



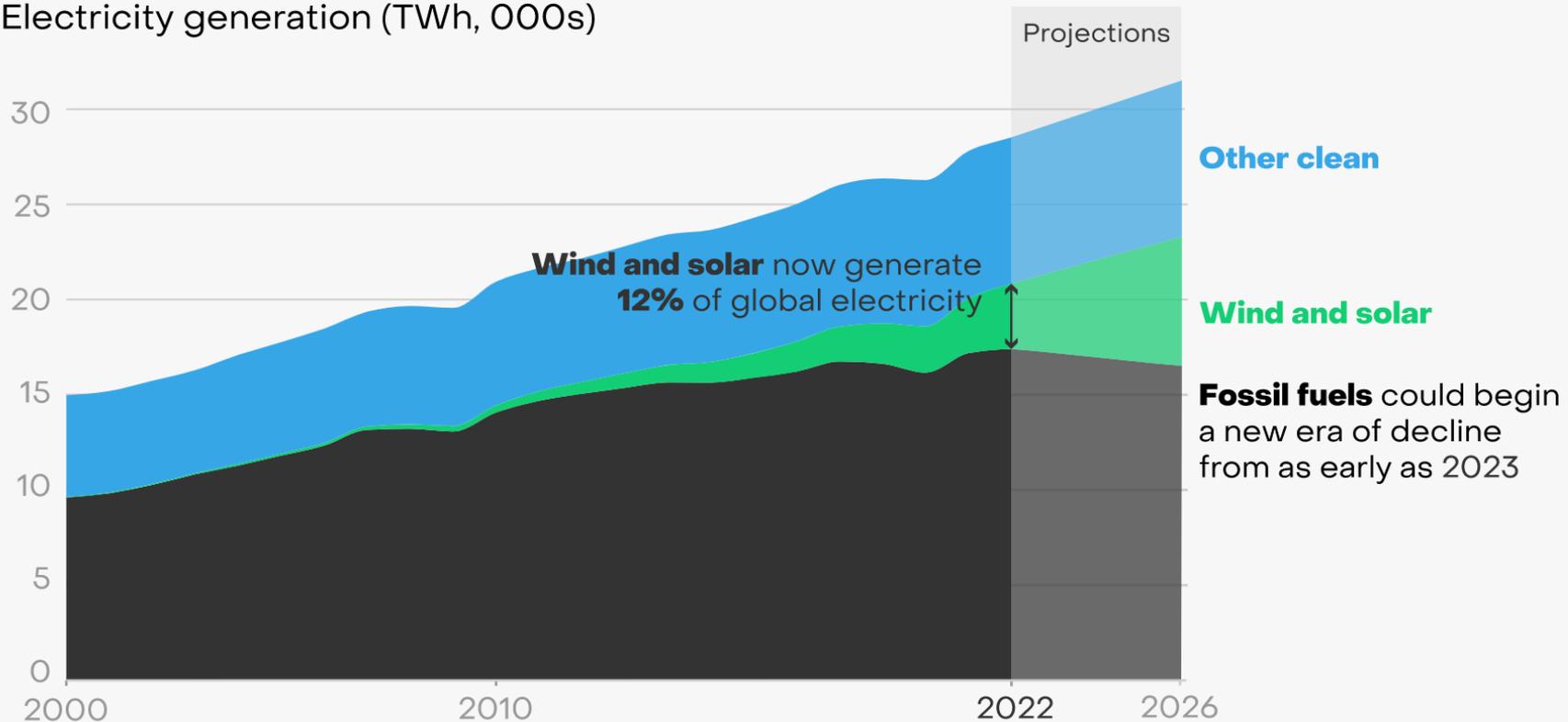
# Regard international sur les mix énergétiques et le développement des énergies renouvelables

Cédric Philibert, analyste énergie et climat, IFRI

Ihédate – Cese – Académie des Technologies – 11 mai 2023 - Paris

# Les émissions de CO<sub>2</sub> de l'électricité ont atteint leur maximum

Electricity generation (TWh, 000s)



Source: Annual electricity data, Ember · Data for 2023–2026 are based on Ember's projections; see full report for details

