



Mix énergétique : quelles solutions pour le climat ?

Pierrick Dartois

Vendredi 14 novembre 2025

Sommaire

Introduction : les objectifs de la transition écologique

I. La sobriété et ses limites

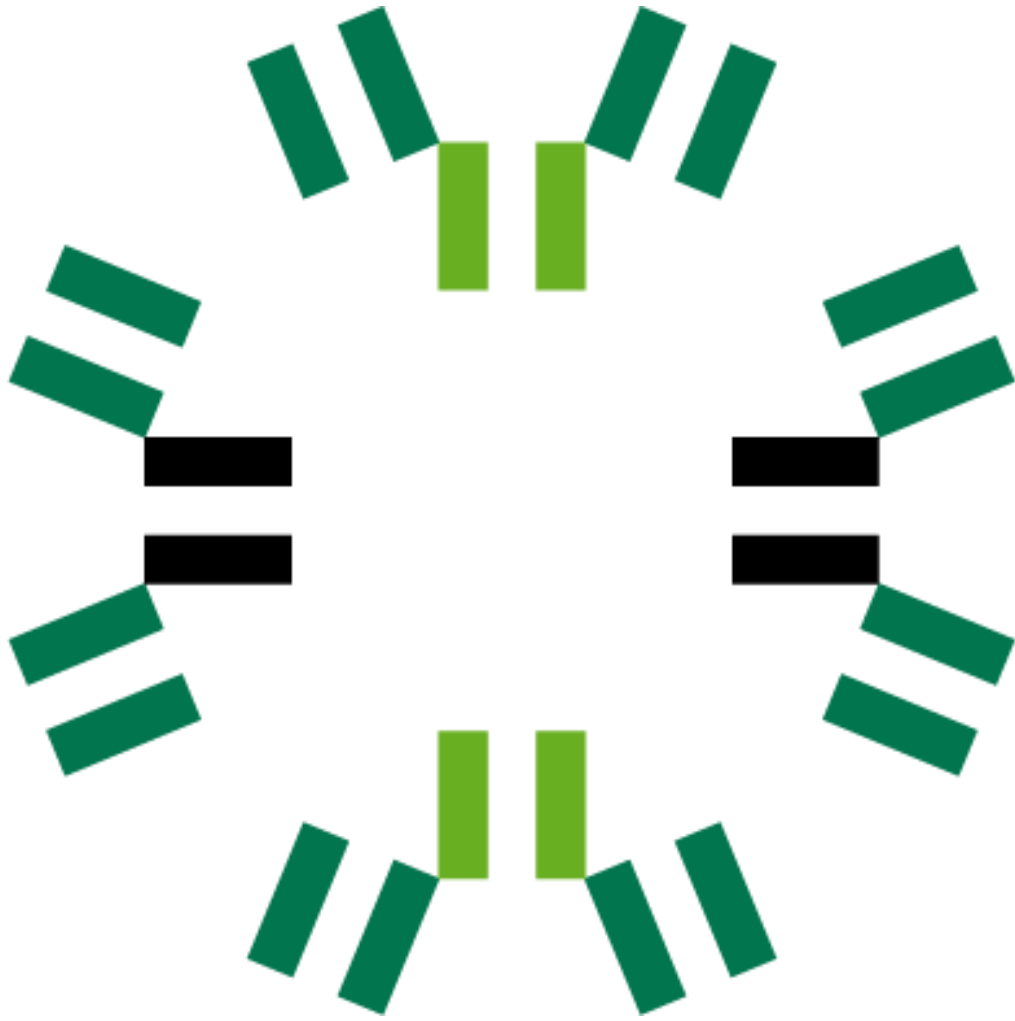
II. Biomasse : un gisement limité

III. Électrifier pour décarboner

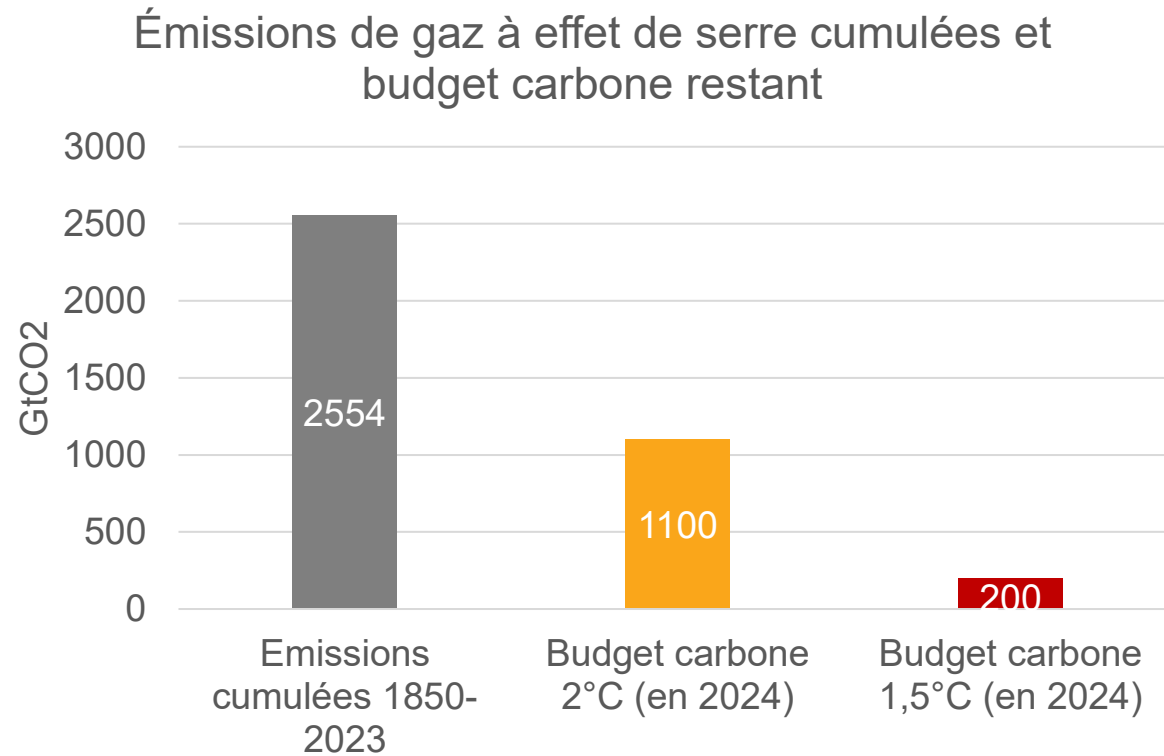
IV. Le mix électrique et son avenir

Introduction

Les objectifs de la transition énergétique



Respecter le budget carbone pour limiter le réchauffement climatique



Source : Forster et al., "Indicators of Global Climate Change 2024: annual update of key indicators of the state of the climate system and human influence", 2024.

« Nous ne parviendrons pas à contenir le réchauffement climatique en dessous de 1,5 °C dans les prochaines années », reconnaît le chef de l'ONU

Contenir le réchauffement de la planète à 1,5 °C par rapport à l'ère préindustrielle était l'objectif le plus ambitieux de l'accord de Paris de 2015.

Le Monde avec AFP

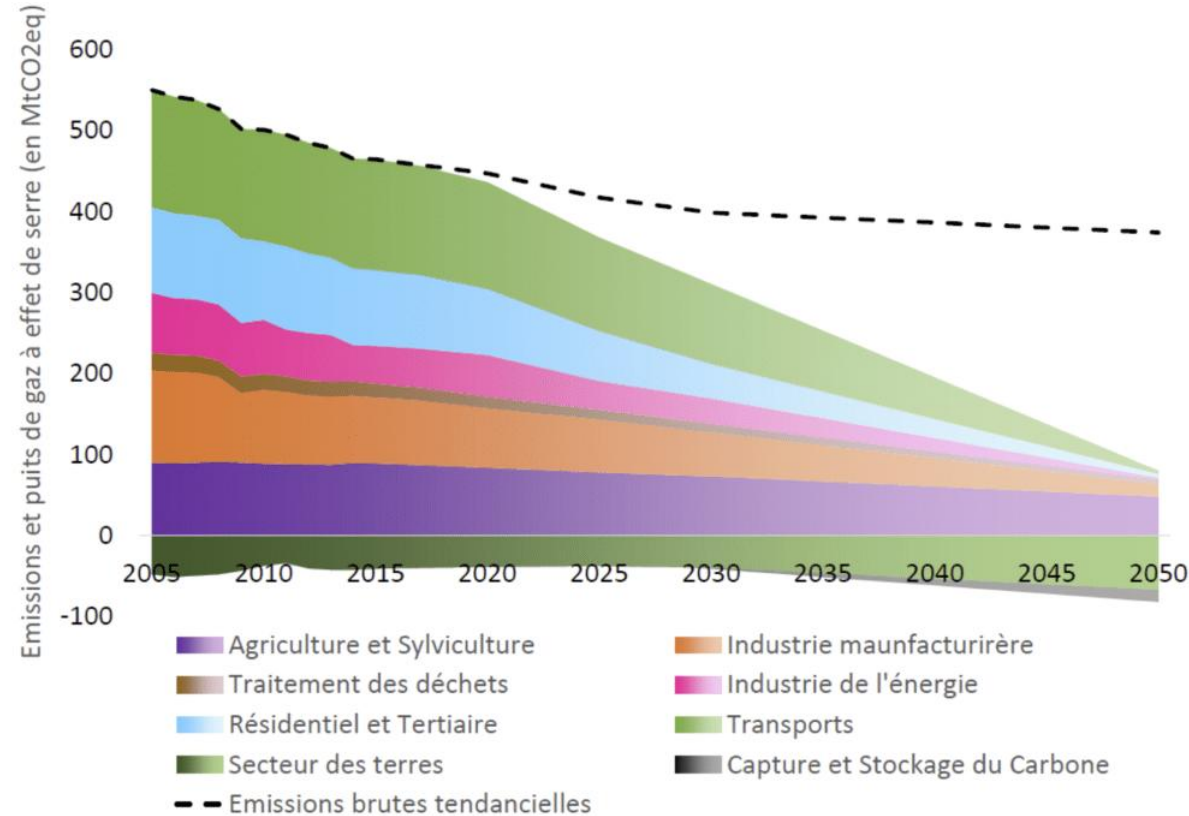
Publié le 22 octobre 2025 à 16h21, modifié le 22 octobre 2025 à 17h02 - Lecture 2 min.



