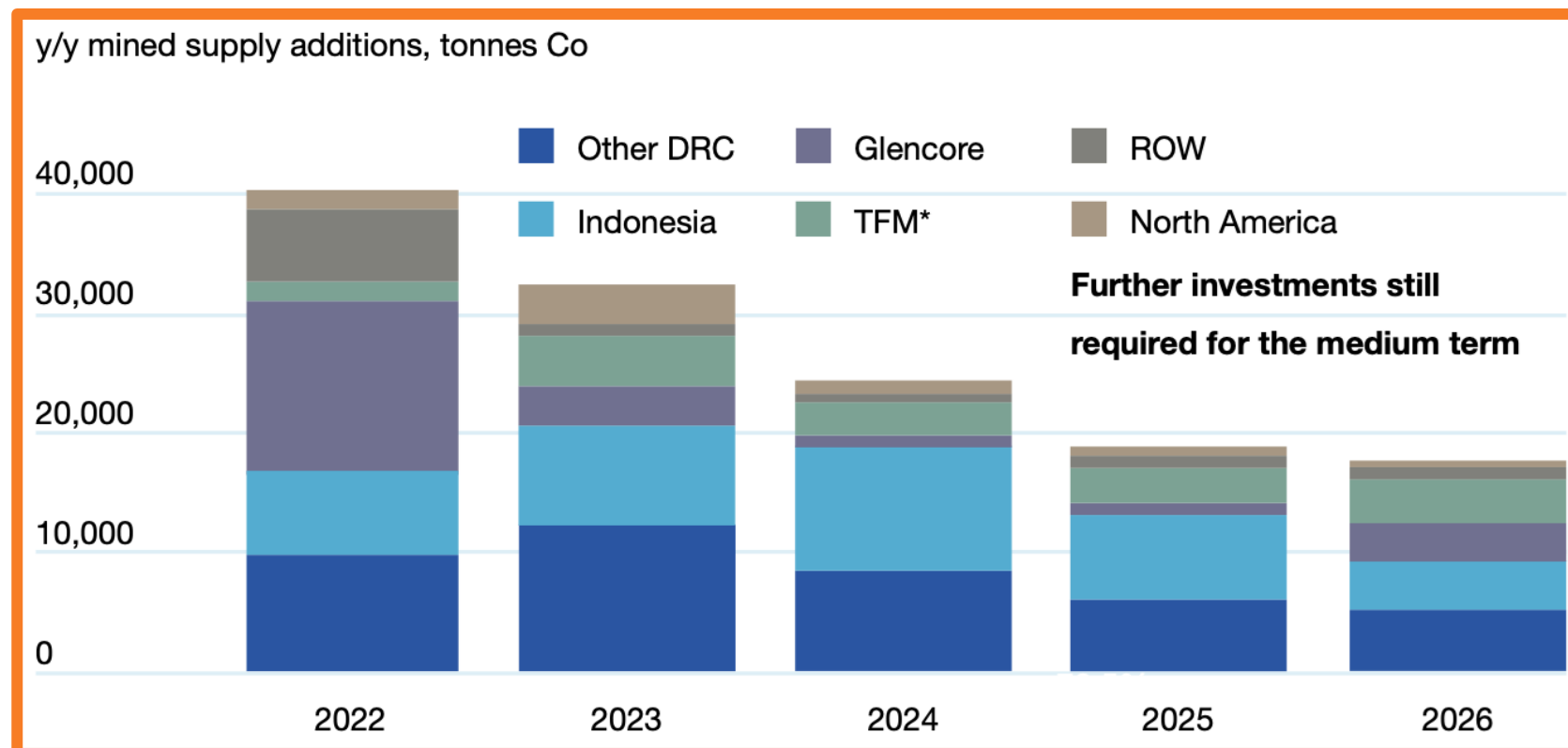
Source : <https://tradingeconomics.com/commodity/cobalt>

<https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/blog/the-cobalt-expansion-drive-is-a-copper-story> (août 2021)

# Les projections : des capacités de production insuffisantes pour la demande à moyen terme

5

- Si on suit la **tendance actuelle** (IEA Stated Policy Scenario – STEPS), les investissements sécurisés aujourd’hui permettraient de **couvrir la demande projetée jusqu’en 2028**
- Dans le **Sustainable Development Scenario** (SDS) de l’IEA, la demande excéderait les capacités de production **dès 2024**
- Selon les modélisations de l’IFPEN, le **ratio de demande cumulé de cobalt sur les ressources** varie de **64% à 83%** en fonction des ambitions climatiques (4°C vs. 2°C) et des hypothèses d’évolution des mobilités (Business as Usual vs. Sobriété)
  - **Ce ratio signifie qu’entre 2013 et 2050 on pourrait consommer jusqu’à 83% des ressources mondiales de cobalt**
- Le cobalt étant un **sous-produit** du cuivre et du nickel à 98%, l’industrie du cobalt **manque d’agilité** pour répondre à l’augmentation de la demande liée à la transition écologique
- Selon le SDS de l’IEA, la **demande** en cobalt en **2030** avoisinerait les **400 kt** (x1,75 vs 2020)