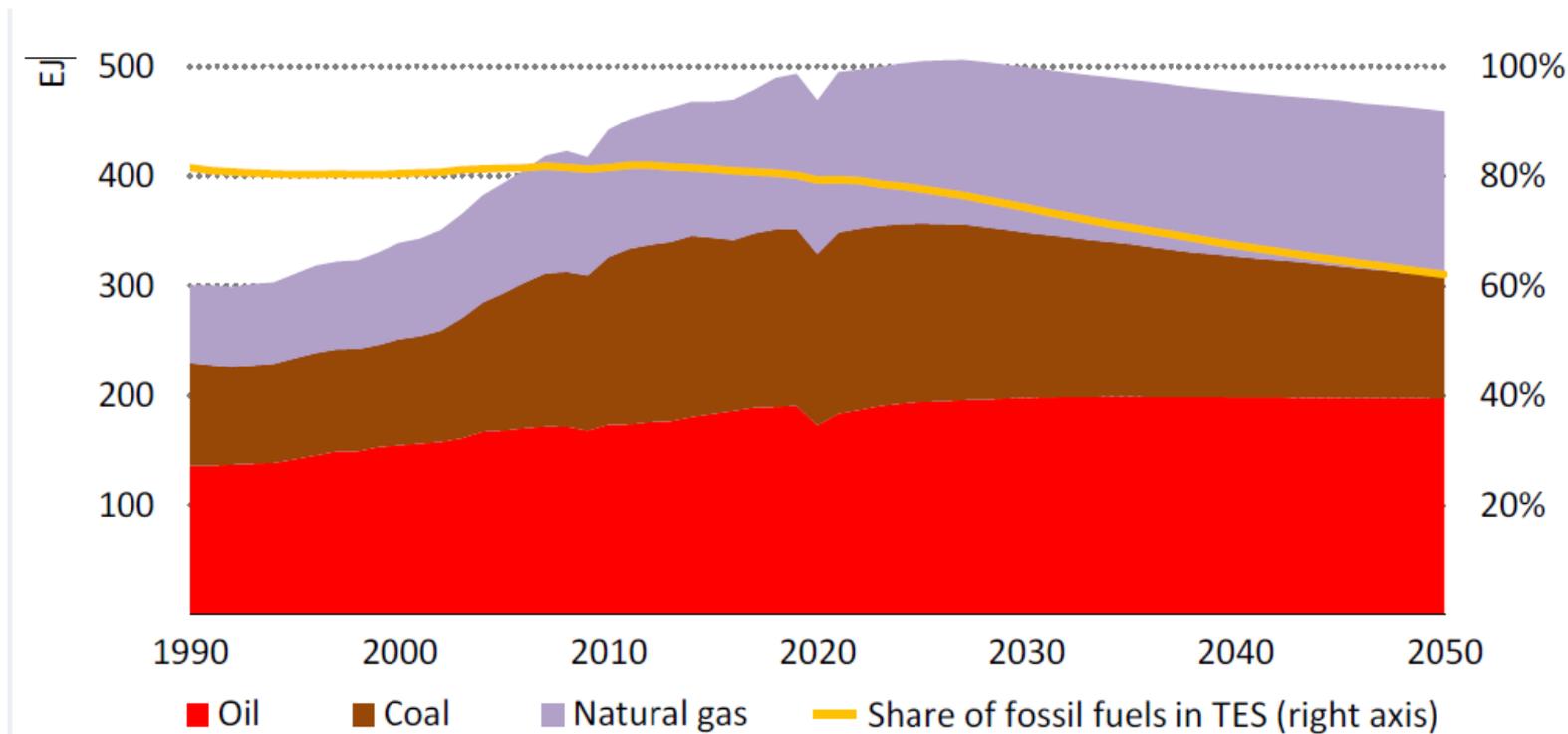
EMBER



# Les émissions de CO<sub>2</sub> de l'énergie proches de leur maximum



## Demande d'énergies fossiles, Stated Energy Policy Scenario

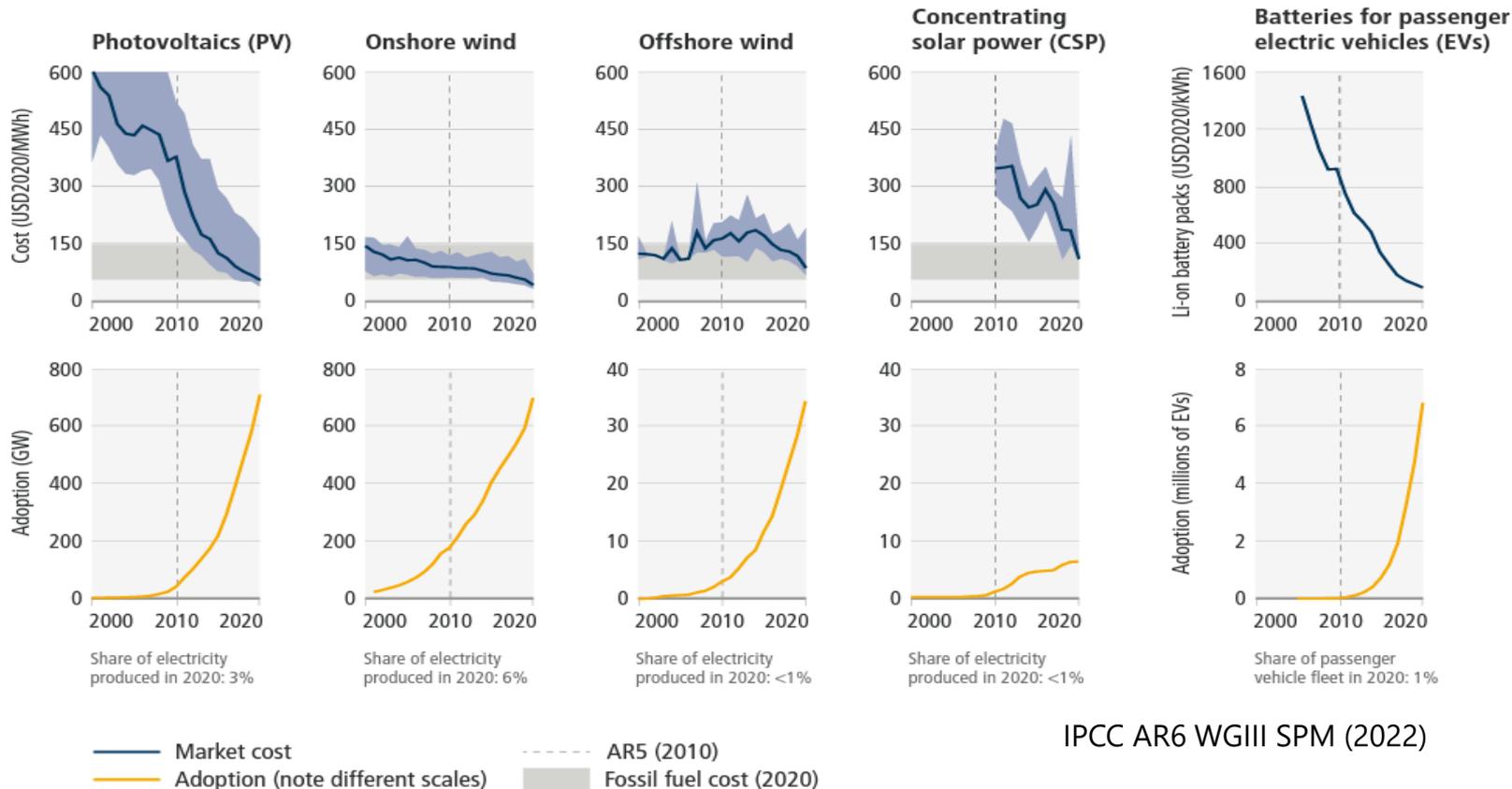


IEA. CC BY 4.0.

WEO 2022

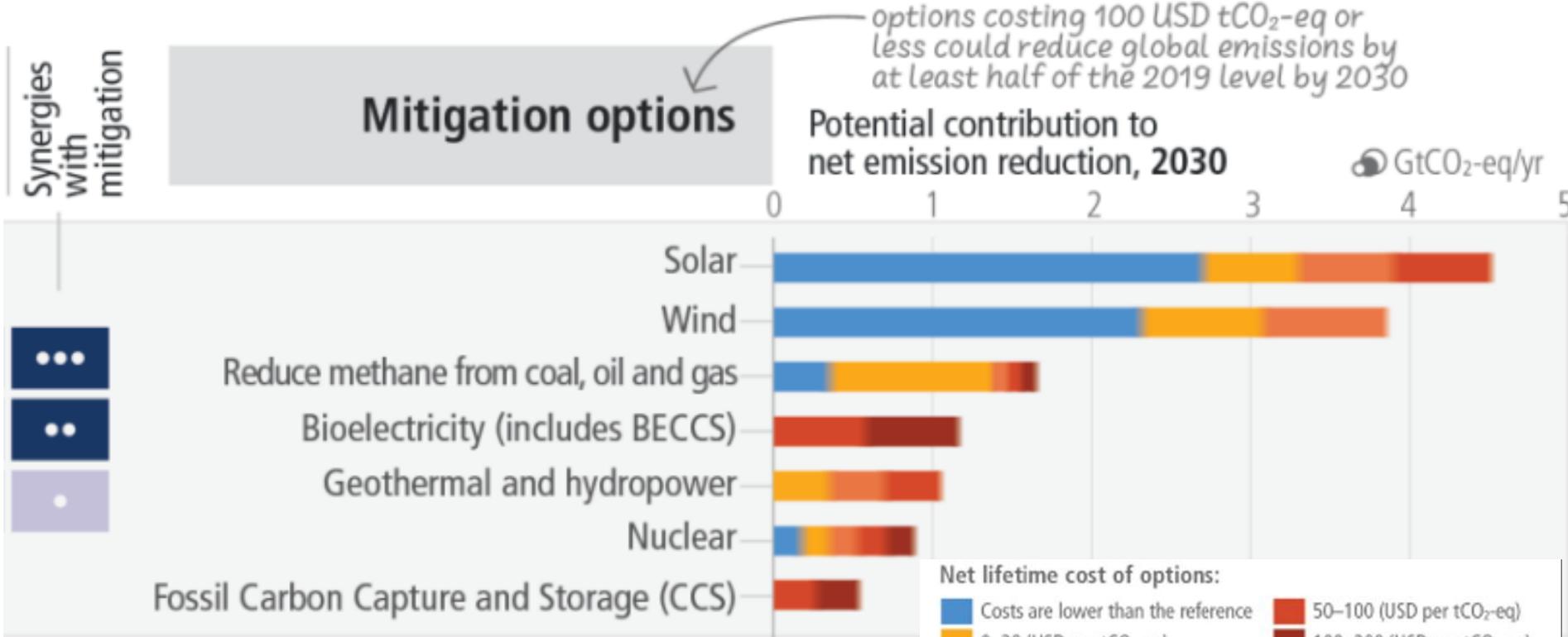
# L'éolien et le solaire se déploient, leurs coûts chutent...

The unit costs of some forms of renewable energy and of batteries for passenger EVs have fallen, and their use continues to rise.



IPCC AR6 WGIII SPM (2022)

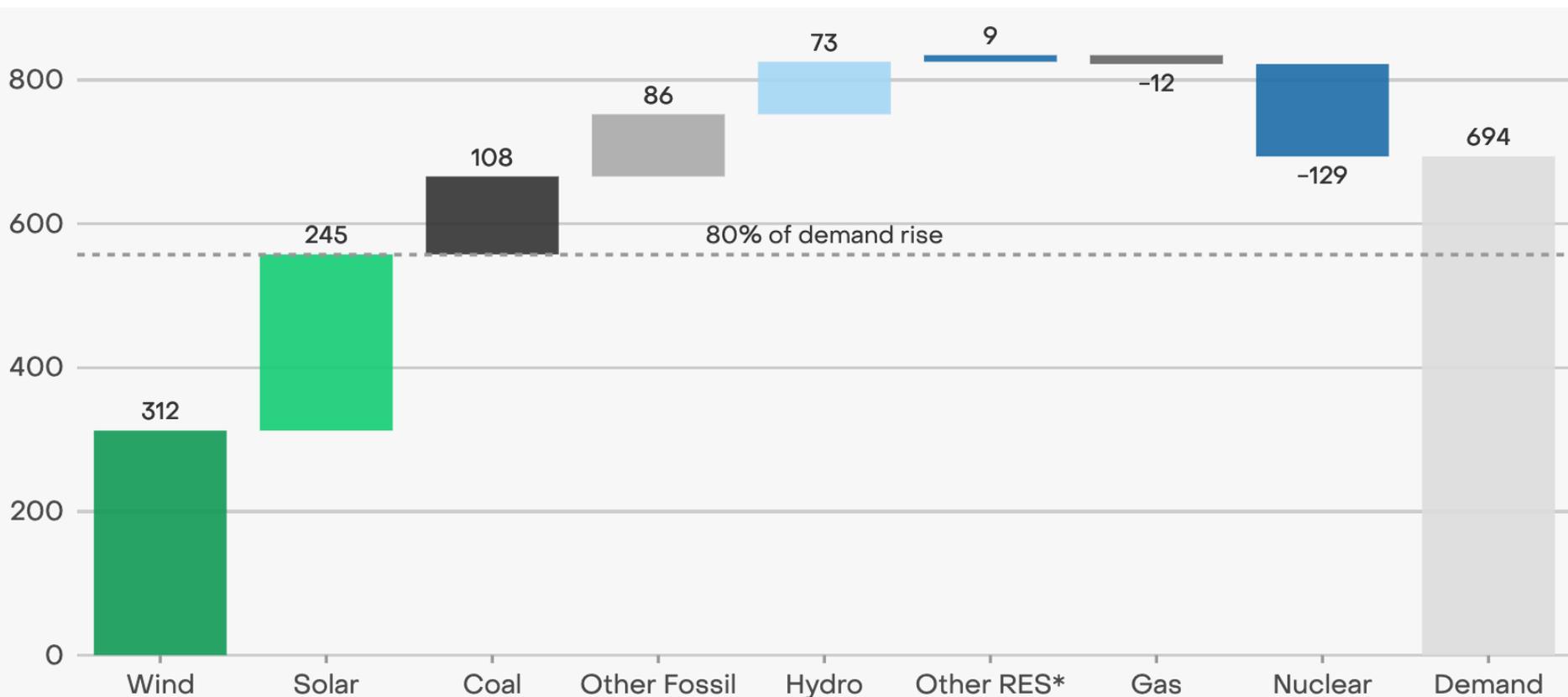
# ... offrant les plus importants potentiels de réductions d'émissions à coût nul



