

# Climat

## Les énergies de l'espoir



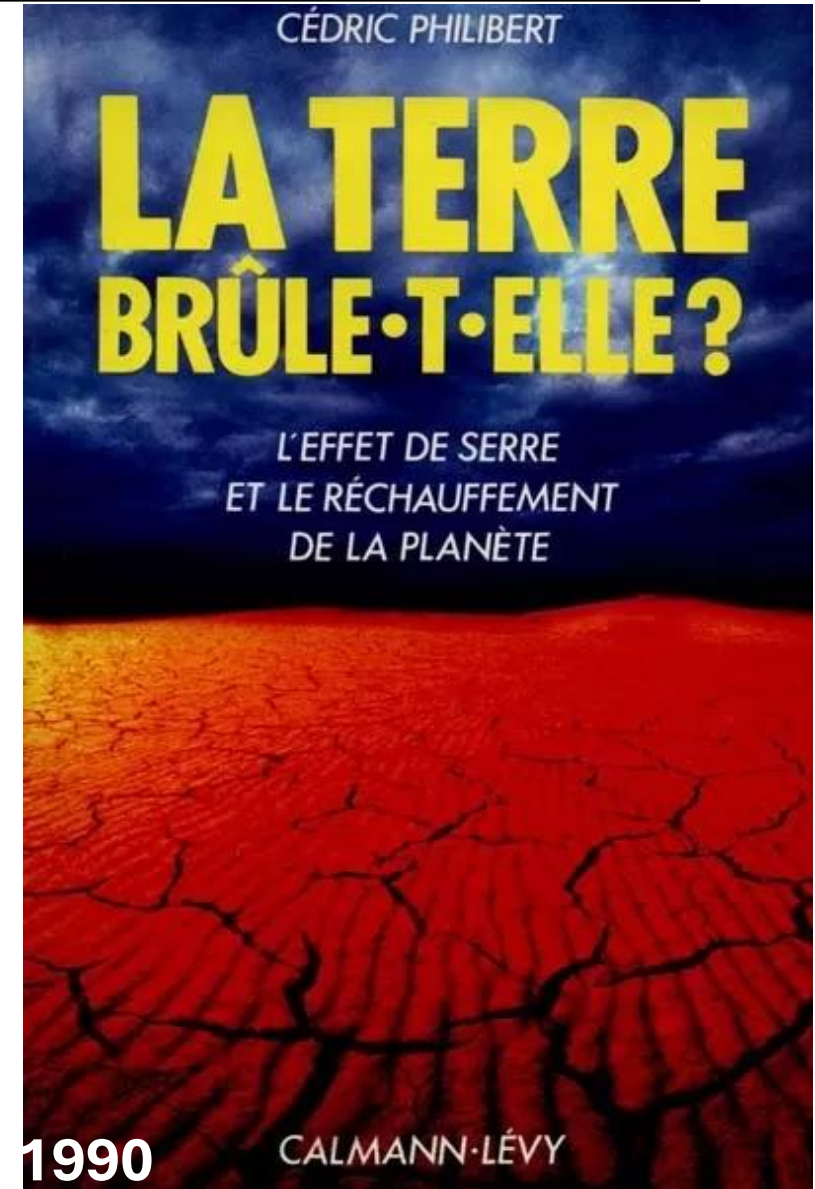
***Cédric Philibert***



**Ihédate**  
***Un monde en mutation***  
**Paris, 15 Janvier 2026**

Le réchauffement est là...

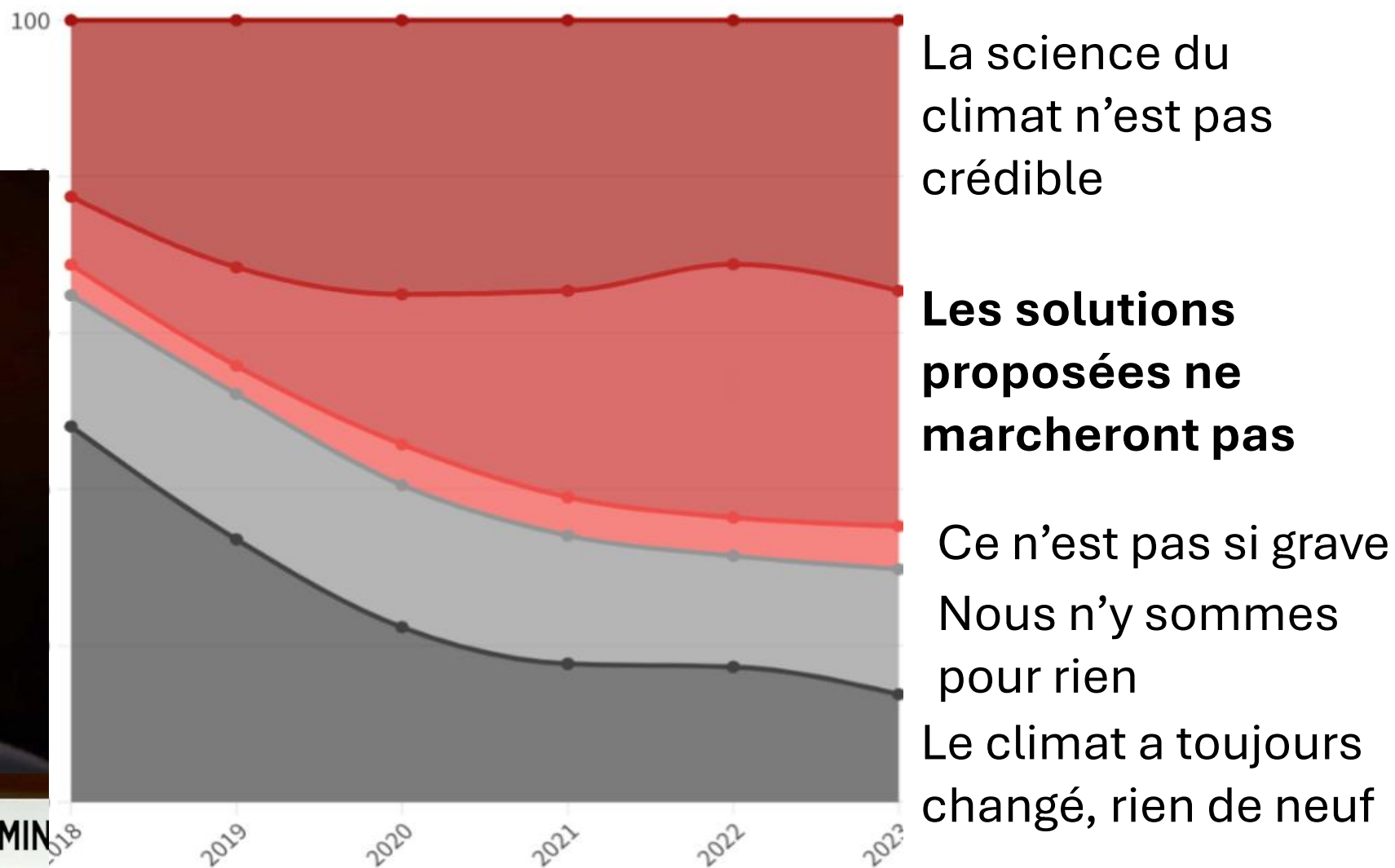
...comme prévu



# Les habits neufs du climato-scepticisme



Parts des affirmations climato-sceptiques sur Youtube



La science du climat n'est pas crédible

**Les solutions proposées ne marcheront pas**

Ce n'est pas si grave  
Nous n'y sommes pour rien

Le climat a toujours changé, rien de neuf



LES "SOLUTIONS" FONT PARTIE DU PROBLÈME



Arthur Kroeber

1:44:52

## Face aux crises systémiques on se trompe de méthodes

Metabolism of Cities  
69 k vues • il y a 5 jours  
Nouveau

LA VÉRITÉ QUI DÉRANGENT



LIMIT

1:05:59

## L'ÉCHEC DE LA TRANSITION ÉNERGIQUE - Jean-Baptiste Limit

LIMIT  
73 k vues • il y a 2 mois

FIN DE L'ABONDANCE



Phi

48:24

## VA-T-ON MANQUER DE RESSOURCES ? Avec Phi

Echange Climatique  
10 k vues • il y a 5 jours  
Nouveau

# LA FIN DE NOTRE CIVILISATION EST INÉVITABLE !



JEAN-MARC JANCOVICI

1:44:20

"ON EST EN TRAIN D'ENFOURIR LA CRISE CLIMATIQUE AU FOND DES MINES" AVEC CELIA IZOARD

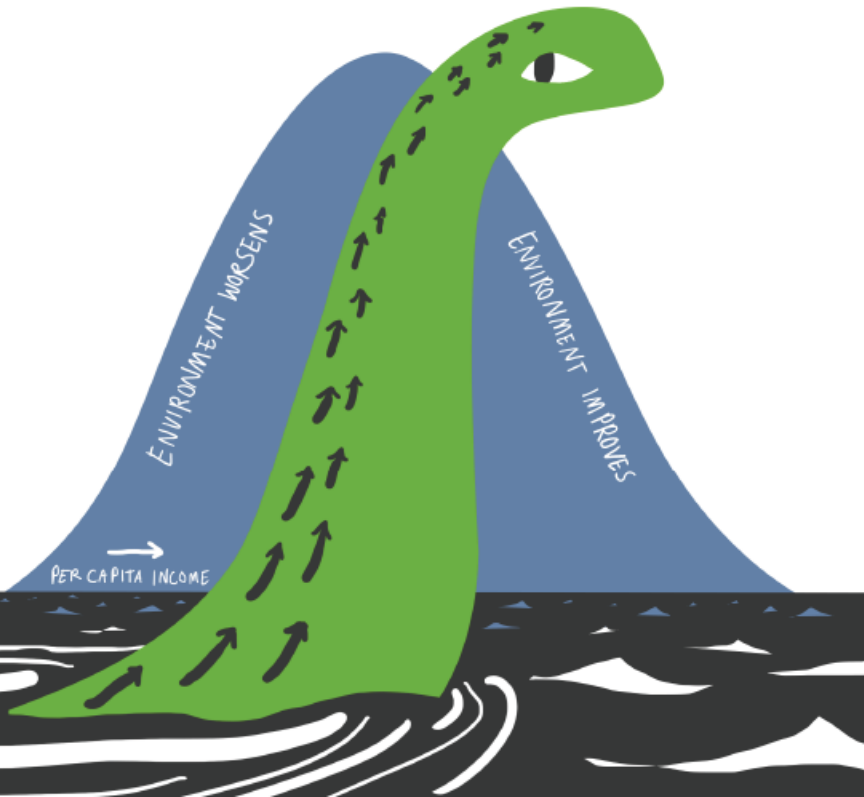


hlast

59:45

# Decoupling Debunked

Evidence and arguments against  
green growth as a sole strategy  
for sustainability



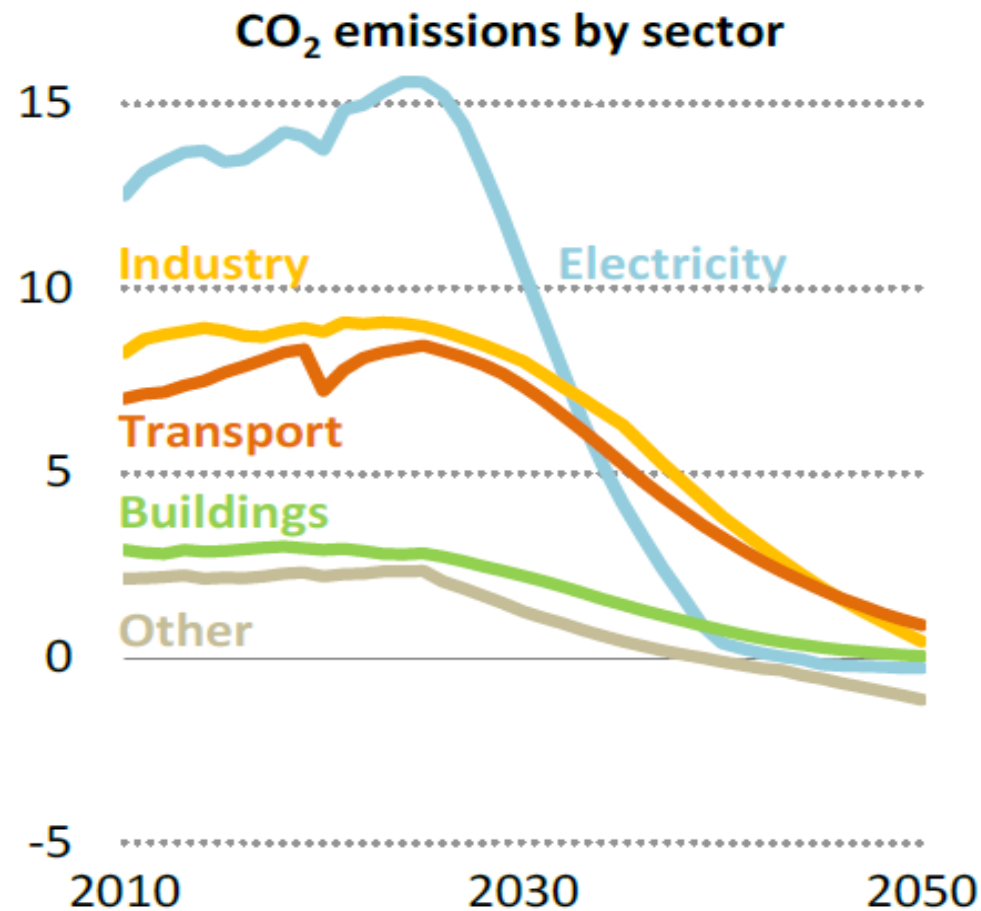
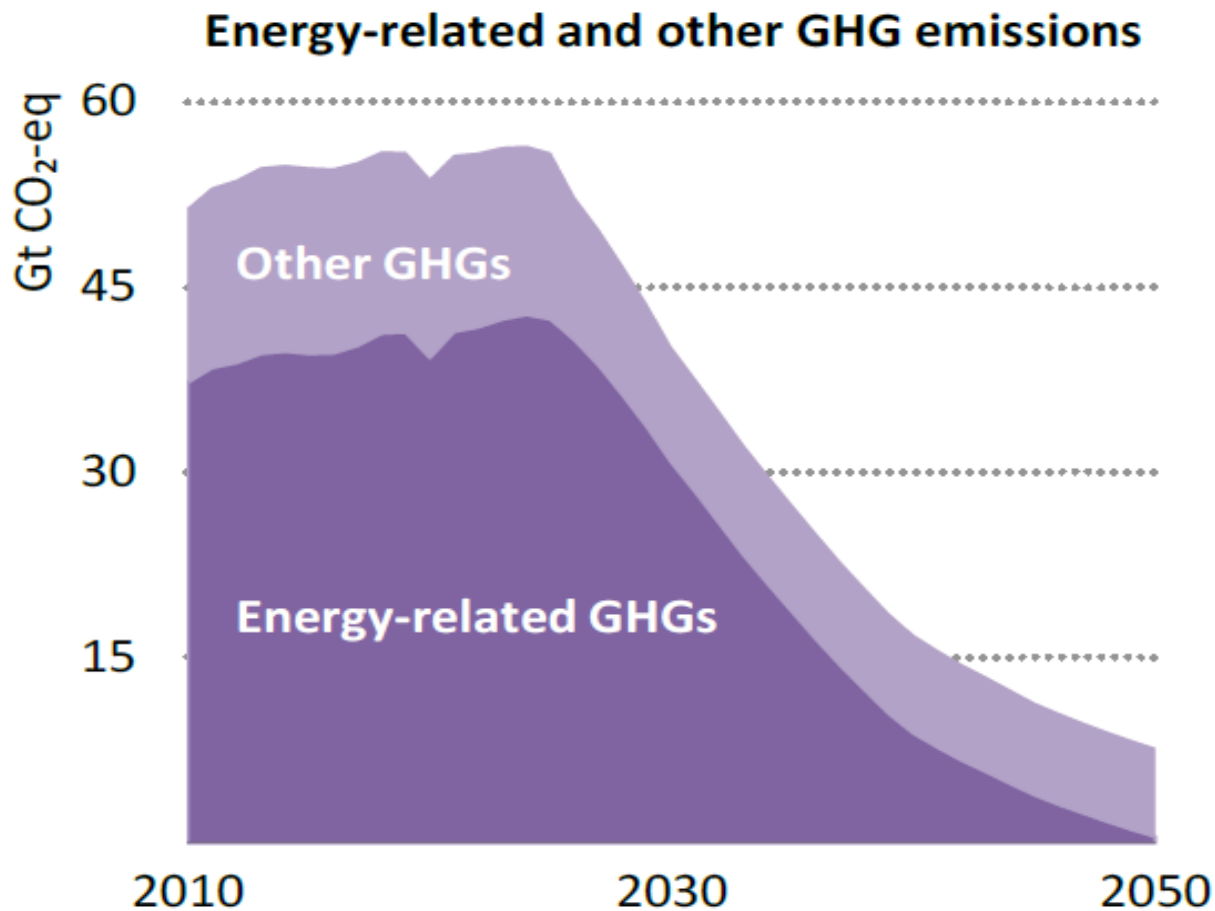
**On ne peut pas découpler  
l'économie et les émissions  
de GES.**



**Seules la  
sobriété et la  
décroissance du  
PIB permettent  
de maîtriser le  
changement  
climatique.  
Vraiment?**



# Stabiliser les concentrations de GES = zéro émissions nettes



**Pour stabiliser le climat il faut diviser par ~10 les émissions brutes**  
**Le calendrier détermine le niveau atteint: +1,5°C, +2°C...**  
***Va-t-on diviser l'économie mondiale par dix???***



*« Celui qui croit qu'une croissance exponentielle peut continuer indéfiniment dans un monde fini est soit un fou, soit un économiste »*