Le secrétaire général des Nations Unies, Antonio Guterres, à Genève, le 22 octobre 2025. SALVATORE DI NOLFI / AP

Pour faire leur part, la France et l'Union européenne se sont engagées à atteindre la neutralité carbone en 2050

Trajectoire des émissions et des puits de gaz à effet de serre sur le territoire national entre 2005 et 2050 dans le scénario AMS



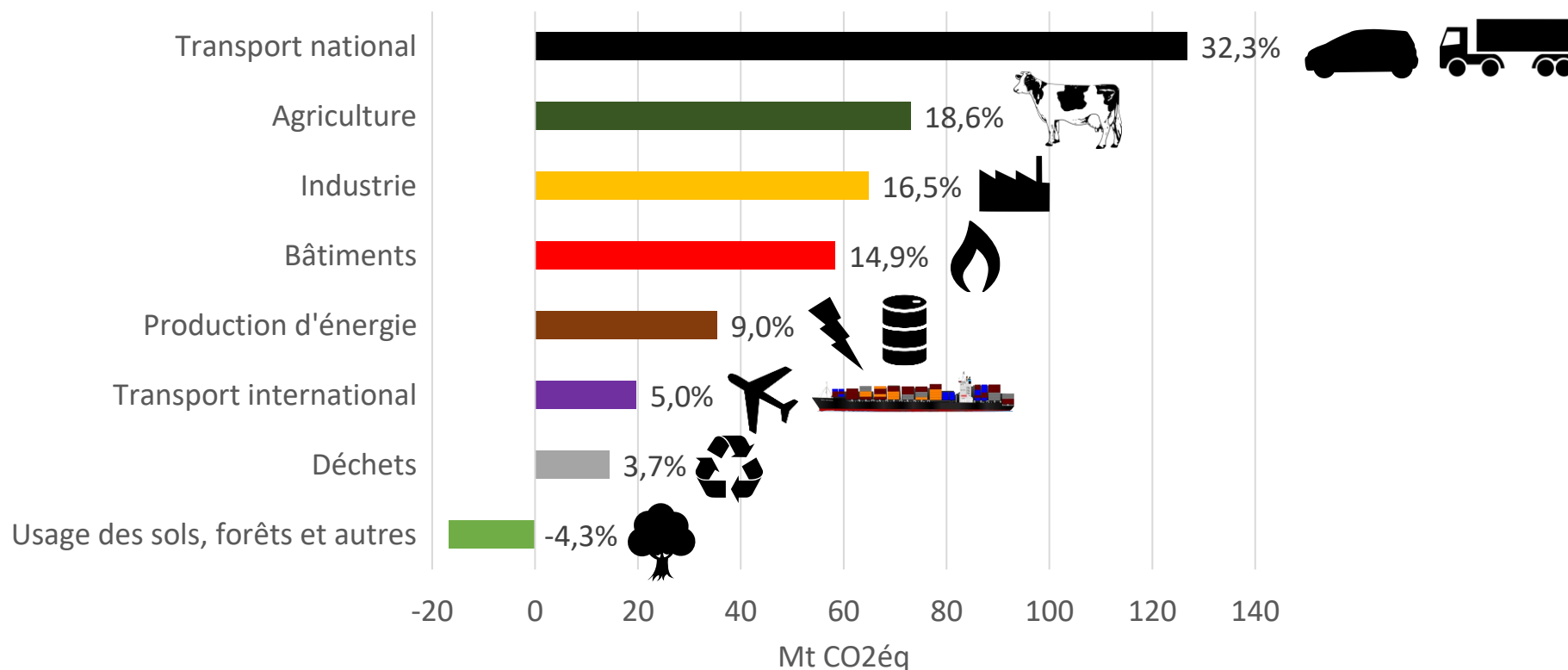
e : estimation. Source (données 2015 à 2017) : inventaire CITEPA 2018 secten – format Plan Climat Kyoto – avril 2018

Une baisse d'émissions **rapide et soutenue dans tous les secteurs** jusqu'à l'atteinte de la **neutralité carbone en 2050** est indispensable pour limiter le réchauffement climatique.

Source : *Stratégie Nationale Bas Carbone v2*, Ministère de la transition écologique, 2020.

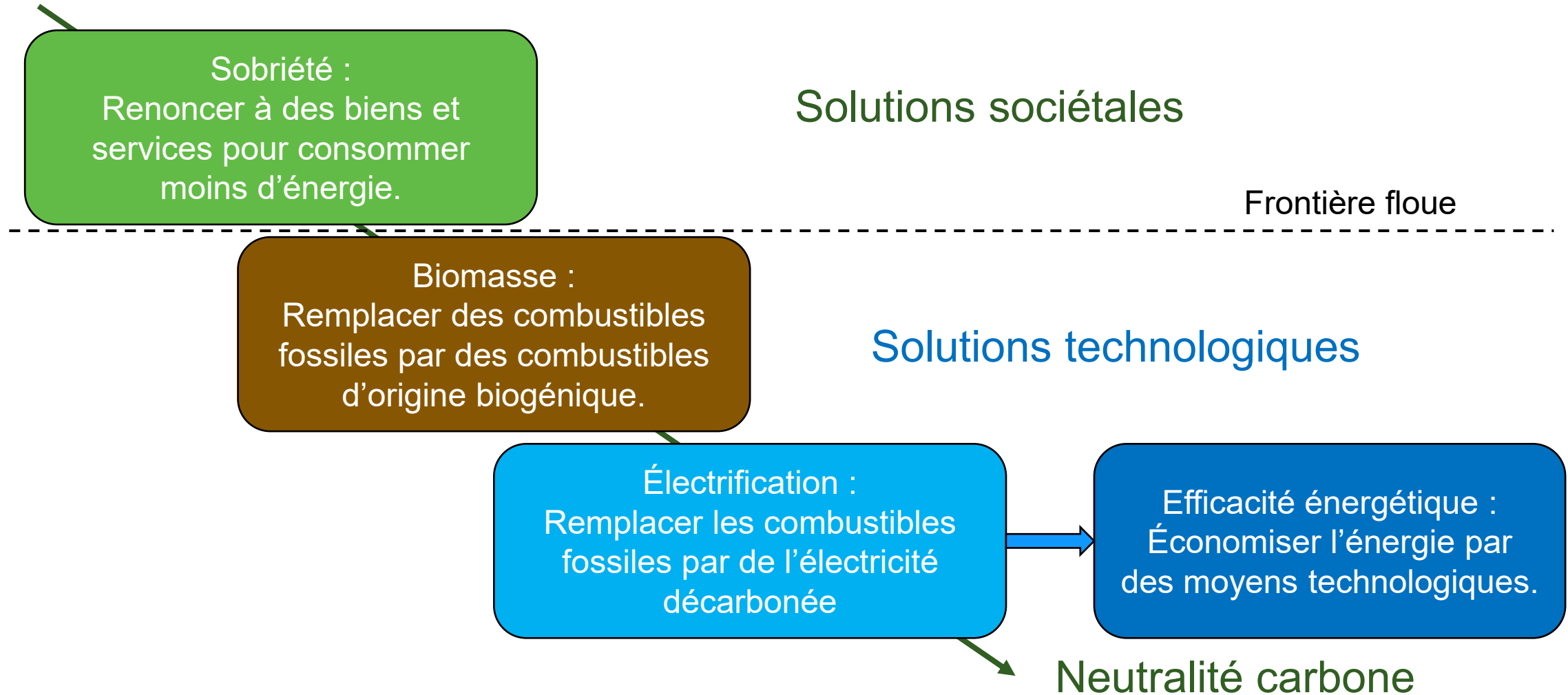
Les grands secteurs émetteurs de gaz à effet de serre

Émissions territoriales de GES de la France en 2023



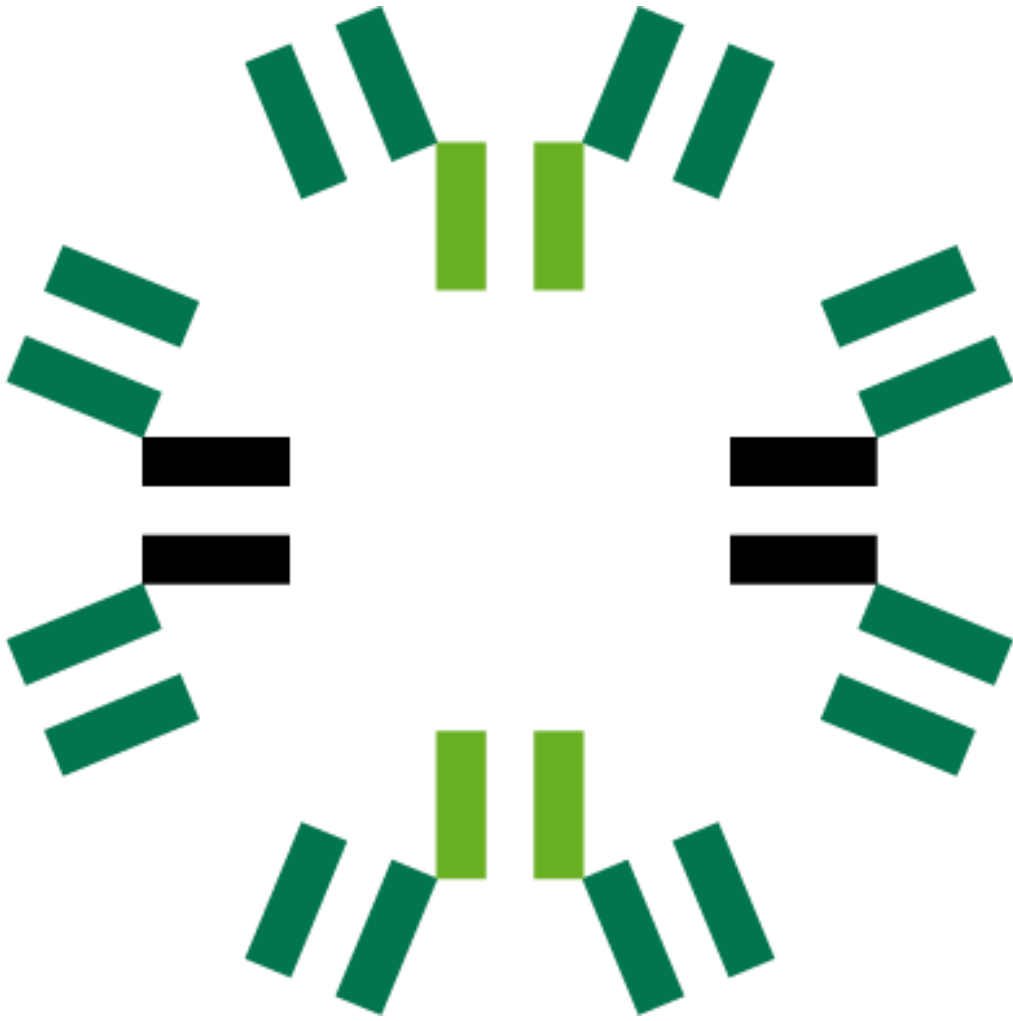
Source : *Chiffres clés du climat*, édition 2025, Service des données et des études statistiques (SDES) du ministère de la transition écologique.