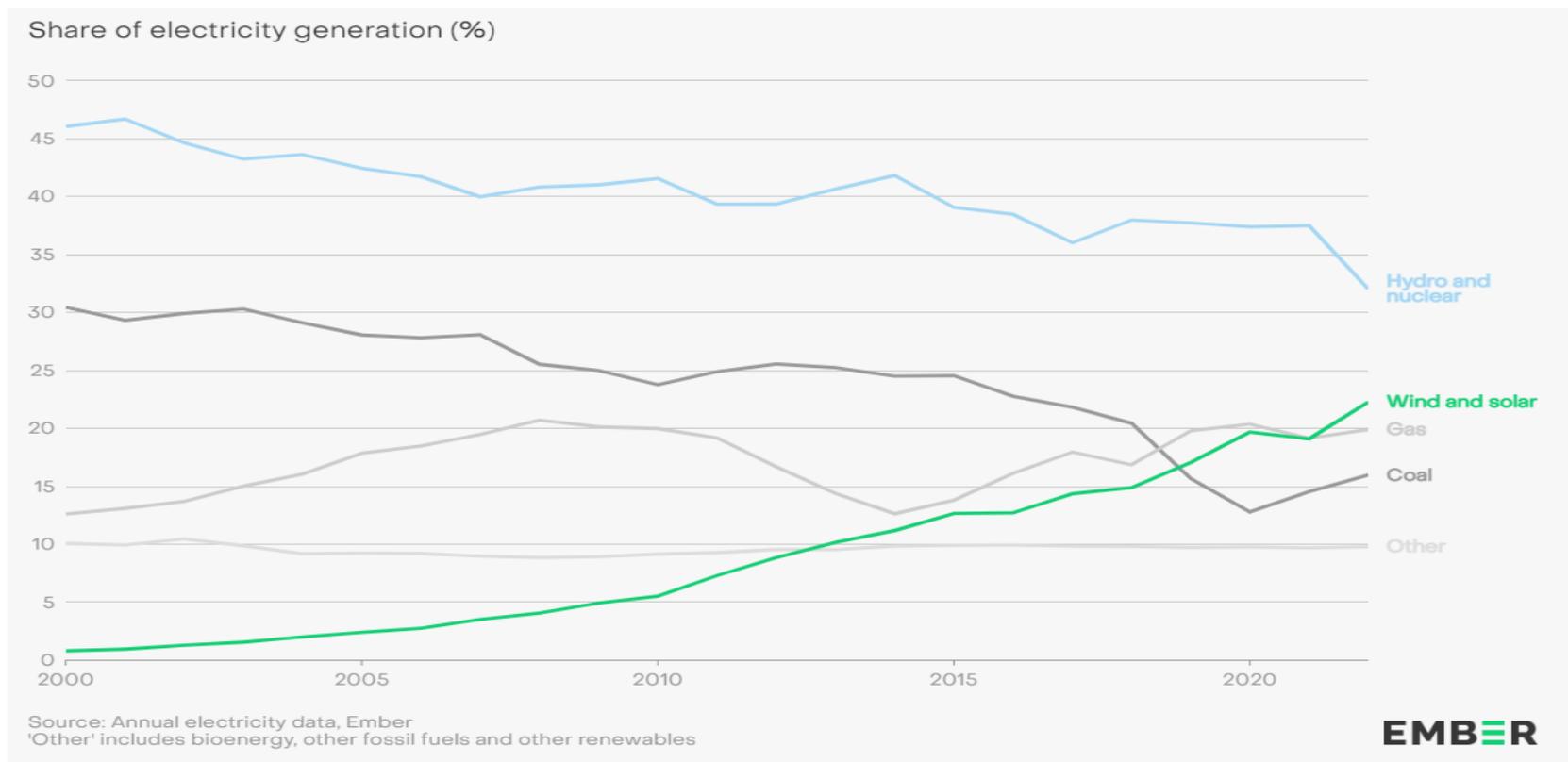
# La croissance de l'éolien et du solaire en 2022 : 80% de la croissance de la demande



Global change in electricity generation by source (TWh); Ember

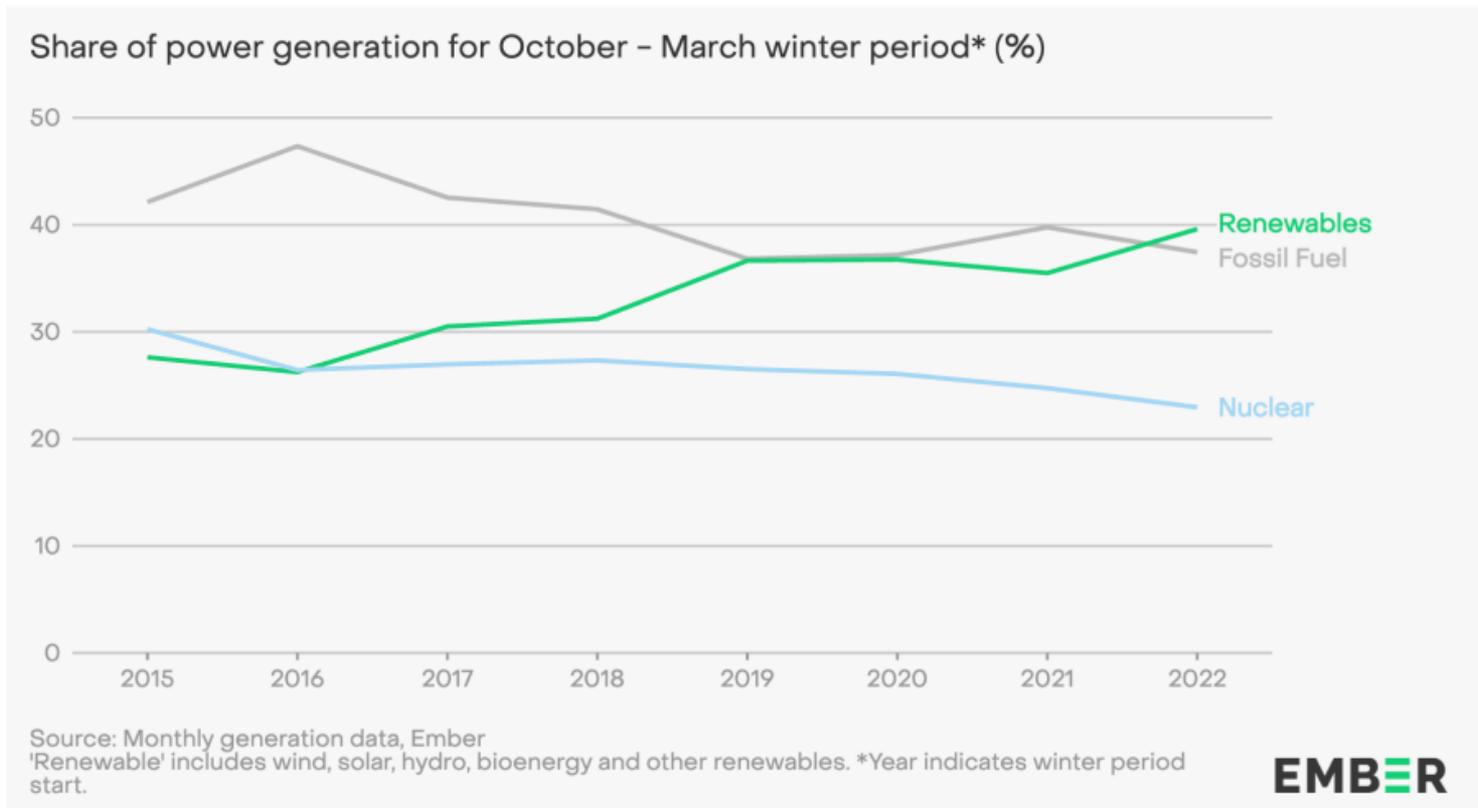


# En 2022, l'éolien et le solaire ont produit en Europe plus d'électricité que le gaz



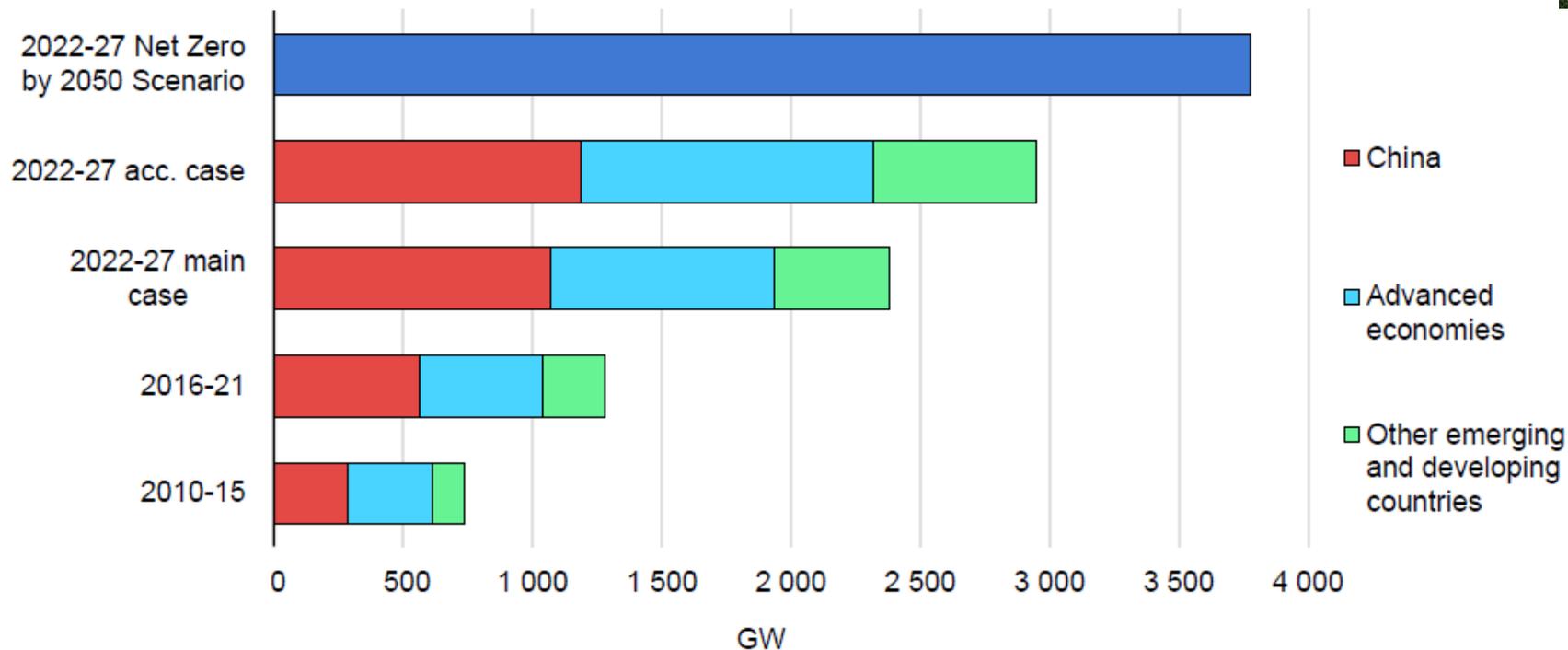
Et permis à l'UE d'économiser 100 Mds € d'importations de gaz