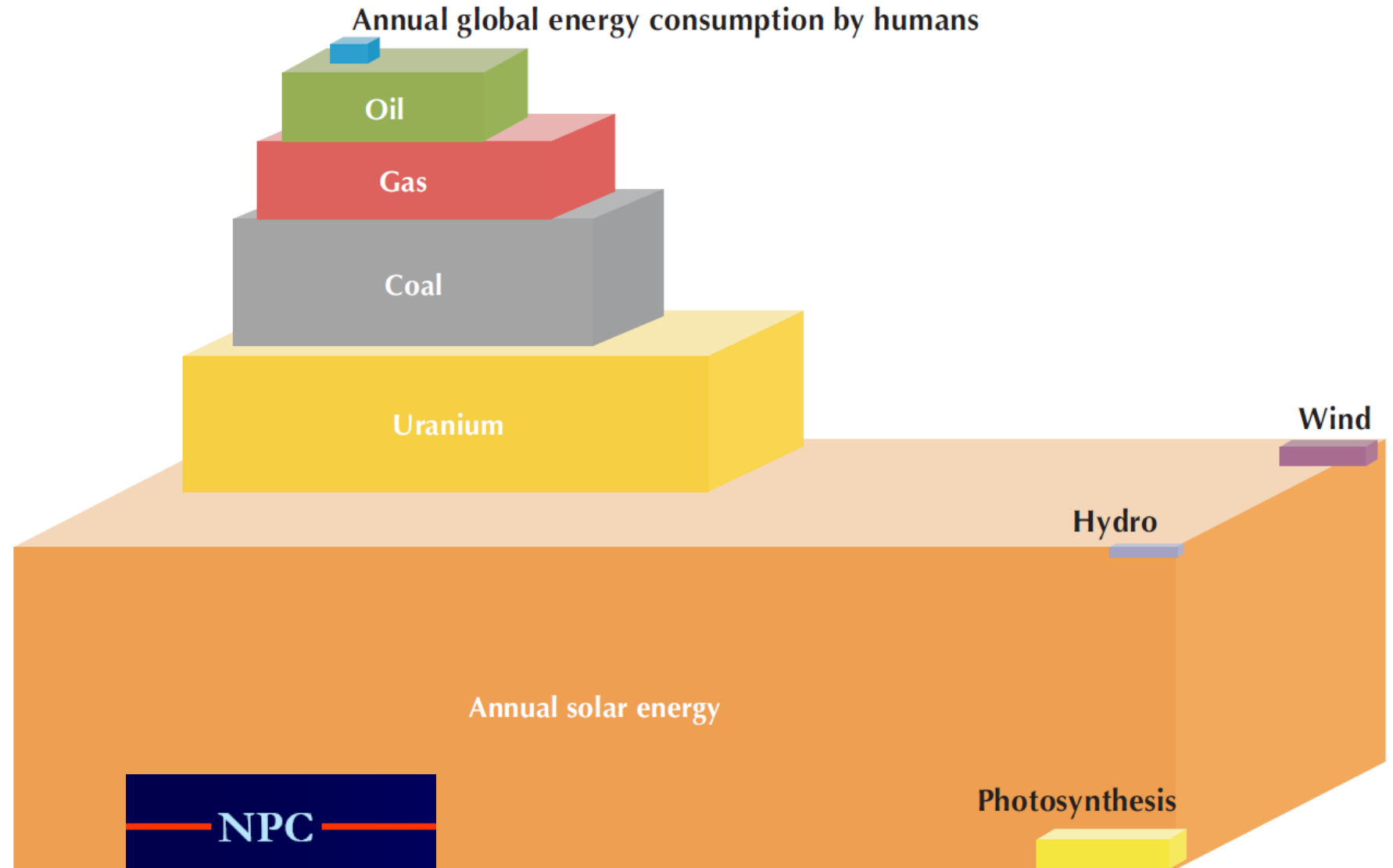
*Kenneth E. Boulding, 1966*



# La planète est fine, mais elle baigne dans un flux illimité d'énergie

Solaire thermique  
Solaire thermodynamique  
Solaire photovoltaïque

Hydroélectricité  
Energie éolienne  
Biomasse



Source: National Petroleum Council, 2007, after Craig, Cunningham and Saigo (republished from IEA, 2008b).

# La sobriété est utile, mais difficile dans les démocraties...



- La sobriété est trop souvent le prétexte avancé pour refuser les projets
- On ne peut pas convaincre tout le monde... mais on peut inciter, faciliter
- Il y a de nombreux effets rebonds, directs ou indirects

## Exemple 1: l'isolation thermique

De nombreuses études montrent un effet très limité sur les émissions de CO<sub>2</sub> (-8,9% en moyenne sur le chauffage gaz en France, 0% en Allemagne...), malgré les montants importants investis (380 Md€ en Allemagne). Le confort est augmenté avec la température. Au final, une politique sociale plutôt que vraiment environnementale.

## Exemple 2: le covoiturage

Les « covoiturés » de « blablacar » sont rarement des conducteurs, 80% auraient pris le train ou le car, ~10% auraient renoncé à se déplacer.

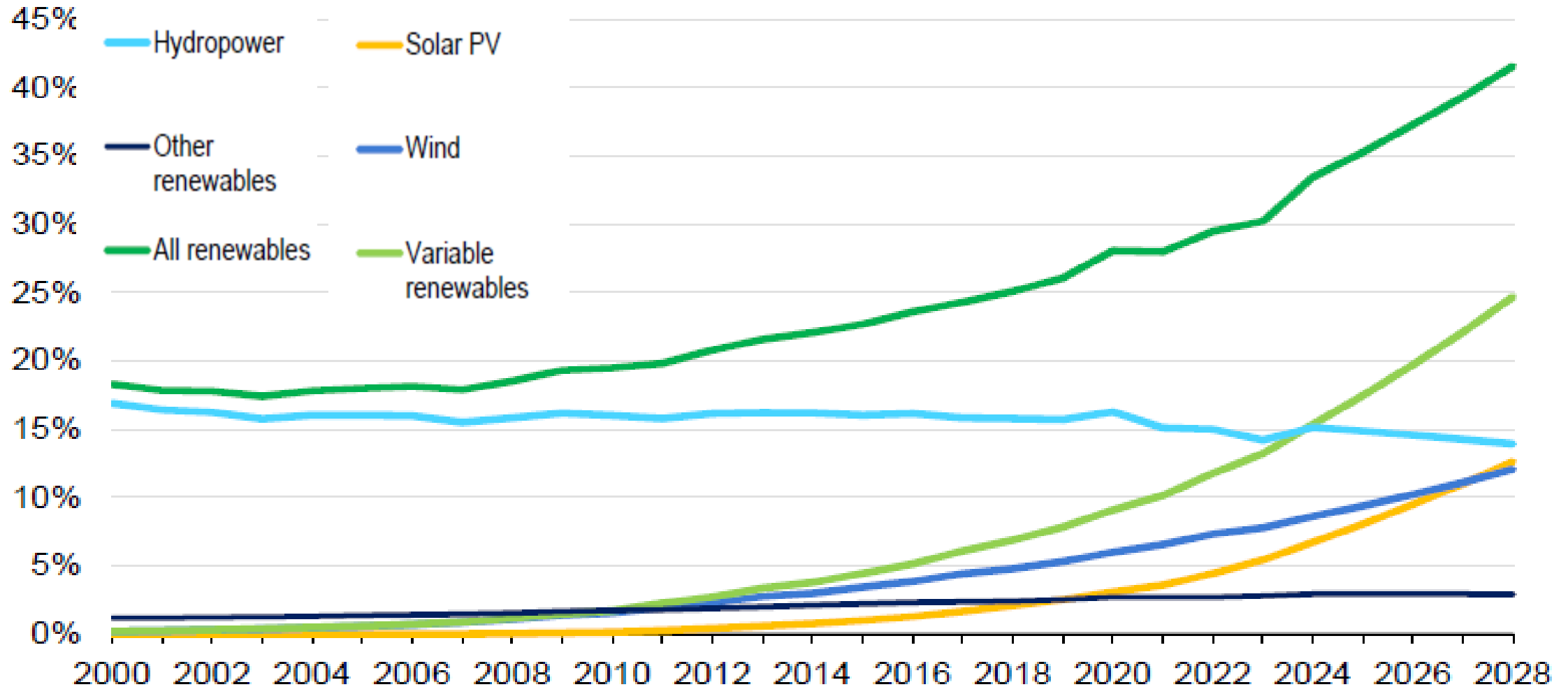
Le Commissariat général au développement durable attribue au co-voiturage en 2025 un surcroît de trafic (400 millions v-km).

Au final, ce covoiturage rend service mais ne réduit pas les émissions de CO<sub>2</sub>.

# Les énergies renouvelables accélèrent dans le monde



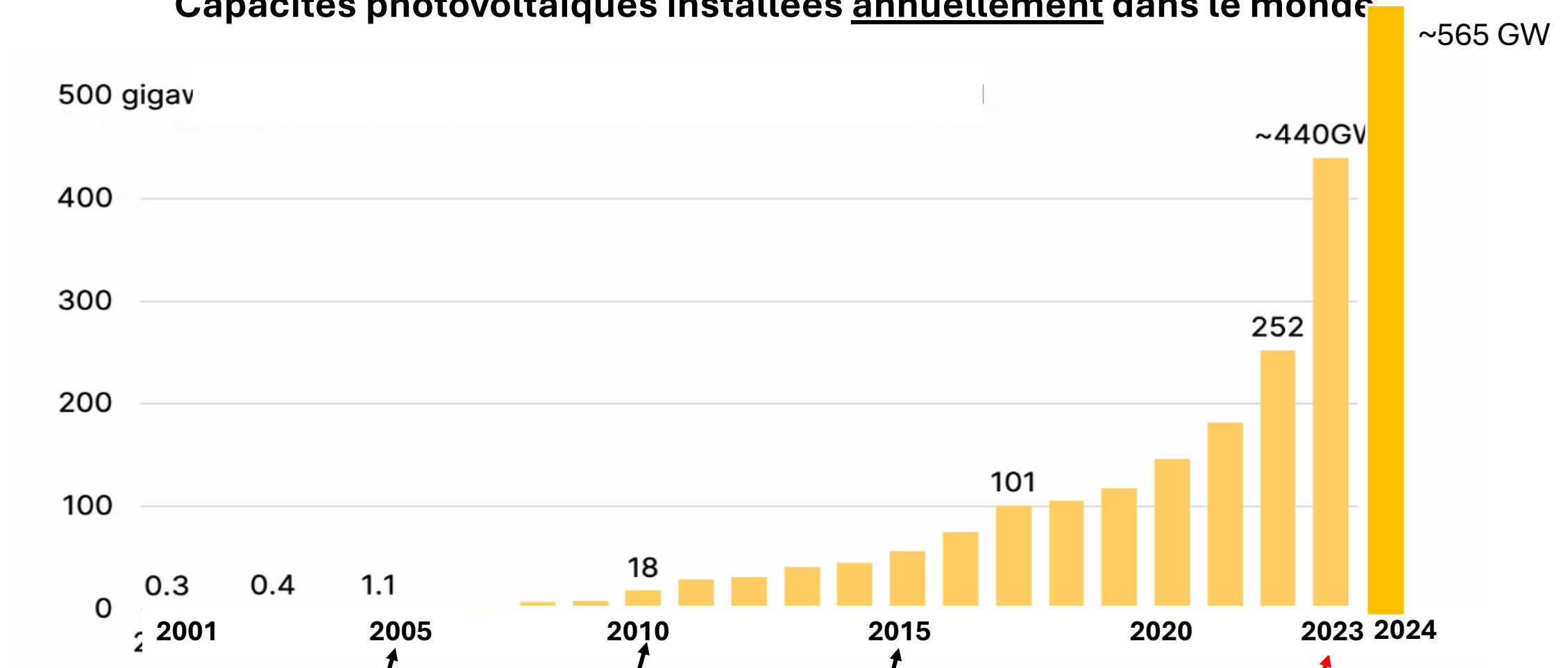
Part des renouvelables dans la production mondiale d'électricité, 2000-2028



# La croissance du solaire est particulièrement spectaculaire



## Capacités photovoltaïques installées annuellement dans le monde



~565 GW

Temps mis pour installer 1 GW:

1 an

1 mois

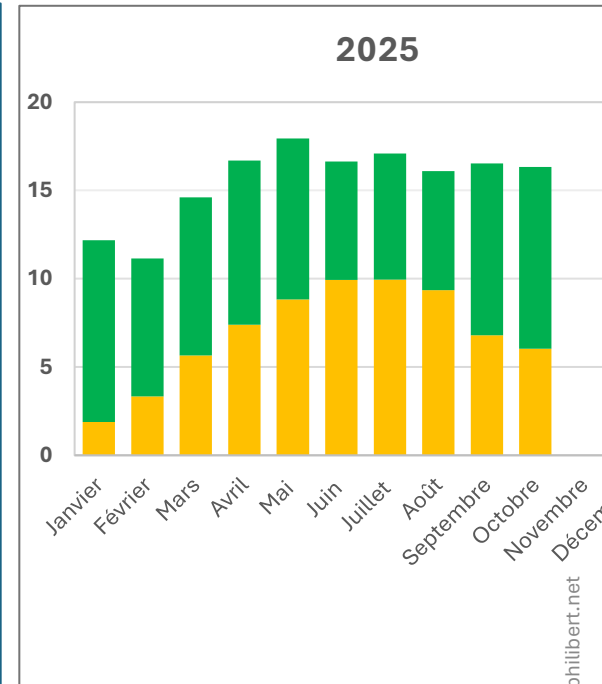
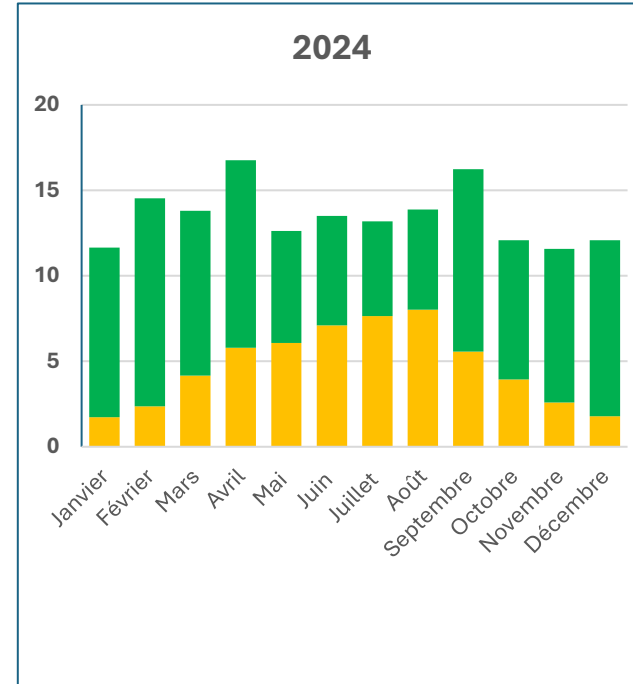
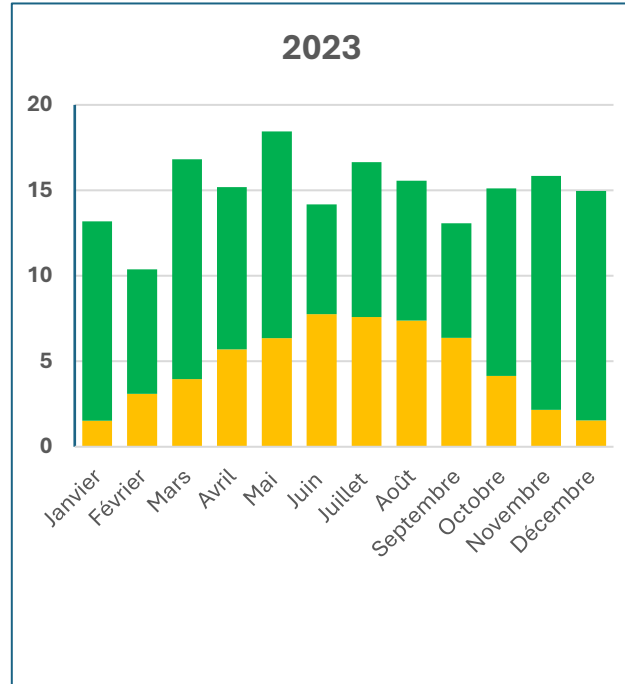
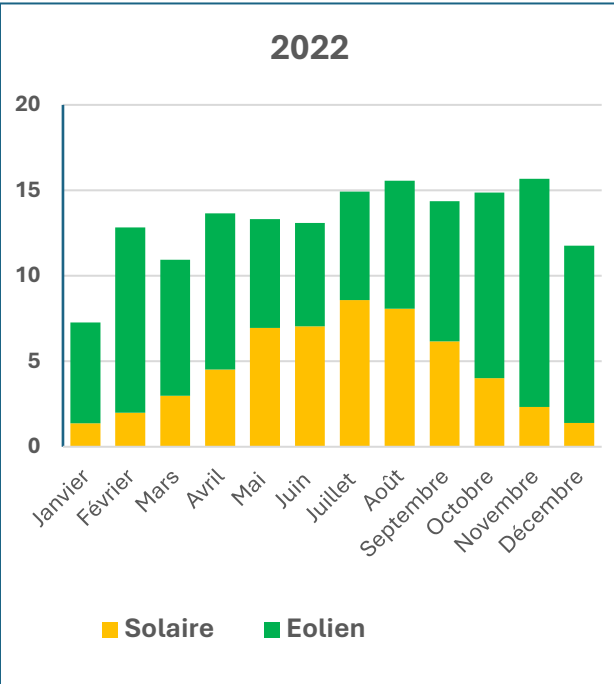
1 semaine

1 jour

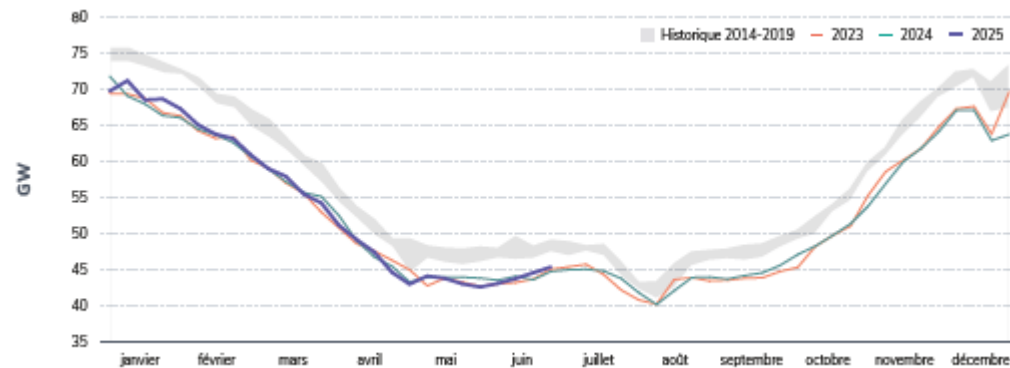
# L'éolien et le solaire sont complémentaires



