



**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**

UNIVERSITÉ  
D'INGÉNIERIE



# Transition numérique, ressources et aspects internationaux

Sophie Bernard

# Introduction

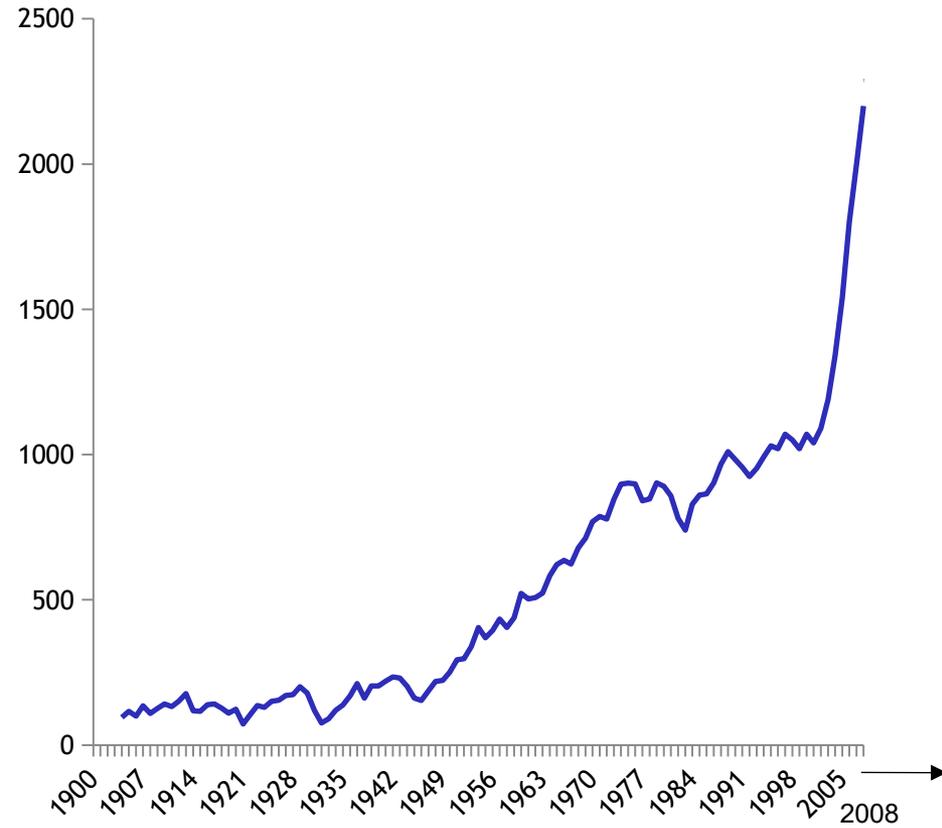
---

- ▶ Demande de ressources : la transition numérique en compétition avec
  - ▶ Transition énergétique
  - ▶ Émergence des pays en développement
    - ▶ Nouvelles routes de la soie
- ▶ Géopolitique des ressources
- ▶ Aux extrémités de la chaîne de valeur
  - ▶ Extraction des ressources
  - ▶ Gestion en fin de vie
- ▶ Pistes de solutions