# Et durant l'hiver 2022-23, en Europe les renouvelables ont produit plus d'électricité que les fossiles



**Durant l'hiver 2022-23, la production électrique en Europe a utilisé moins de charbon que durant l'hiver précédent!**

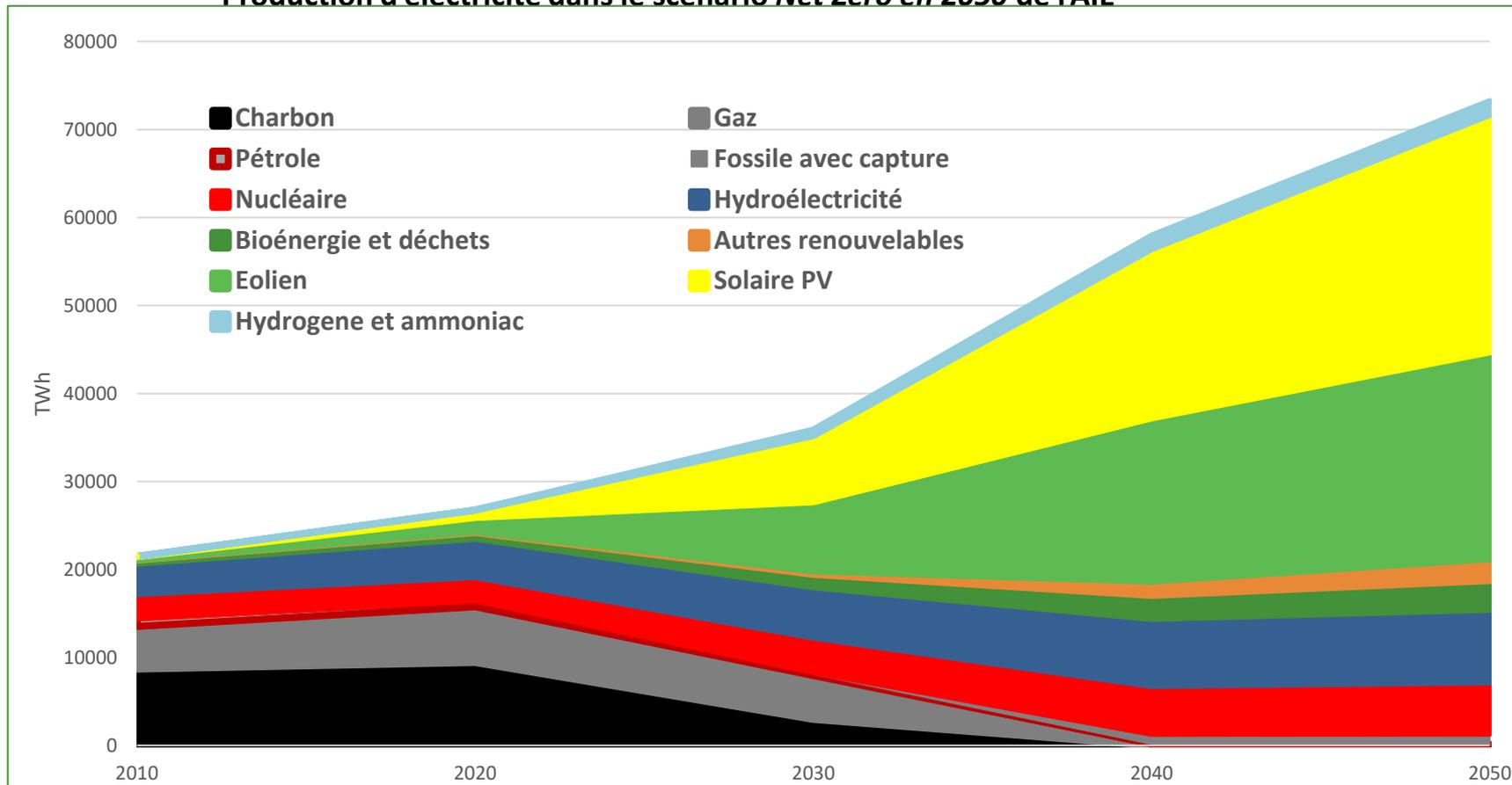
# Le déploiement mondial des renouvelables accélère



IEA, *Renewables 2022*

# ... mais il faut aller plus vite et plus loin

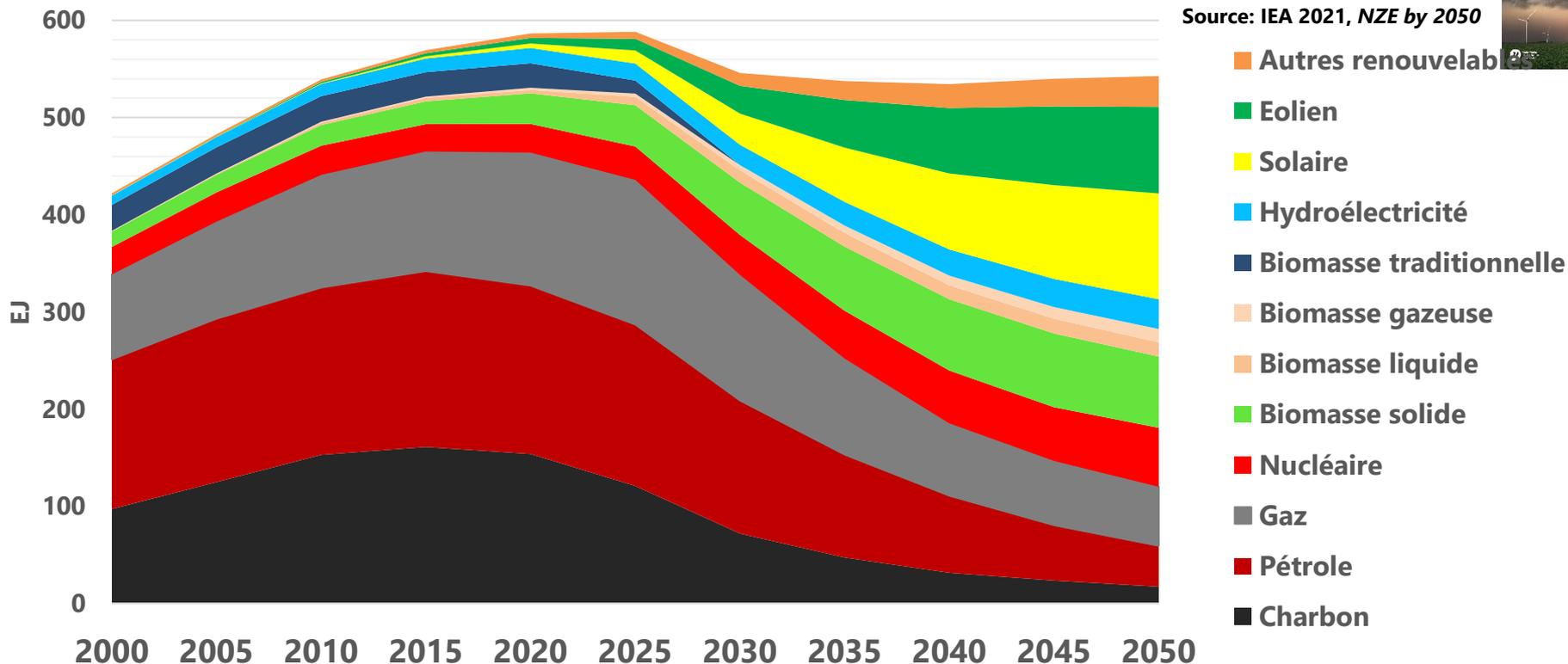
Production d'électricité dans le scénario *Net Zéro en 2050* de l'AIE