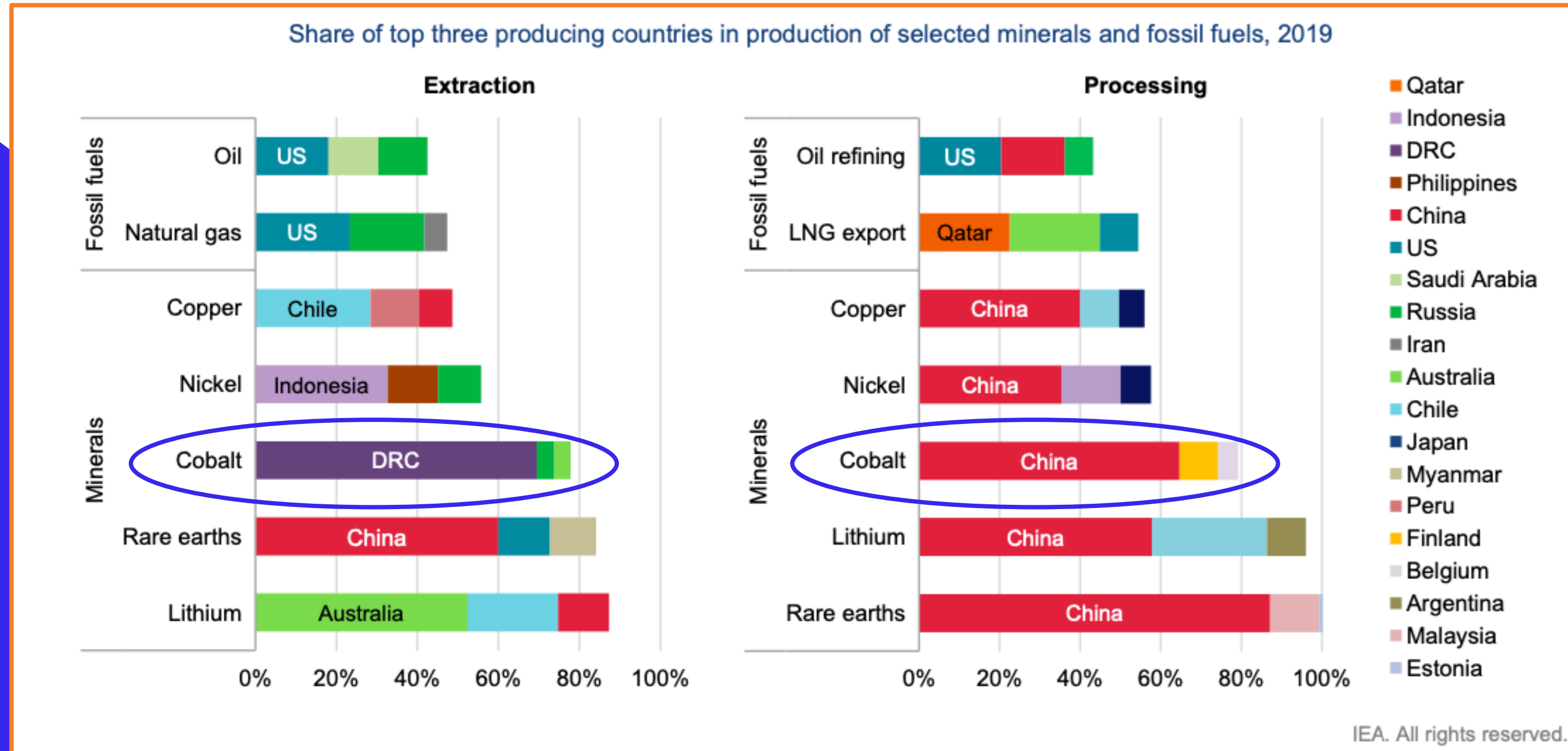




# Enjeux géopolitiques et sociaux



# La Chine a la mainmise sur le raffinage du cobalt



# La République Démocratique du Congo



Proclamation de  
l'indépendance du  
Congo belge en **1960**

Une des nations les plus  
pauvres du monde :  
en 2021 **≈ 60 % de la  
population** vivait avec  
**< 2.15 dollars par jour**  
Un des premiers pays  
mondiaux pour la **richesse  
de son sous-sol...**

**>100** millions d'habitants  
**3ème** pays le plus peuplé  
d'Afrique  
**> 25 ans** de guerres dans  
l'Est du pays



20% de la production minière de la RDC provient des mines artisanales

Selon le Code Minier l'exploitant artisanal est autorisé à exploiter «toute substance minérale présente dans les zones d'exploitation artisanale (ZEA) définies et déterminées par le Ministre des Mines».