# Evolution de la consommation mondiale de ressources

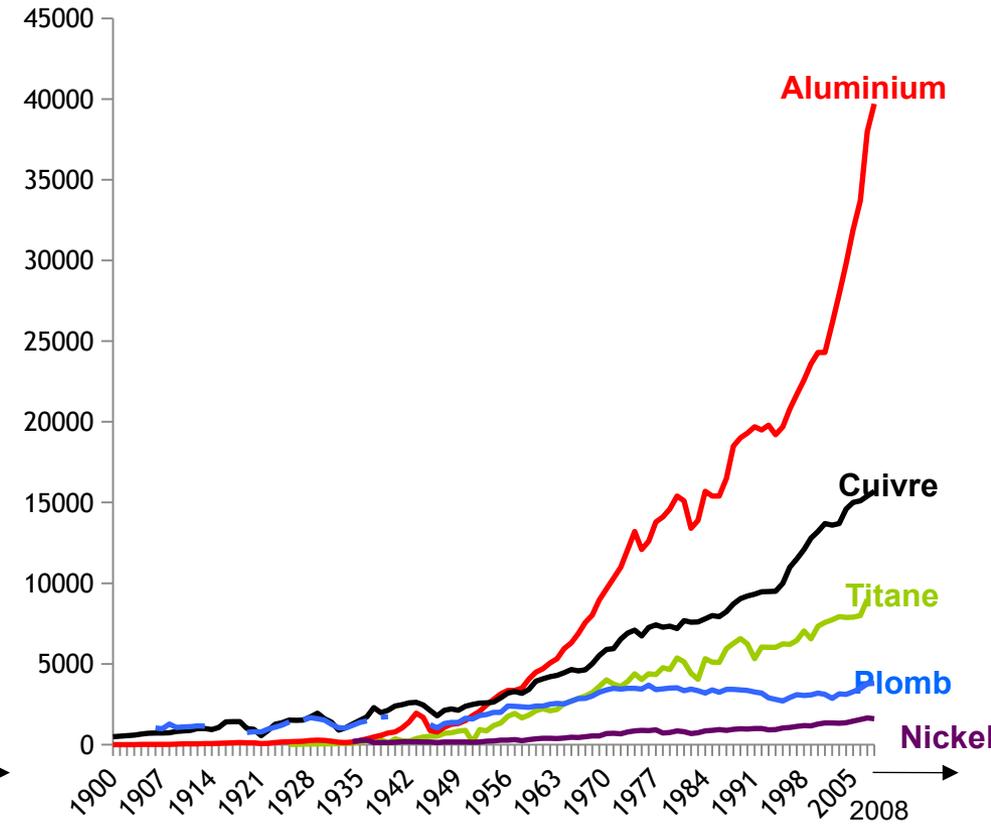
## Minerai de fer

Millions de tonnes

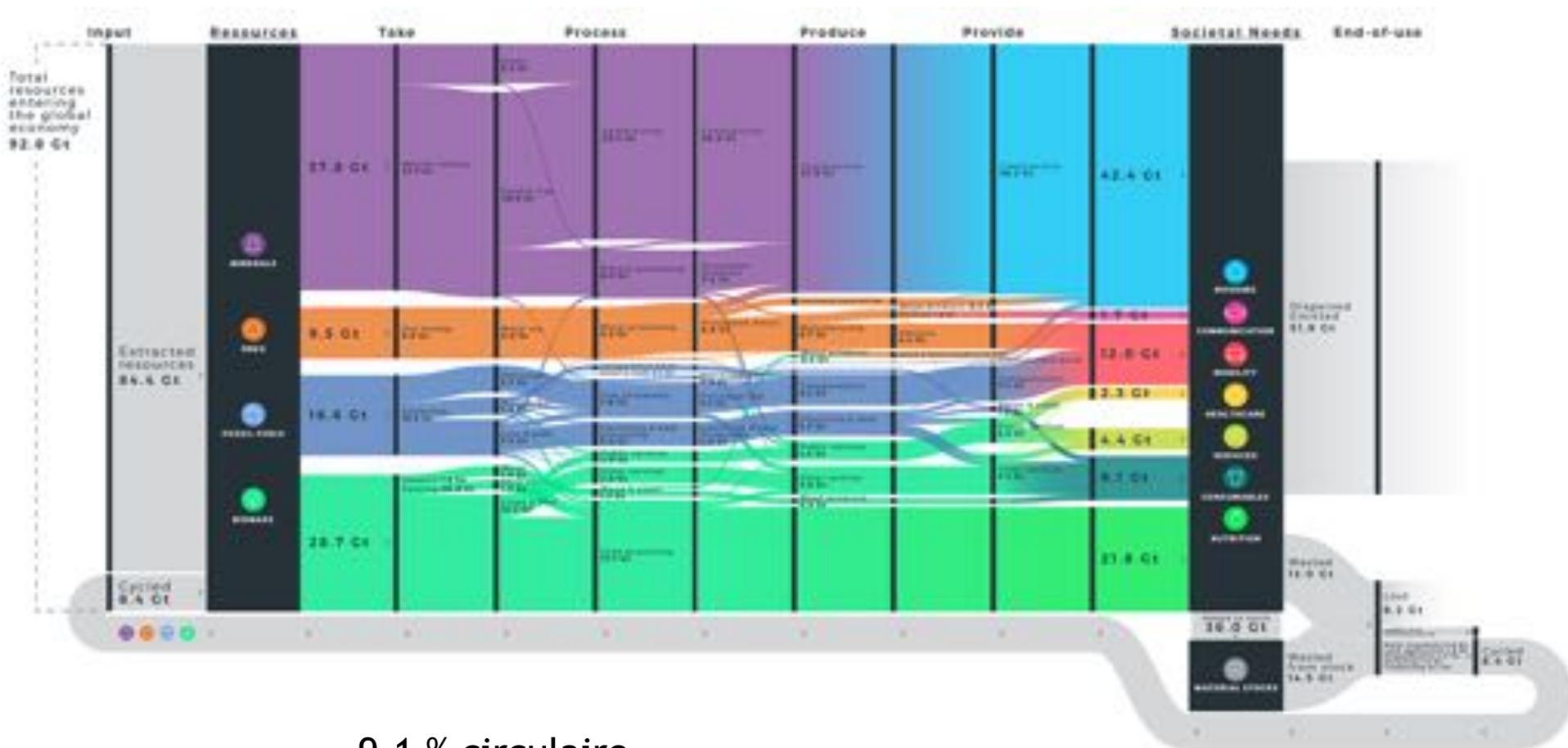


## Grands métaux non ferreux

Milliers de tonnes



# Demande de ressources

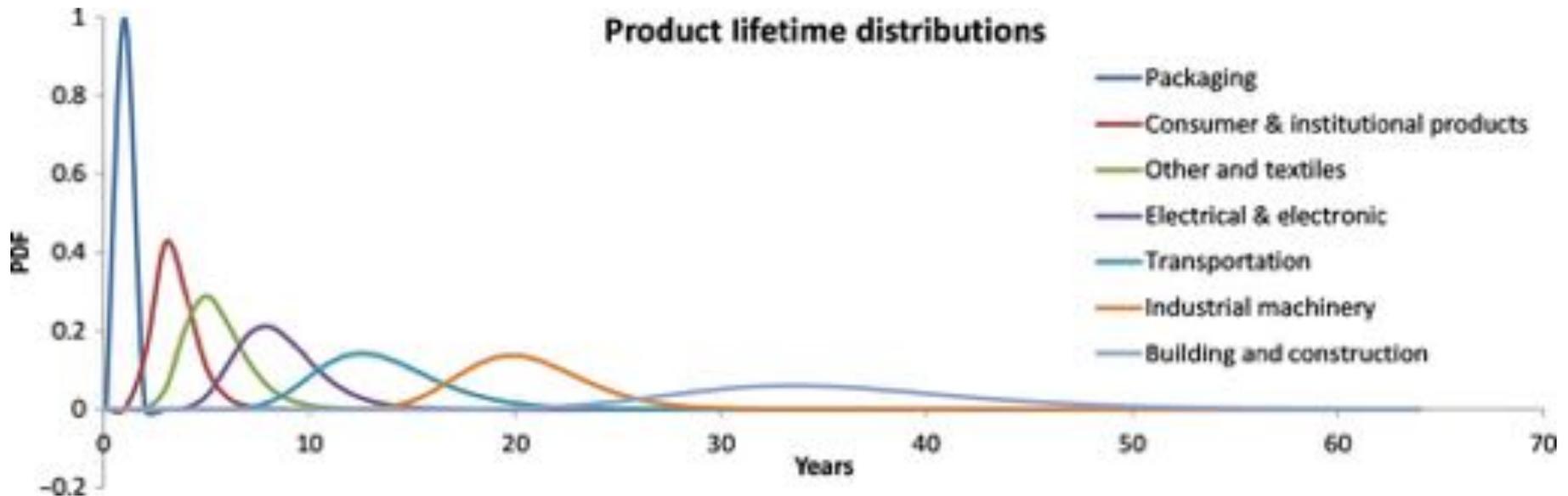


4

Source: Bakker et al. 2018 « The Circularity Gap Report », Circle Economy  
<https://www.circularity-gap.world/report>

# Demande de ressources

---

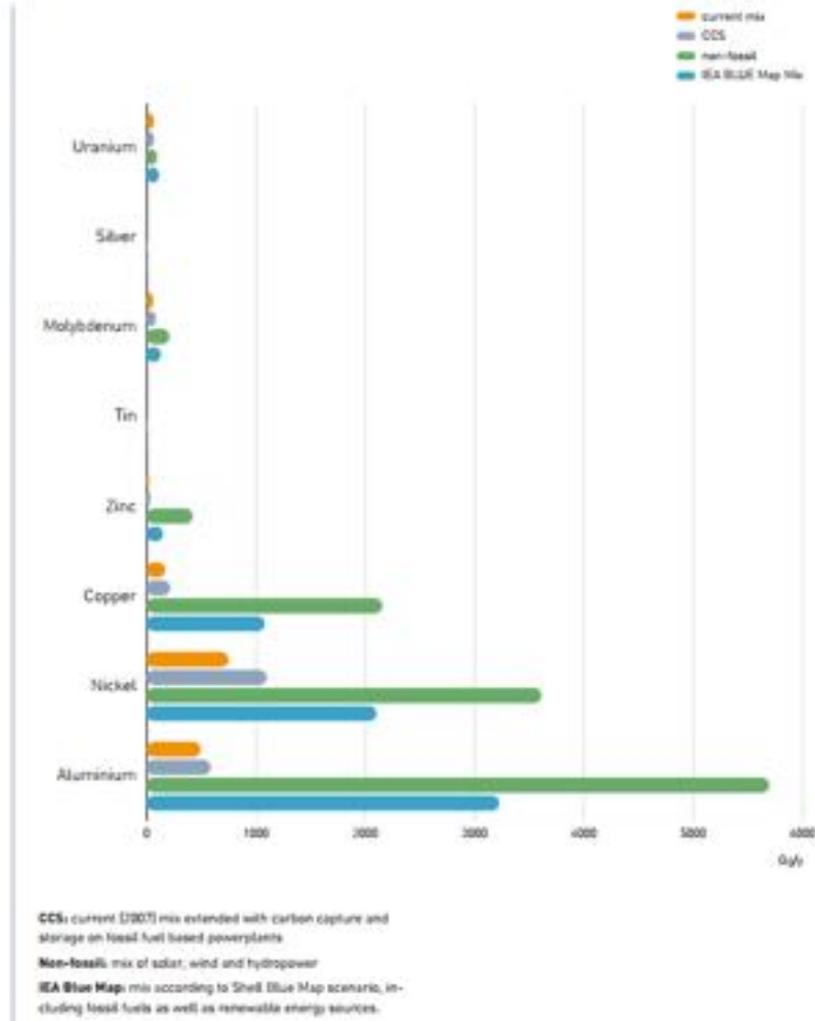


**Fig. 1 Product lifetime distributions for the eight industrial use sectors plotted as log-normal probability distribution functions (PDF).**

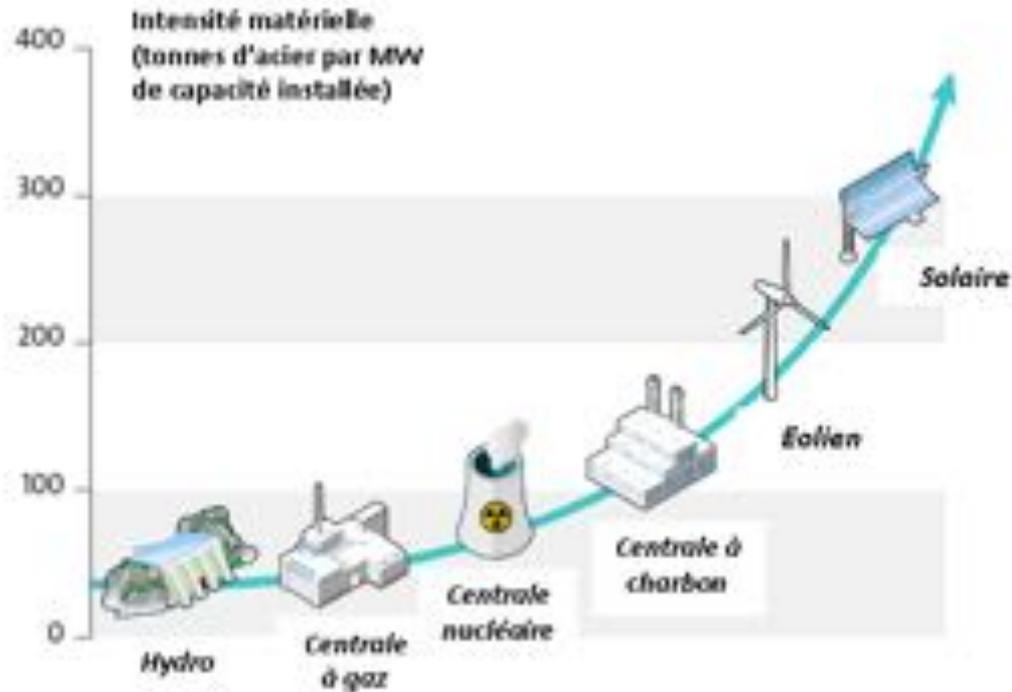


# Demande de ressources

**Figure 4**  
Material requirements for global electricity systems, to provide the 2007 world electricity production (18.8 EJ/yr) under various electricity mixes (Klaehn et al., 2011)