Les leviers de la transition énergétique pour sortir des combustibles fossiles

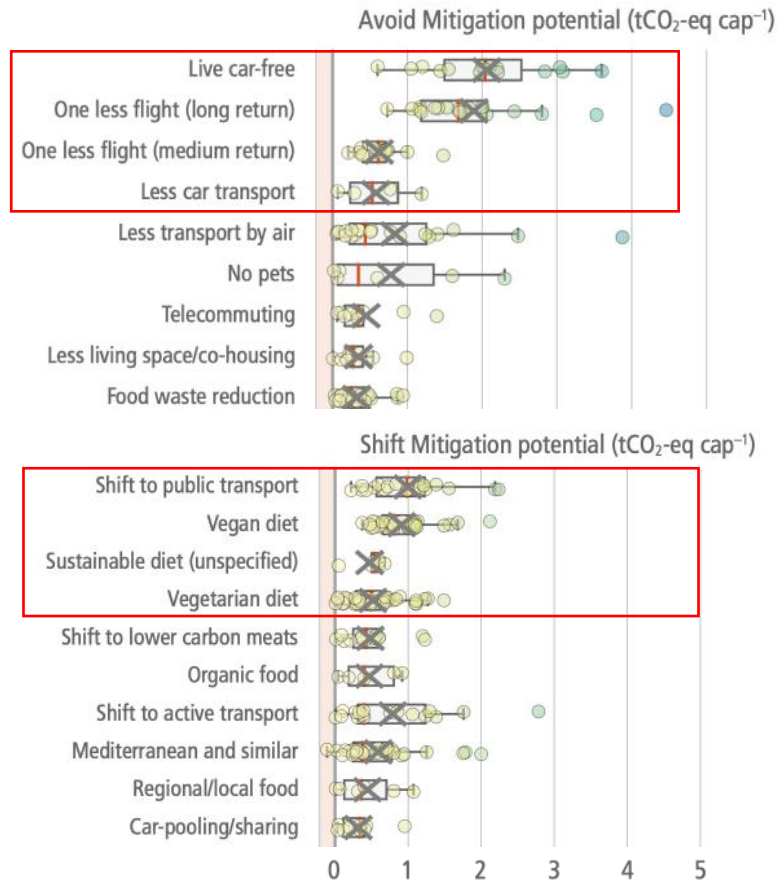


Partie I

La sobriété et ses limites



Un levier majeur accessible à court terme à l'échelle individuelle



Actions individuelles les plus efficaces :



- Réduire ou supprimer l'usage de la voiture (0,5 – 2 t/pers./an).



- Réduire ou supprimer l'usage de l'avion (0,5 – 2 t/pers./an).



- Adopter un régime moins carné (0,5 – 1 t/pers./an).

Comparaison empreinte carbone individuelle des français en 2024 : 8,2 t/pers./an

Synthesis of demand-side options ordered by the median GHG mitigation potential found across all estimates from the literature.

Source : IPCC, *AR6 : Climate change mitigation*, Fig. 5.8, WG III, 2022.

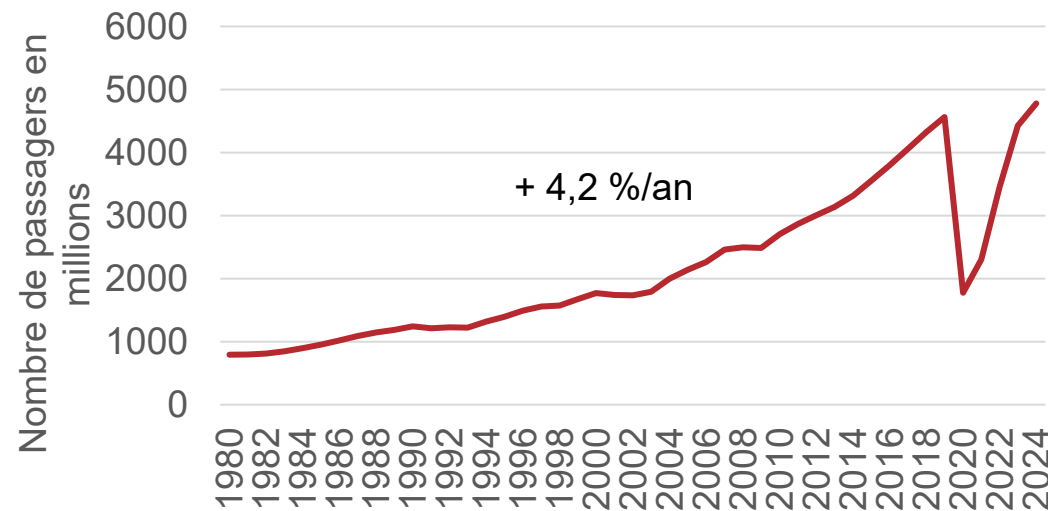
Dans certains secteurs, la sobriété est le levier principal de décarbonation

Qu'est-ce qu'un bon secteur candidat pour la sobriété ?

1. Une croissance insoutenable

Secteur aérien

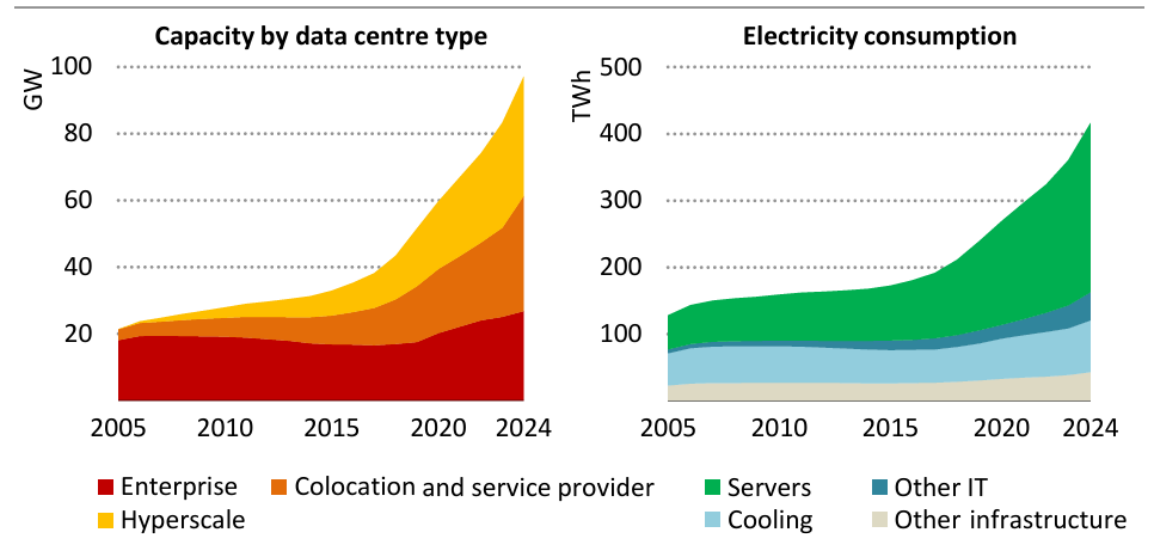
Evolution du trafic aérien mondial entre 1980 et 2024



Sources : IEA et IATA.