# De nombreux scandales secouent le marché du cobalt en RDC

LesEchos



CONNEXION

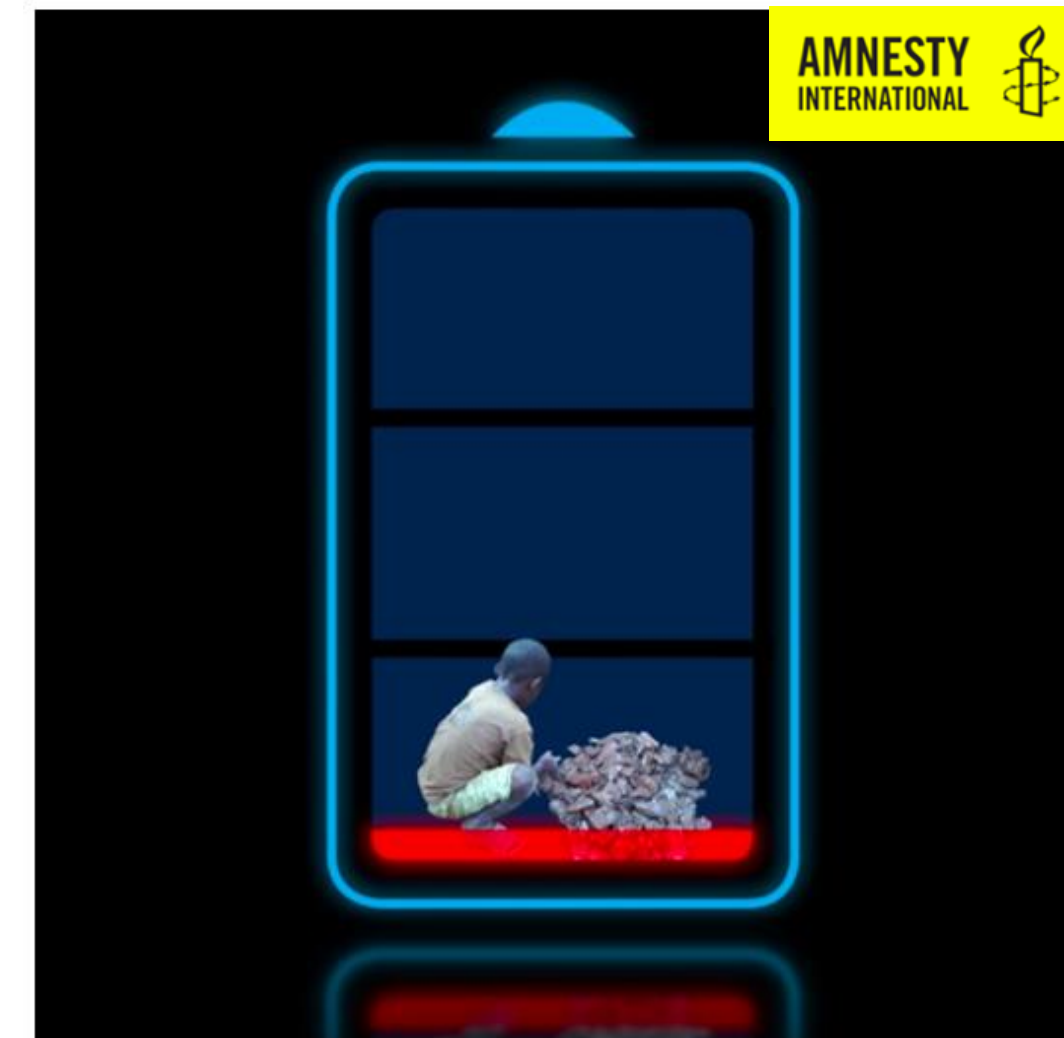
Idées Économie Politique Entreprises Finance - Marchés Monde Bourse Tech-Médias Start-up Régions Patrimoine Le Mag W-E

## Le géant chinois du cobalt tourne le dos aux mines artisanales du Congo 🇨🇩

Face à la pression de ses clients, le premier producteur de cobalt en Chine a décidé de cesser les achats de minerai auprès de mines artisanales. La République Démocratique du Congo produit 60 % du métal dans le monde. Environ un tiers des mines sont « artisanales », où le travail d'enfants et les accidents sont réguliers.

Par **Étienne Goetz**

Publié le 28 mai 2020 à 17:35



**LE TEMPS EST VENU DE RECHARGER DES BATTERIES « PROPRES »**

## NEWS

[Home](#) | [War in Ukraine](#) | [Coronavirus](#) | [Climate](#) | [Video](#) | [World](#) | [UK](#) | [Business](#) | [Tech](#) | [Science](#)[Business](#) | [Market Data](#) | [New Economy](#) | [New Tech Economy](#) | [Companies](#) | [Technology of Business](#)

# DR Congo: Miner Glencore pays \$180m in latest corruption case

🕒 2 days ago

- 180 millions qui couvrent de manière générale toute réclamation en justice présentes et futures concernant des actes présumés de corruption pour la période 2007-2018
- **Glencore** a effectué des paiements à une société affiliée à **Dan Gertler** malgré des sanctions américaines envers ce dernier
- Gertler est un homme d'affaires israélien particulièrement proche de l'ancien président congolais **Joseph Kabila** auquel on reproche d'avoir acquis des actifs miniers auprès d'entités étatiques à des rabais considérables