## France, éolien et solaire en pourcentage de la génération électrique mensuelle



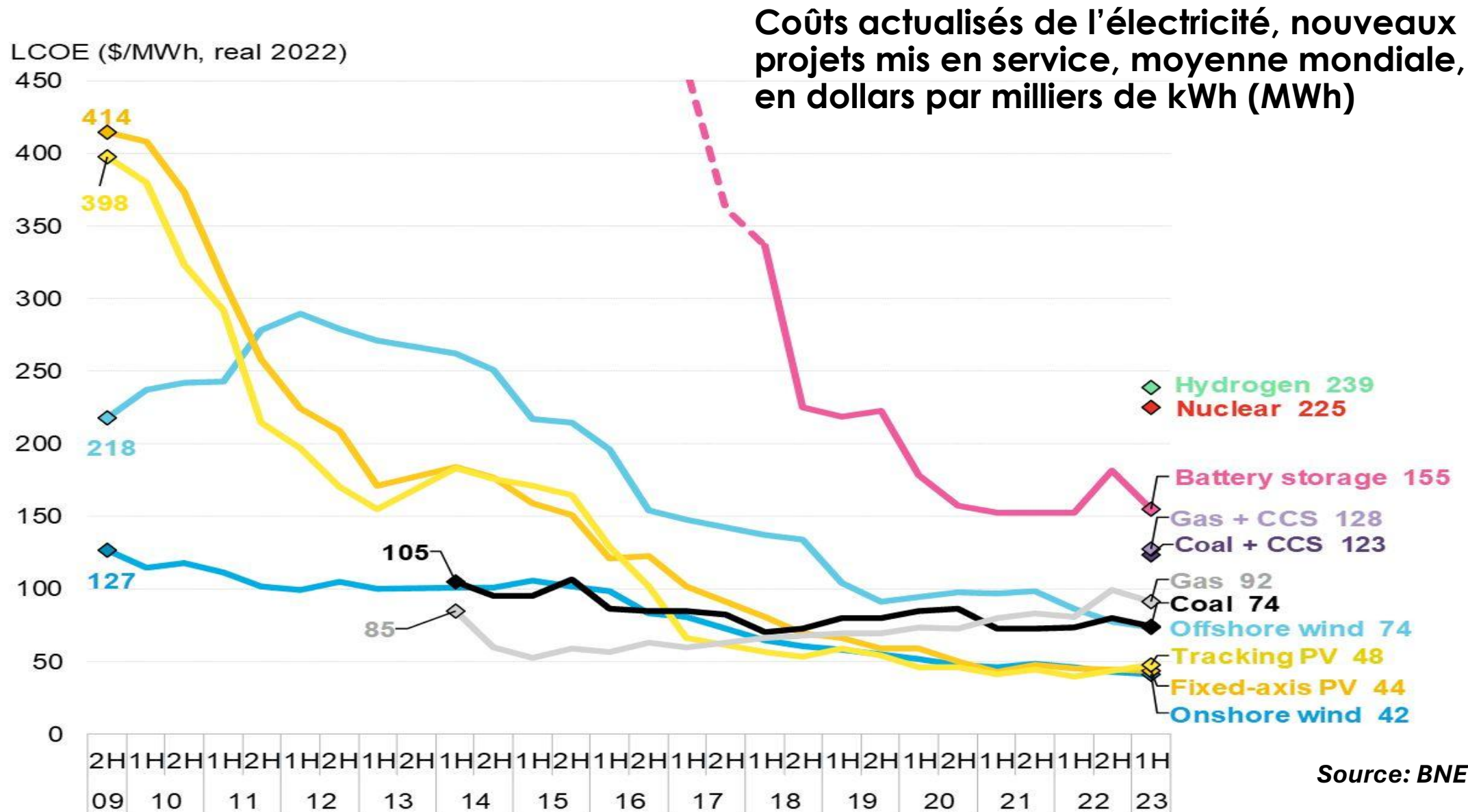
*Malgré la variabilité, il n'y a pas vraiment besoin de stockage intersaisonnier*



Source: RTE

Data: Ember

# Les coûts de l'éolien, du solaire et des batteries se sont effondrés...



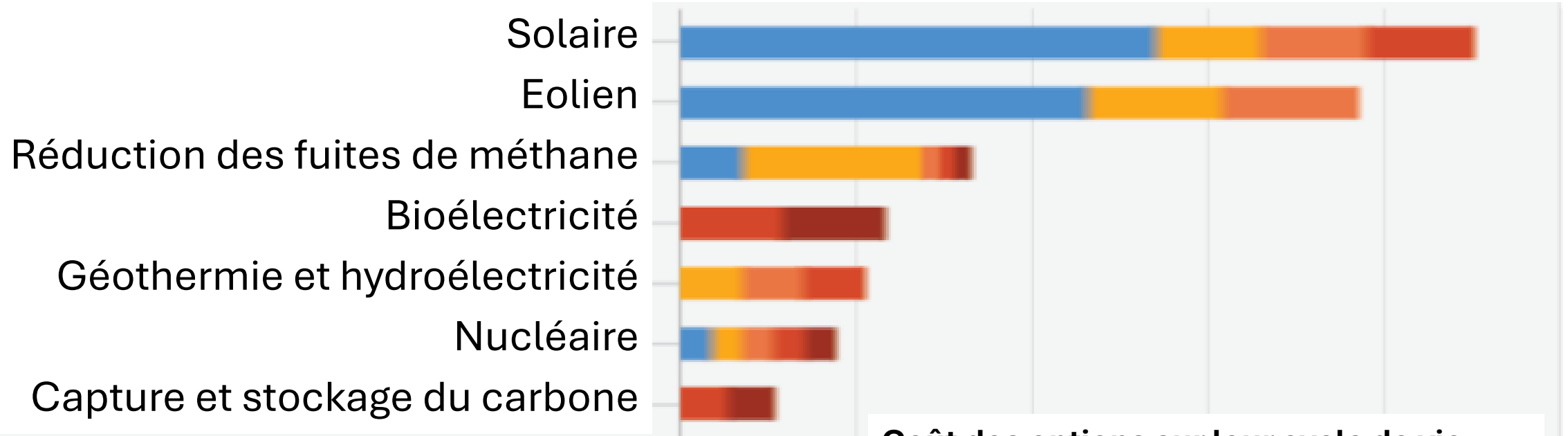
# ... offrant selon le GIEC les plus importants potentiels de réductions d'émissions dans le monde



## Réduction des gaz à effet de serre dans la production d'énergie

Contributions potentielles en 2030 (Gt CO<sub>2</sub>)

0 1 2 3 4 5



### Coût des options sur leur cycle de vie



IPCC AR6 Synthesis (2023)

# Le changement technique est nécessaire...

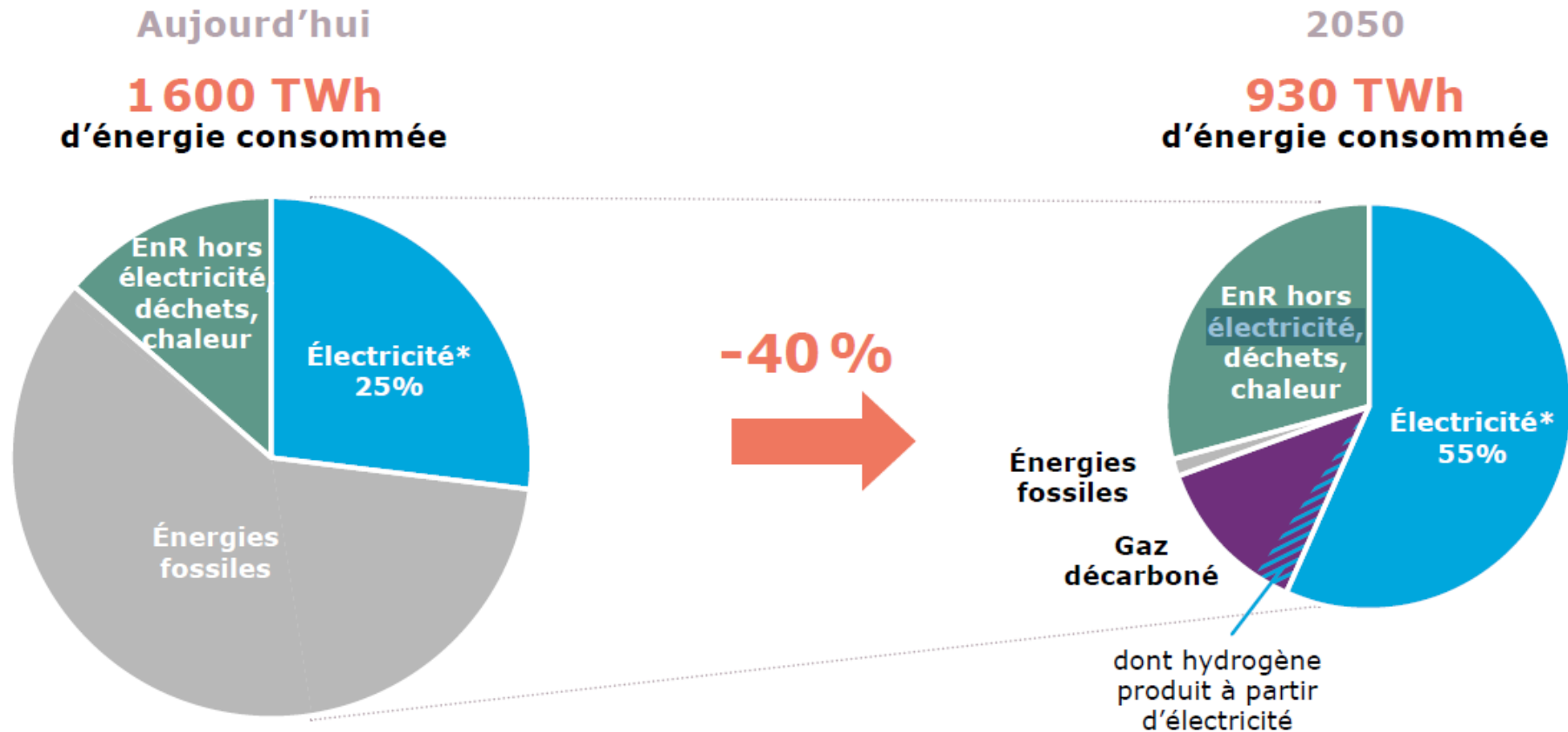


## 1. Pour décarboner l'électricité

➤ 20% de l'énergie finale, 37% des émissions de CO<sub>2</sub>

## 2. Et tout électrifier (ou presque): bâtiments, industries, transports

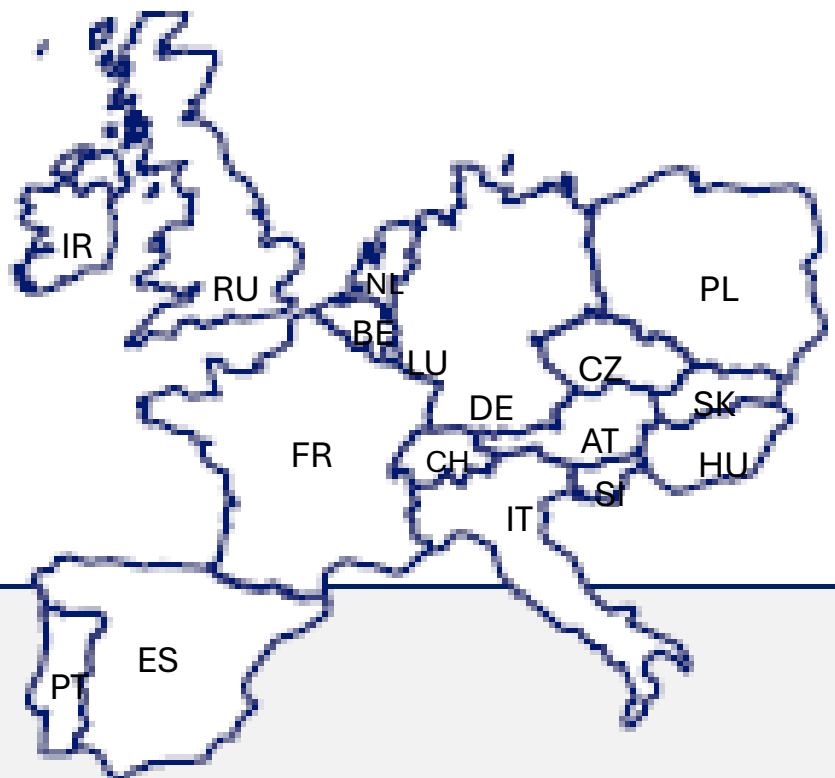
L'énergie finale en France dans la Stratégie nationale bas-carbone



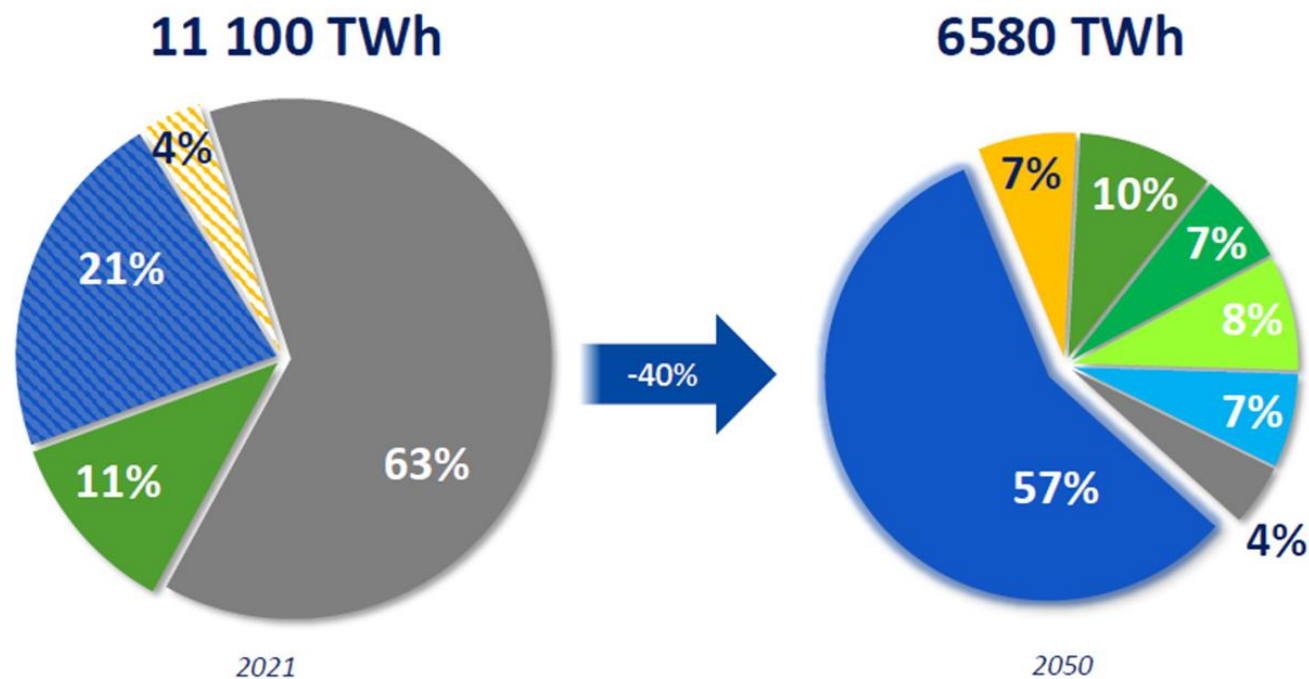
# Le scénario ZEN 2050 d'EDF



Pour dix-sept pays autour de la France



L'énergie finale diminue de 40%,  
l'électricité passe de 21% à 57%



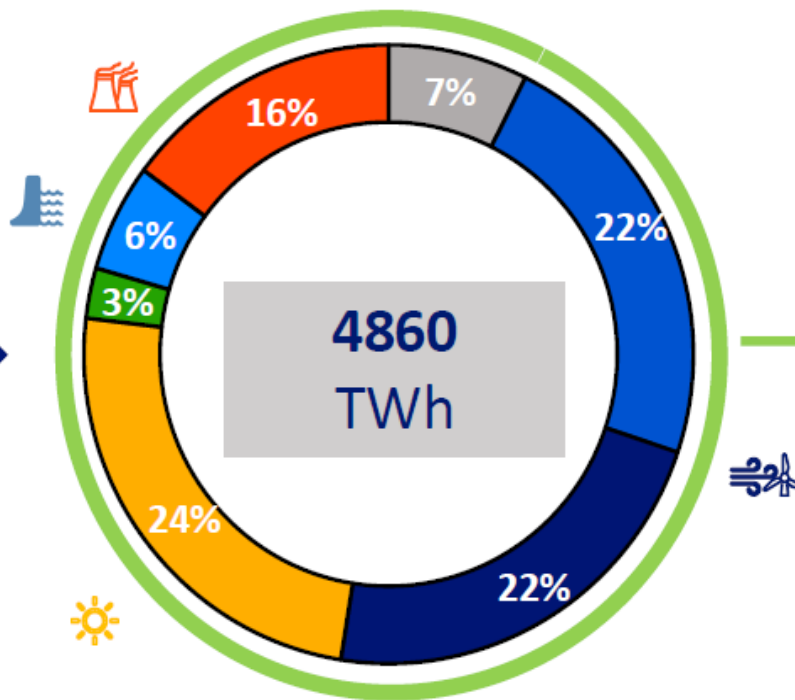
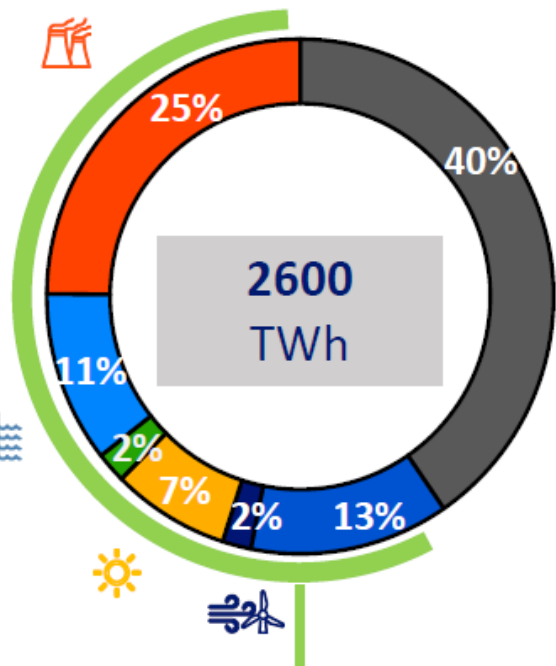
■ Electricity ■ Fossil fuels ■ Solid biomass ■ Bioliquids ■ Biogas ■ e-fuels ■ Heating Netw