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



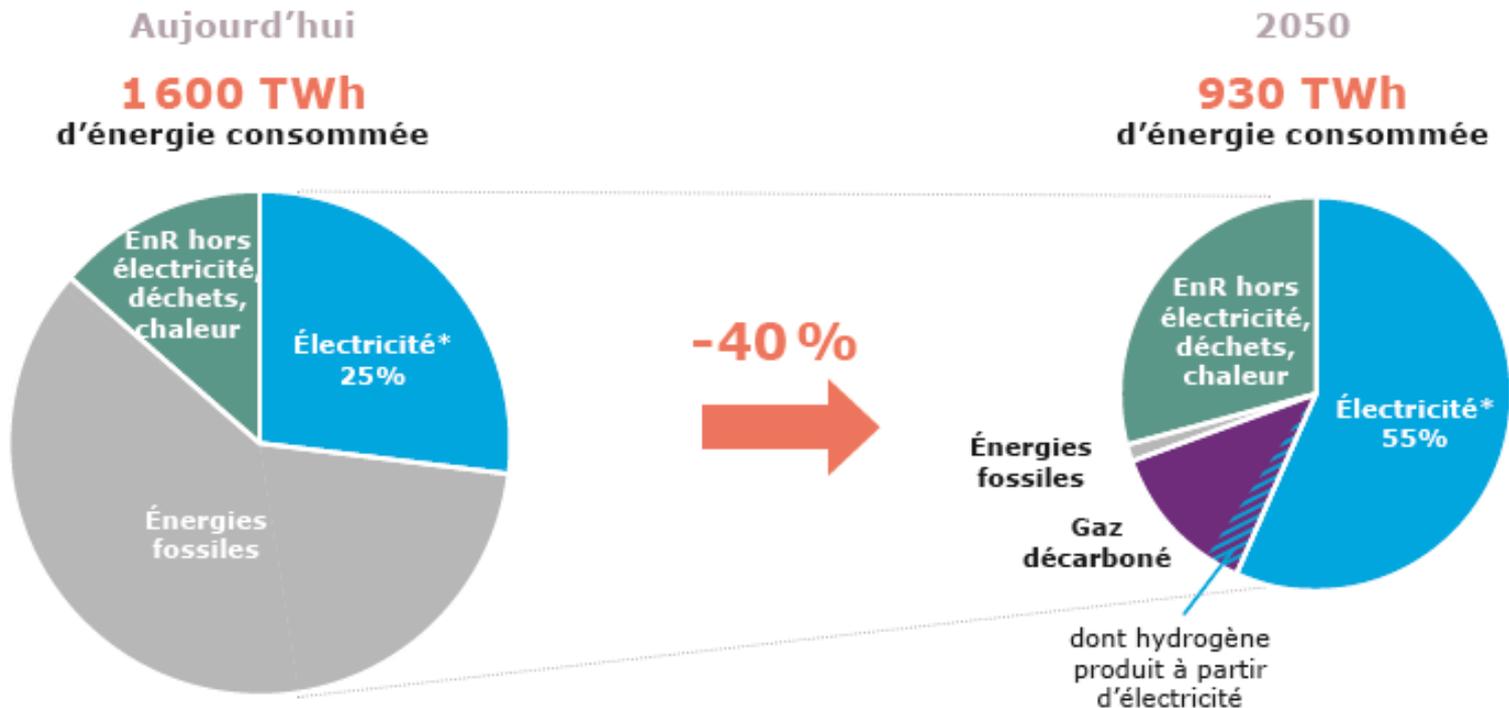
Offre d'énergie totale



L'électricité bondit de 20% de l'énergie finale aujourd'hui à 50% en 2050

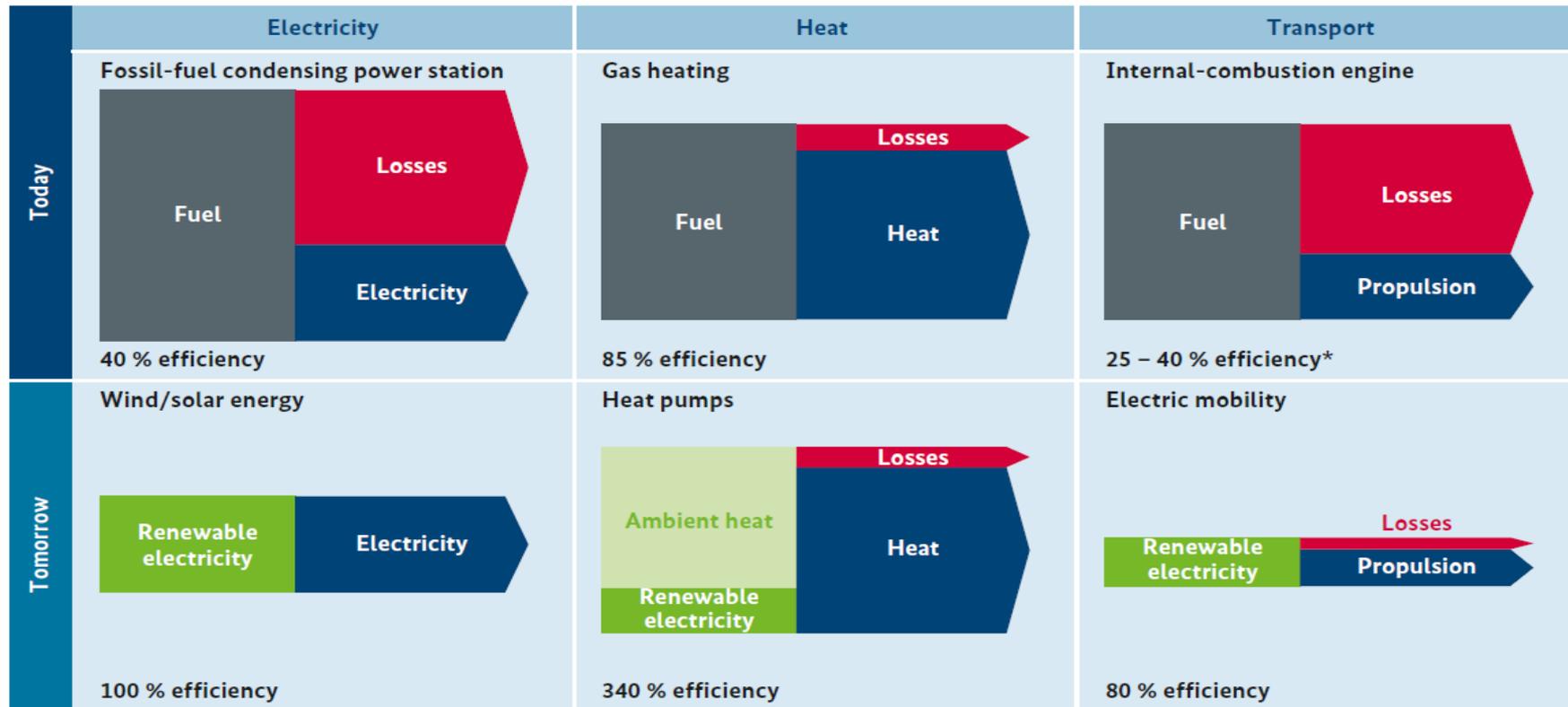
L'efficacité et l'électrification maintiennent la fourniture d'énergie au-dessous du pic de 2025

# Consommation d'énergie finale en 2050 (Stratégie nationale bas-carbone)



Source: RTE, Futurs énergétiques 2050

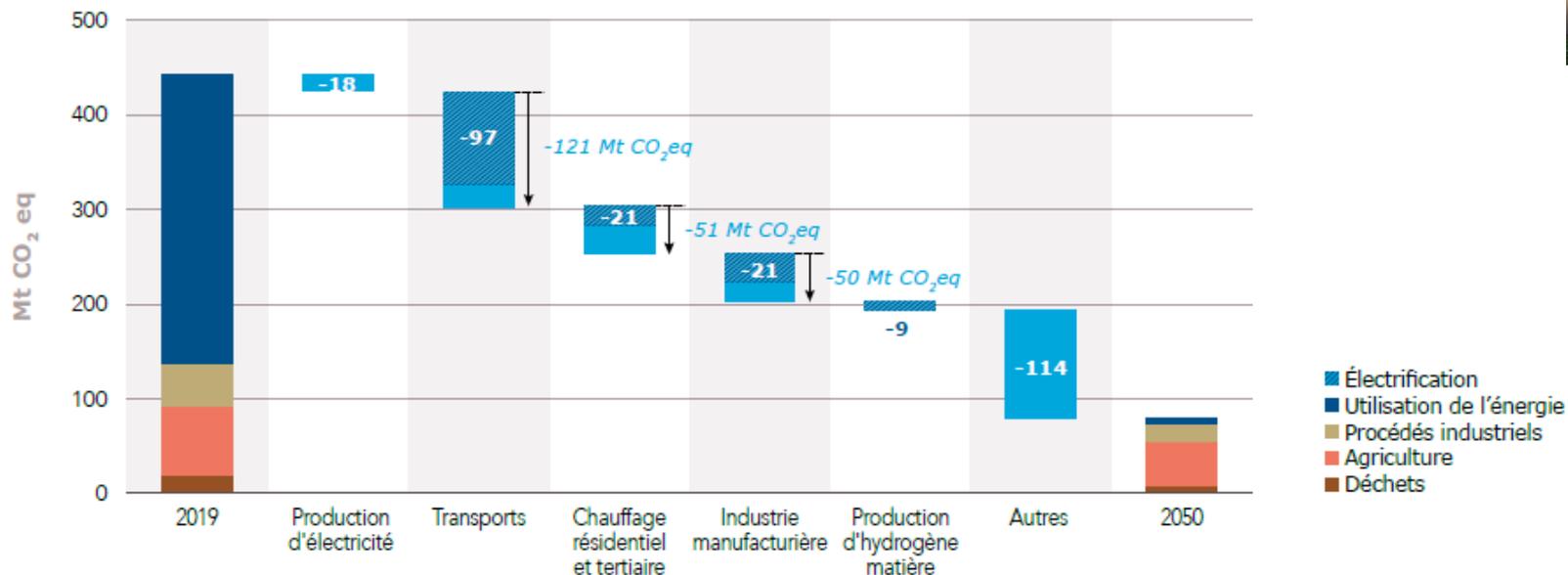
# L'électrification source d'importantes économies d'énergie



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

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

# Évolution des émissions de gaz à effet de serre territoriales de la France



VB : la catégorie «Autres» regroupe la baisse des émissions liées à l'agriculture, au traitement des déchets, aux procédés industriels et le reste des émissions à l'énergie dans le secteur du bâtiment (équipements domestiques, cuisson, etc.) et le secteur de la construction

Source: RTE,  
Futurs  
énergétiques  
2050

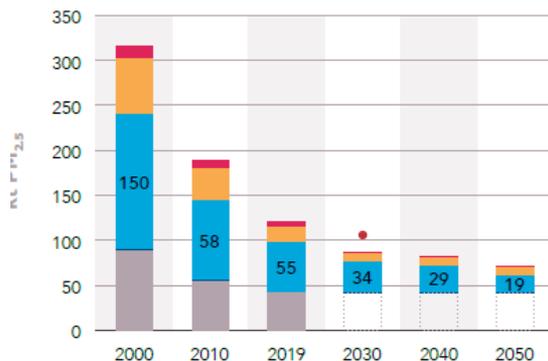
**A elle seule, l'électrification réduit les émissions du pays de près de 140 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>.**



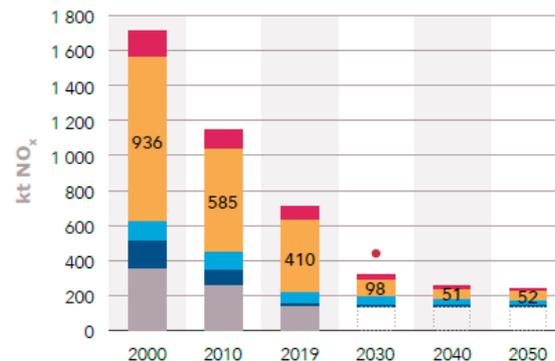
# L'électrification réduira aussi la pollution atmosphérique