# Une filière plus responsable en RDC est-elle possible?



# Un autre rapport de forces est-il envisageable ?



Australie : **17,5%** de réserves de cobalt



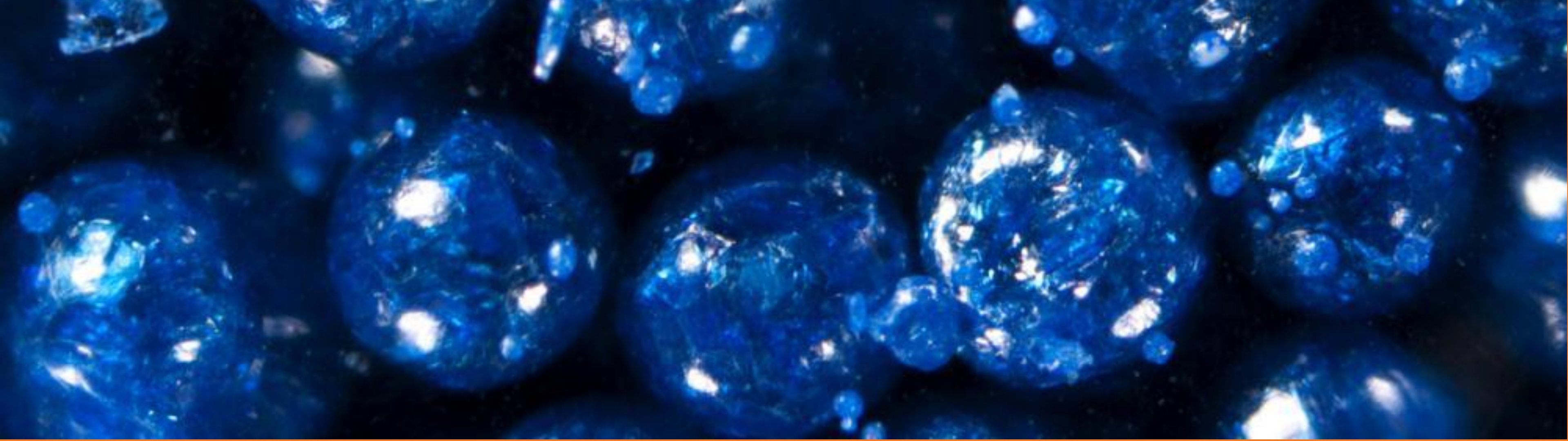
RDC **49,5%**



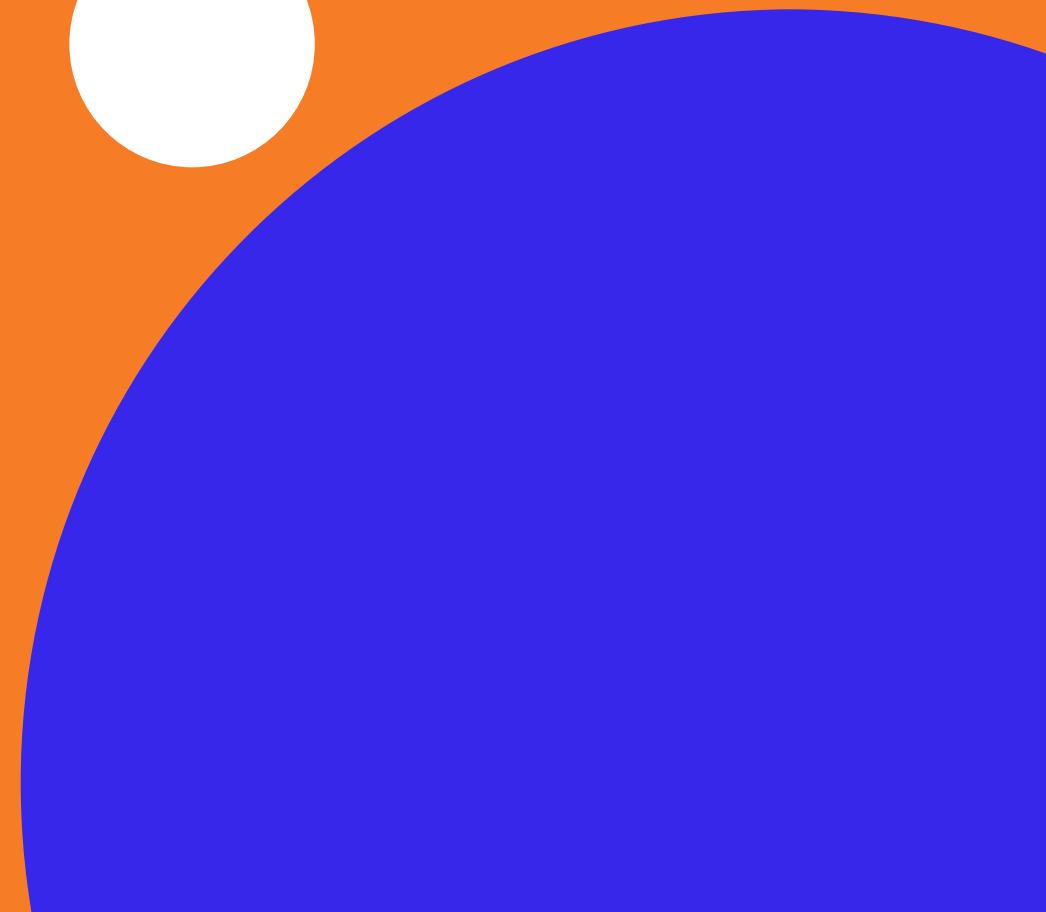
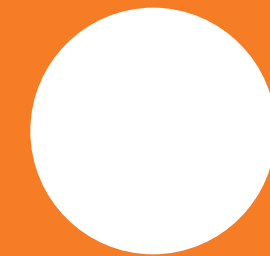
Finlande : **10%** de production de cobalt raffiné