# Le scénario ZEN 2050 d'EDF pour 16 pays d'Europe: l'électricité



MIX ELECTRIQUE UE 2021

MIX ELECTRIQUE ZERO EMISSIONS NETTES 2050



Production électrique x1,8 pour couvrir une demande en croissance

Production électrique totalement décarbonée

77% d'énergie renouvelable dans le mix électrique

Electricité décarbonée à 60%

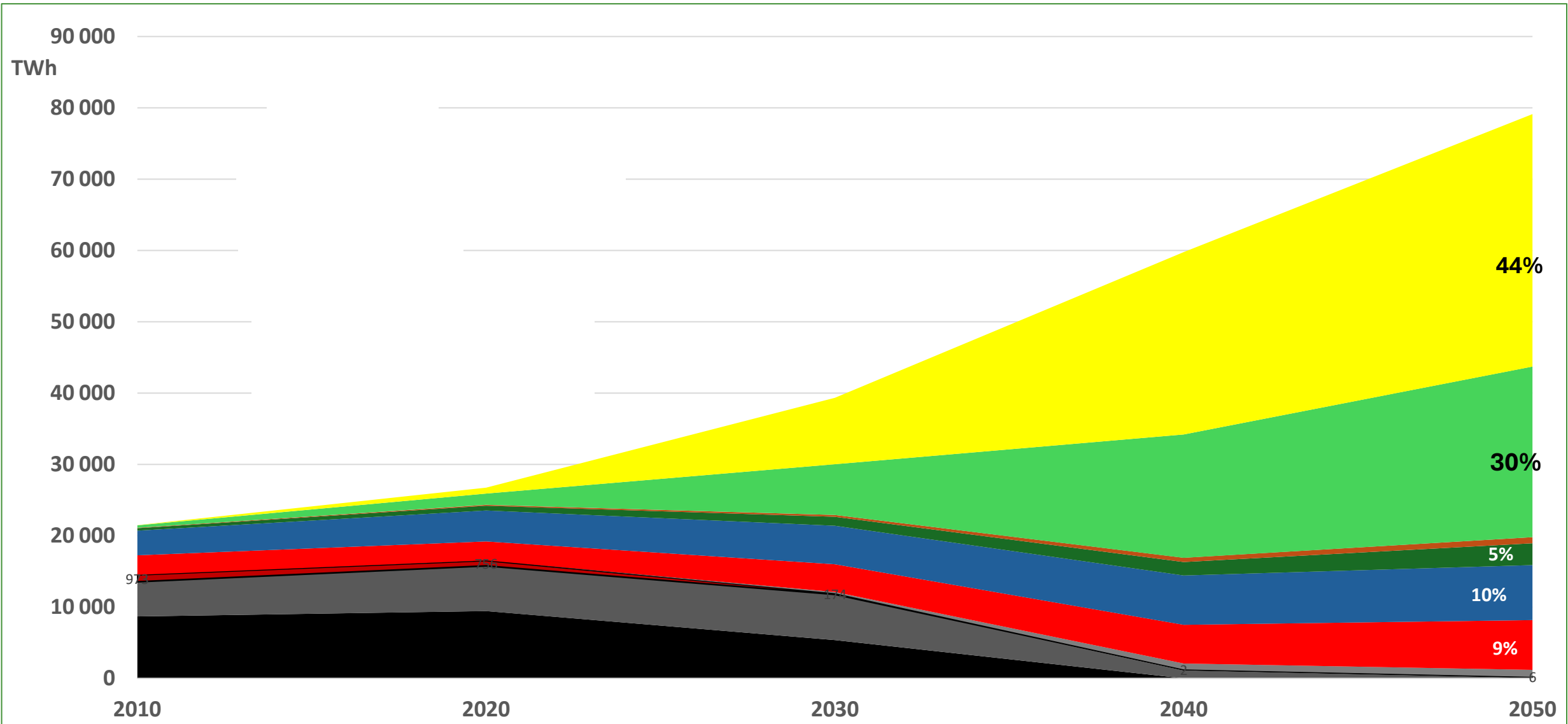
*\* All the figures are given for EDF Net Zero geographical perimeter*

■ Fossil ■ Onshore ■ Offshore ■ Solar ■ Bio & other renewables ■ Hydro ■ Nuclear ■ Decarbonized Thermal

En 2050, le mix électrique européen est entièrement décarboné, comprenant des renouvelables (y compris hydroélectricité), du nucléaire, et des capacités thermiques décarbonées



# Le scénario net zero de l'AIE pour le monde

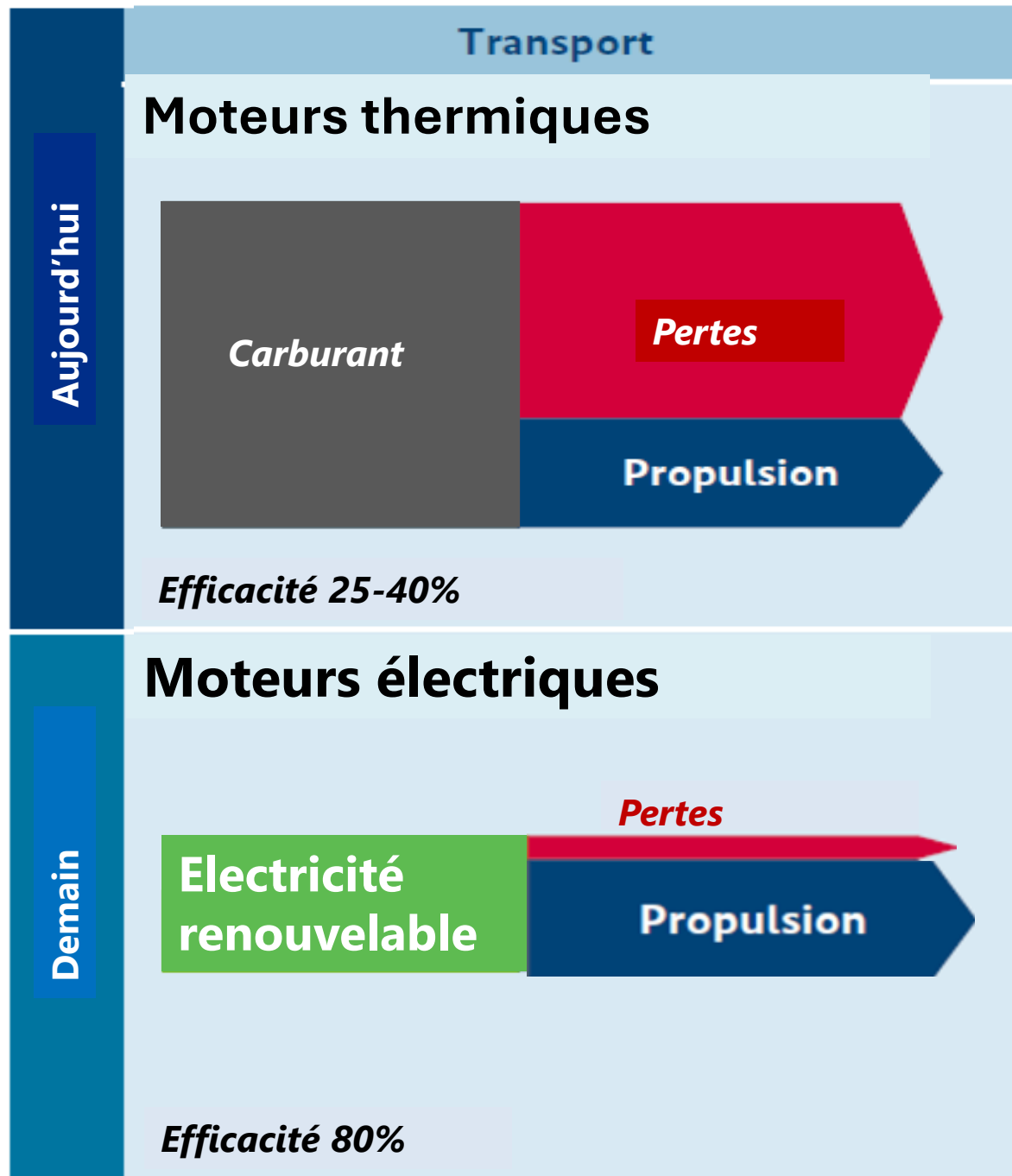


La part de l'électricité dans la demande finale d'énergie bondit de 20% à 55%

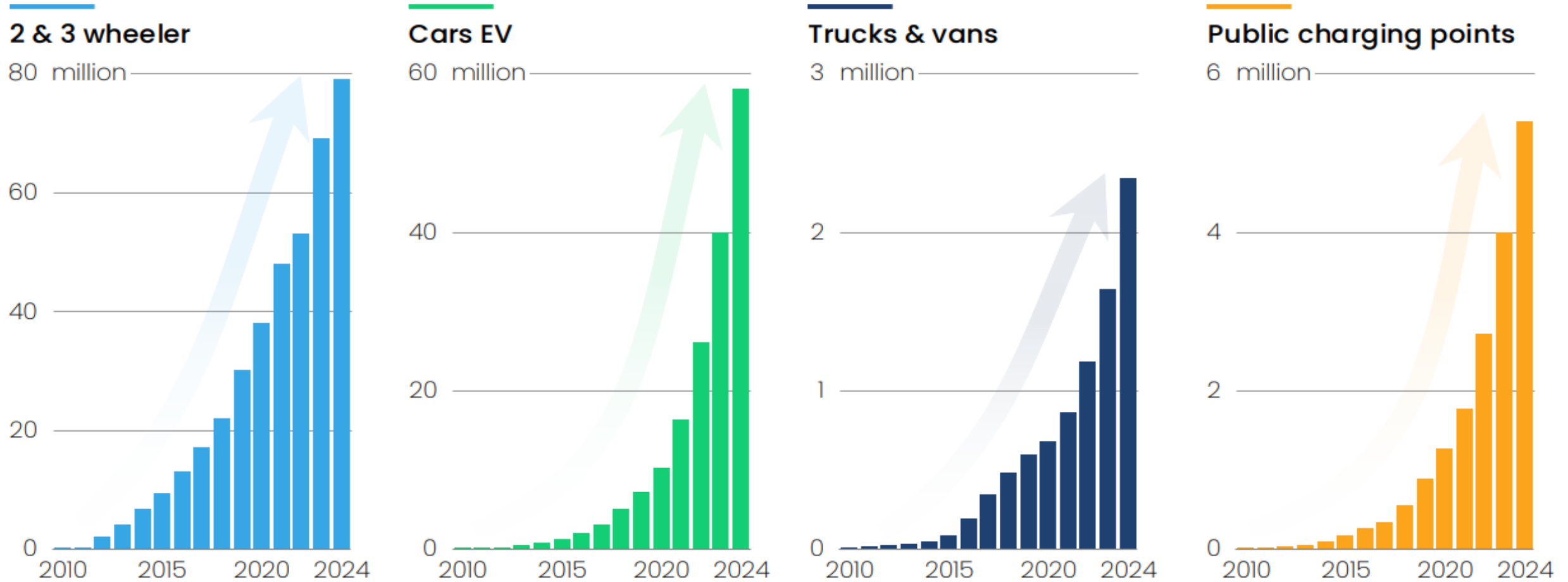
# L'électrification source d'importantes économies d'énergie dans les transports

\*Dans d'autres applications (ex : transport maritime, groupes électrogènes), l'efficacité des moteurs à combustion interne peut atteindre 50 %.

Adapté du ministère fédéral de l'Economie et de l'Energie, 2015, *An electricity market for Germany's energy transition, White Paper.*

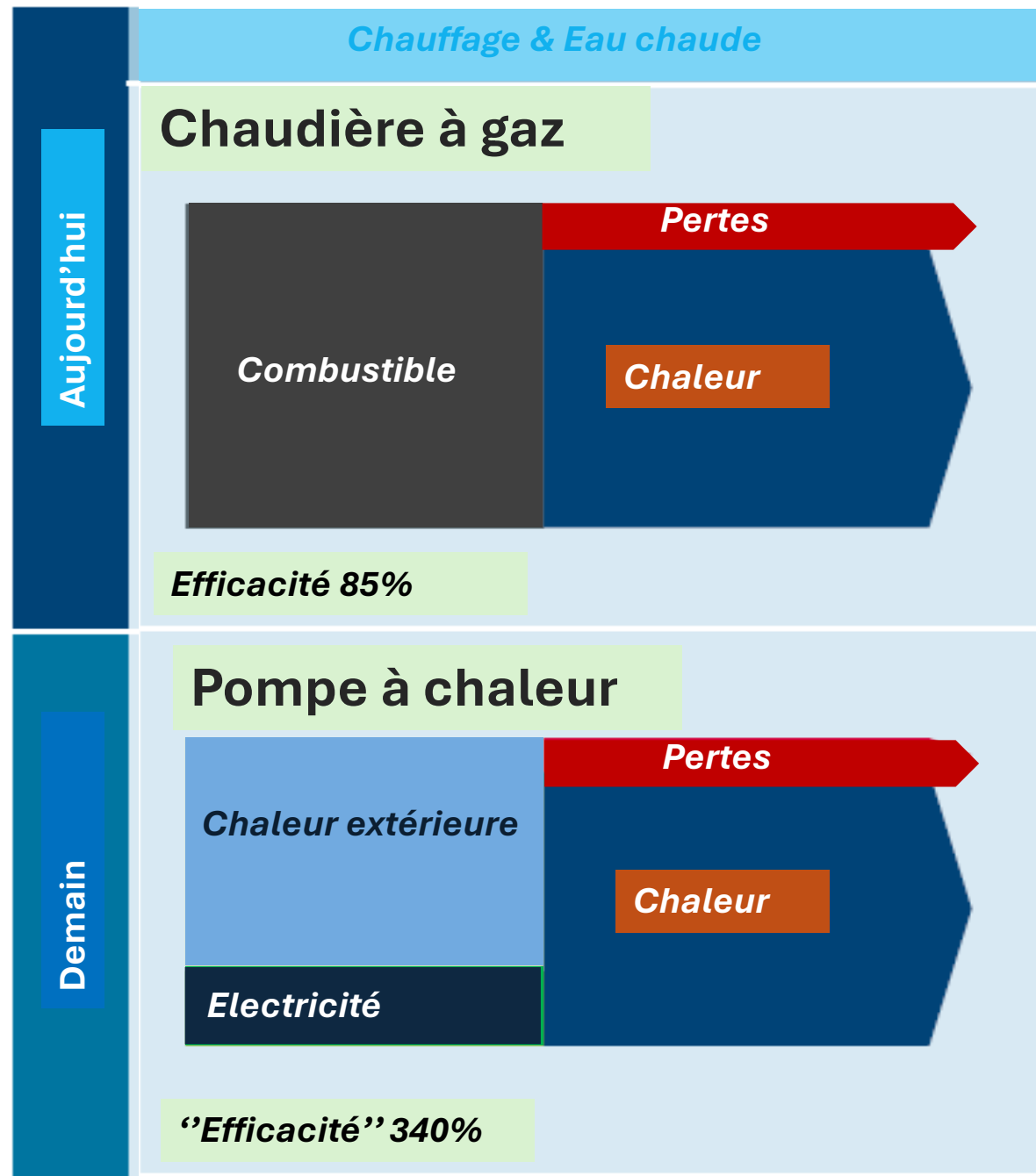


# Le développement des véhicules électriques est exponentiel



# L'électrification source d'importantes économies d'énergie dans les bâtiments (et une partie de l'industrie)

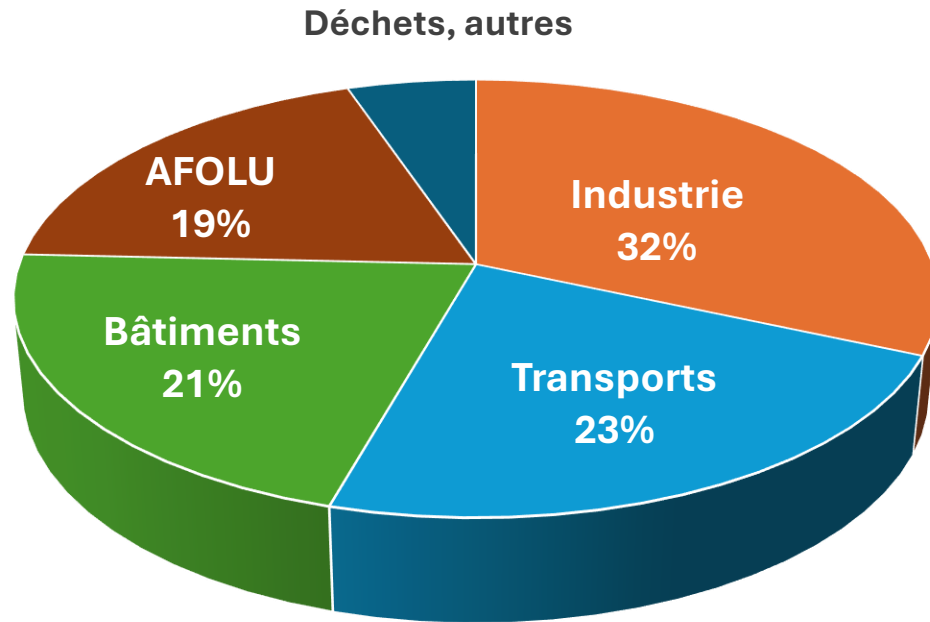
Adapté du ministère fédéral de l'Economie et de l'Énergie, 2015, *An electricity market for Germany's energy transition, White Paper.*