# Demande de ressources



Intensité matérielle de différentes technologies de production électrique (en tonnes d'acier par MW de capacité installée), Rio Tinto Seminar 2011, Sydney et Géosciences n°15

Benoit de Guillebon - Quebec Mines 23  
novembre 2017



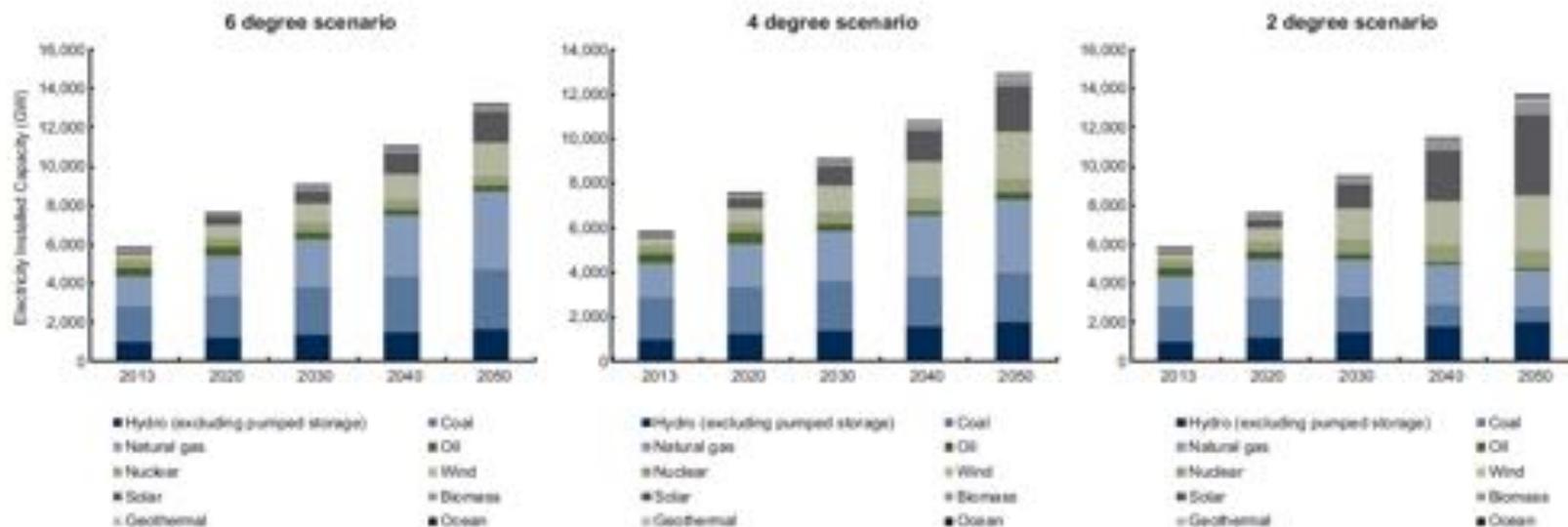
# Demande de ressources

---

- ▶ Banque Mondiale 2017: *The Growing Role of Minerals and Metals for a Low-Carbon Future*,
  - ▶ type de minéraux et de métaux dont la demande est susceptible d'augmenter pour limiter à 2° C l'augmentation moyenne de la température du globe. Trois technologies:
    - ▶ éolien,
    - ▶ solaire
    - ▶ stockage d'énergie par batteries
- ▶ Augmentation de la demande d'acier, d'aluminium, d'argent, de cuivre, de plomb, de lithium, de manganèse, de nickel et de zinc, ainsi que de certaines terres rares, telles que l'indium, le molybdène et le néodyme.
- ▶ Cette hausse pourrait être particulièrement marquée sur le segment des accumulateurs électriques, où l'augmentation de la demande de métaux (aluminium, cobalt, fer, plomb, lithium, manganèse et nickel) pourrait être multipliée par plus de 1 000 % si les pays prennent les mesures nécessaires pour maintenir les températures à ou en deçà de 2° C.

# Demande de ressources

FIGURE 1.1 IEA Technology Scenarios for Electricity Installed Capacity



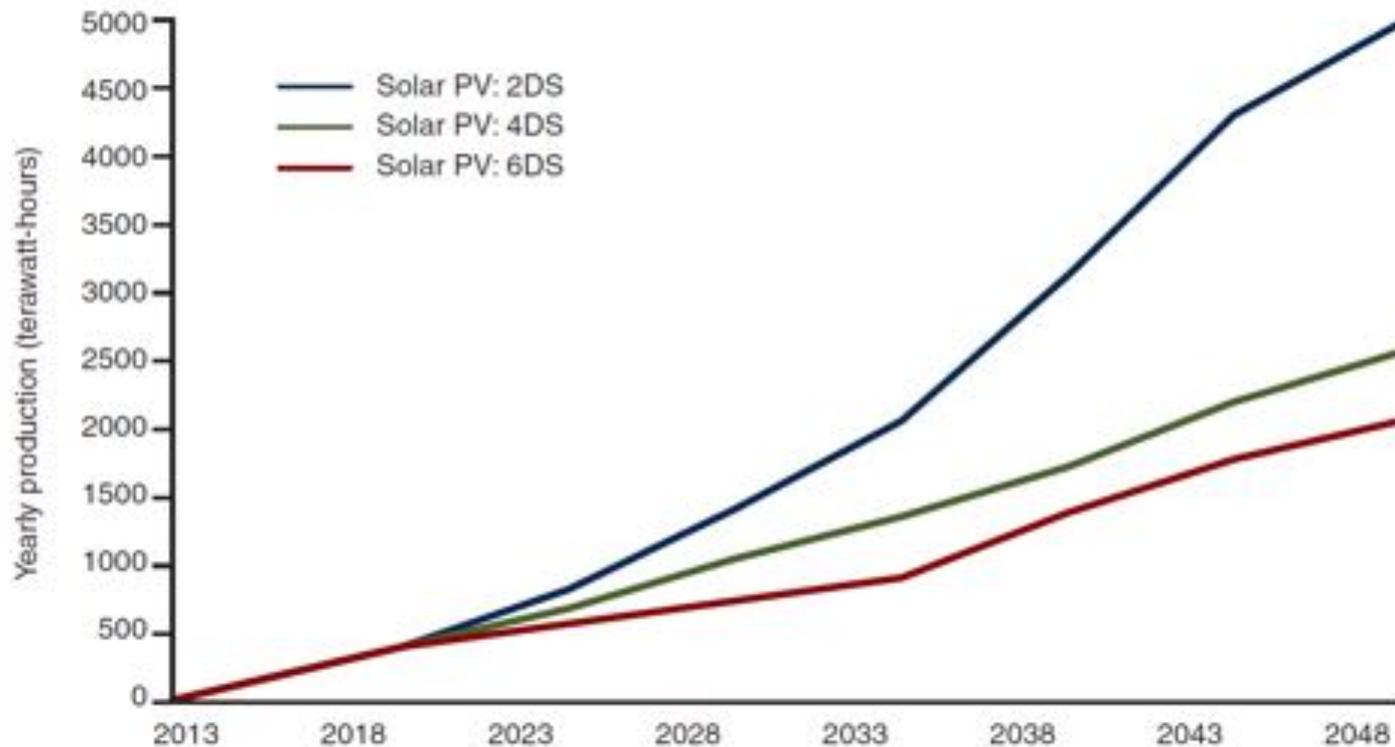
Source: IEA 2016.