Chine **63,5%**



# Le recyclage du cobalt





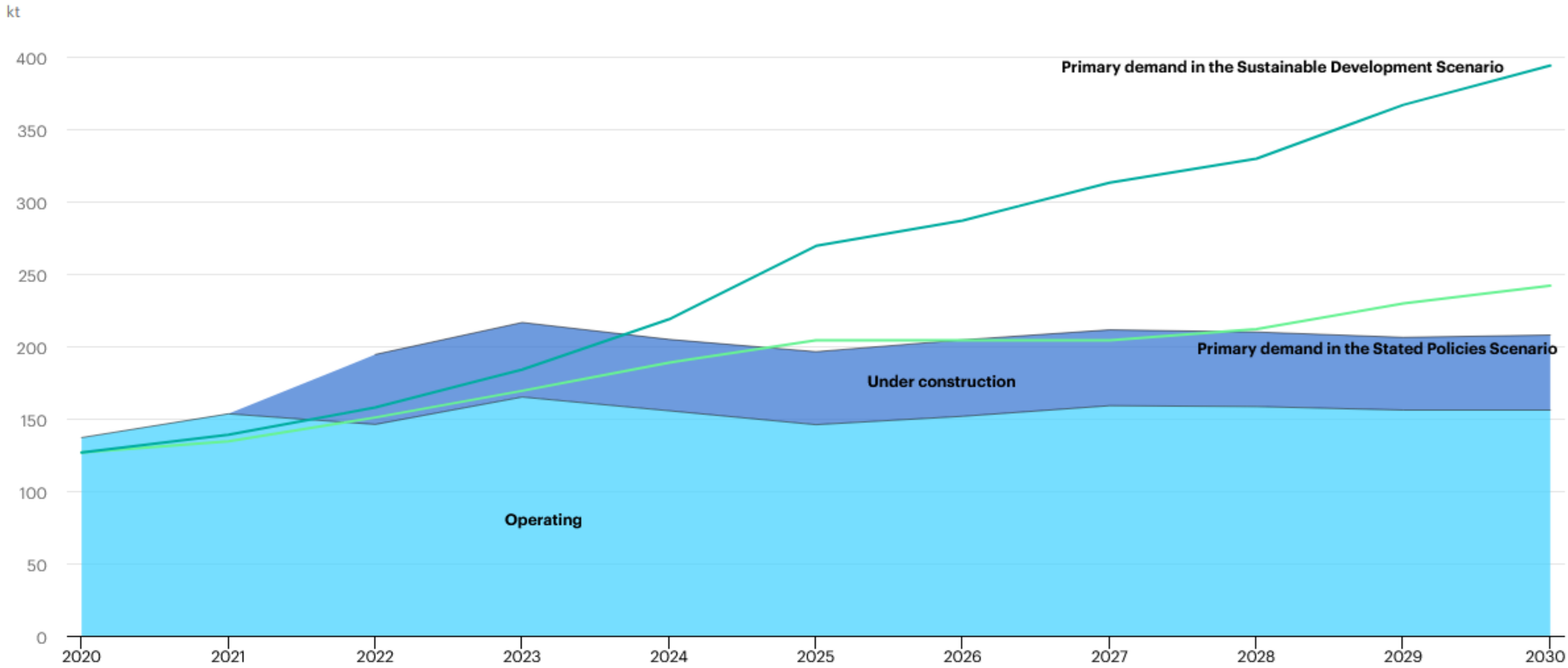


## L'évolution de la demande

Entre aujourd'hui et 2050 au niveau mondial, sans politique publique, on pourrait consommer 83% des ressources mondiales de cobalt.

D'après le Scénario de Développement Durable de l'AIE (SDS), la prévision de croissance moyenne de la demande en cobalt d'ici à 2040 est 5 fois supérieure aux niveaux atteints dans les années 2010.

# L'évolution de la demande



IEA. Licence: CC BY 4.0

# Recyclage du cobalt : de quoi parle-t-on ?

01

“New Scrap” : les chutes de fabrication, majoritairement recyclées. Boucles courtes.

02

“Old scrap” : produits en fin de vie, retraités pour la récupération du cobalt.

**Pyrométallurgie** : permet de récupérer efficacement le cobalt (ainsi que le nickel et le cuivre), mais émet des GES et demande de grands apports d'énergie.

**Hydrométallurgie** : suivie d'un procédé chimique, permet notamment de récupérer le cobalt, le lithium et le nickel.

2 procédés employés notamment par Umicore (Belgique) et JX Nippon Mining and Metals (Japon).

Brunp (Chine) et Valdi (France) emploient les technologies mécaniques et hydrométallurgiques.

# Les chiffres clés du recyclage du cobalt

01

Désaccord sur les chiffres : de 10kt (Roskill, 2017) à 25 kt (UNEP) d'approvisionnement du marché en cobalt secondaire.

Aux États-Unis, en 2021, le recyclage pourrait avoir représenté 24 % de la consommation.