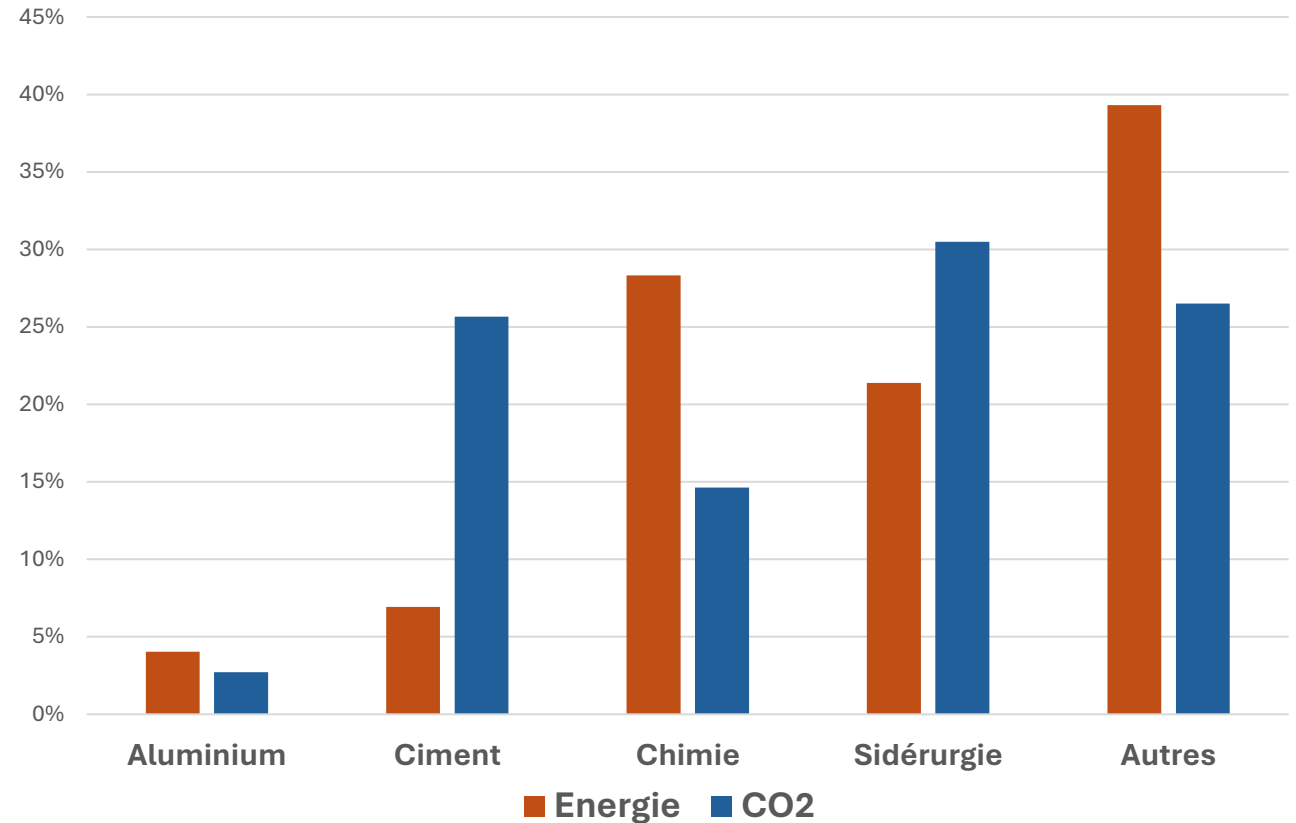
# Les solutions avancent pour l'industrie



## Emissions de CO<sub>2</sub> tous secteurs



## Consommations d'énergie et émissions de CO<sub>2</sub> dans l'industrie



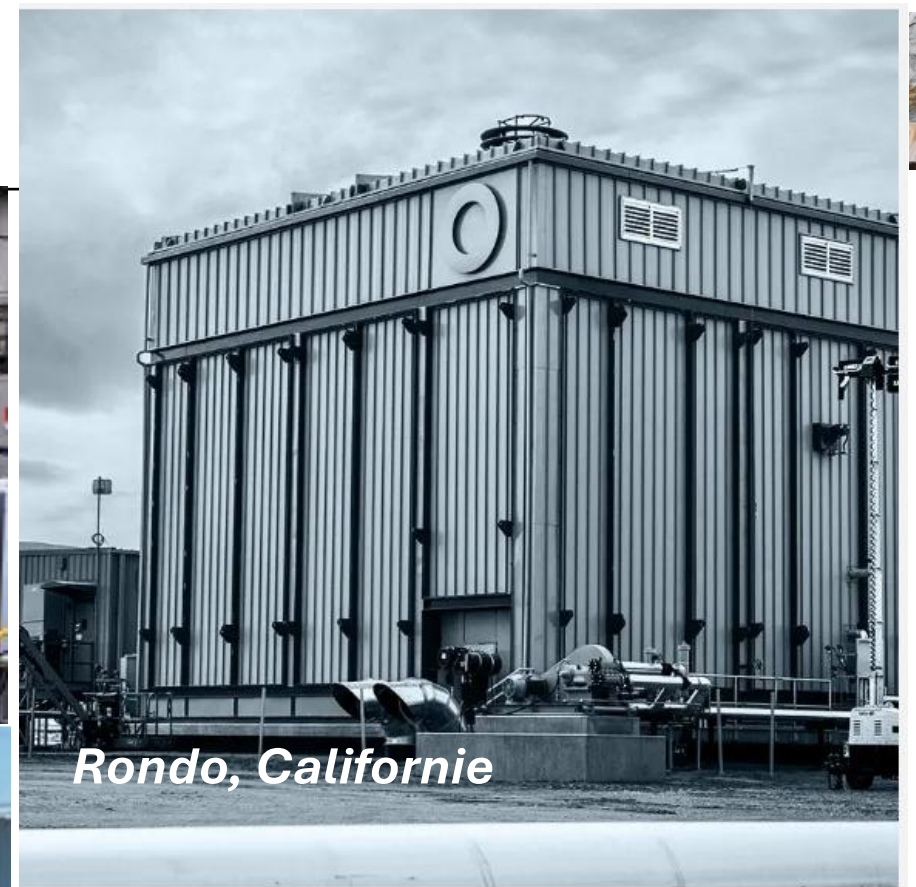
# Les solutions avancent pour l'industrie



*Stegra, suède*



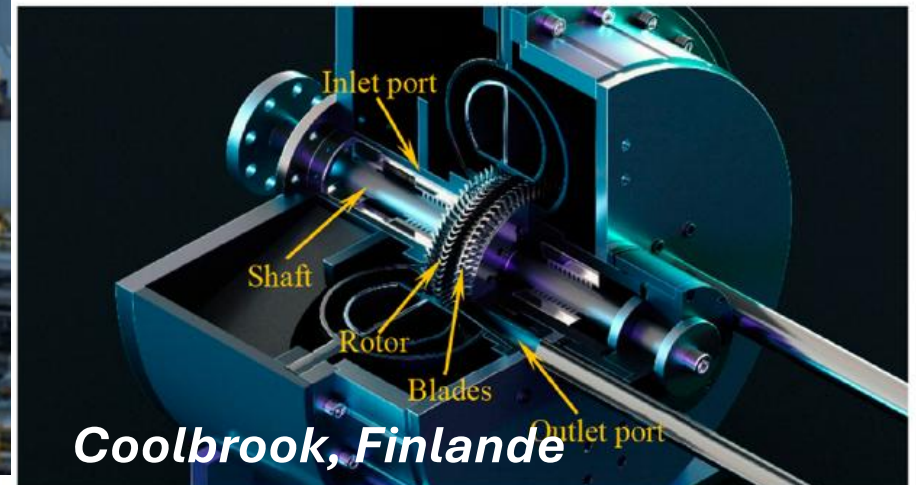
*Electra, Colorado*



*Rondo, Californie*

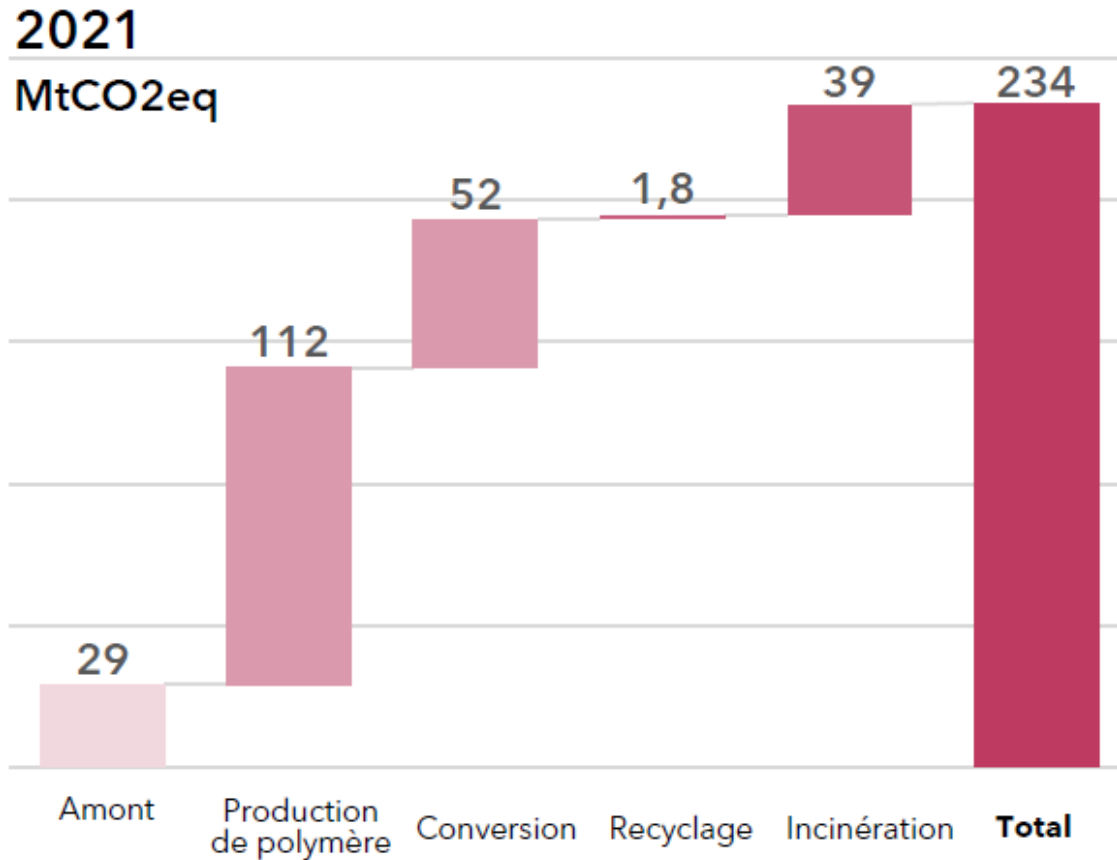


*Envision, Chine*



*Coolbrook, Finlande*

# Les plastiques: l'énergie d'abord, le matériau carbone ensuite



**Fig. 12.** Diagramme de cascade des émissions du secteur du plastique européen, voir Annexe 1

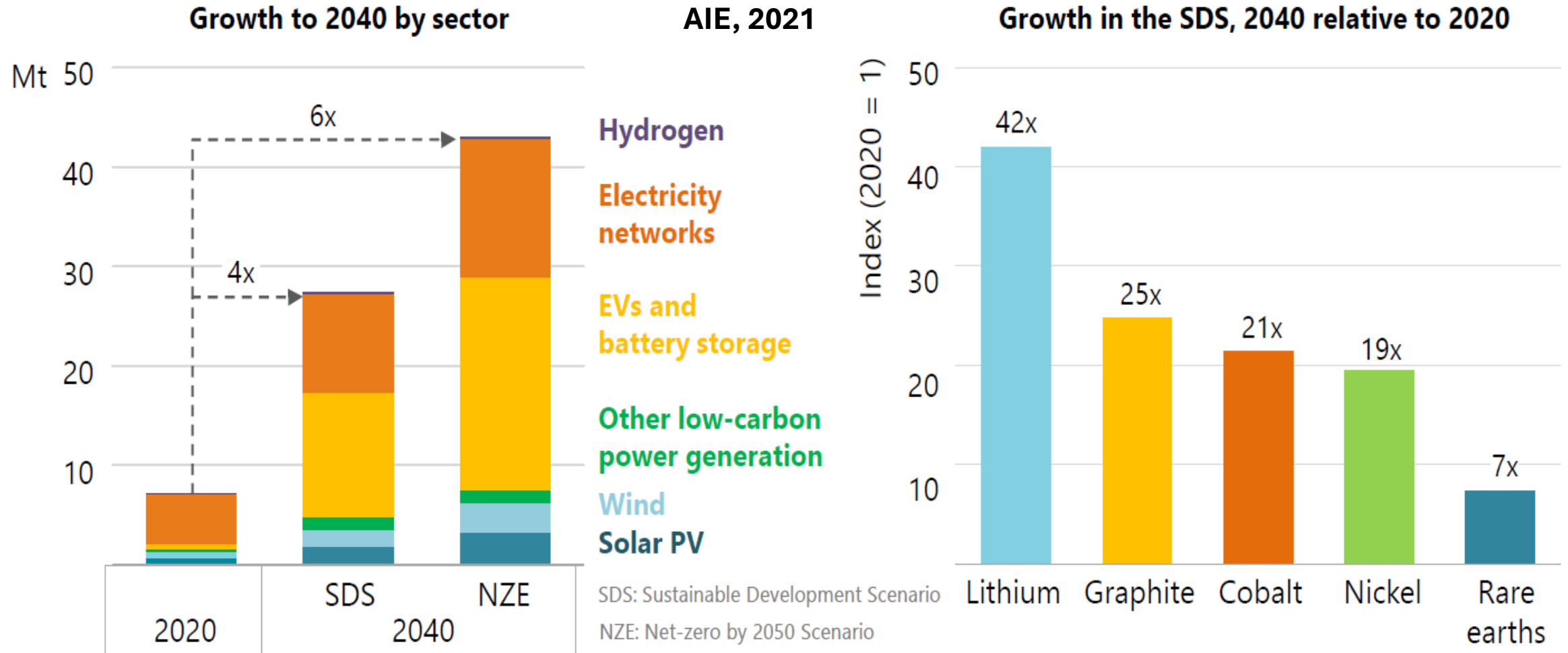
Source: Girard et Grimaud, 2024,  
*Plastiques en transition*, Zénon Mines PSL

- L'essentiel des émissions de GES liées aux plastiques viennent de l'énergie (pétrole) utilisée par le procédé, et non du pétrole utilisé comme matière première.
- Les meilleurs vapocraqueurs actuels utilisent 4 à 5 fois l'énergie thermodynamique minimale du craquage du naphta.
- Un procédé comme Coolbrook pourrait réduire la consommation d'énergie de 20-30%, et les émissions de CO<sub>2</sub> de 70 à 80% (avec une électricité décarbonée).



# La transition va-t-elle manquer de métaux?

## Demande annuelle en 2050 pour la production d'électricité et le stockage

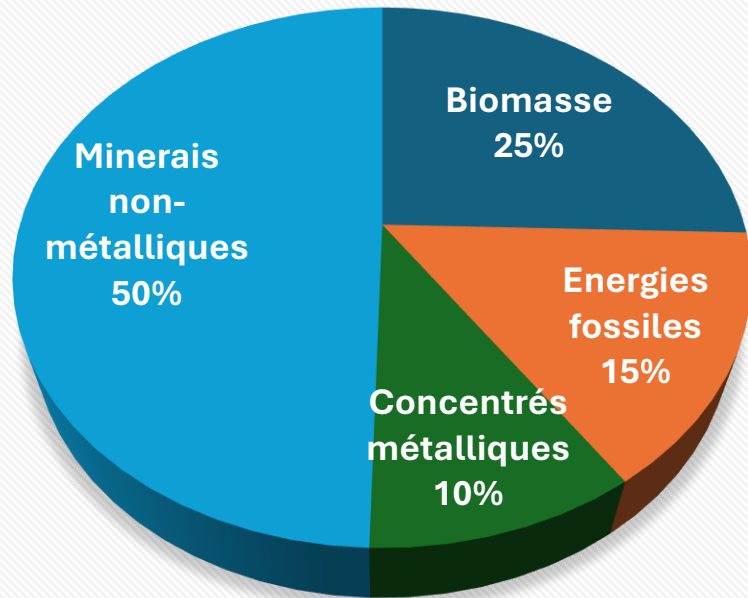


# Les concentrés métalliques représentent 10% de l'extraction

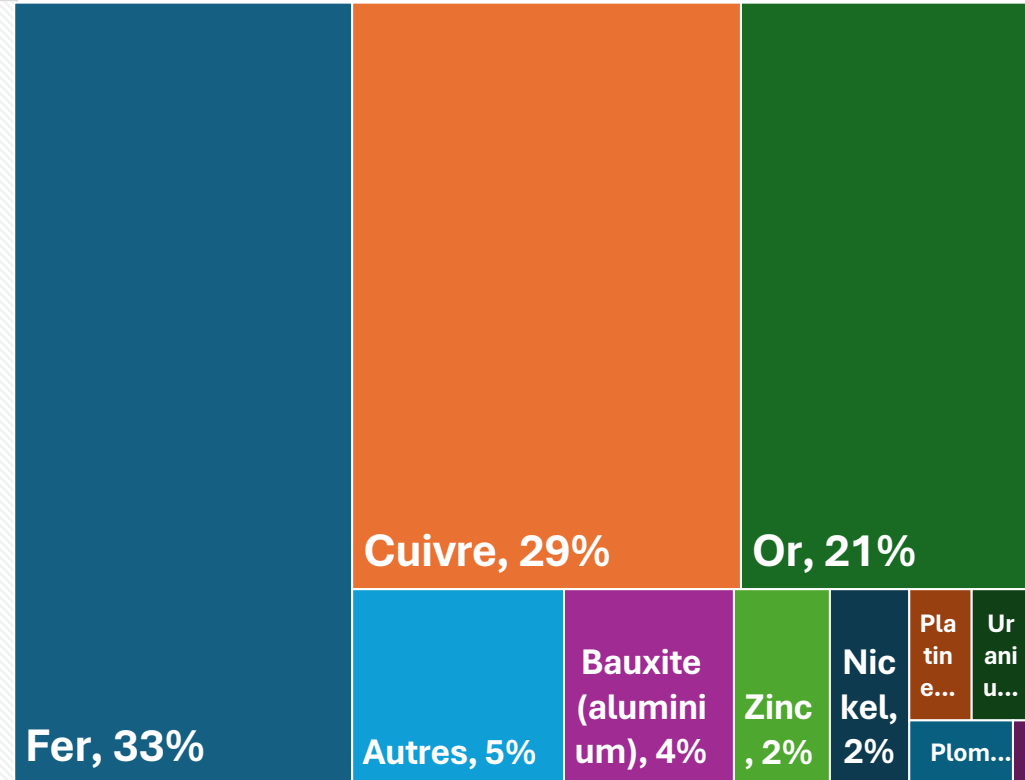


Et trois métaux représentent plus de 80% des extractions de minerais métalliques

Extraction totale en 2024  
(100 milliards de tonnes)