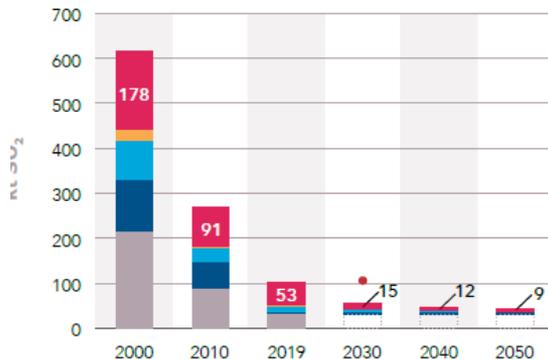
Évolution des émissions de PM<sub>2,5</sub>  
(trajectoire de référence)



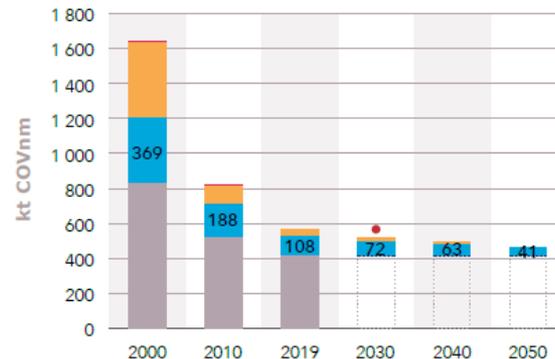
Évolution des émissions de NO<sub>x</sub>  
(trajectoire de référence)



Évolution des émissions de SO<sub>2</sub>  
(trajectoire de référence)



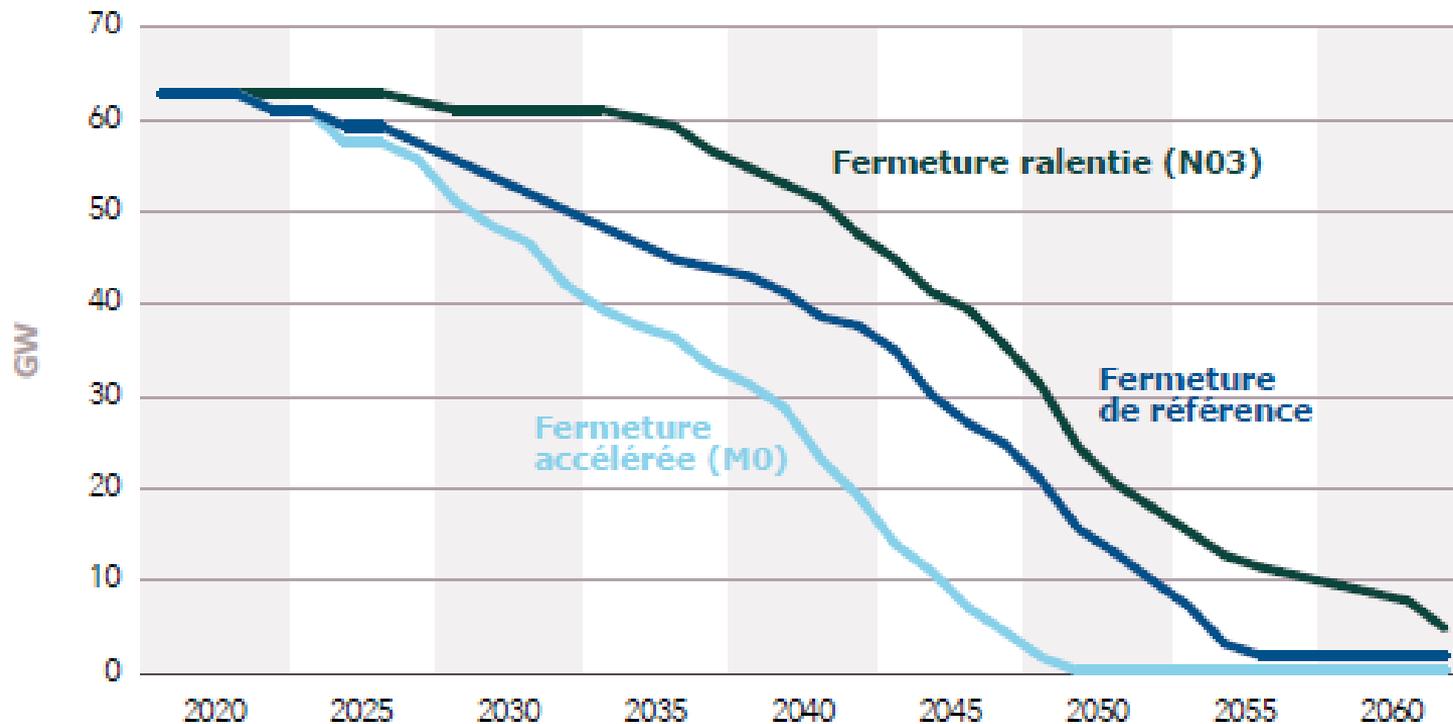
Évolution des émissions de COVnm  
(trajectoire de référence)



- Combustion dans l'industrie
- Transports routiers
- Chauffage (résidentiel, tertiaire, urbain)
- Production d'électricité
- Autres
- Non modélisé
- Objectif national 2030

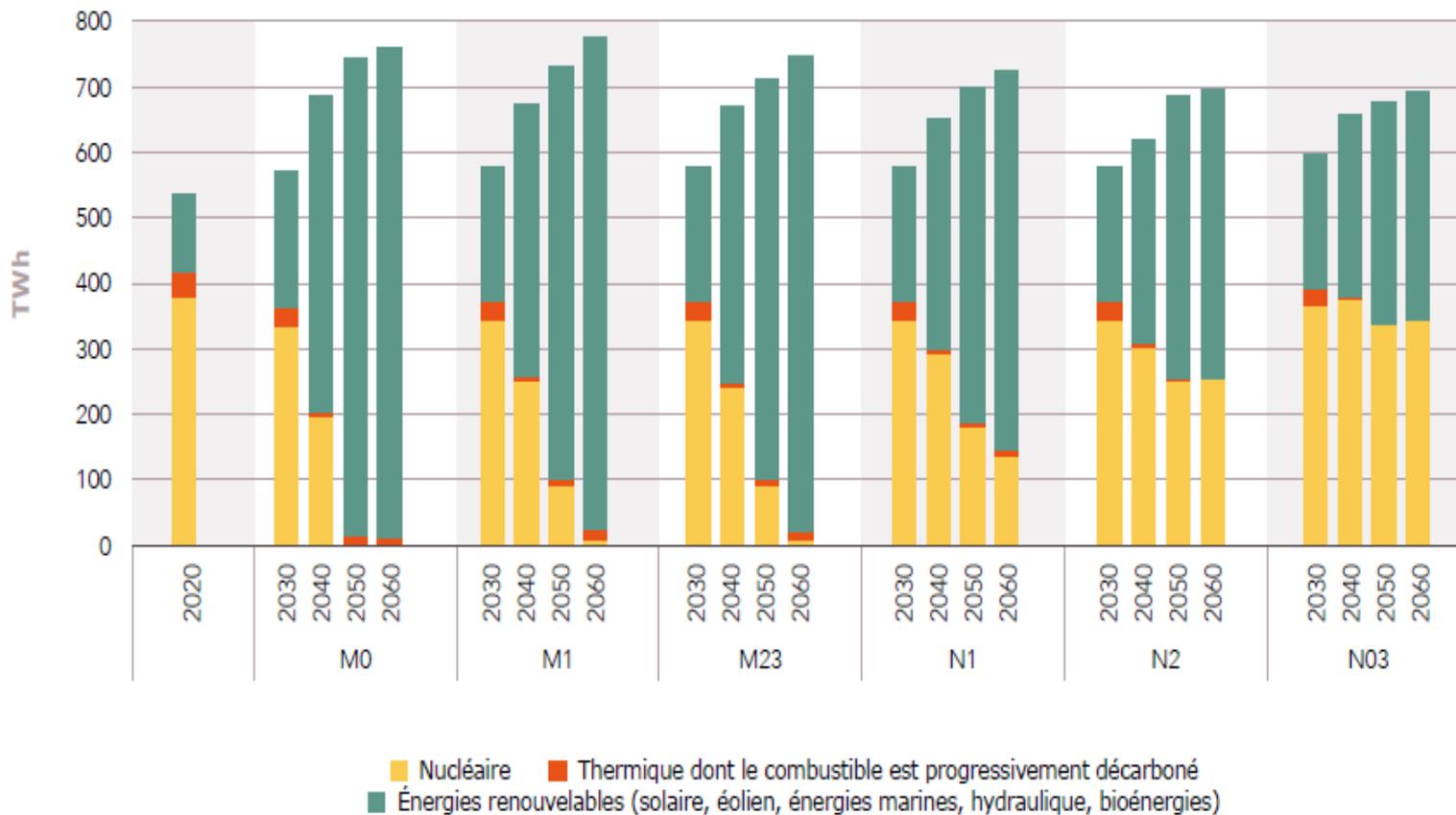
Source: RTE, Futurs énergétiques 2050

# Les centrales nucléaires ne sont pas éternelles



Source: RTE, Futurs énergétiques 2050

# Les six scénarios de production d'électricité de RTE (consommation: référence)



Source: RTE, Futurs énergétiques 2050

# EUROPEAN PRESSURISED REACTOR 2 (EPR2)

## PRINCIPAUX ASPECTS DU PROJET

- **Un réacteur nucléaire bénéficiant des atouts de l'EPR** : niveau de sûreté, puissance, performances environnementales
- **Qui intègre le retour d'expérience** de tous les chantiers EPR dans le monde et du parc en exploitation
- **Conçu pour être exploité dans un mix à forte composante en énergies renouvelables** à l'horizon 2040, grâce à sa souplesse de pilotage
- **Programme de 3 paires de réacteurs (6 EPR2)** afin de bénéficier des effets de série du palier technologique, notamment en matière d'achats d'équipements ou de prestations en phase de construction, mais aussi ultérieurement pour l'exploitation et la maintenance
- **Puissance électrique d'une centrale nucléaire EPR** : 1 670 MW