Secteur numérique

Figure 2.3 ▶ Total data centre electricity consumption by equipment type and data centre type, 2005-2024



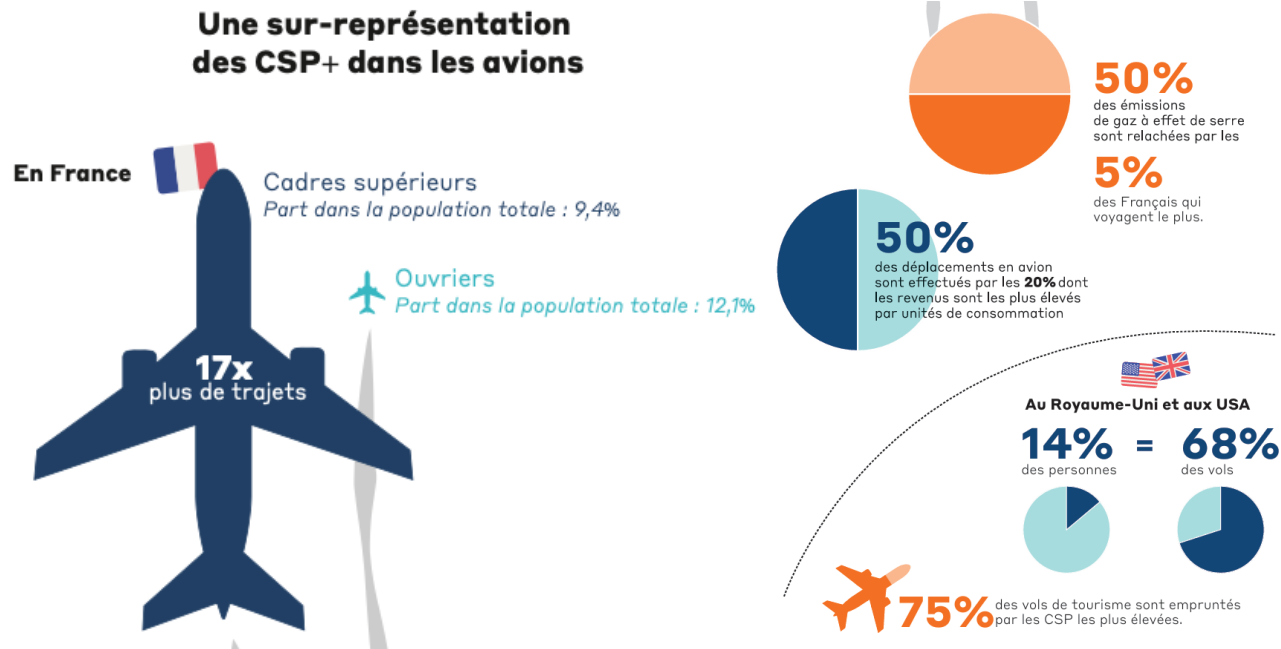
Source : IEA, *Energy and AI*, 2025.

Dans certains secteurs, la sobriété est le levier principal de décarbonation

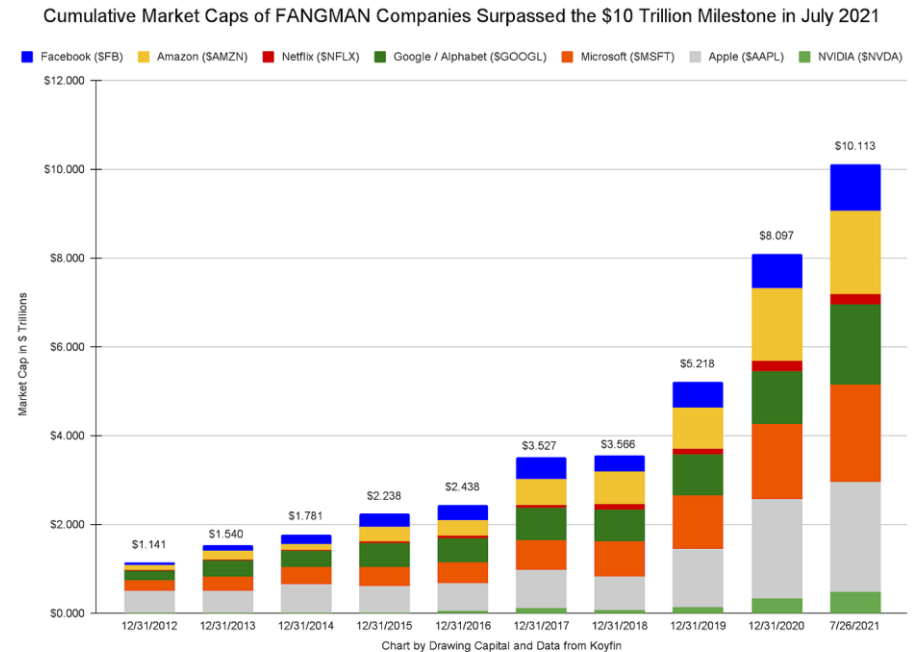
Qu'est-ce qu'un bon secteur candidat pour la sobriété ?

2. Un secteur qui profite surtout à peu de personnes

Secteur aérien



Secteur numérique



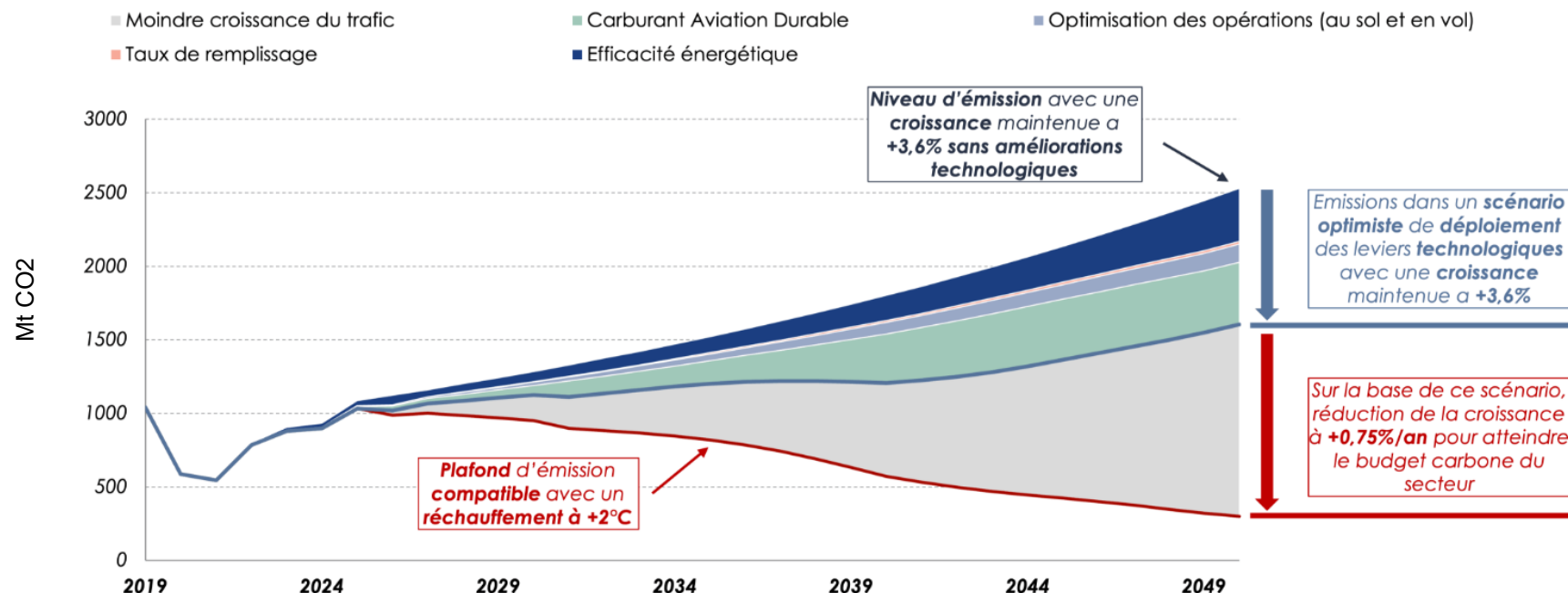
Dans certains secteurs, la sobriété est le levier principal de décarbonation

Qu'est-ce qu'un bon secteur candidat pour la sobriété ?

3. Un secteur difficile à décarboner

Secteur aérien

Air transport CO2 emissions - 2019-2050



« En admettant que le trafic départ France augmente « seulement » de **44 %** [...], le besoin en électricité (verte) [pour produire les carburants de synthèse nécessaires] s'élèverait donc à **222 TWh** par an, soit près de la **moitié de la consommation [électrique] actuelle** du pays. »

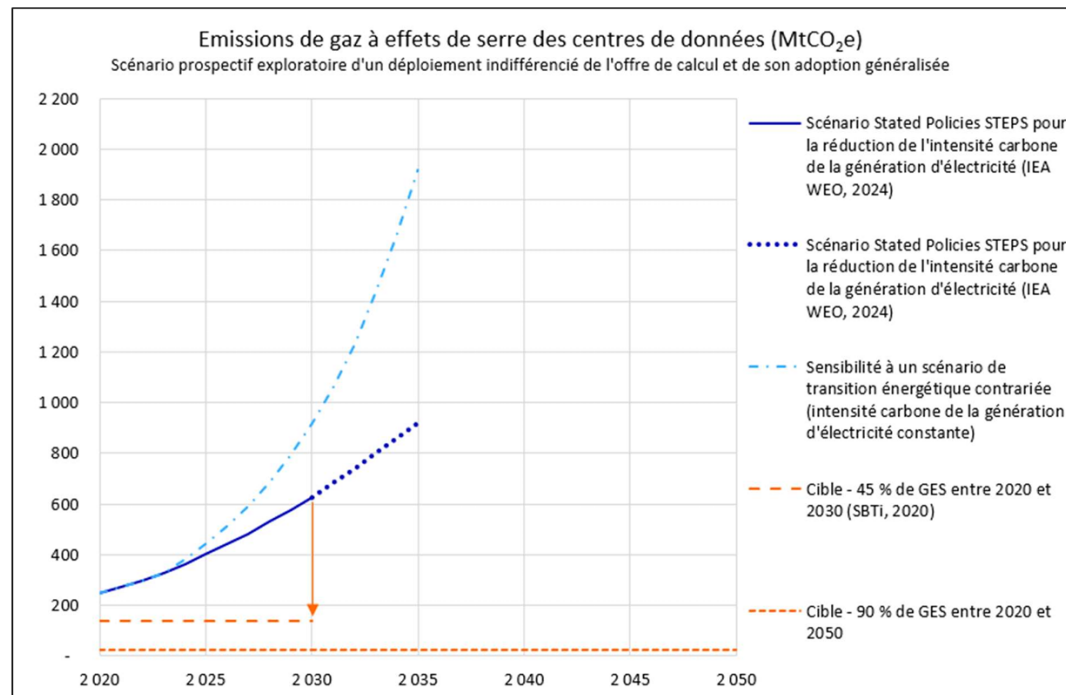
Source : *Bon Pote*, Tribune publiée le 11/09/2025.