Source: UNEP, *Global Resources Outlook 2024*

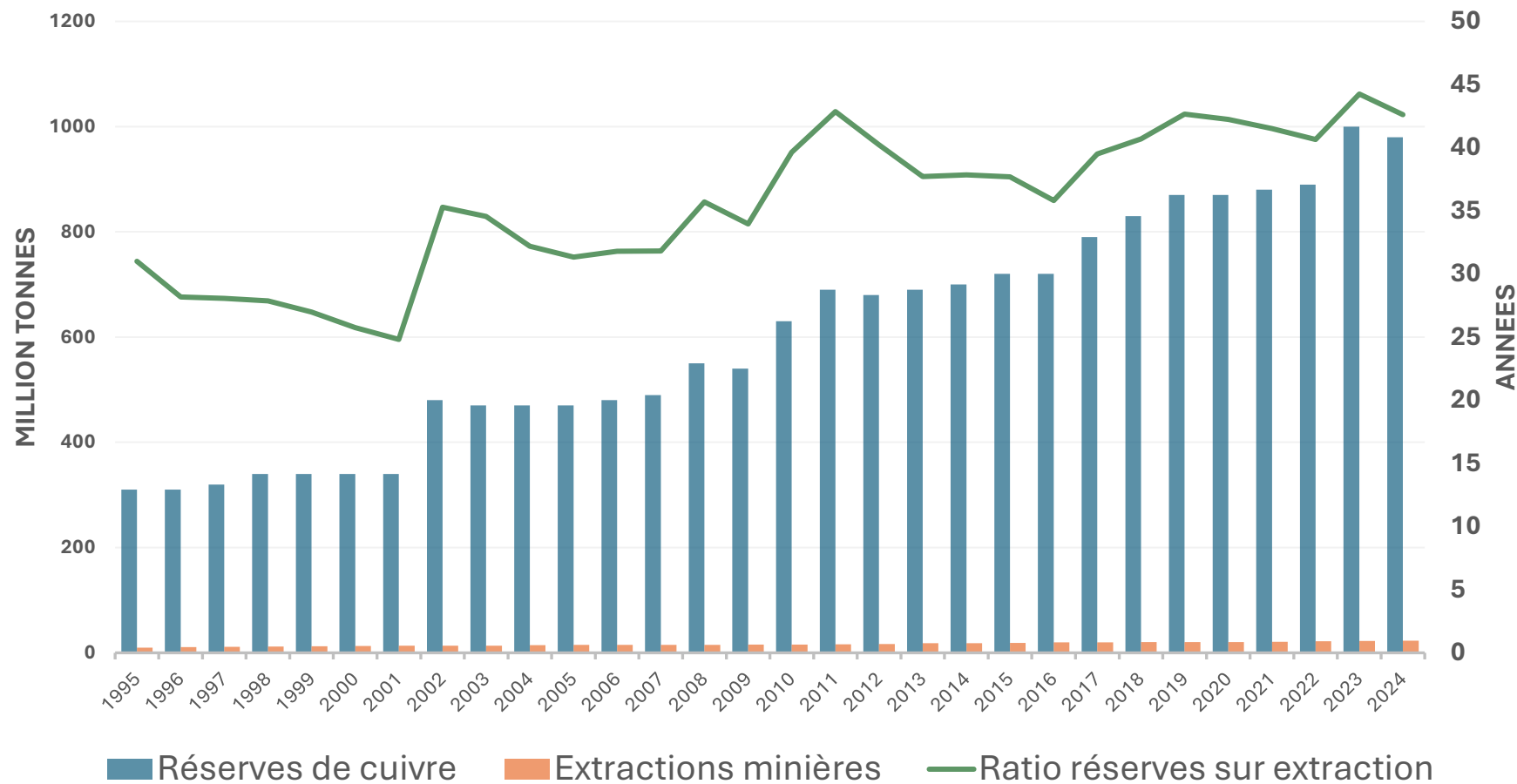


Source: Philibert et Arndt, *IFRI, 2025. Données WU Vienna (2023)*

# Le cuivre, métal au centre de la transition



## Extraction mondiale et réserves de cuivre, 1995-2024



Source: Philibert et Arndt, *Réévaluation de l'offre de cuivre: le rôle crucial de la technologie*, IFRI, 2025. Données USGS 2025, *Mineral Commodities Summary*

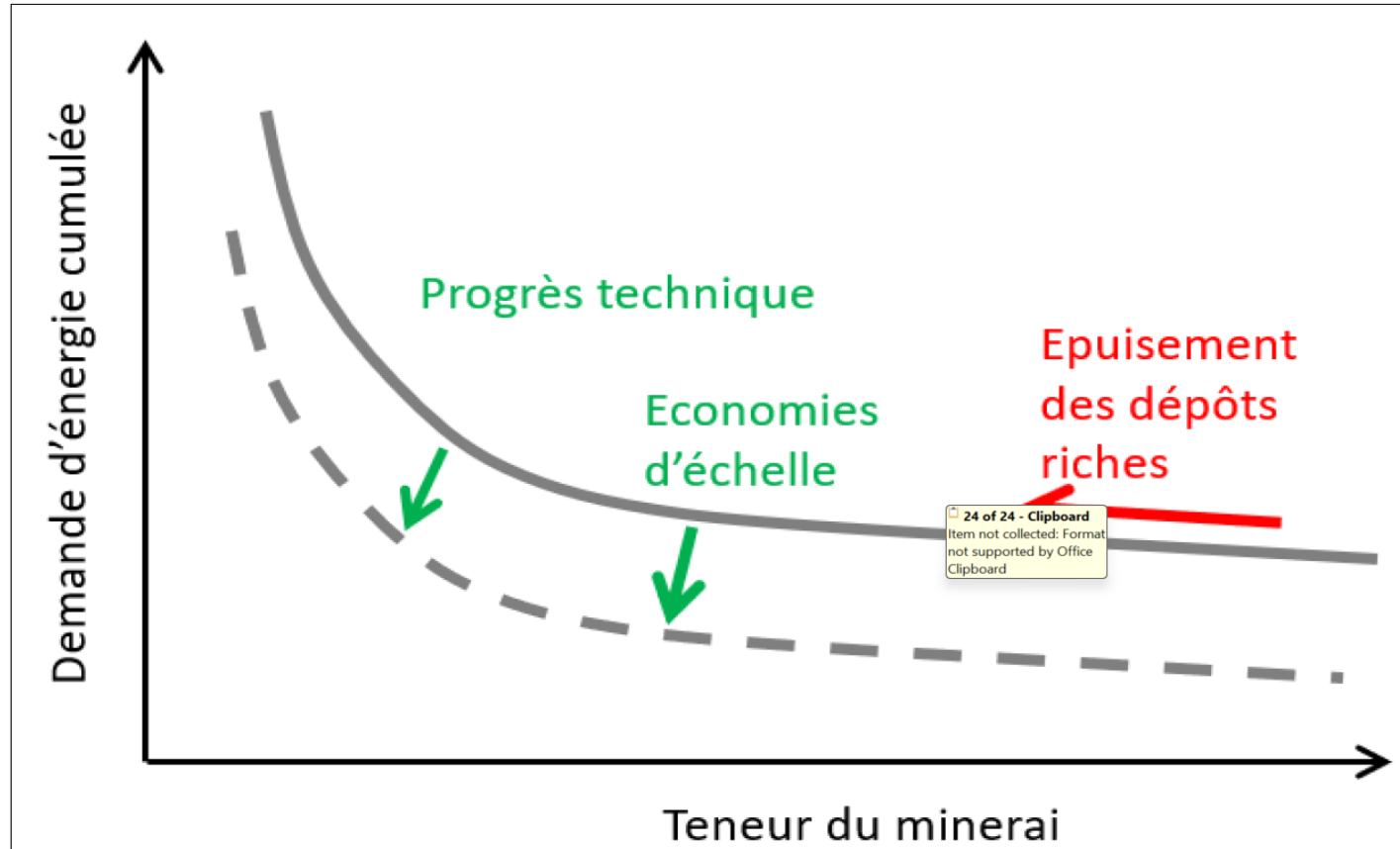
**Le ratio réserves sur extraction (échelle de droite) montre que les réserves ont davantage augmenté que l'extraction**

# L'énergie d'extraction du cuivre n'a pas augmenté



*L'extraction d'une tonne de cuivre demande aujourd'hui la même énergie qu'il y a soixante dix ans*

Source: Arndt & Philibert, 2025, modifié d'après Rötzer et Schmidt, 2020



Solaire thermique pour traitement du minerai de cuivre, Chili.



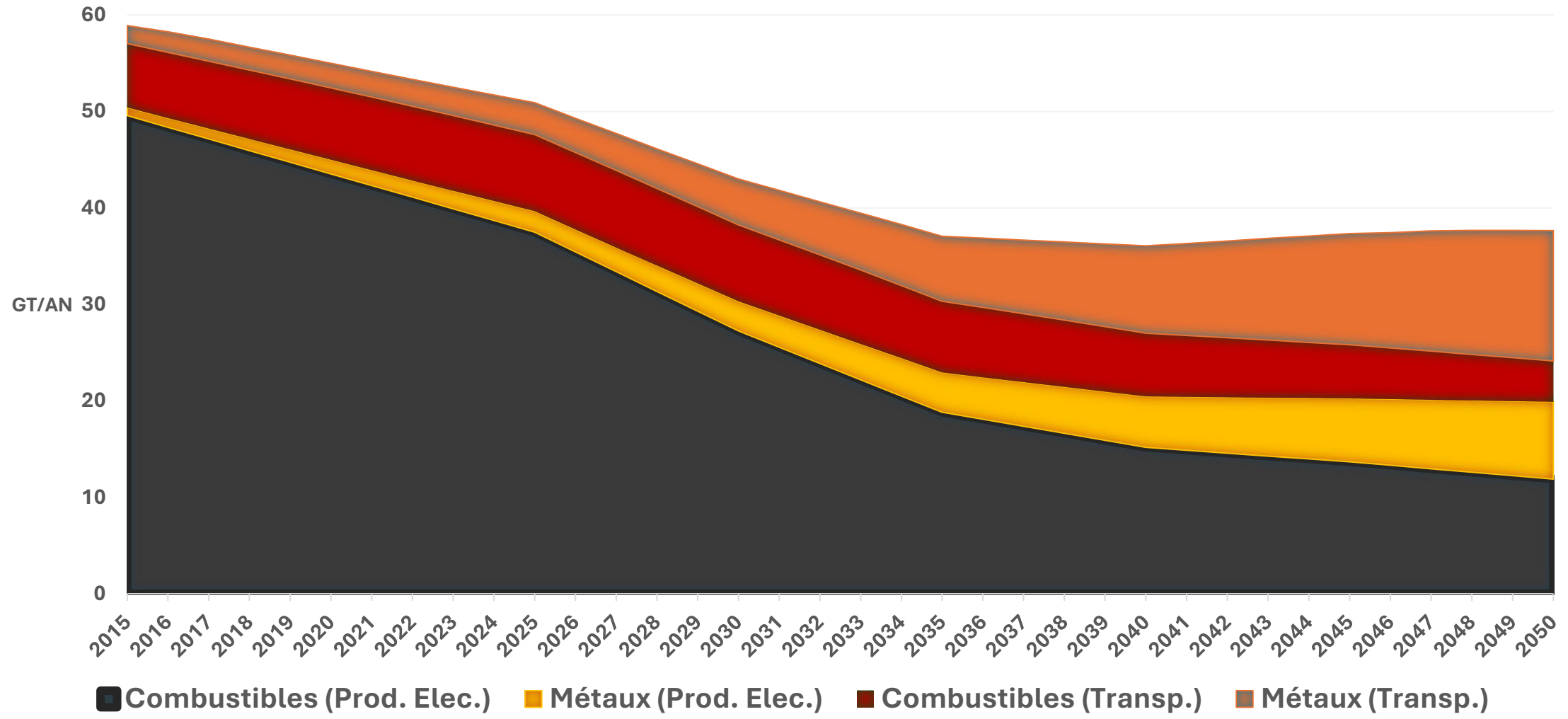
Camion minier électrique à batterie, Fortescue, Australie.

**Le progrès technique et les économies d'échelle ont compensé la baisse des teneurs moyennes, passées de 1,7% à 0,58%**

# Dans la transition, l'extraction minière diminue



## Tonnages de roches extraites ou déplacées

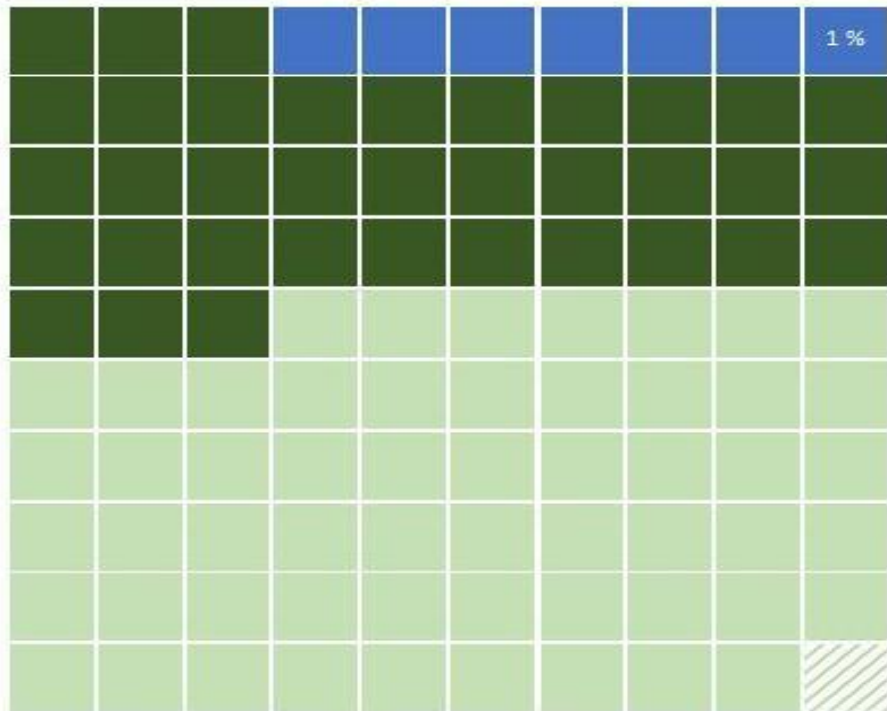


Source: Watari et al., 2021.

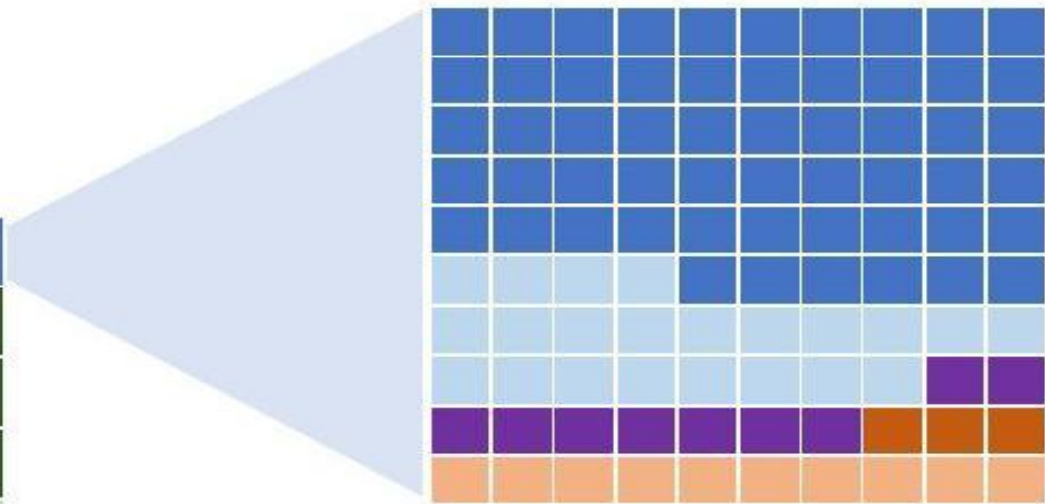
# Centrales au sol: une toute petite place au soleil



Superficie totale de la France métropolitaine  
550 000 km<sup>2</sup>



- Territoires agricoles 325 000 km<sup>2</sup>
- Forêts et milieux semi-naturels 192 000 km<sup>2</sup>
- Terrains artificialisés (bâtiments, routes,...) 33 000 km<sup>2</sup>
- Terrains dédiés aux biocarburants de 1<sup>ère</sup> génération 6 900 km<sup>2</sup>



Objectif PV sol + solaire PV sol déjà installé :  
700 km<sup>2</sup>

- Objectifs 2035 solaire au sol 565 km<sup>2</sup>
- Solaire au sol déjà installé fin 2023 135 km<sup>2</sup>
- Aéroports 470 km<sup>2</sup>
- Equipements sportifs et de loisirs (golf, camping, terrains de sports, hippodromes...) 1 220 km<sup>2</sup>
- Autres terrains artificialisés (bâtiments, routes,...)