Note: GW = gigawatt; IEA = International Energy Agency.

# Demande de ressources

## ▶ Exemple de l'énergie solaire photovoltaïque

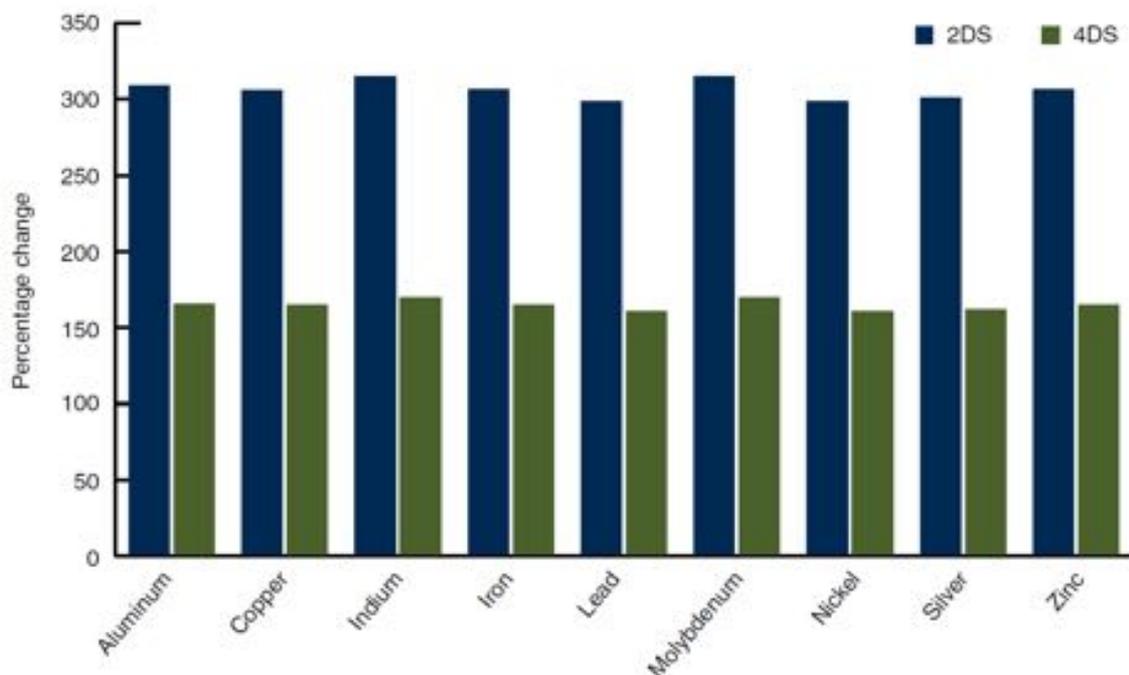
FIGURE 2.4 Solar PV Electricity Production



# Demande de ressources

## ▶ Exemple de l'énergie solaire photovoltaïque

FIGURE 2.7 Median Metals Demand Scenario for Supplying Solar Photovoltaics through 2050

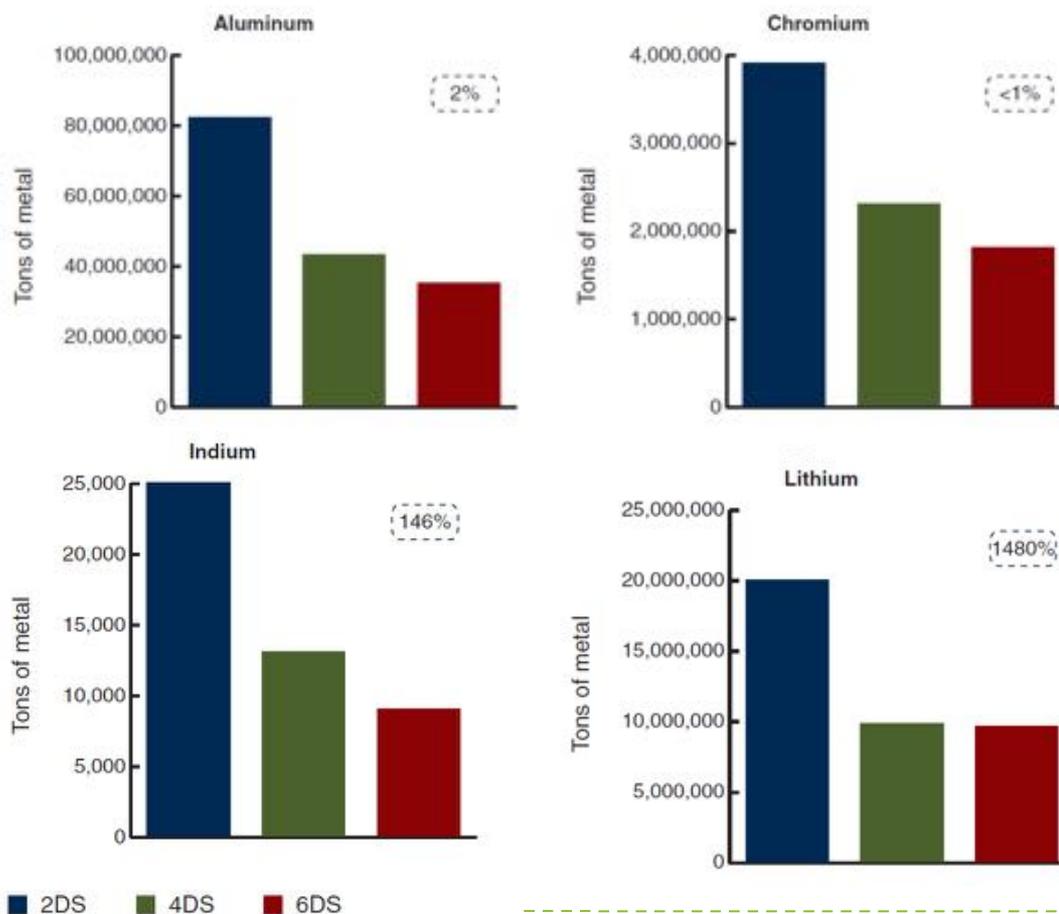


Note: 2DS = 2 degree scenario; 4DS = 4 degree scenario; 6DS = 6 degree scenario. Figure shows change in metal demand for solar photovoltaic technologies as compared with the 6DS.



# Demande de ressources

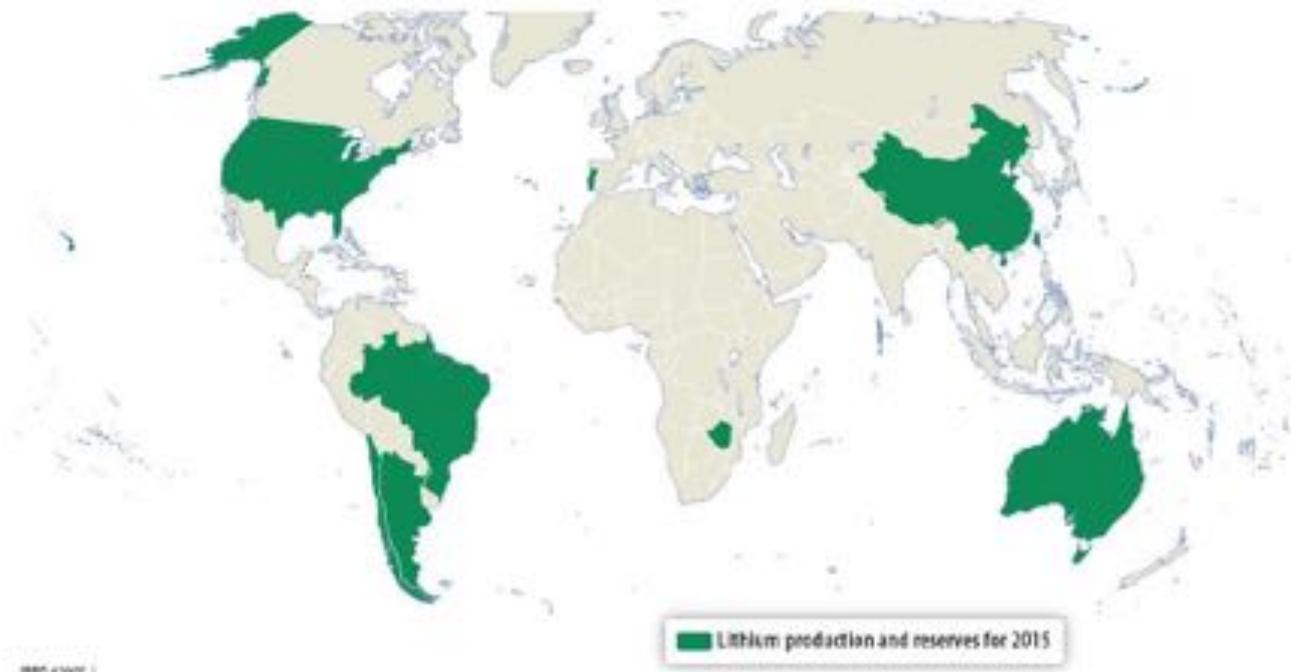
**FIGURE 2.11** Mean Cumulative Demand, 2013–50, for the Technologies Examined in This Study (Impact on cumulative demand of relevant metals by 2050, under the 2DS scenario, as a fraction of cumulative demand if the 2013 production levels are sustained to 2050.)