Dans certains secteurs, la sobriété est le levier principal de décarbonation

Qu'est-ce qu'un bon secteur candidat pour la sobriété ?

3. Un secteur difficile à décarboner

Secteur numérique



La consommation électrique des centres de données en Europe pourrait faire :

x2 entre 2023 et 2030,
et **x4** entre 2023 et 2035*.

*Passer de 97 TWh en 2023 à 200 TWh en 2030 et à 369 TWh en 2035

Source : The Shift Project, *IA, données, calcul : quelles infrastructures dans un monde décarboné ?*, 2025

Décarboner le transport routier par la sobriété seule : un pari impossible

Hypothèses sur l'évolution du transport de passagers en France à l'horizon 2050

CONFIDENTIEL : Données RTE

Le potentiel de la sobriété et de l'efficacité

Projections de consommation d'énergie finale en France d'ici 2050

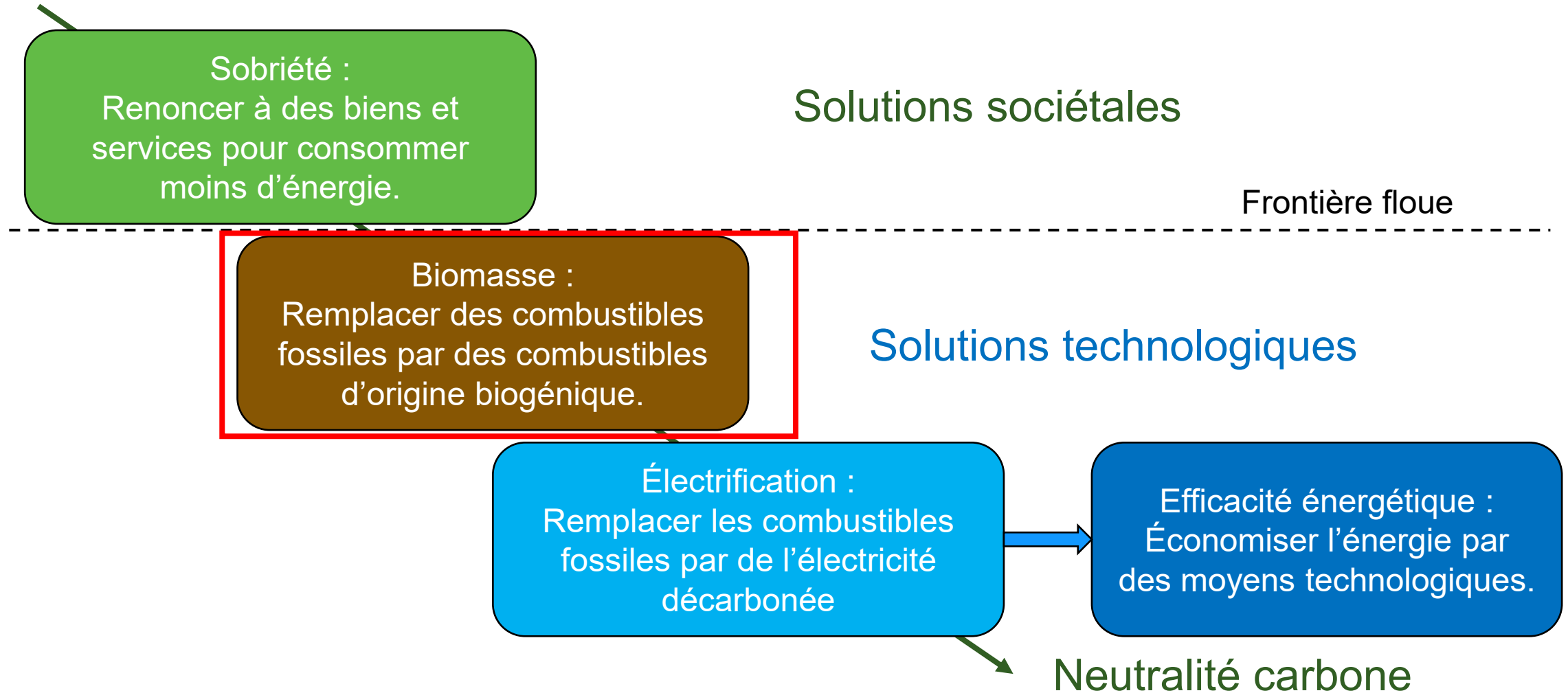
CONFIDENTIEL : Données RTE

Débat Jean-Baptiste Fessoz vs François Gemenne



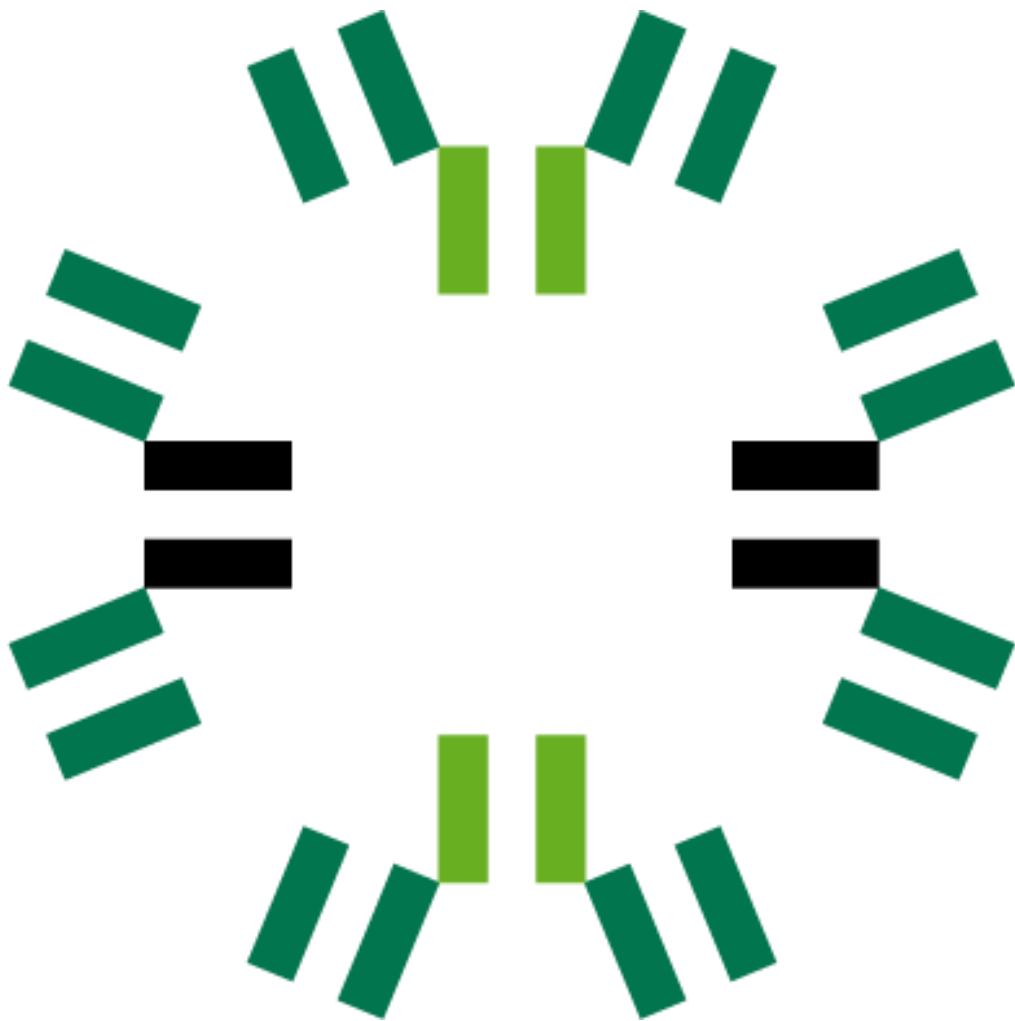
Source : France Inter, 3 septembre 2025.