**CC BY-SA 3.0 FR DEED**  
Attribution - Partage dans les Mêmes Conditions 3.0 France  
Auteur : Damien SALEL

# Les alternatives: les biocarburants

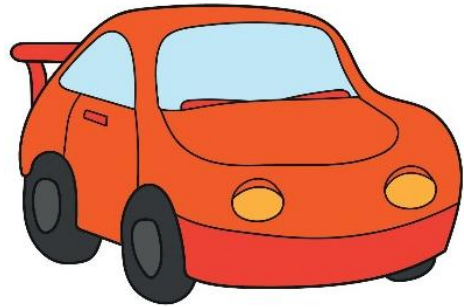


## Biocarburants vs. PV + voiture électrique



3500 l/an  
bioéthanol

1ha

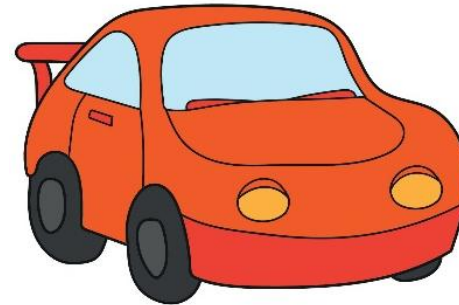


8,2 l eth/100 km

42 600 km



1ha

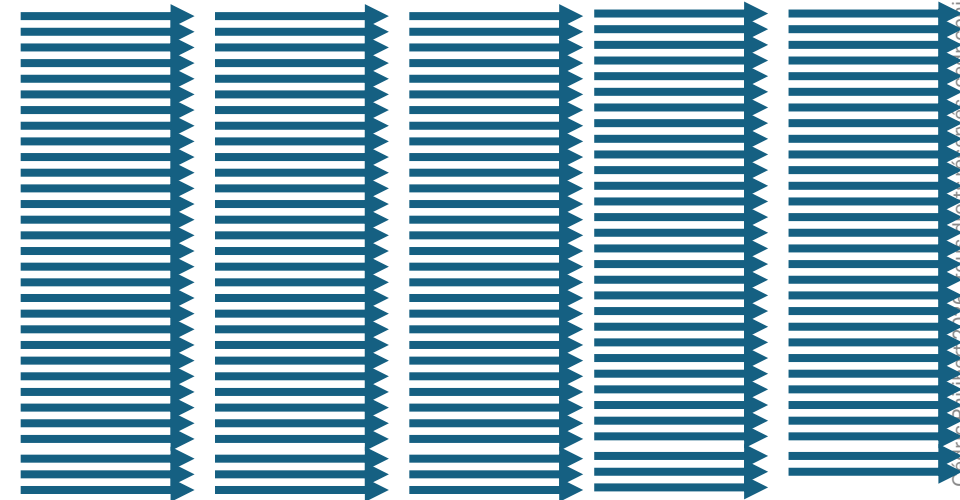


17 kWh/100 km

7 000 000 km



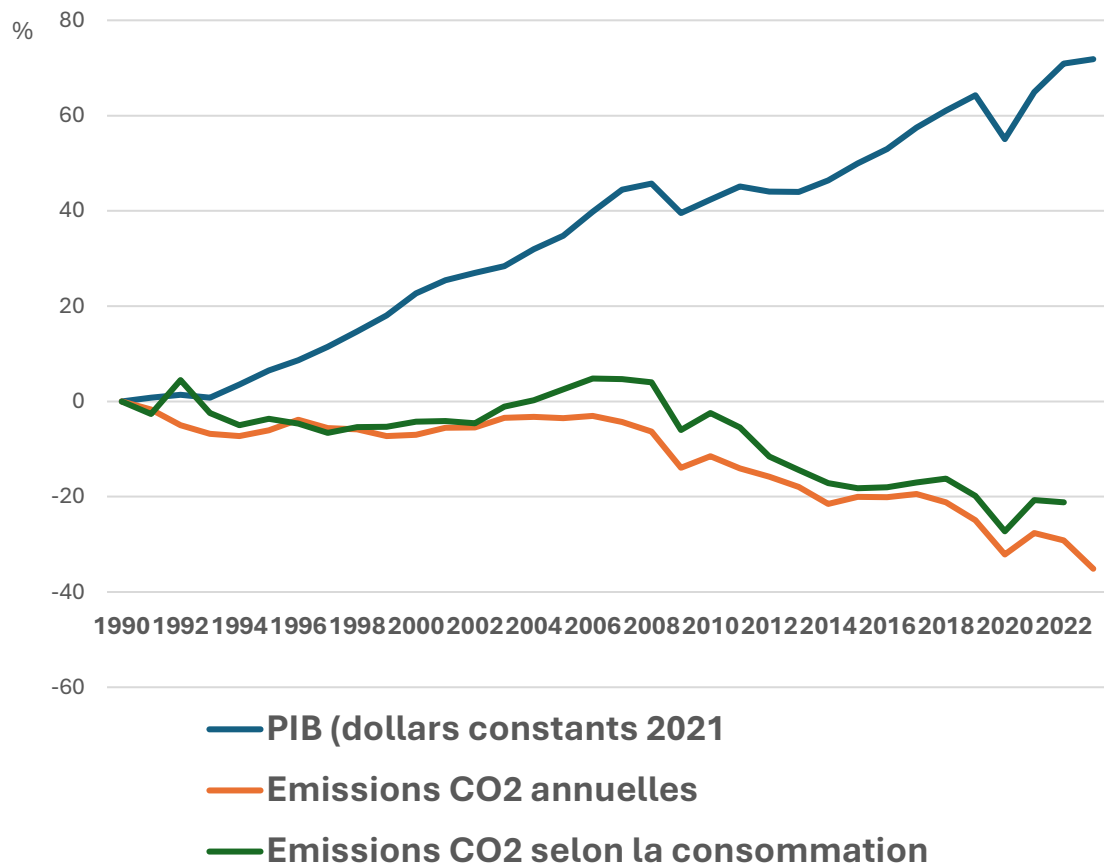
1200 MWh/an



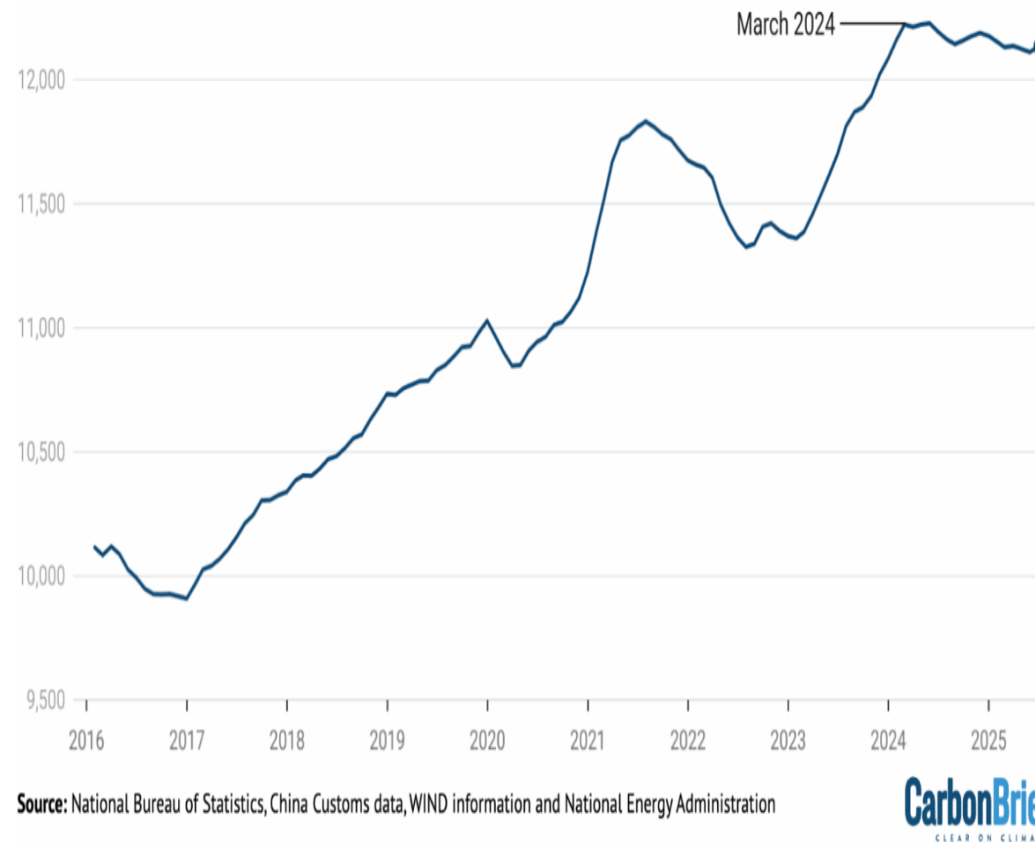
# On peut découpler économie et émissions...



## Union européenne



## Chine



**Les émissions mondiales de CO<sub>2</sub> (hors déforestation) ont probablement atteint leur pic (aussi grâce au ralentissement de la croissance)**

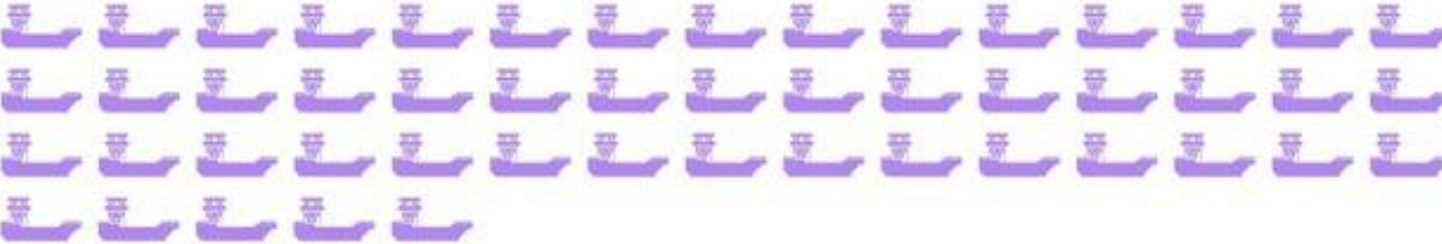
# Des modules PV qui font un long voyage, c'est grave docteur?



## Solar PV



## LNG



## Coal



iea

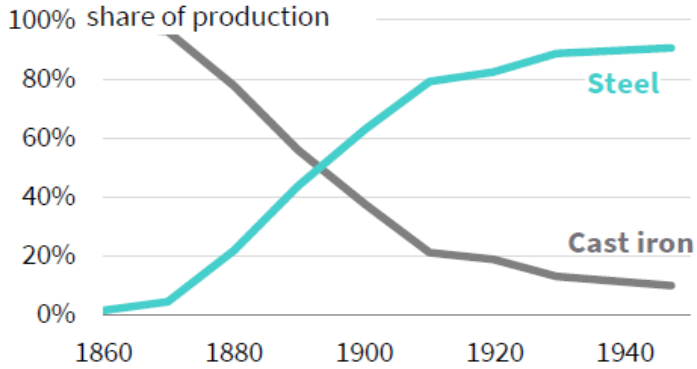
- Un seul voyage d'un porte-conteneur chargé de modules photovoltaïques fournit les moyens de produire autant d'électricité que le gaz contenu dans plus de 50 méthaniers ou le charbon contenu dans plus de 100 vracquiers
- Le coût des modules représente entre 10% et 30% du coût total des installations solaires