# Géopolitique des ressources

## ► Qui possède les ressources ?

FIGURE 3.12 Lithium Production and Reserves



Source: USGS 2016, 101.

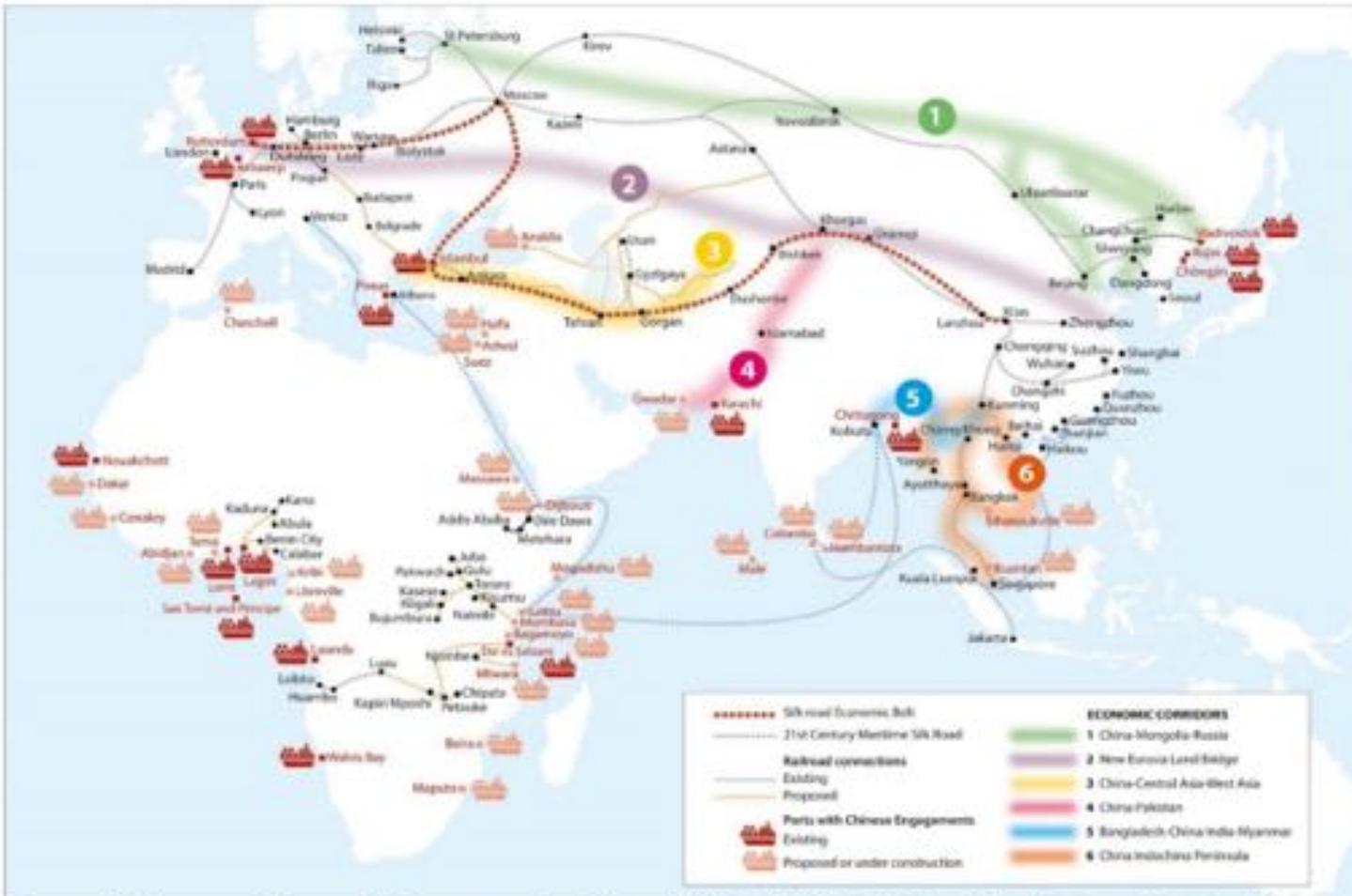
Calculation of developing-countries' share does not include "Other countries" row in table 3.12.

# Nouvelles routes de la soie

---

- ▶ “China's Belt and Road Initiative (BRI) development strategy aims to build connectivity and co-operation across **six main economic corridors** [...]. Asia needs USD **26 trillion in infrastructure investment to 2030** (Asian Development Bank, 2017), and China can certainly help to provide some of this. Its investments, by building infrastructure, have positive impacts on countries involved. **Mutual benefit** is a feature of the BRI which will also help to develop markets for China's products in the long term and to alleviate industrial excess capacity in the short term. The BRI prioritises hardware (infrastructure) and funding first.”
- ▶ Mis en place en parallèle au *China's National Plan on Implementation of the 2030 Agenda for Sustainable Development*

# Nouvelles routes de la soie



Source: OECD research from multiple sources, including: HKTDC, MERICS, Belt and Road Center, Foreign Policy, The Diplomat, Silk Routes, State Council Information Office of the People's Republic of China, WWF Hong Kong (China).

# Nouvelles routes de la soie

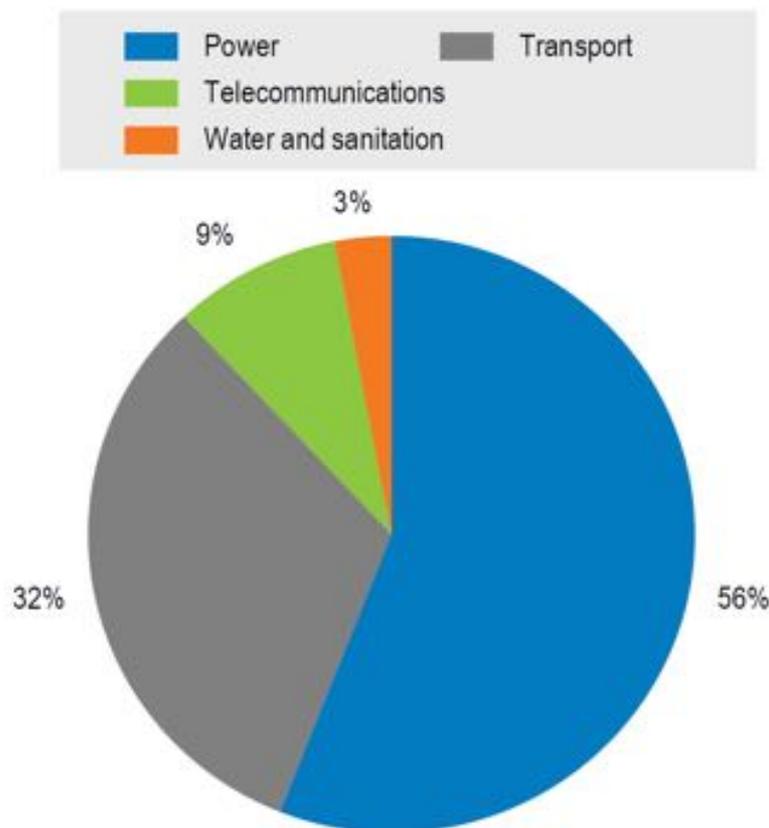
**Table 1. Comparison of estimates of global infrastructure investment needs**

| Source                     | Sectoral scope  | Actual / expected annual investment (USD trillion) <sup>1</sup> | Investment need (USD trillion) |       |                                   |
|----------------------------|---|---|--------------------------------|-------|-----------------------------------|
|                            |   |   | Time frame                     | Total | Per annum                         |
| Bhattacharya et al. (2016) | Including power generation, transmission and distribution, primary energy supply, energy demand and efficiency, transport, water and sanitation and telecommunication | 3.4 (2015)  | 2015 - 2030                    | 75–86 | 5–6                               |
| NCE (2014)                 |   | -   | 2015 - 2030                    | 96    | 6.4                               |
| OECD (2017a)               |   | 3.4–4.4 (2017)  | 2016 - 2030                    | 95    | 6.3 (or 6.9 under a 2°C scenario) |
| GI Hub (2017)              | Including roads, railways, airports, electricity generation, transmission and distribution, water and telecommunication   | 2.3 (2015) growing to 3.8 (2040)                                | 2015 - 2040                    | 94    | 2.9 (2015)–4.6 (2040)             |
| McKinsey (2016)            | Including transport (roads, railways, airports, and ports), water, power and telecommunication  | 2.5   | 2016 - 2030                    | 49    | 3.3                               |

1. The approaches to estimating actual investment needs and expected investment trends vary widely among studies. See also OECD (2017b).