Les leviers de la transition énergétique pour sortir des combustibles fossiles

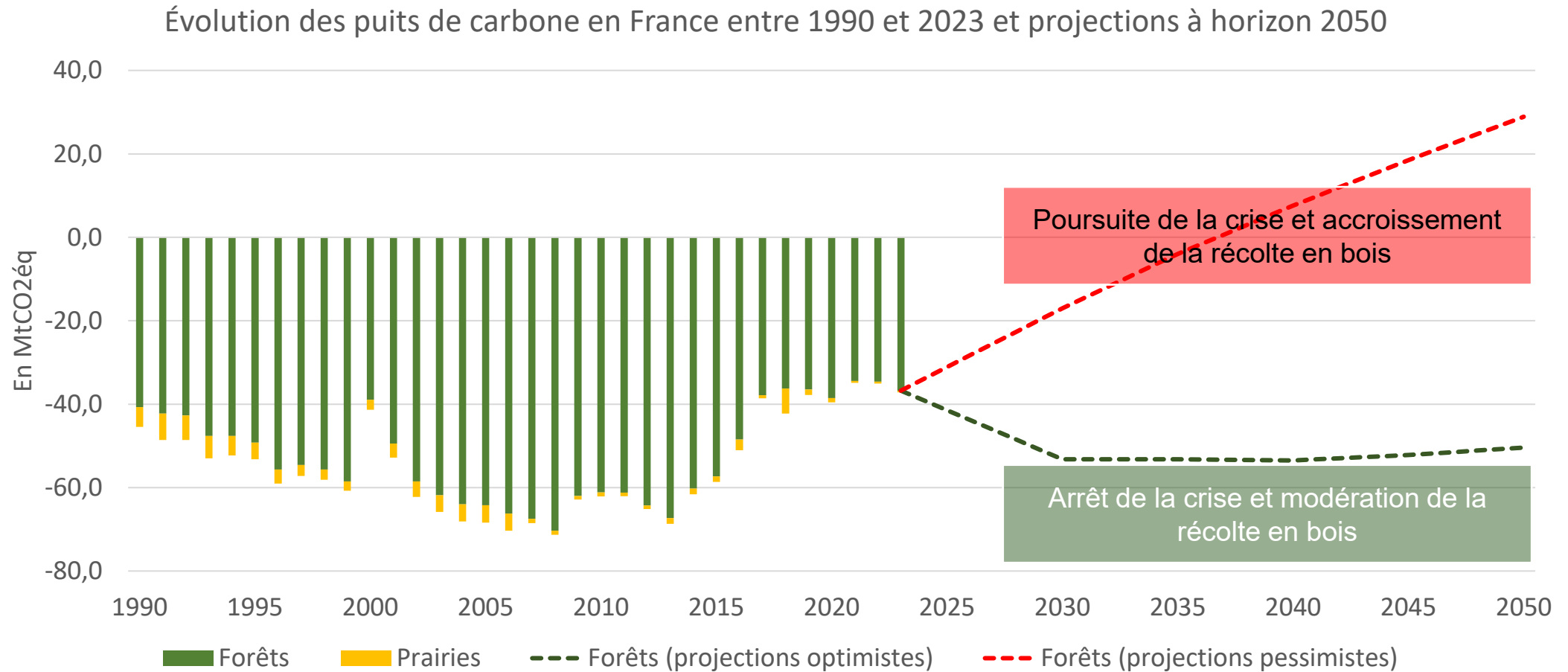


Partie II

Biomasse : un gisement limité

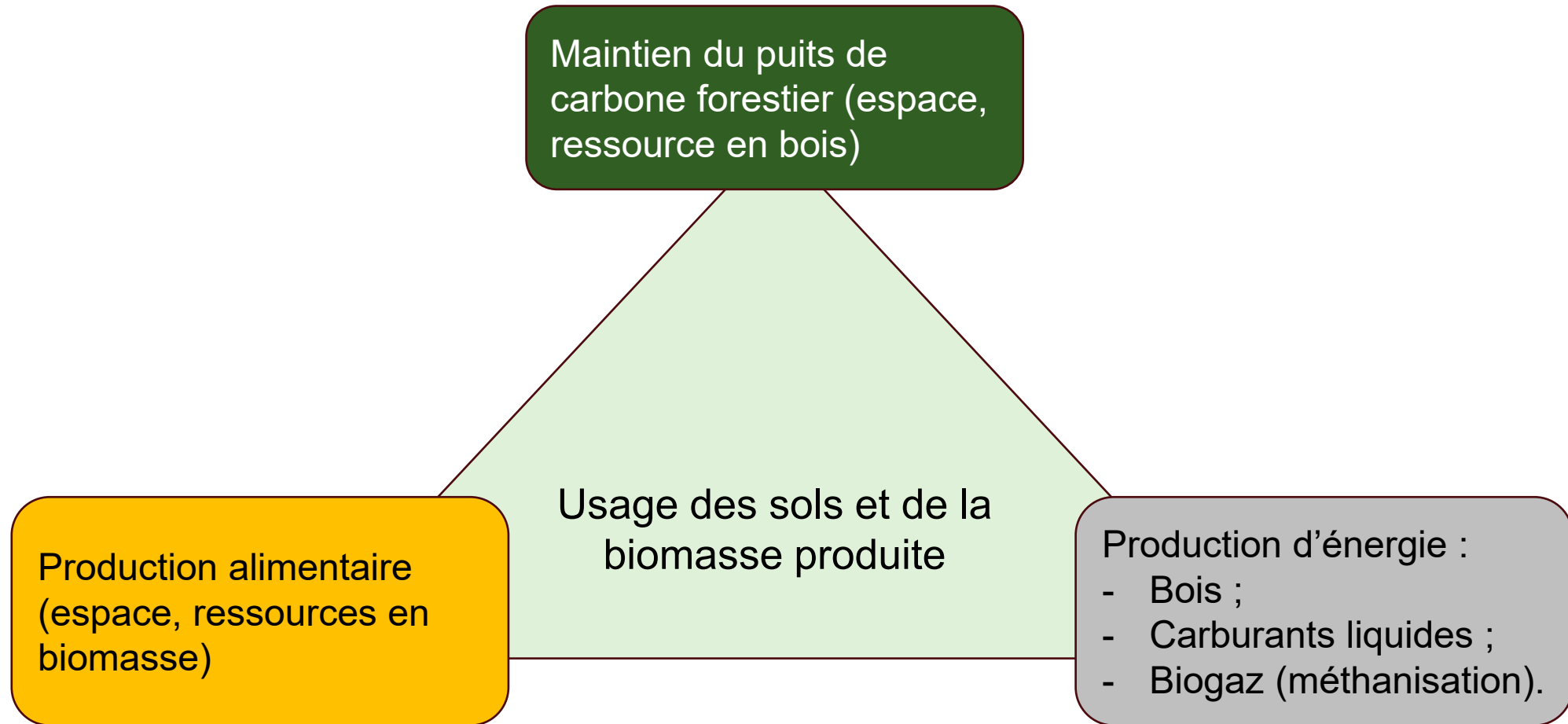


L'effondrement des puits de carbone



Sources : D'après, CITEPA, *Rapport Secten*, édition 2024 et les projections du rapport IGN-FCBA, *Projections des disponibilités en bois et des stocks et flux de carbone du secteur forestier français*, 2024.

Compétition pour l'usage des sols et la ressource en biomasse



Le cas des biocarburants

Les biocarburants émettent globalement plus de CO2 que les carburants fossiles qu'ils remplacent

9 octobre 2025

Les cultures destinées aux biocarburants continuent de s'étendre dans le monde, alors que leur production mondiale émet 16 % de CO2 en plus par rapport aux carburants fossiles qu'ils sont censés remplacer. En 2030, les biocarburants représenteront la sixième puissance agricole en nombre d'hectares.

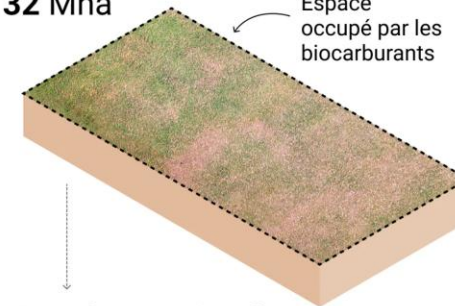
Seulement 3% de l'espace occupé par les biocarburants suffirait pour alimenter un tiers de la flotte automobile mondiale avec l'électricité solaire

■ =1 ■ Voiture thermique ■ Voiture électrique

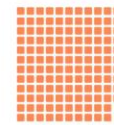
Biocarburants et voitures thermiques

32 Mha

Espace occupé par les biocarburants



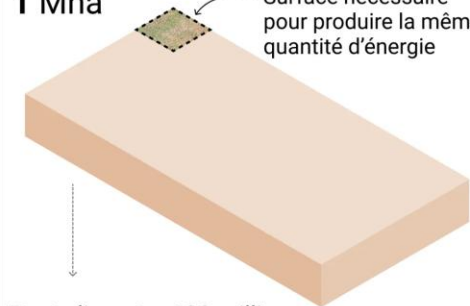
Peut alimenter 130 millions de voitures thermiques



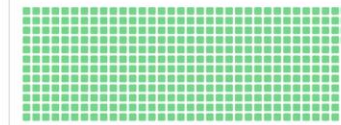
Panneaux solaires et voitures électriques