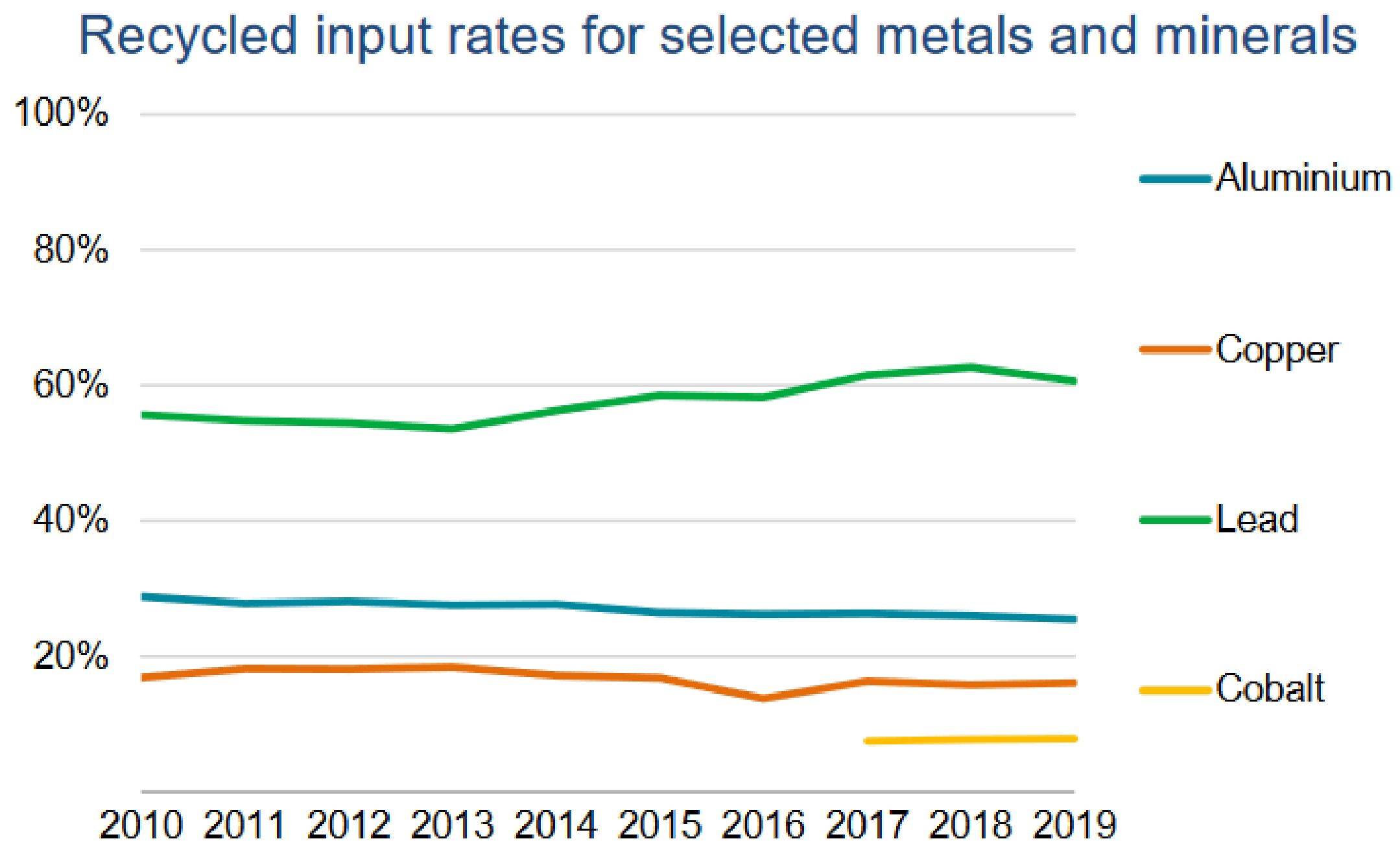
02

Taux de recyclage en fin de vie : 58% pour l'UNEP, 35% pour la Commission Européenne.

03

Marché du cobalt secondaire (2020) : concerne en majorité des batteries recyclées (65 %), puis des carbures cémentés (composites à matrice métallique, base cobalt) (21%), des superalliages et aimants (9%), enfin des catalyseurs (4 %).

## Taux de minerais secondaires dans la production de minerais raffinés



IEA. All rights reserved.

Notes: Share of secondary production in total refined product consumption. Does not include scrap volumes that are reused in end-use applications.  
Source: World Bureau of Metal Statistics (2020).

## Durée de vie et taux de recyclage des produits contenant du cobalt

<b>Application</b>	<b>Durée de vie (années)</b>	<b>Taux de recyclage (%)</b>
<b>Superaliages</b>	5	90
<b>Catalyseurs</b>	2-8	0-89
<b>Batteries</b>	2,5-8	10-90
<b>Aimants permanents</b>	5	10
<b>Carbures cimentés</b>	1	15-75
<b>Chimiques et autres</b>	1	-

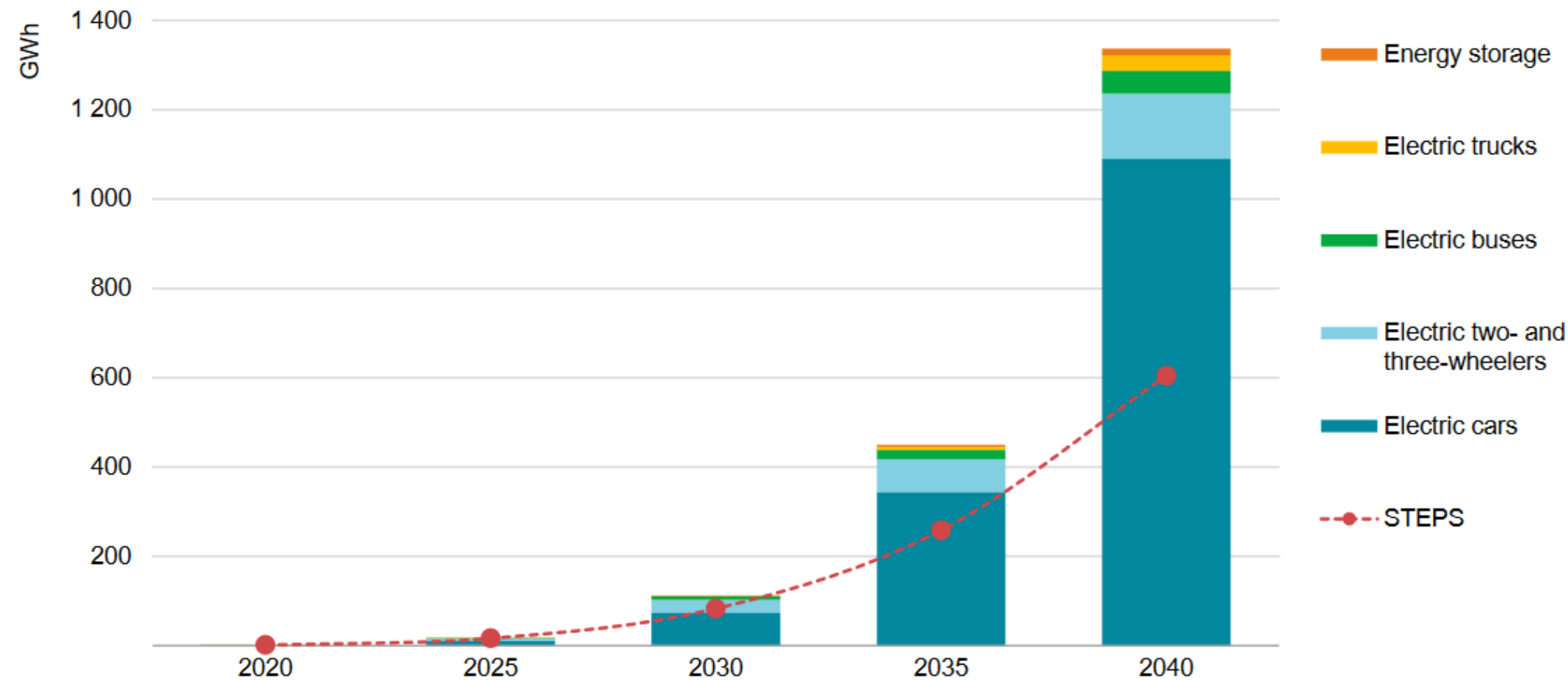
Alveas et alii, 2018

RQ : il est compliqué d'obtenir des chiffres sur la qualité du cobalt issu de ce recyclage, et de savoir s'il peut être retrouvé dans les mêmes applications.