## ÉLÉMENTS FINANCIERS

Coût global prévu pour un programme de 6 EPR2 : environ 50 milliards €<sub>2020</sub>

## CALENDRIER PROPOSÉ PAR EDF

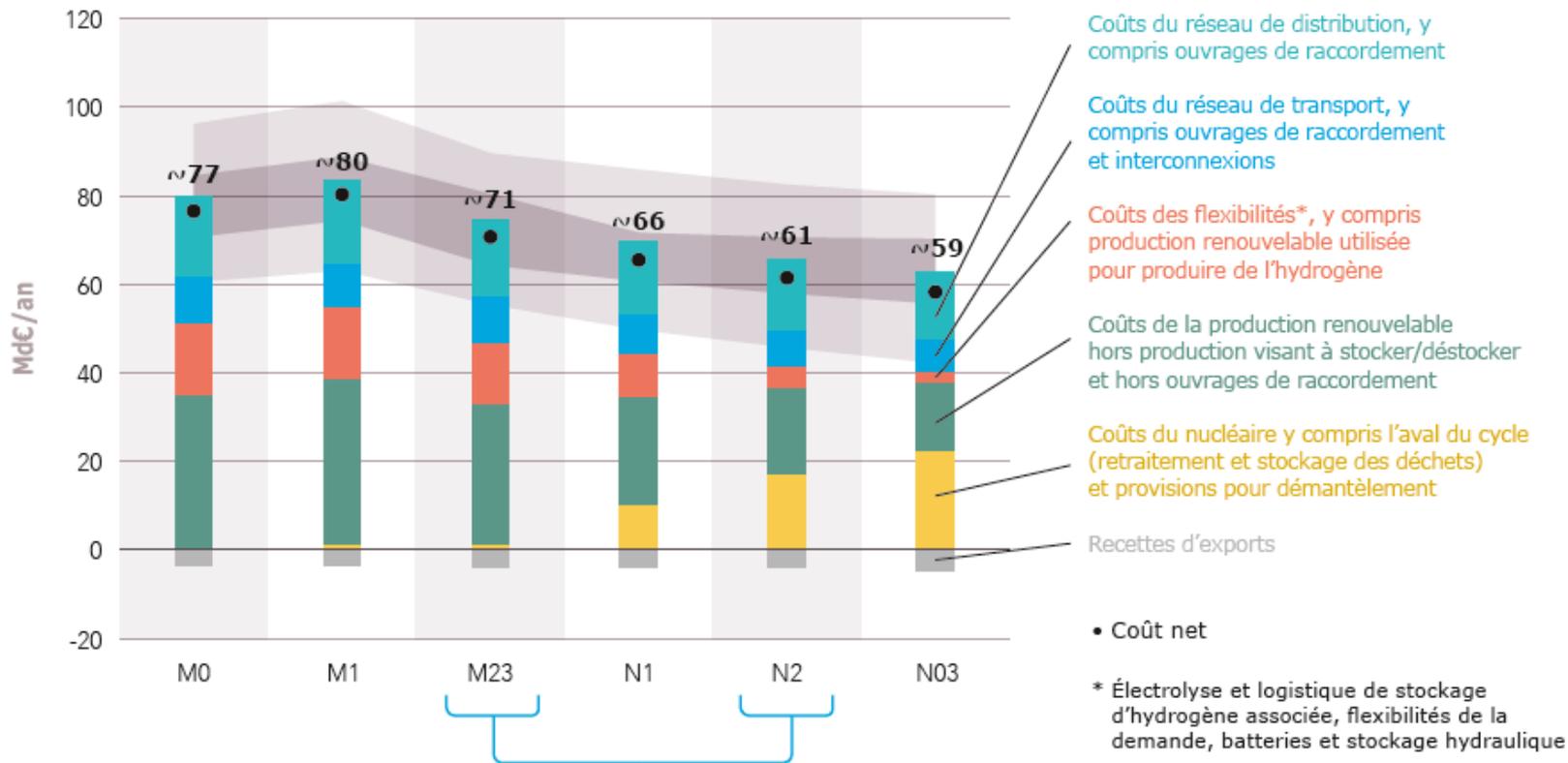
- Proposition, remise en mai 2021, par EDF et la filière nucléaire d'un programme d'exécution à l'Etat français
- Le calendrier de construction proposé par EDF et la filière nucléaire est basé sur une cadence d'une paire tous les 4 ans, avec 18 mois entre chaque unité de production d'une même paire
- La mise en service de la première paire de réacteurs sur Penly interviendrait entre 2035 et 2037

## Centrale EPR2 de 1 670 MW



*Une paire tous les quatre ans, à partir de 2035-2037...*

# L'analyse économique des scénarios: flexibilités vs. faible coût des renouvelables

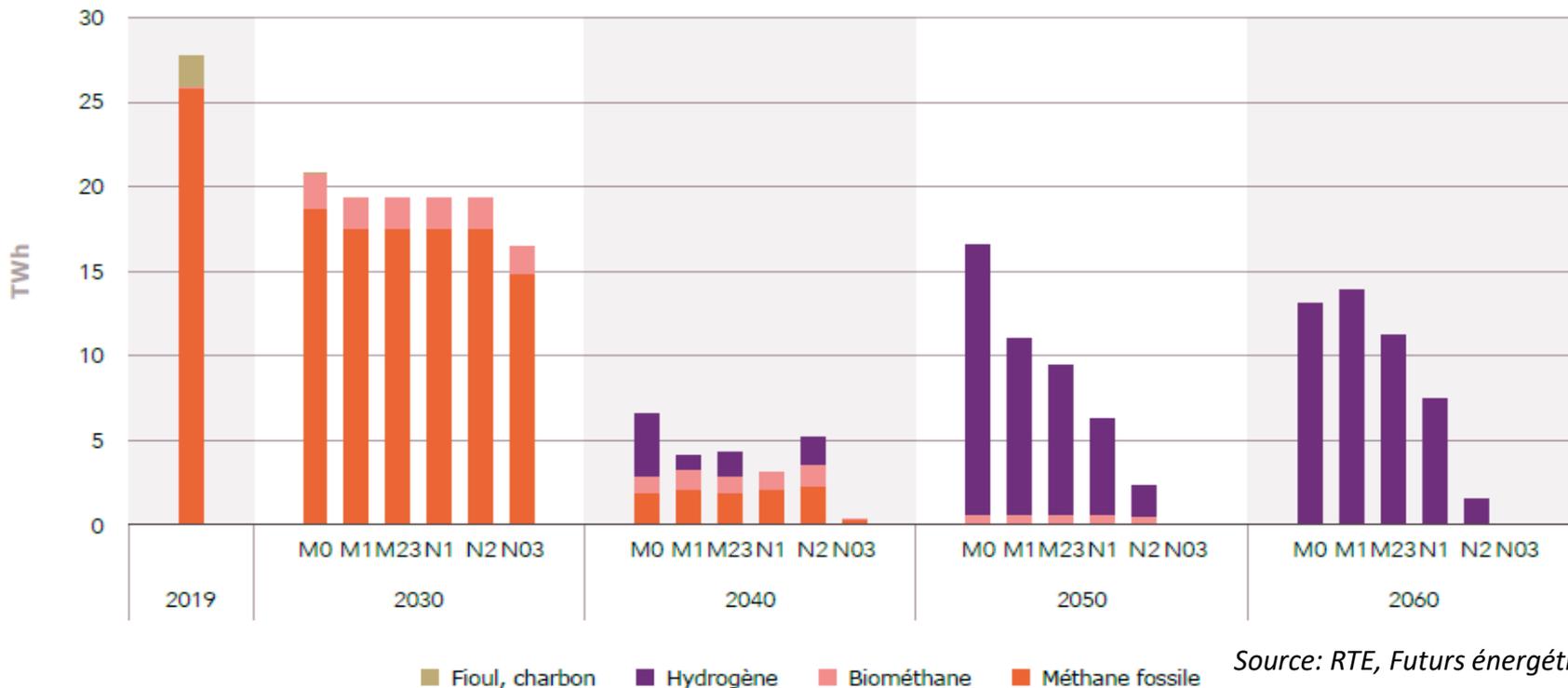


Source: RTE, Futurs énergétiques 2050, trajectoire de référence



# L'évolution des besoins en électricité d'origine thermique

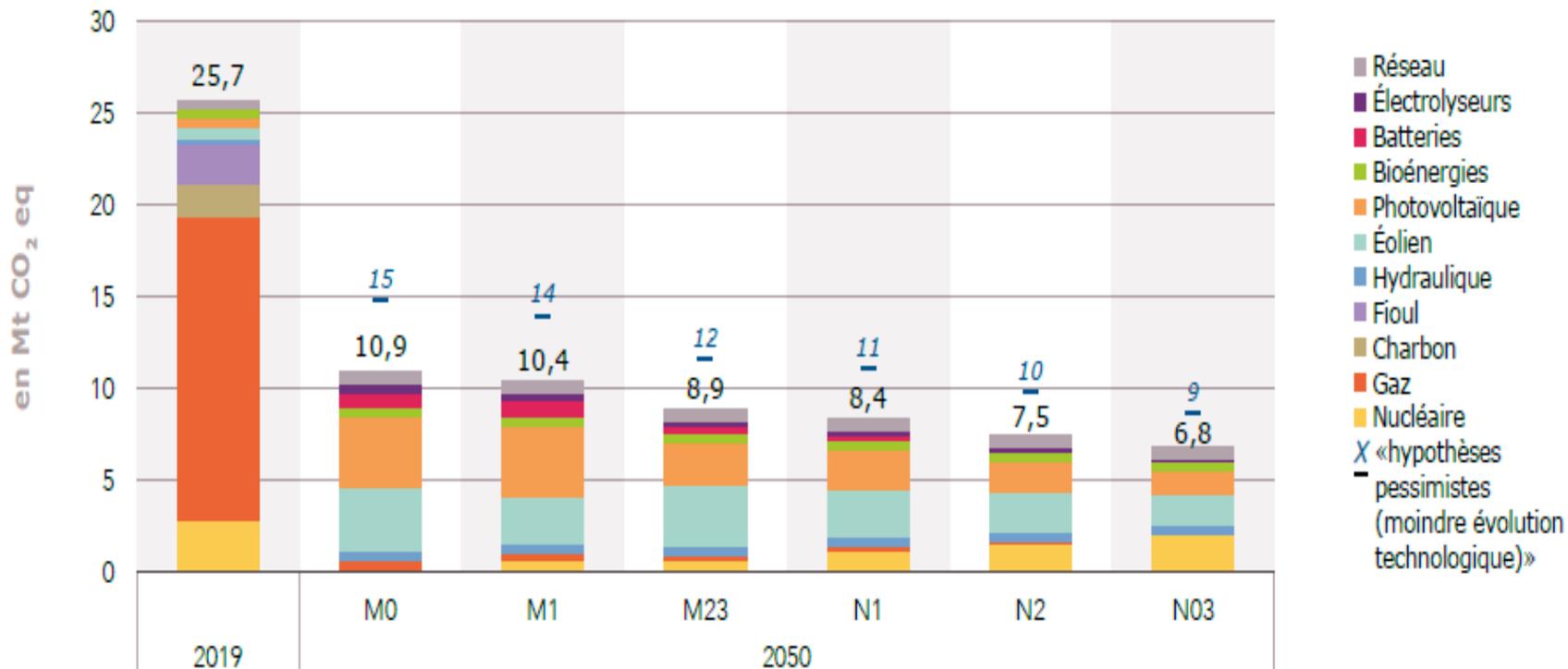
## Production d'électricité à partir de centrales thermiques à flamme dans les six scénarios