1 Mha

Surface nécessaire pour produire la même quantité d'énergie



Peut alimenter 400 millions de voitures électriques

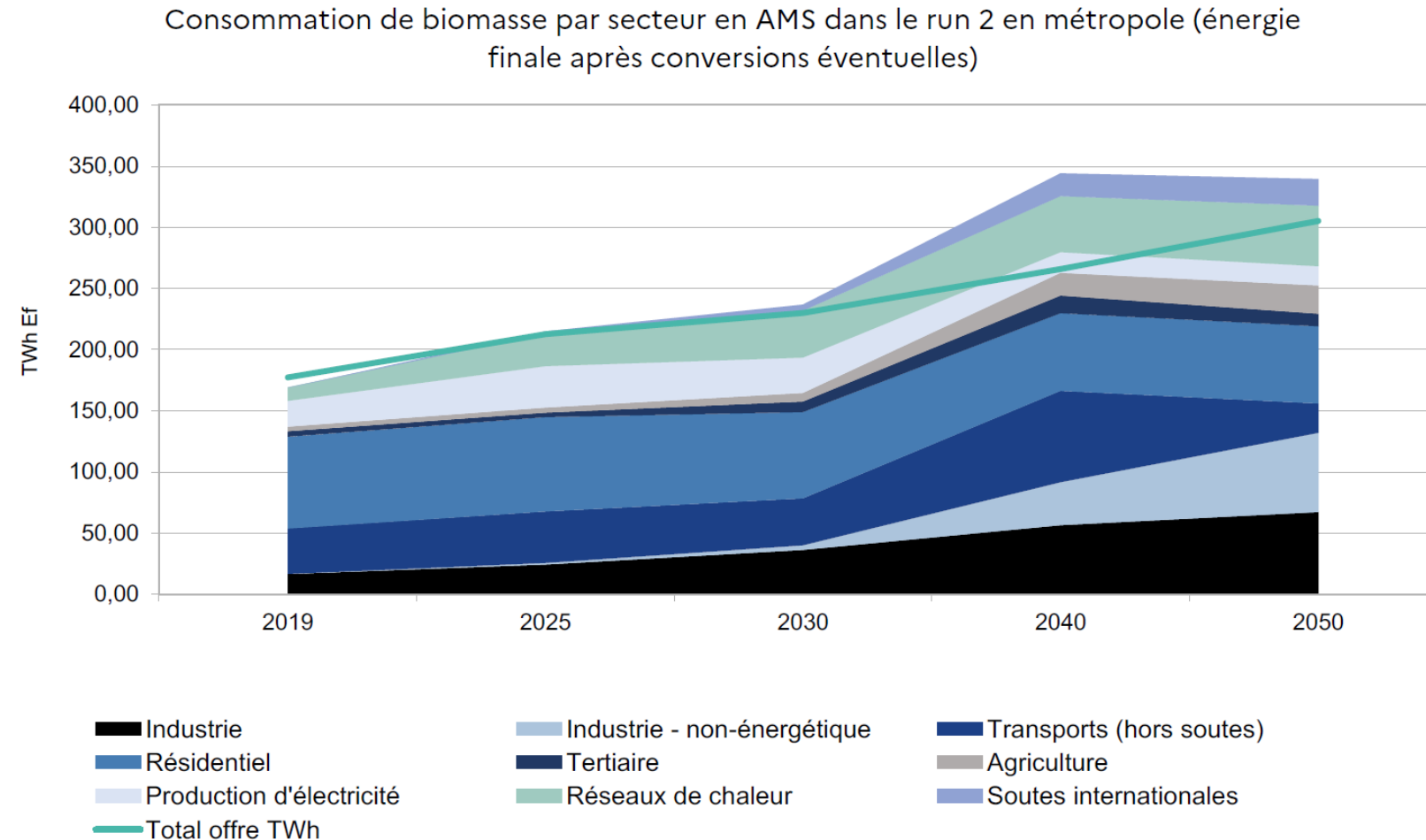


Source : T&E, à partir de Cerulogy (2024) et de calculs internes. En prenant pour hypothèse un mix 100% biocarburant pour les voitures diesel, alors qu'en réalité, les biocarburants sont souvent mélangés à des carburants fossiles. Plus de détails dans la méthodologie du rapport

T&E

Source : Transport et Environnement, [Les biocarburants émettent globalement plus de CO2 que... | T&E France](#), 2025.

Biomasse-énergie : un potentiel limité, des usages à modérer

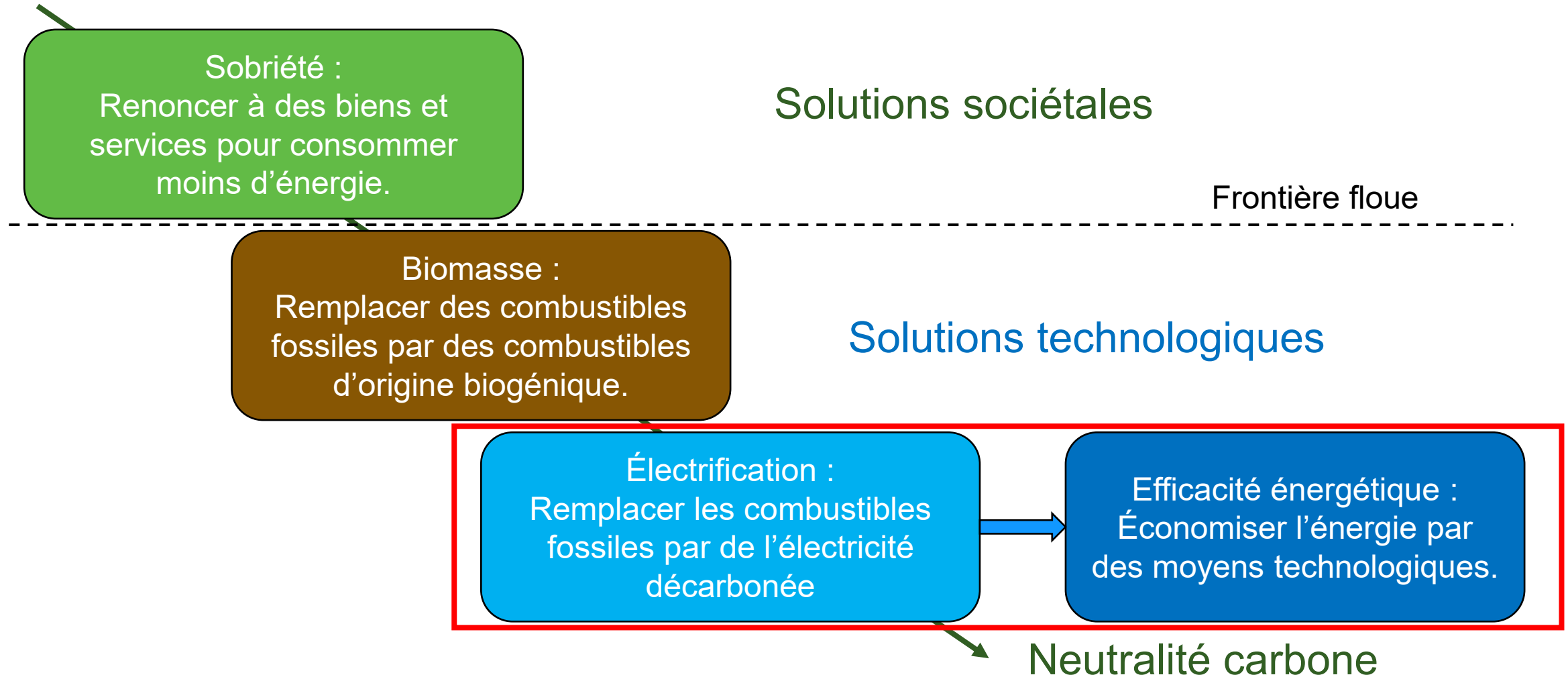


Les scénarios gouvernementaux consomment davantage de biomasse que la ressource nationale dès les années 2030.

Risque de maintenir une dépendance fossile.

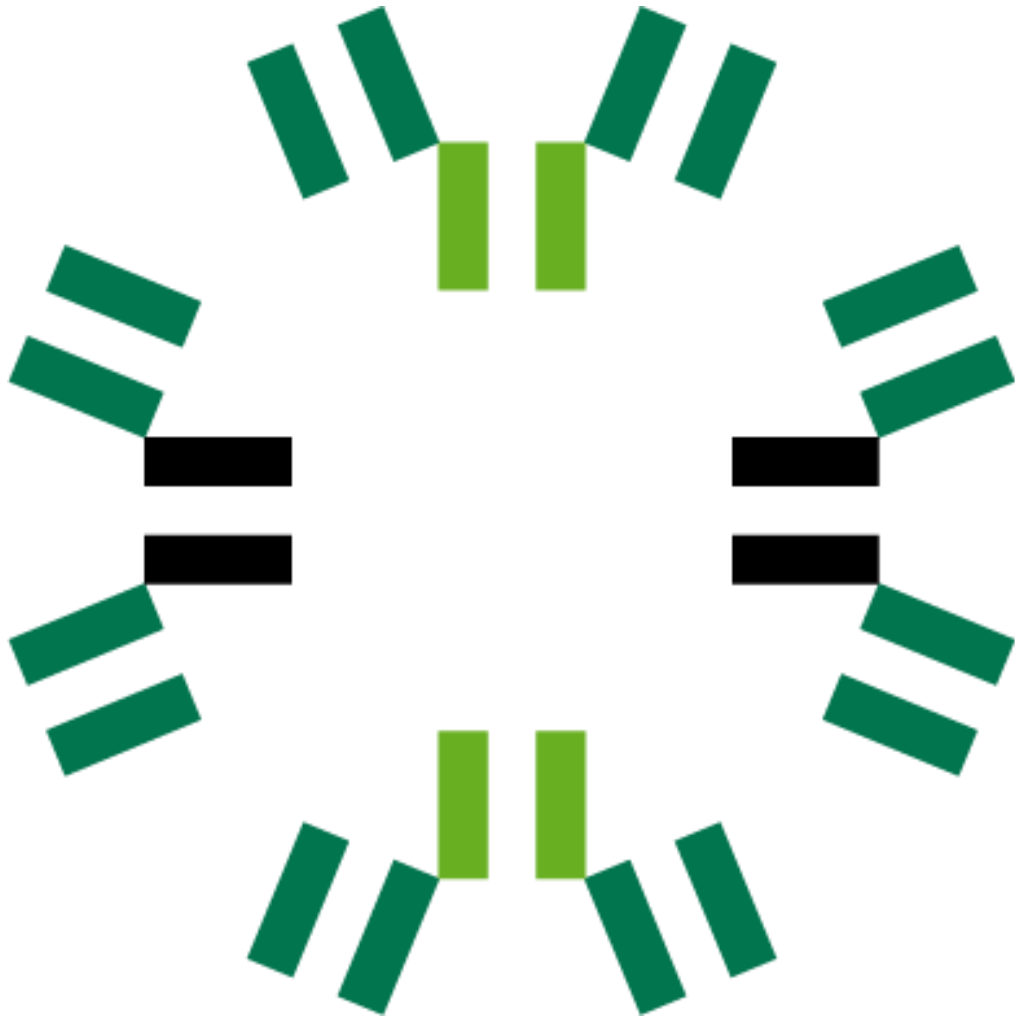
Source : Ministère de la transition énergétique, *Stratégie française pour l'énergie et le climat*, 2023.