# Nouvelles routes de la soie

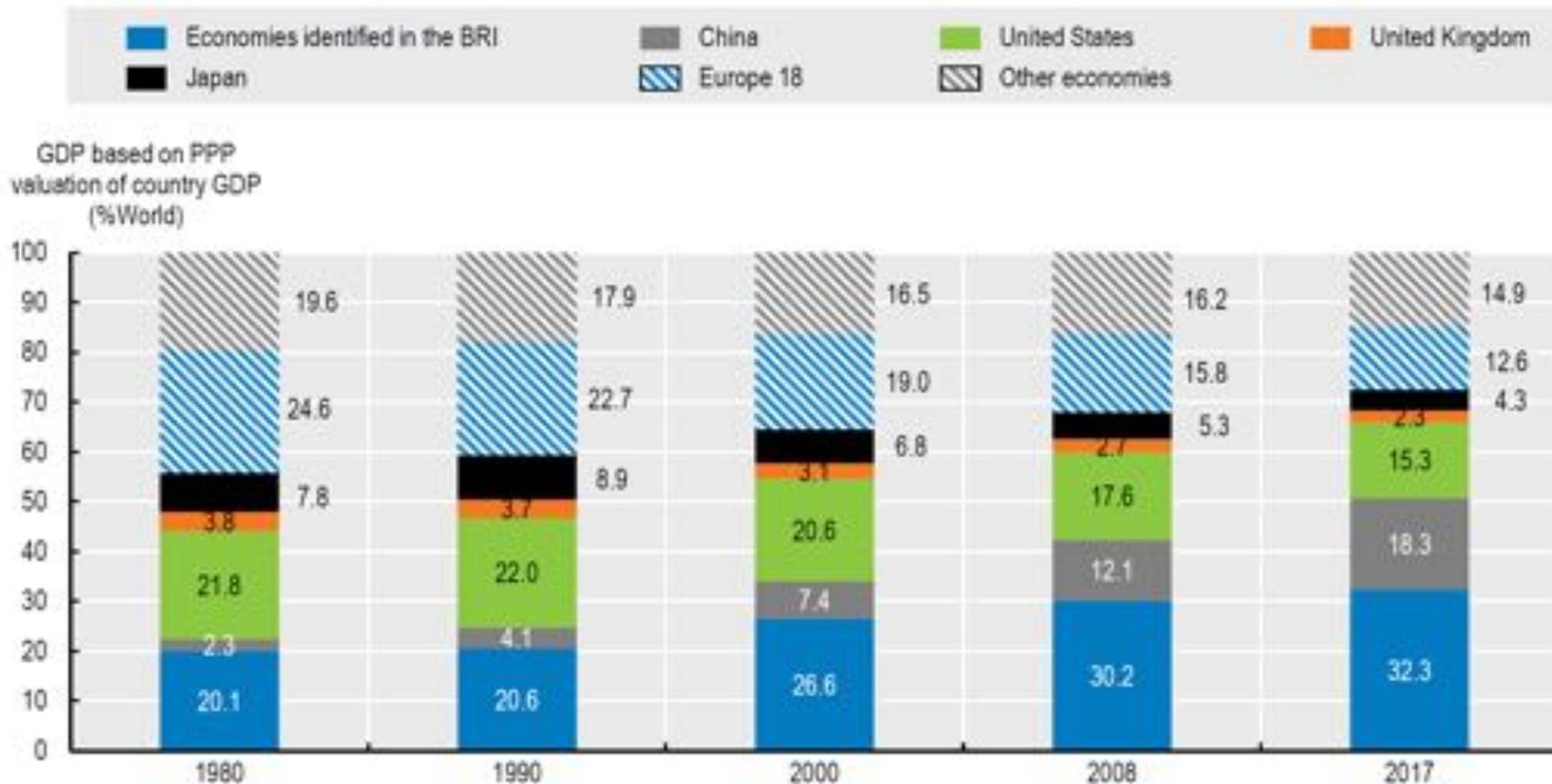
Figure 1. Infrastructure investment needs in Asia by sector, 2017



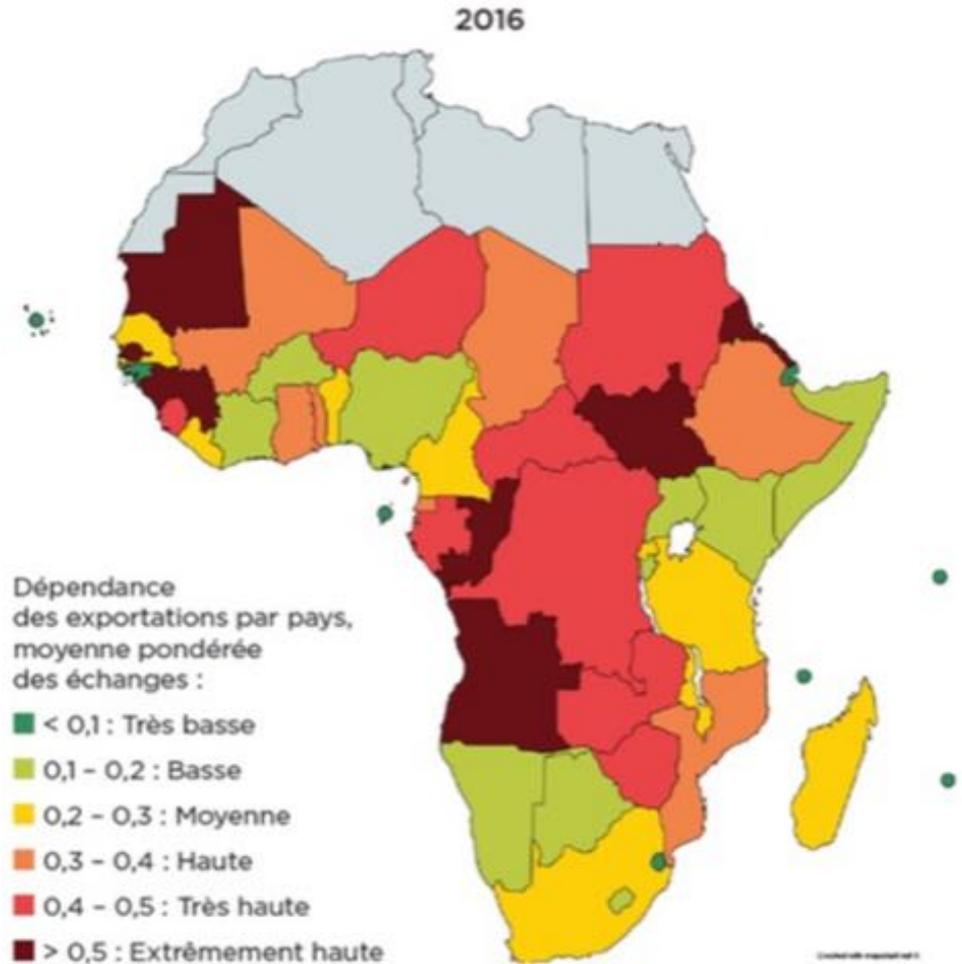
Source: ADB, 2017.