# Enjeux du recyclage du cobalt

**Battery recycling:** The amount of spent EV and storage batteries reaching the end of their first life is expected to surge after 2030, reaching 1.3 TWh by 2040 in the SDS

Amount of spent lithium-ion batteries for EVs and storage by application in the SDS



Note: GWh = gigawatt hour.

IEA. All rights reserved.

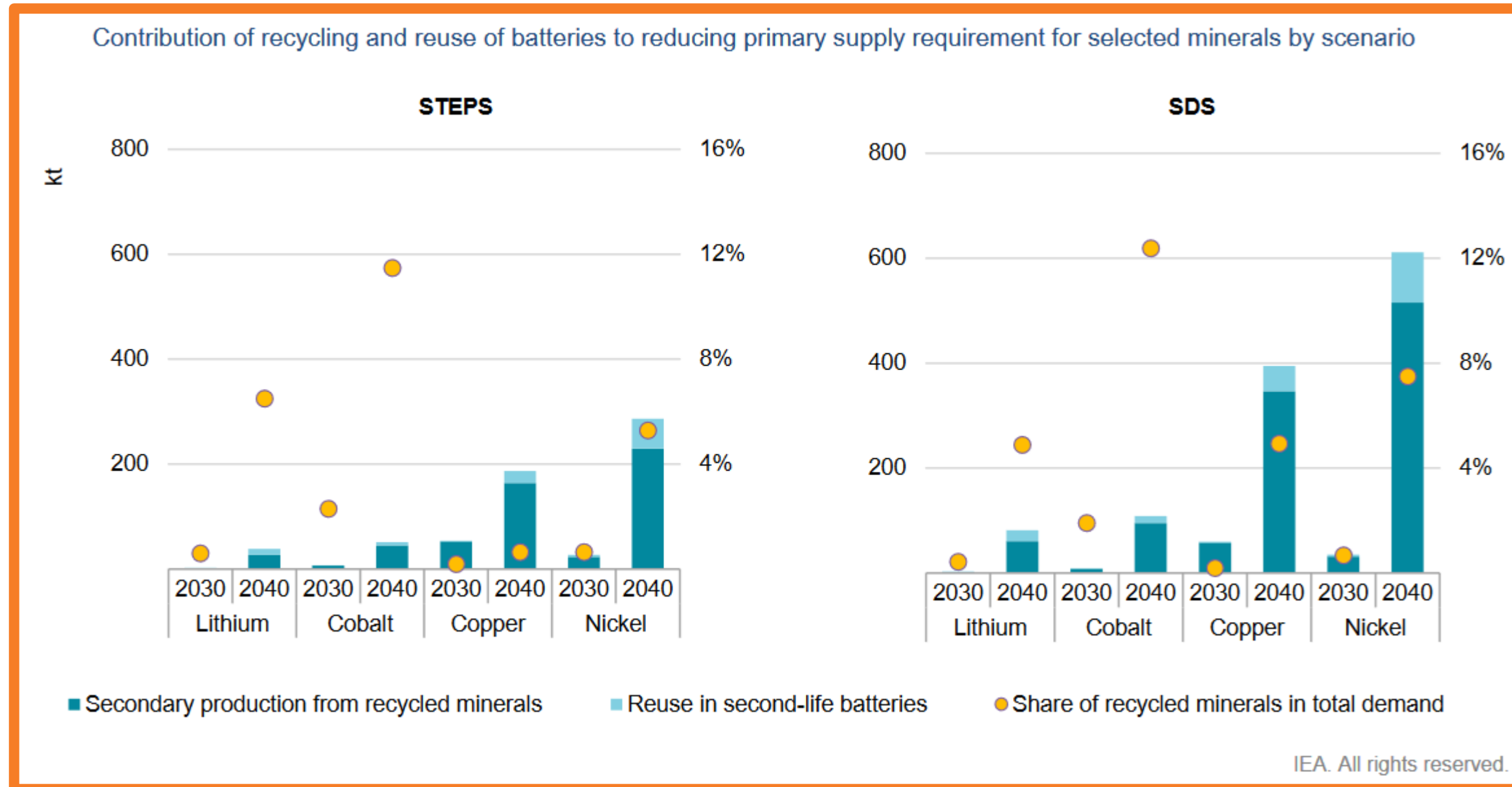
## Opportunité :

- environnementale (économies d'énergie)
- économique (création d'emplois et de valeur)
- stratégique (disponibilité sur le territoire des ressources minières à réinjecter)

## Enjeu majeur :

- Recyclage impératif face à la demande croissante et aux ressources limitées
- Disponibilité incertaine due à la nature de co-produit du cobalt

# Le recyclage du cobalt dans le Scénario de Développement Durable de l'AIE



→ Un taux d'emploi de cobalt secondaire supposé passer de 2 à 12%, la proportion la plus élevée

→ Une proportion qui varie peu d'un scénario à l'autre : scénario SDS : plus de recyclage mais plus de besoins dans une économie plus électrifiée

→ Limites du modèle ? Quelles politiques publiques sont envisagées ?