# Nous avons déjà vu des changements rapides...

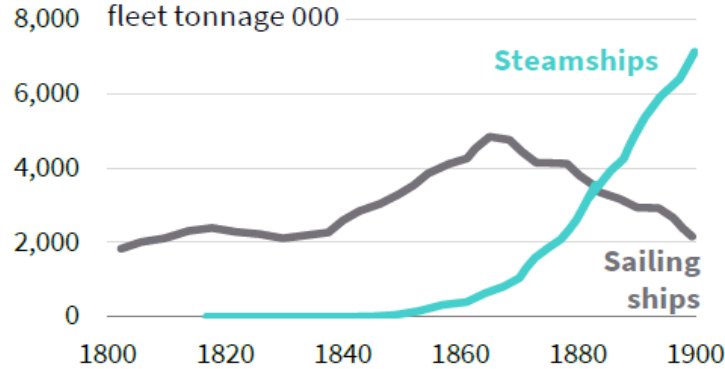


Une transition en X est standard, nous ne devrions pas être surpris

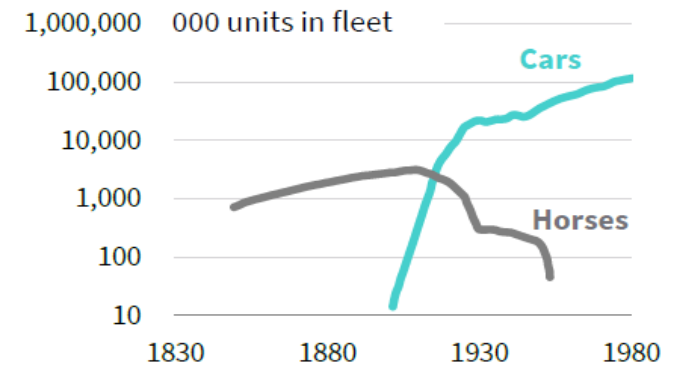
## Industry: Cast iron to steel



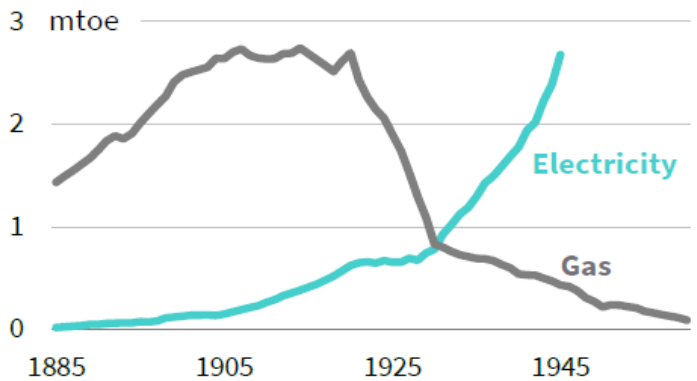
## Ships: Sailing ships to steamships



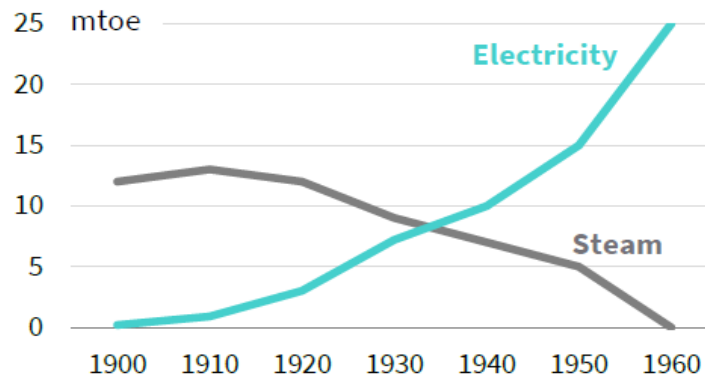
## Land transport: Horses to cars



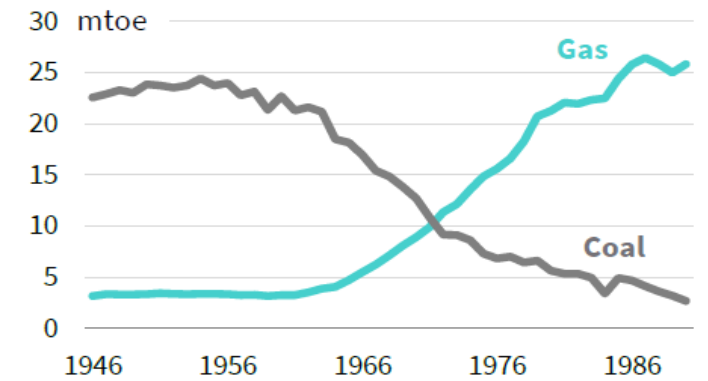
## Lighting: Gas to electricity



## Power: Steam to electricity



## Heat: Coal to gas

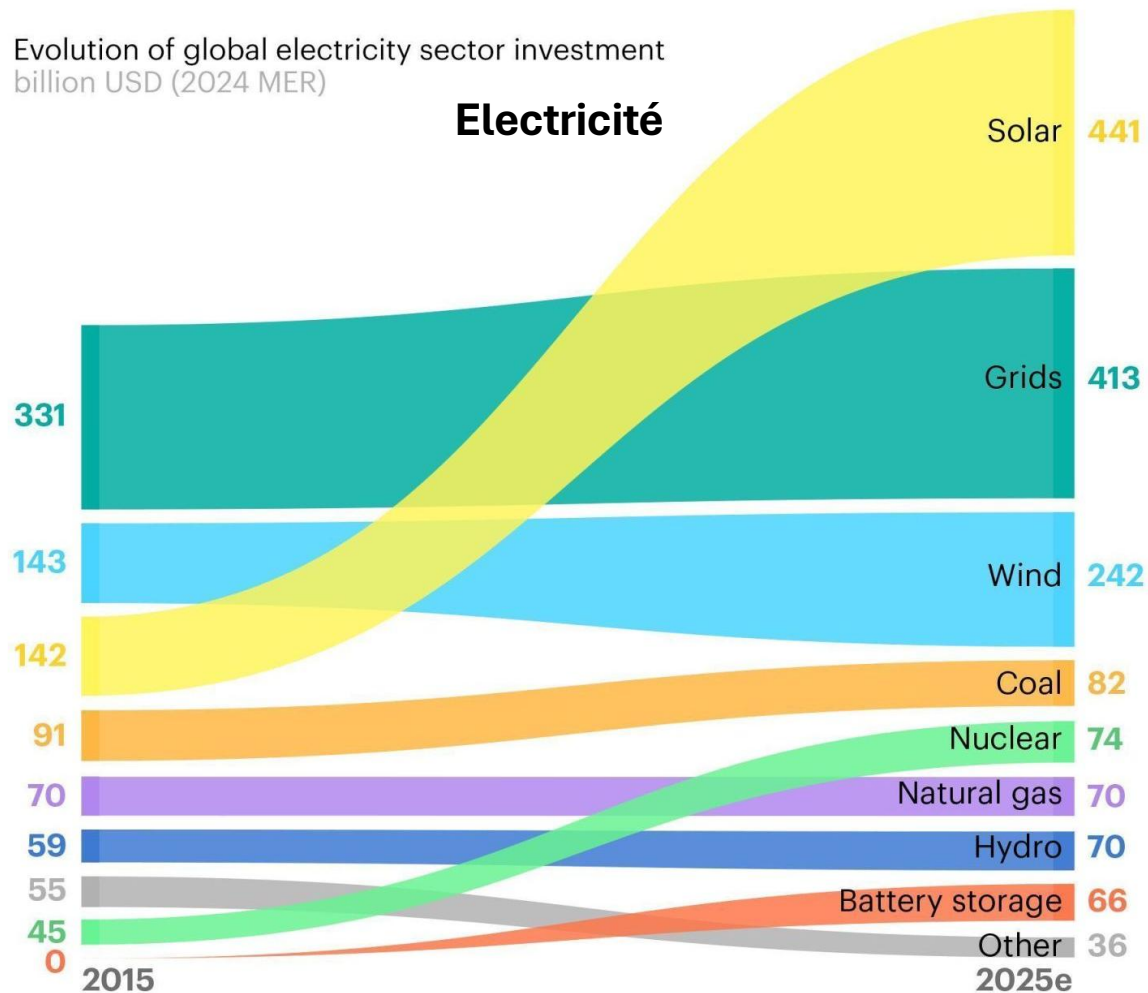


# Les investissements dans la transition accélèrent



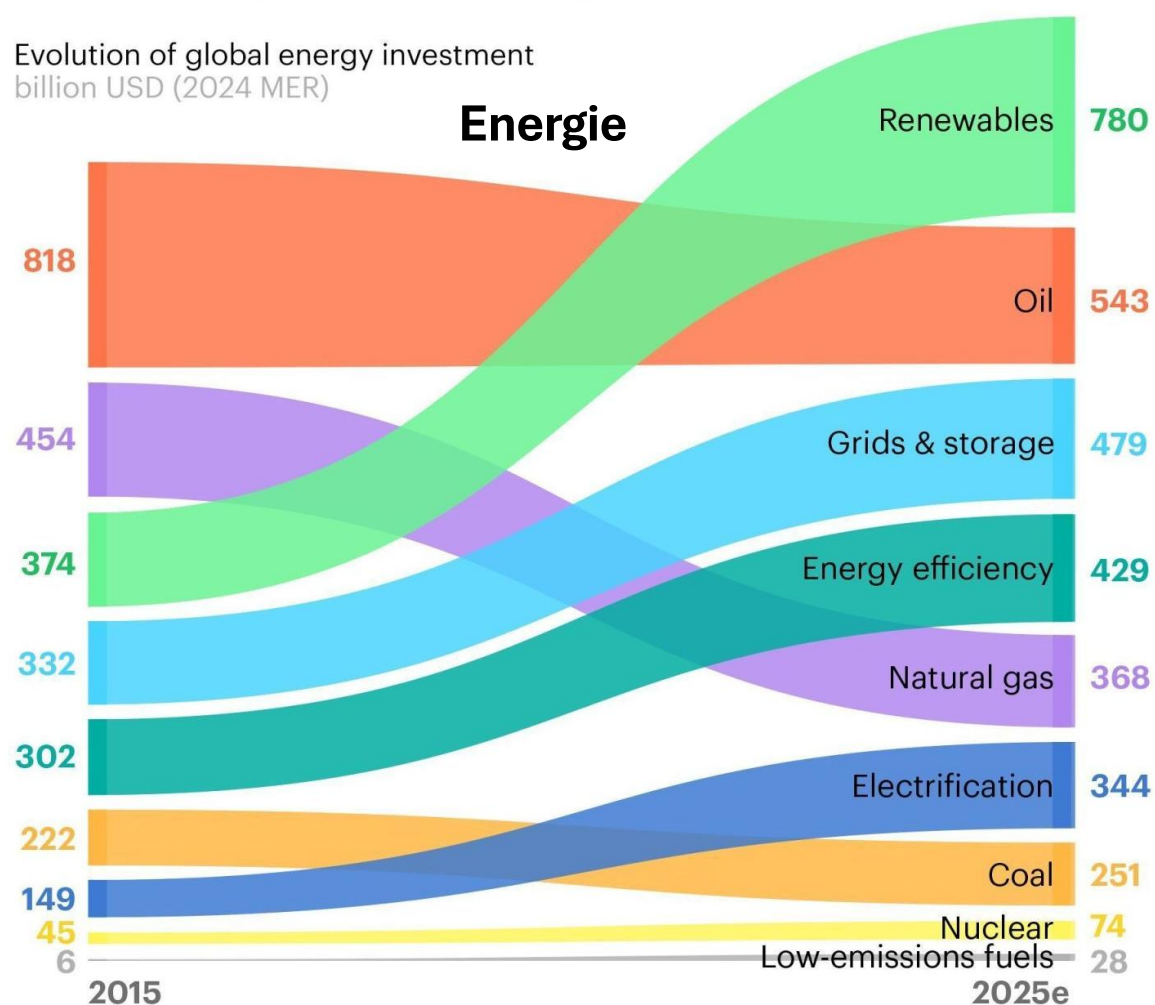
Evolution of global electricity sector investment billion USD (2024 MER)

## Electricité



Evolution of global energy investment billion USD (2024 MER)

## Energie



**Mais Trump et les lobbies pétroliers, les fanas du nucléaire exclusifs et les décroissants peuvent faire dérailler la transition énergétique – et faire perdre à l’humanité un temps précieux**



# Merci pour votre attention !

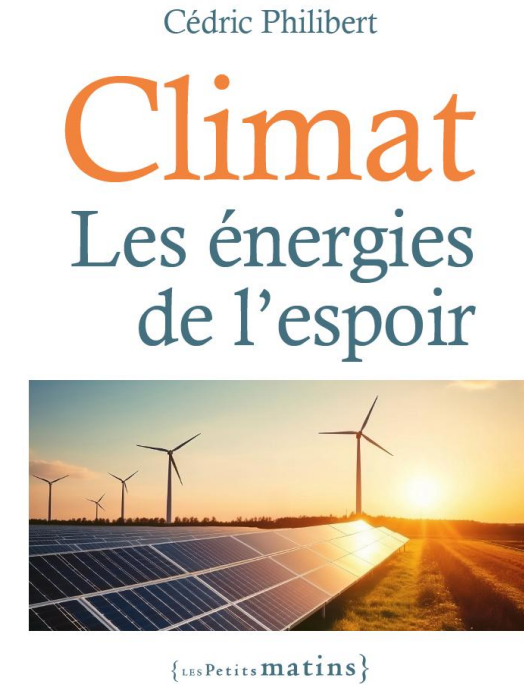
Mars 2023



Mars 2024



Octobre 2025



## Des questions?

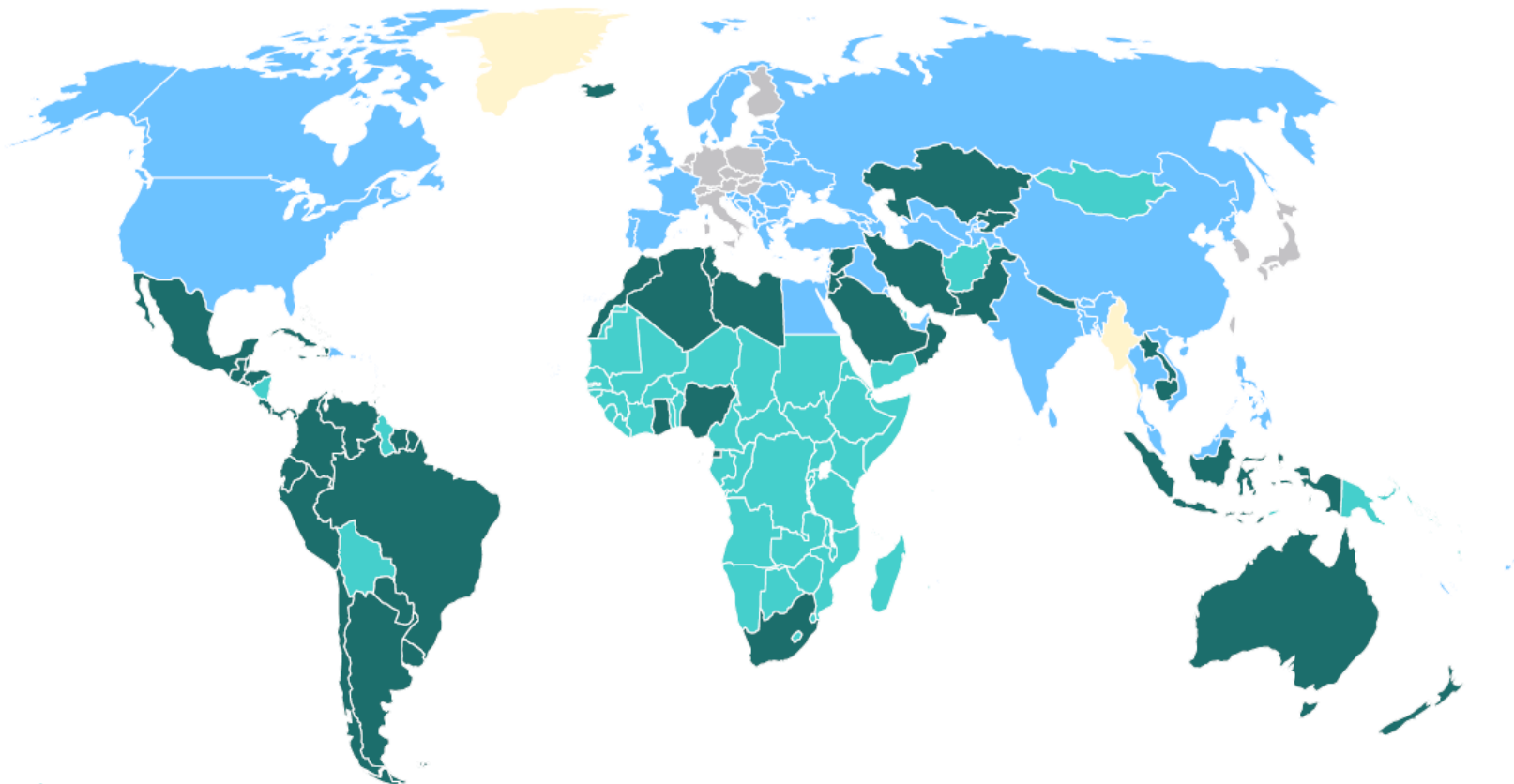


# Les renouvelables assurent la sécurité énergétique

Elles sont cent fois plus importantes que les fossiles, et tout le monde en a

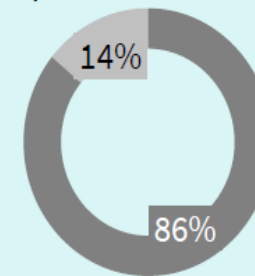


## Le potentiel des renouvelables en multiple de la demande d'énergie



## Part de la population mondiale dans des pays importateurs de fossiles

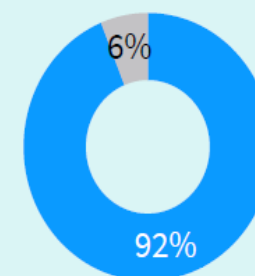
Fossil fuel exporters



Fossil fuel importers

## Part de la population mondiale vivant dans des pays avec assez de ressources renouvelables

Stretched



Replete to superabundant

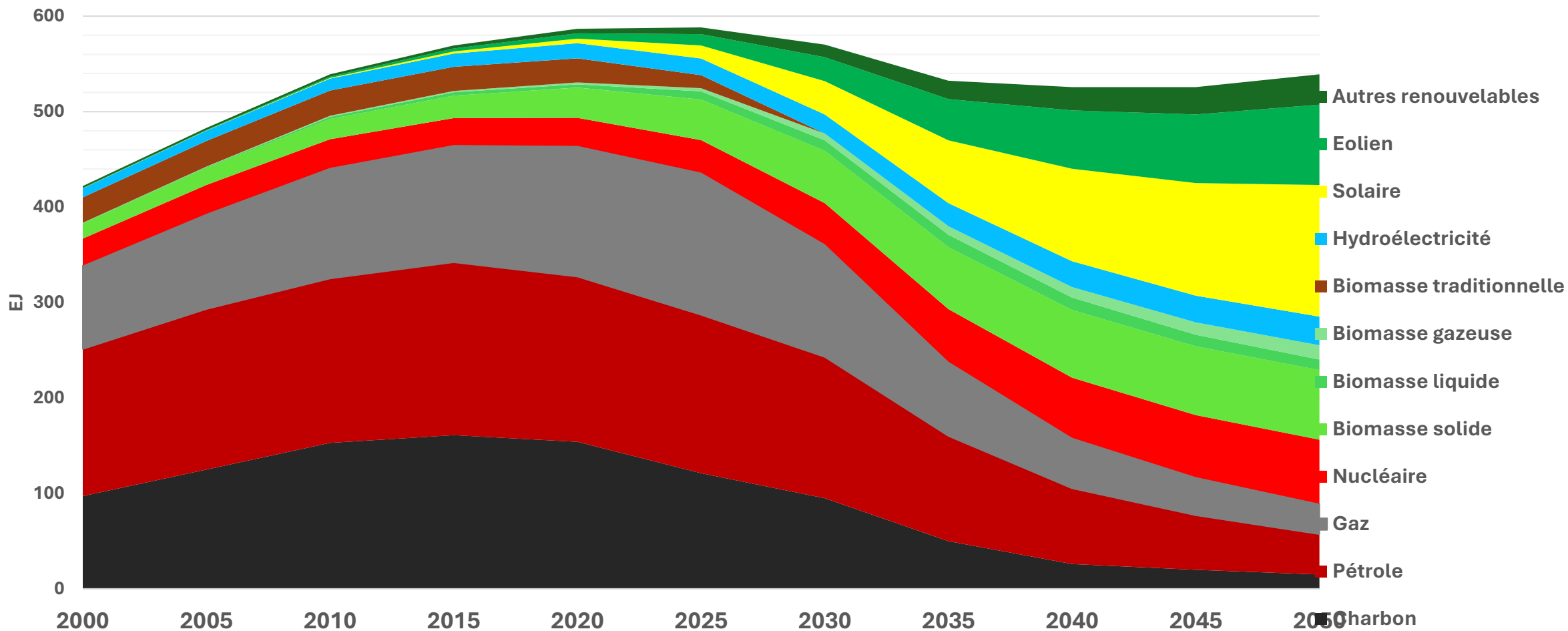


Source: Carbon Tracker, IRENA, Comtec, NREL, Solargis, RMI.

# La biomasse, le solaire et le vent, piliers d'un monde sans carbone



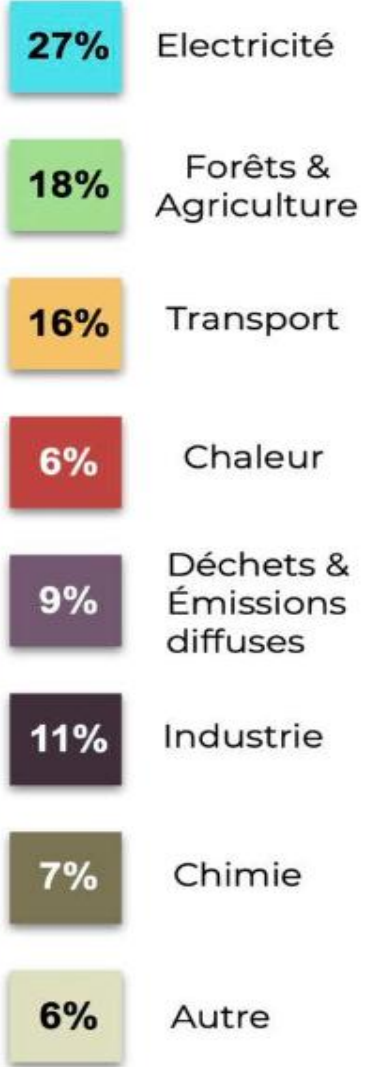
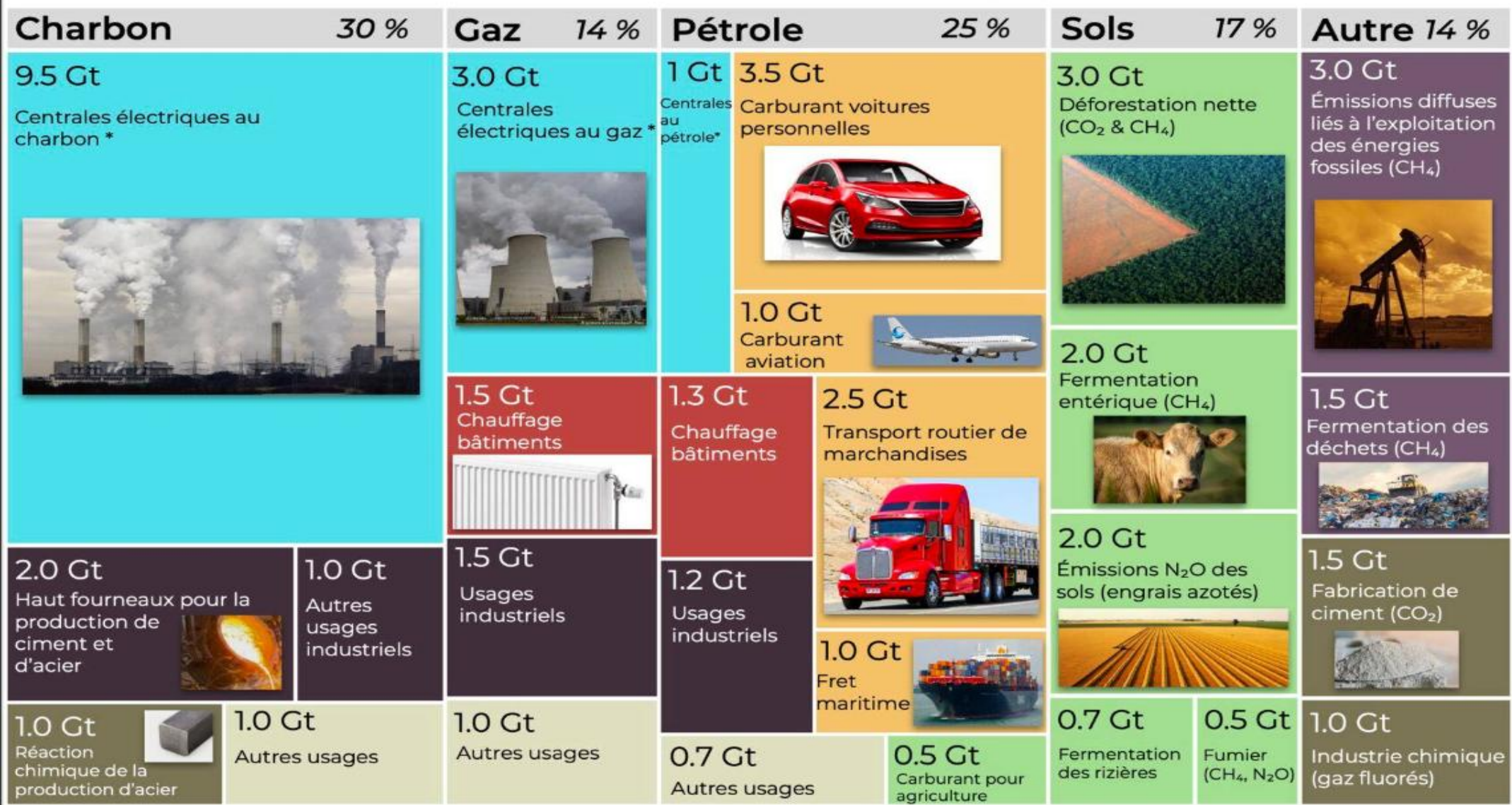
Offre d'énergie totale (énergie primaire), scénario Net Zéro de l'AIE (2023)



L'efficacité et l'électrification maintiennent la fourniture d'énergie au-dessous du pic de 2025  
L'électricité bondit de 20% de l'énergie finale à 50% en 2050, et 2/3 de l'énergie utile.

# Sources d'Émissions de Gaz à Effet de Serre

Bilan Global 2019, Gt CO<sub>2</sub>eq



Total: 50 Gt CO<sub>2</sub>eq

Auteur: Guillaume Couairon  
Sources: IEA, Global Carbon Project, IPCC, FAO, World Resources Institute

(\*) Inklus centrales de production de chaleur par cogénération

[Retour](#)