# Nouvelles routes de la soie

Figure 2. Size comparison of selected regions and those identified in the BRI, 1980-2017



# Géopolitique des ressources



Source: Garcia Herrero & Casanova (2014), UNComtrade, Coface

# Géopolitique des ressources

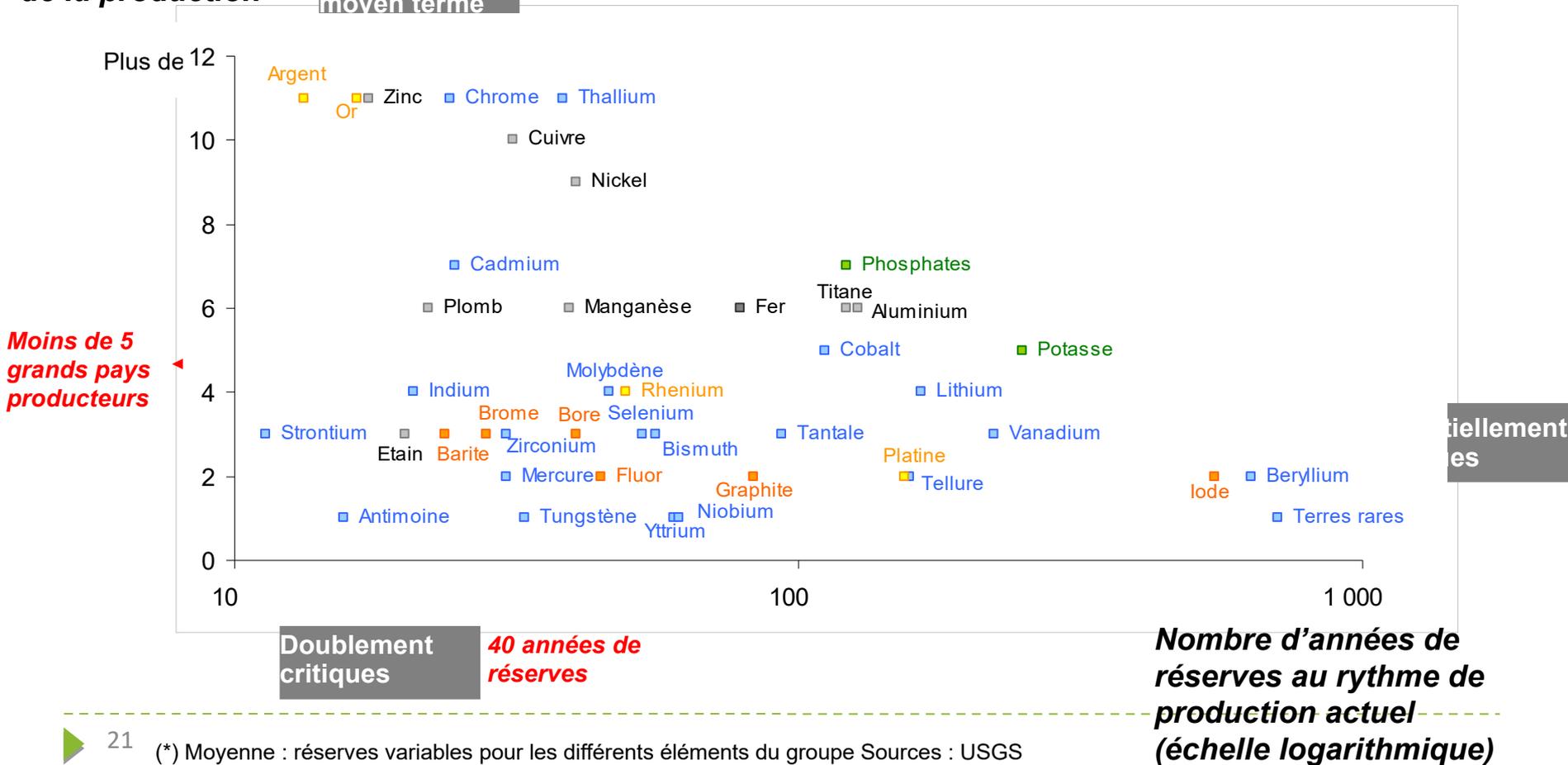
---

- ▶ « *Les investisseurs chinois restent d'abord motivés par la quête des matières premières, explique Ruben Nizard, économiste et coauteur du rapport. Depuis des années, on parle de diversification des économies africaines, mais la réalité, c'est que nous en sommes encore très loin. C'est intéressant de voir que **seuls les pays relativement pauvres en matières premières comme l'Ethiopie ont une relation plus équilibrée avec la Chine**. Pour les autres, nous dressons un constat de forte dépendance autour du pétrole, des matières premières brutes **minérales et des métaux**. Ils représentent **90 %** du total des exportations africaines vers la Chine.* »

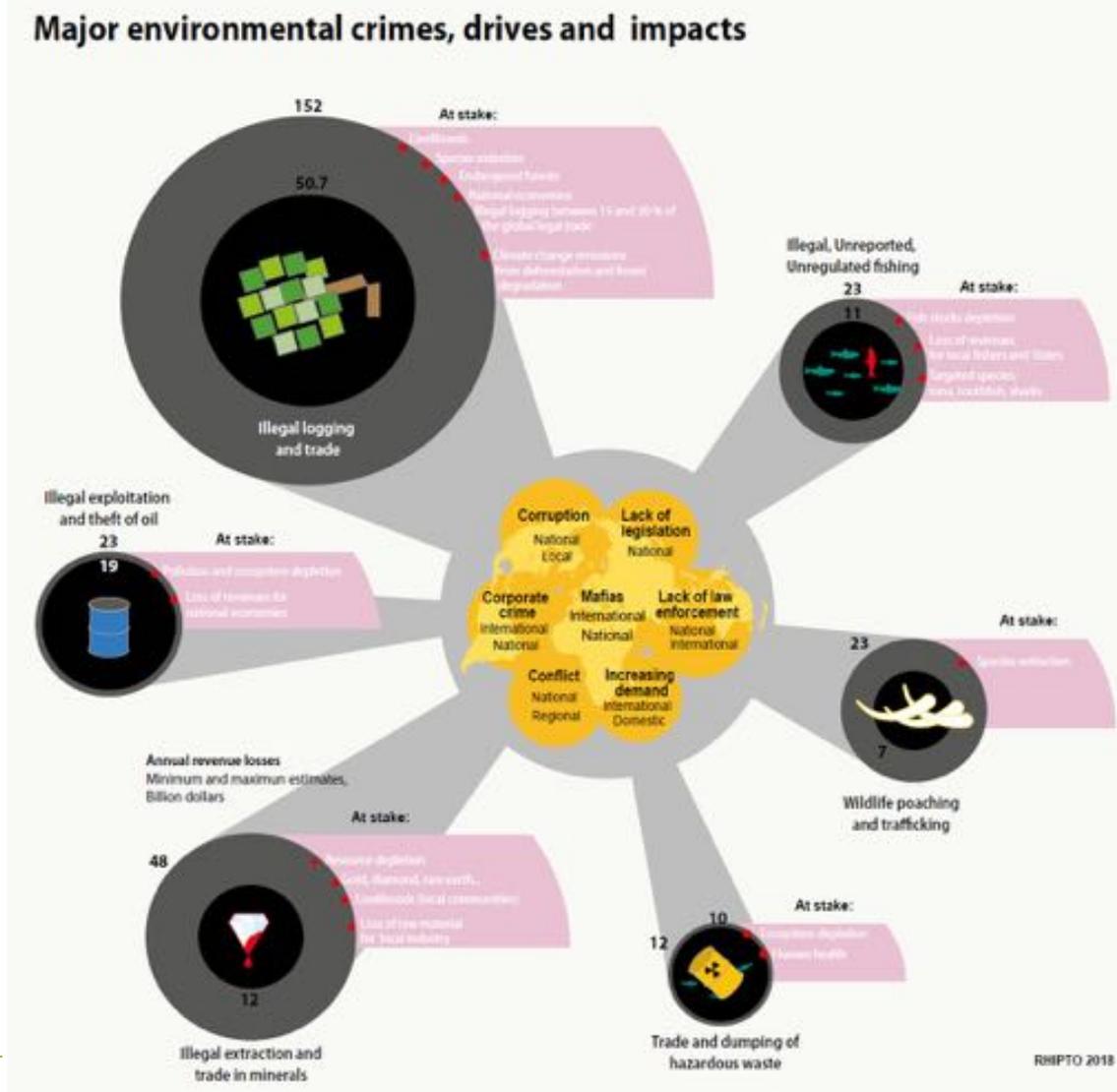
# Criticité relative des ressources minérales (visibilité sur les réserves et concentration de la production)

Benoit de Guillebon - Quebec Mines 23 novembre 2017

**Nombre de pays producteurs représentant 80% de la production**



# Aux extrémités de la chaîne de valeur



Source: *World atlas of illicit flows* : Nellemann, C.; Henriksen, R., Pravettoni, R., Stewart, D., Kotsoyova, M., Schlingemann, M.A.J, Shaw, M. and Reitano, T. (Eds). 2018. *World atlas of illicit flows*. A RHIPTO-INTERPOL-GI Assessment. RHIPTO - Norwegian Center for Global Analyses, INTERPOL and the Global Initiative Against Transnational Organized crime

# Aux extrémités de la chaîne de valeur



## The Great Lakes: Gold and minerals in the world's most violent organized-crime conflict

The illicit exploitation of natural resources in eastern DRC is valued at over US\$1.25 billion a year; this falls to between US\$722 and US\$862 million if diamonds are excluded from the picture (which may also be sourced outside eastern DRC). Of this figure, an estimated 10% to 30% (i.e. US\$72 million–426 million per annum) goes into the coffers of transnational organized-criminal groups.