# Enjeux géopolitiques autour du recyclage

Prépondérance chinoise sur le marché du recyclage :

Capacités actuelles de recyclage = **180 kt/an**.

La Chine représente la moitié des capacités de traitement et a annoncé pouvoir atteindre les 1000kt/an (IEA).

**Umicore**, entreprise belge, est l'un des seuls acteurs européens d'envergure internationale engagé dans le recyclage.

→ En 2017, la Commission Européenne a lancé l'Alliance Européenne des Batteries, qui regroupe plus de 750 participants publics et privés.



# Conclusion

Face aux prévisions de demande en cobalt durant la 1ère moitié du XXIème siècle, l'économiste de l'IFPEN Emmanuel Hache identifie trois leviers à actionner :

- Recyclage du cobalt
- Mobilités soutenables
- Technologie et sobriété : permet de passer de 83% à 64% des ressources épuisées

# Sources

<https://lelementarium.fr/element-fiche/cobalt/>

<https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>

Le Monde, podcast “Chaleur humaine”, “La voiture électrique va-t-elle nous sortir du pétrole”, 29 novembre 2022

IFP Energies nouvelles, Podcast “Les métaux dans la transition énergétique”, avec Emmanuel Hache

<https://eurometaux.eu/media/jmxf2qm0/metals-for-clean-energy.pdf>

<https://www.ifri.org/fr/publications/etudes-de-lifri/recyclage-batteries-lithium-ion-un-enjeu-strategique-lalliance>

<https://www.argusmedia.com/en/news/1914827-neometals-advances-battery-recycling-strategy?backToResults=true>

<https://tradingeconomics.com/commodity/cobalt>

<https://www.faircobaltalliance.org/fr/>

[Cobalt Institute \(CI\)](#), 18 Jeffries Passage, Guildford, Surrey, GU1 4AP, Royaume Uni.

A.S. Audion, C. Hocquard, J.P. Labbé, J.J. Dupuy, « [Panorama mondial 2013 du marché du cobalt](#) », rapport public, BRGM/RP-63626-FR, mai 2014.J.

G. Levebvre et M. Leguériel, “[Fiche de criticité – Cobalt](#)”, BRGM, COMES, janvier 2021.

« [La structure traditionnelle du marché du cobalt est bouleversée par les besoins de la mobilité électrique](#) », MinéralInfo, BRGM, décembre 2018.

P. Alves Dias et al, « [Cobalt : demand-supply balances in the transition to electric mobility](#) » JRC Science for Policy Report, European Commission, 2018.

S. van den Brink et al, « [Identifying supply risks by mapping the cobalt supply chain](#) », Resources, Conservation and Recycling, 156, mai 2020.

<https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/article/cobalt-transition-energetique-quels-risques-dapprovisionnement>

<https://actualite.cd/2022/11/28/la-rdc-construit-la-plus-grande-usine-de-transformation-du-cobalt-au-monde>

<https://www.cobaltinstitute.org/resource/state-of-the-cobalt-market-report-2021/>

<https://www.iea.org/search?q=cobalt>

<https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/commodity-statistics-and-information#C>

<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC112285>

<https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/blog/the-cobalt-expansion-drive-is-a-copper-story>

<https://www.cobaltinstitute.org/responsible-sourcing/cobalt-value-chain-mapping/#>

<https://investingnews.com/daily/resource-investing/battery-metals-investing/cobalt-investing/top-cobalt-producing-companies/>

[https://www.cobaltinstitute.org/wp-content/uploads/2022/05/FINAL\\_Cobalt-Market-Report-2021\\_Cobalt-Institute-3.pdf](https://www.cobaltinstitute.org/wp-content/uploads/2022/05/FINAL_Cobalt-Market-Report-2021_Cobalt-Institute-3.pdf)

# Sources

- LE COBALT DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE : QUELS RISQUES D'APPROVISIONNEMENTS ?, ifp Energies nouvelles, 12.11.2020, <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/article/cobalt-transition-energetique-quels-risques-dapprovisionnement>
- Cobalt, Carte mentale, Eu Universalis.fr, <https://www.universalis.fr/encyclopedie/cobalt/3-proprietes/>
- LE COBALT : UN MATÉRIEL AUX PROPRIÉTÉS SURPRENANTES – CARACTÉRISTIQUES (PARTIE 2), Metallurgical resources, May 15, 2019, <https://www.ressourcesmetallurgiques.com/le-cobalt-un-materiel-aux-proprietes-surprenantes-caracteristiques-partie-2/>
- Le cobalt dans la transition énergétique : quels risques d'approvisionnement ?, IFP Energies nouvelles, 2019, <https://youtu.be/UmBmKPrCh8Y>
- Cobalt, L'élémentarium, <https://lelementarium.fr/element-fiche/cobalt/>
- Comment fonctionne une batterie lithium-ion?, Parlons sciences, <https://parlonssciences.ca/ressources-pedagogiques/les-stim-en-contexte/comment-fonctionne-une-batterie-lithium-ion>
- <https://www.banquemonde.org/fr/country/drc/overview>
- L'exploitation minière en RD Congo, Ambassade de France en RD Congo Service Economique
- <https://www.lesechos.fr/finance-marches/marches-financiers/le-geant-chinois-du-cobalt-tourne-le-dos-aux-mines-artisanales-du-congo-1206590>
- <https://www.bbc.com/news/business-63858295>
- <https://www.faircobaltalliance.org/fr/>
- BRGM, Fiche de criticité, Cobalt, janvier 2021