Source: RTE, Futurs énergétiques 2050

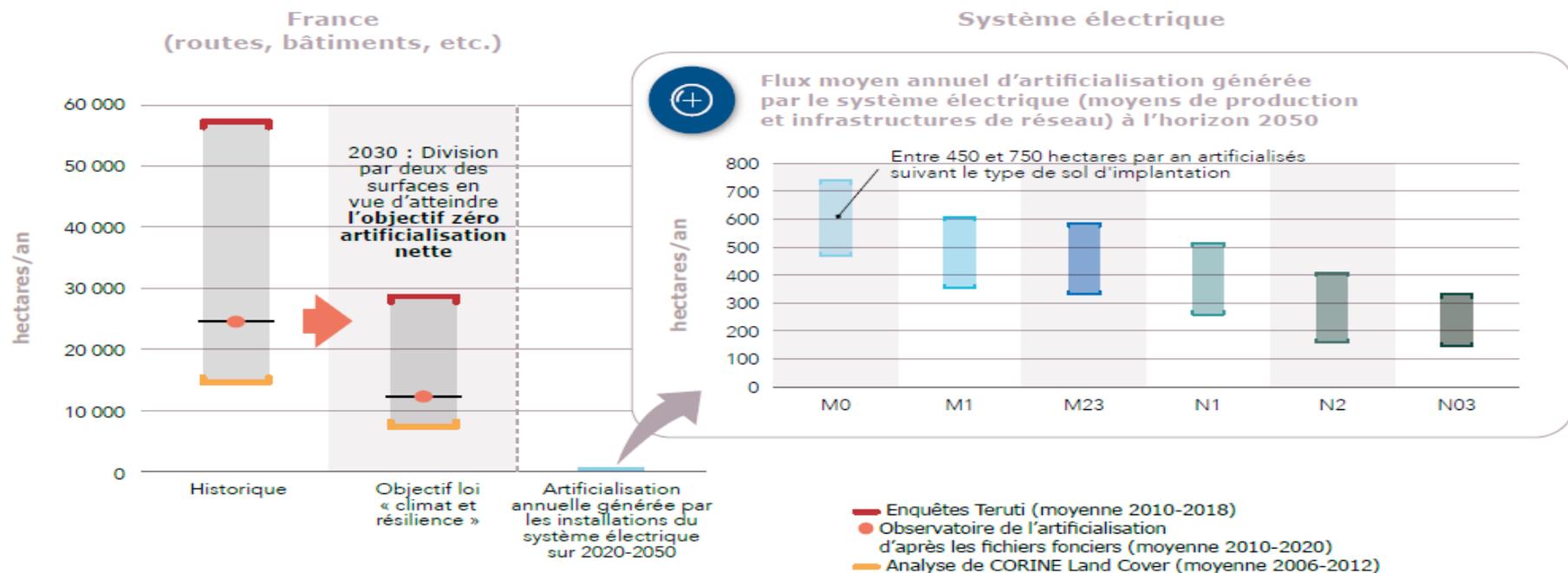
**A terme, le gaz fossile est remplacé par l'hydrogène**

# Emissions de CO<sub>2</sub> du cycle de vie des divers scénarios en 2050



Source: RTE, Futurs énergétiques 2050

# Le mythe de l'artificialisation



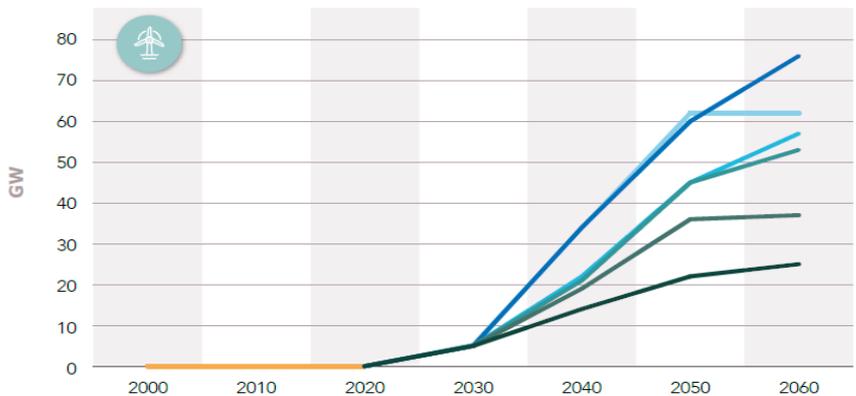
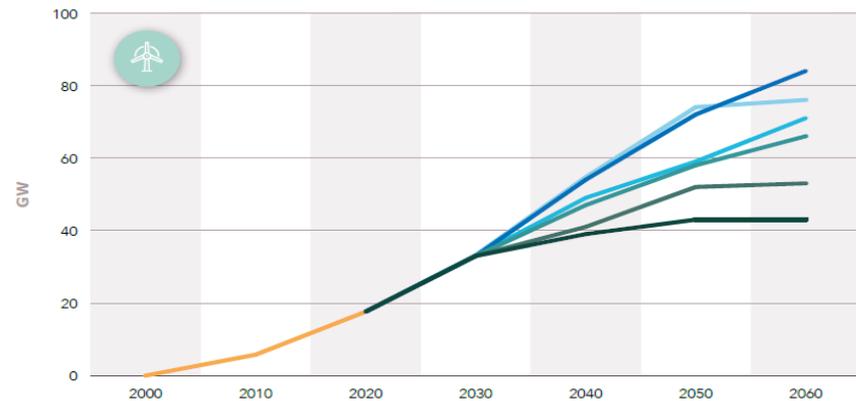
Source : CEREMA, 2021, « Les déterminants de la consommation d'espaces ».

Nota bene : le volume d'artificialisation varie selon la méthode d'évaluation (fichiers fonciers, enquêtes par sondage).

Conformément à la convention prévue par la loi « climat et résilience », la surface sous les panneaux photovoltaïques n'est ici pas comptabilisée dans les surfaces artificialisées.

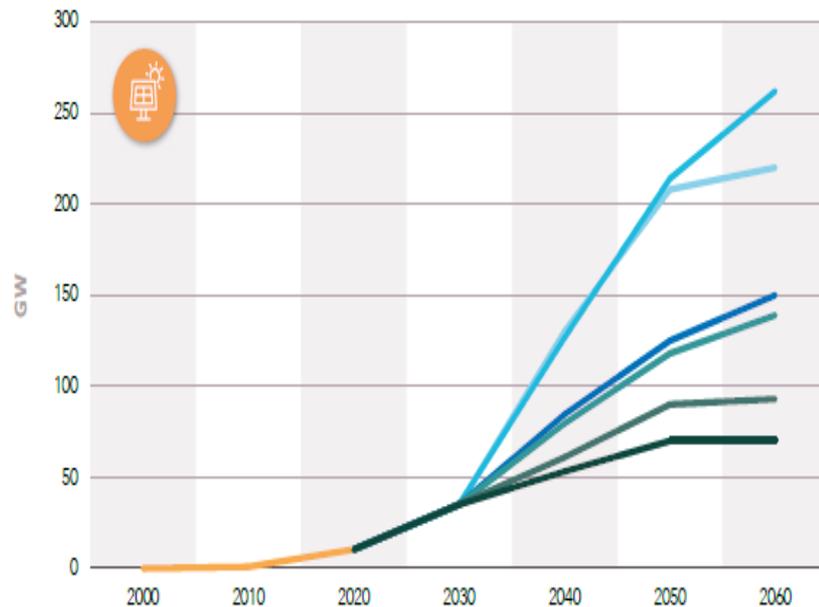
Source: RTE, Futurs énergétiques 2050

# L'éolien et le solaire selon les scénarios



Source: RTE, Futurs énergétiques 2050

- Historique
- M0
- M1
- M23
- N1
- N2
- N03





## Conclusion: un scénario sans regret pour la France

- Un scénario sans regret consiste à déployer les énergies renouvelables selon la trajectoire du scénario M23
- Avec la prolongation du nucléaire existant tant que la sûreté le permet, c'est la seule façon de redevenir autosuffisant, voire excédentaire en électricité...
- ... tout en fournissant assez d'électricité pour remplacer progressivement les combustibles fossiles dans les bâtiments, l'industrie et les transports
- Si certaines centrales peuvent être prolongées au-delà de 50 ans... et/ou si des réacteurs nouveaux produisent effectivement après 2035...
- ... Il sera alors possible de réduire le rythme de déploiement des énergies renouvelables.