The annual net profits to organized crime in the eastern DRC – and these are conservative estimates – derive from:

- i) Gold (US\$40–120 million)
- ii) Timber (US\$16–48 million)
- iii) Charcoal (US\$12–35 million)
- iv) 3T minerals (US\$7.5–22.6 million)
- v) Diamonds sourced mainly from outside the conflict zone (US\$16–48 million)
- vi) Other, including wildlife (ivory and fisheries), local taxation schemes, cannabis and other resources (US\$14.3–28 million).

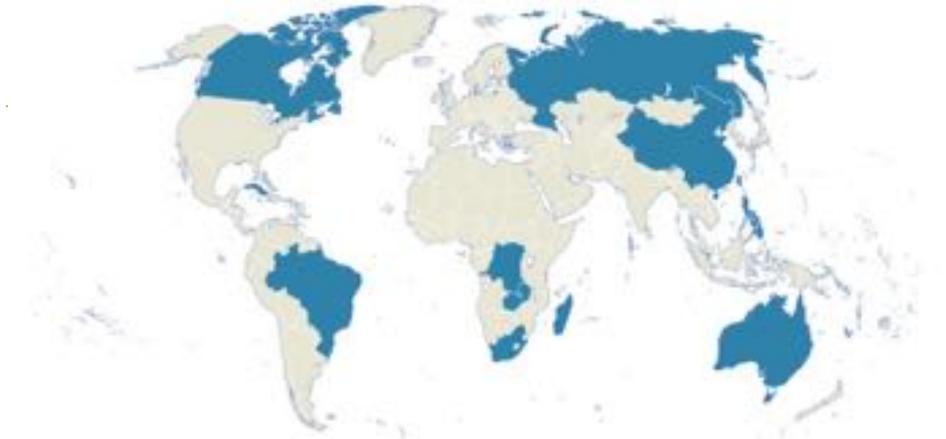
Source: [World atlas of illicit flows](#) : Nellemann, C.; Henriksen, R.; Pravettoni, R.; Stewart, D.; Kotsoyova, M.,

23 Schlingemann, M.A.J, Shaw, M. and Reitano, T. (Eds). 2018. *World atlas of illicit flows. A RHIPTO-INTERPOL-GI Assessment. RHIPTO -Norwegian Center for Global Analyses, INTERPOL and the Global Initiative Against Transnational Organized crime*

# Aux extrémités de la chaîne de valeur

- ▶ Exemple du cobalt
- ▶ 80 % de la réserve mondiale détenue par 6 pays
- ▶ En RDC, la Chine détient 7 des plus grandes mines de cobalt

FIGURE 3.6 Cobalt Production and Reserves



Source: USGS 2016, 52.

Calculation of developing-countries' share does not include "Other countries" row in table 3.6.

TABLE 3.6 Cobalt Production and Reserves, 2015 (metric tons)

|                  | Mine production | Reserves         |
|------------------|-----------------|------------------|
| Congo (Kinshasa) | 63,000          | 3,400,000        |
| Australia        | 6,000           | 1,100,000        |
| Cuba             | 4,200           | 500,000          |
| Zambia           | 2,800           | 270,000          |
| Philippines      | 4,600           | 250,000          |
| Russia           | 6,300           | 250,000          |
| Canada           | 6,300           | 240,000          |
| New Caledonia    | 3,300           | 200,000          |
| Madagascar       | 3,600           | 130,000          |
| China            | 7,200           | 80,000           |
| Brazil           | 2,600           | 78,000           |
| South Africa     | 2,800           | 31,000           |
| Other countries  | 7,700           | 633,000          |
| <b>Total</b>     | <b>120,400</b>  | <b>7,162,000</b> |

Source: USGS 2016, 52.



# Aux extrémités de la chaîne de valeur

## Exemple du cobalt

- ▶ « Selon l'Unicef, près de 40 000 enfants travaillaient en 2014 dans les mines du sud de la RDC, [...] la demande en cobalt explose. Elle devrait être multipliée par quatre d'ici à 2020 et par 11 en 2025. »



Un enfant passe à côté d'un camion transportant des pierres extraites d'une mine de cobalt à Lubumbashi, en République démocratique du Congo, en mai 2016. JUNIOR KANNAH / AFP

- ▶ « Le 15 novembre (2017), Amnesty International a fait le point sur l'engagement des industriels. **Un satisfecit pour Apple, qui a publié le nom de tous ses fournisseurs de cobalt, mais aussi pour Samsung, HP, BMW et Tesla, qui ont lancé des enquêtes. Un bonnet d'âne, en revanche, pour Microsoft ou Renault, incapables, selon Amnesty, de respecter les normes minimales de traçage de leurs approvisionnements en cobalt.** »

# Aux extrémités de la chaîne de valeur

---

- ▶ Waste electrical and electronic equipment (WEEE) is one of the fastest growing waste streams globally. (PNUE 2013)
- ▶ Only 20% of global e-waste in 2016 was properly recycled or disposed of, with the fate of the remaining 80% undocumented - likely to be dumped, traded or recycled under inferior conditions. (Ilankkon 201



# Aux extrémités de la chaîne de valeur

Global and selected country e-waste production in 2014 and 2016. Source: The global e-waste monitor 2017 (Baldé et al., 2017); StEP, e-waste world map (StEP, 2018).

| Country/Region         | Per capita production (kg) | Total e-waste production (million tonnes) |
|------------------------|----------------------------|---|
| World (2014 data)      | 5.9                        | 41.8                                      |
| World (2016 data)      | 6.1                        | 44.7                                      |
| World (2021 estimated) | 6.8                        | 52.2                                      |
| United Kingdom         | 23.5                       | 1.50                                      |
| USA                    | 22.1                       | 7   |
| Germany                | 21.7                       | 1.77                                      |
| Hong Kong              | 21.5                       | 0.16                                      |
| Canada                 | 20.4                       | 0.72                                      |
| Australia              | 20.1                       | 0.46                                      |
| Singapore              | 19.6                       | 0.11                                      |
| European Union         | 18.7                       | 9.50                                      |
| Taiwan                 | 18.6                       | 0.44                                      |
| Japan                  | 17.3                       | 2.20                                      |
| South Korea            | 15.9                       | 0.80                                      |
| Malaysia               | 7.6                        | 0.23                                      |
| Brazil                 | 7.0                        | 1.40                                      |
| Argentina              | 7.0                        | 0.29                                      |
| South Africa           | 6.6                        | 0.35                                      |
| China                  | 4.4                        | 6.00                                      |
| Sri Lanka              | 4.2                        | 0.09                                      |
| India                  | 1.3                        | 1.60                                      |
| Nigeria                | 1.3                        | 0.22                                      |
| Zambia                 | 0.9                        | 0.01                                      |



# Questions - Pistes de solutions

---

- ▶ Peut-on combiner les transitions socio-écologique et numérique ?
- ▶ Comment utiliser le numérique pour des transitions socio-écologiques ?
  - ▶ Traçabilité de la ressource, et de ses impacts sociaux et environnementaux, sur l'ensemble de la chaîne de valeur (sans exclure l'extraction et la fin de vie)
  - ▶ Optimisation de l'utilisation de la ressource