Rappel : les leviers de la transition énergétique pour sortir des combustibles fossiles



Partie III

Électrifier pour décarboner



L'électricité remplace les énergies fossiles

En 2021 :

1611 TWh d'énergie consommée

En 2050 :

~ **900** TWh d'énergie consommée

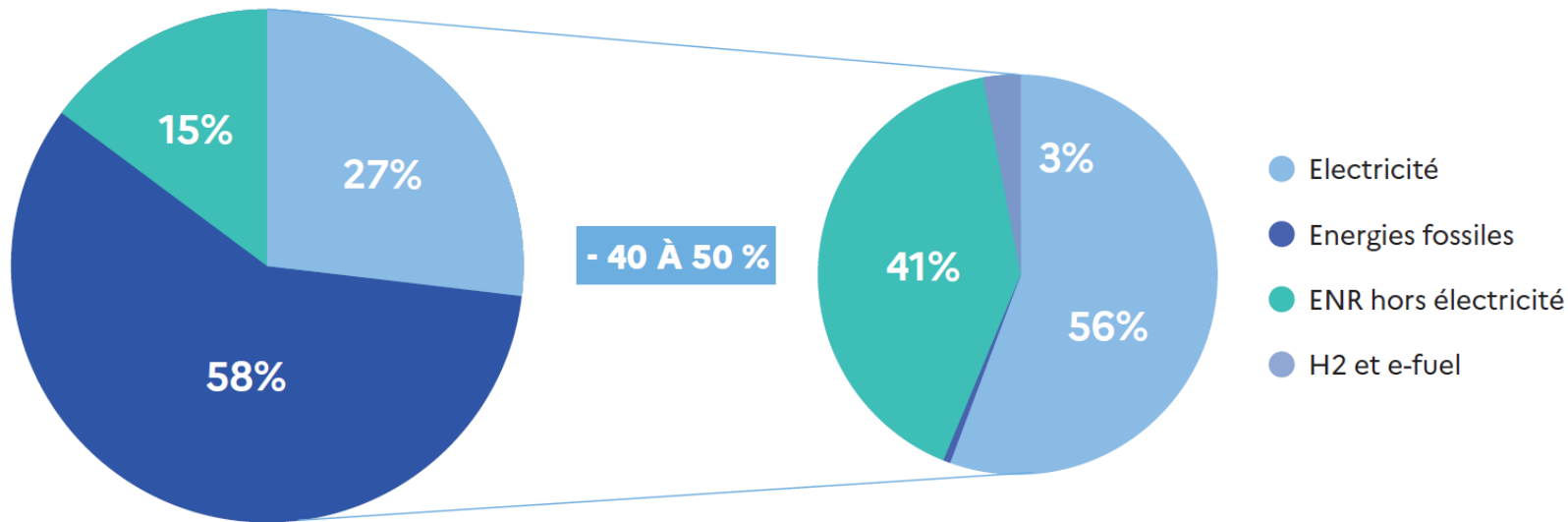


FIGURE 1. Consommation finale d'énergie 2021 et projections à horizon 2050⁴

Source : Ministère de la transition énergétique, *Stratégie française pour l'énergie et le climat*, 2023.

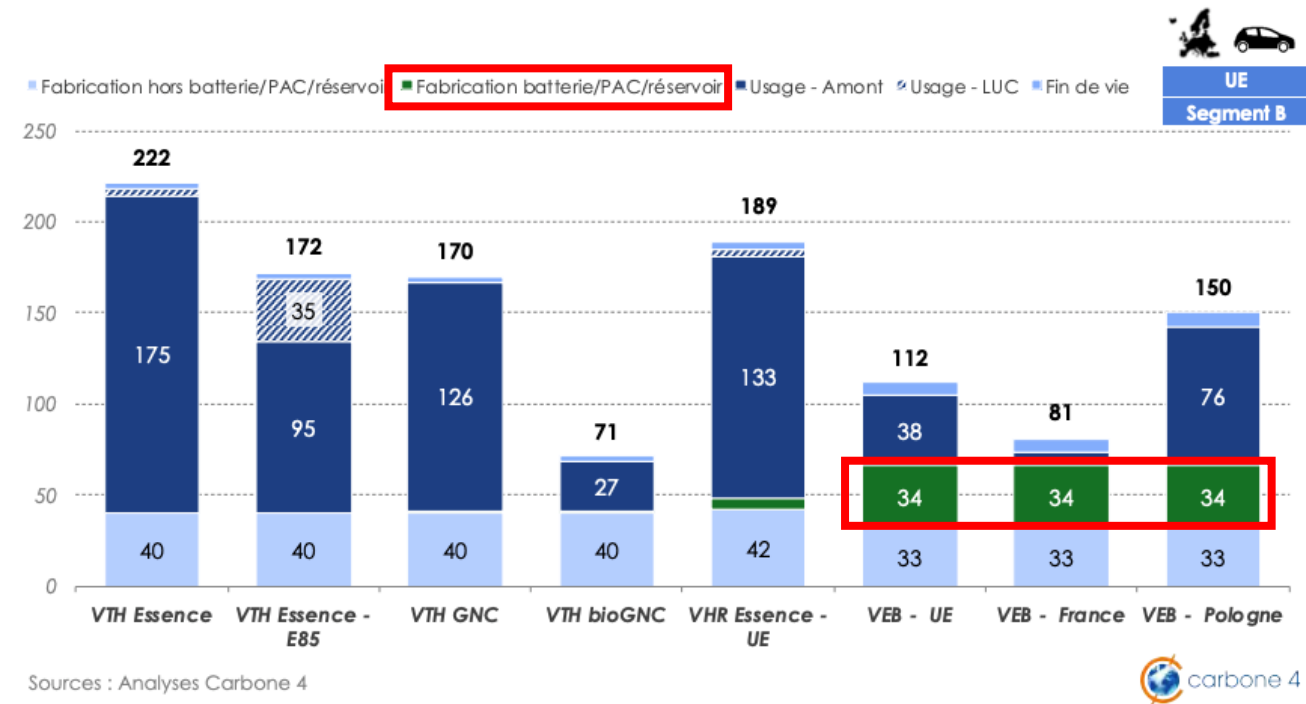
Une publicité qui n'est pas mensongère



Crédits : EDF.

Transports : les véhicules électriques sont la solution de décarbonation dominante

Comparaison du bilan carbone des véhicules thermiques et électriques en analyse de cycle de vie (en gCO2eq/km)



Source : Carbone 4, *Transport routier : quelles motorisations alternatives pour le climat ?*, 2020.

« Les véhicules électriques alimentés à l'électricité bas carbone offrent le plus grand potentiel de décarbonation des transports routiers en analyse de cycle de vie. (haut niveau de confiance) »

Source : IPCC, *AR6 : Climate change mitigation – Summary for policymakers*, WG III, p. 32.

	Rendement
Moteur thermique	20 - 30 %
Moteur électrique	70 – 90 %

Le scandale des véhicules hybrides (y compris rechargeables)

Les hybrides rechargeables émettent cinq fois plus de CO₂ que ce que prétendent les tests officiels

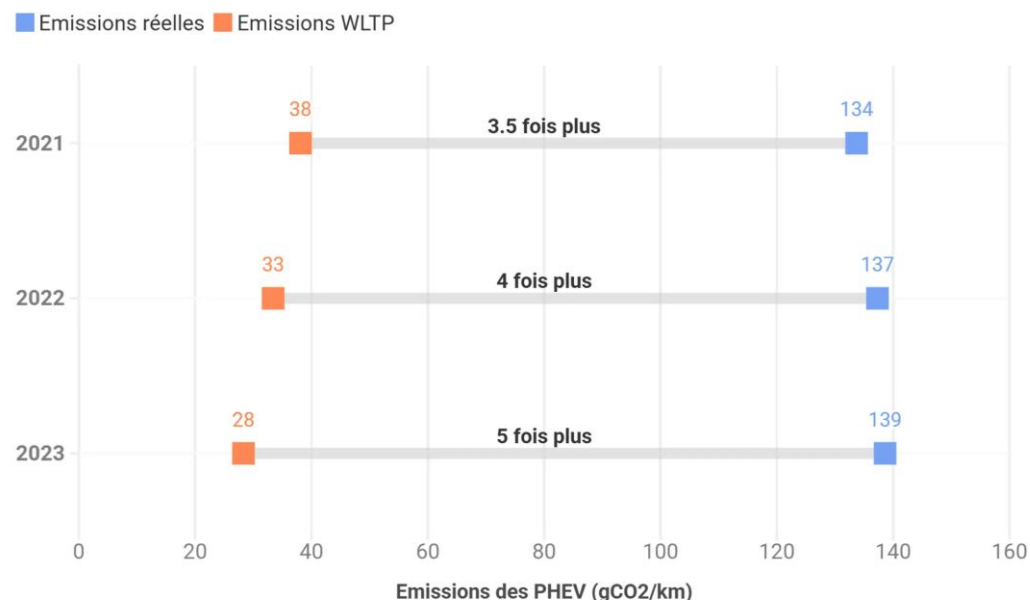
10 septembre 2025

Mais le lobby des constructeurs pousse pour que l'UE abandonne les nouvelles normes qui permettraient de mieux refléter les émissions réelles des PHEV.

Source : Transport et Environnement, [Les hybrides rechargeables émettent cinq fois plus de... | T&E France](#), 2025.

Les émissions "officielles" des hybrides rechargeables sont toujours plus éloignées de la réalité

Analyse des émissions réelles des PHEV par rapport aux émissions WLTP, en fonction de l'année d'immatriculation



Source: Analyse T&E des données OBFCM 2021, 2022, 2023 collectées par l'Agence européenne pour l'environnement. Les émissions présentées ici correspondent aux moyennes arithmétiques (non pondérées) issues des données OBFCM. Les émissions WLTP sont calculées avec le facteur d'utilisation ("utility factor") applicable avant 2025.

T&E

Le véhicule électrique a donc vocation à se généraliser, même pour les poids lourds

Évolution de la répartition des systèmes de motorisation des poids lourds à l'horizon 2050

CONFIDENTIEL : Données RTE

« Sur la mobilité légère, il existe un consensus large sur le fait que l'électrification sera la solution quasi exclusive de décarbonation à long terme.

Sur la mobilité lourde, l'électrification apparaît désormais accessible pour de plus en plus de cas d'usage, y compris pour le transport longue distance de marchandises où les besoins d'autonomie sont importants. »

Source : RTE, document provisoire pour concertation.

Bâtiments : le rôle clé des pompes à chaleur

Évolution de la répartition des systèmes principaux de chauffage des résidences principales à l'horizon 2050 Évolution de la consommation énergétique du secteur résidentiel à horizon 2050

CONFIDENTIEL : Données RTE

Bâtiments : les limites de l'isolation thermique

Effets de l'isolation thermique des logements sur la consommation réelle d'énergie résidentielle

Documents de travail

N° 2025-16 – juillet 2025

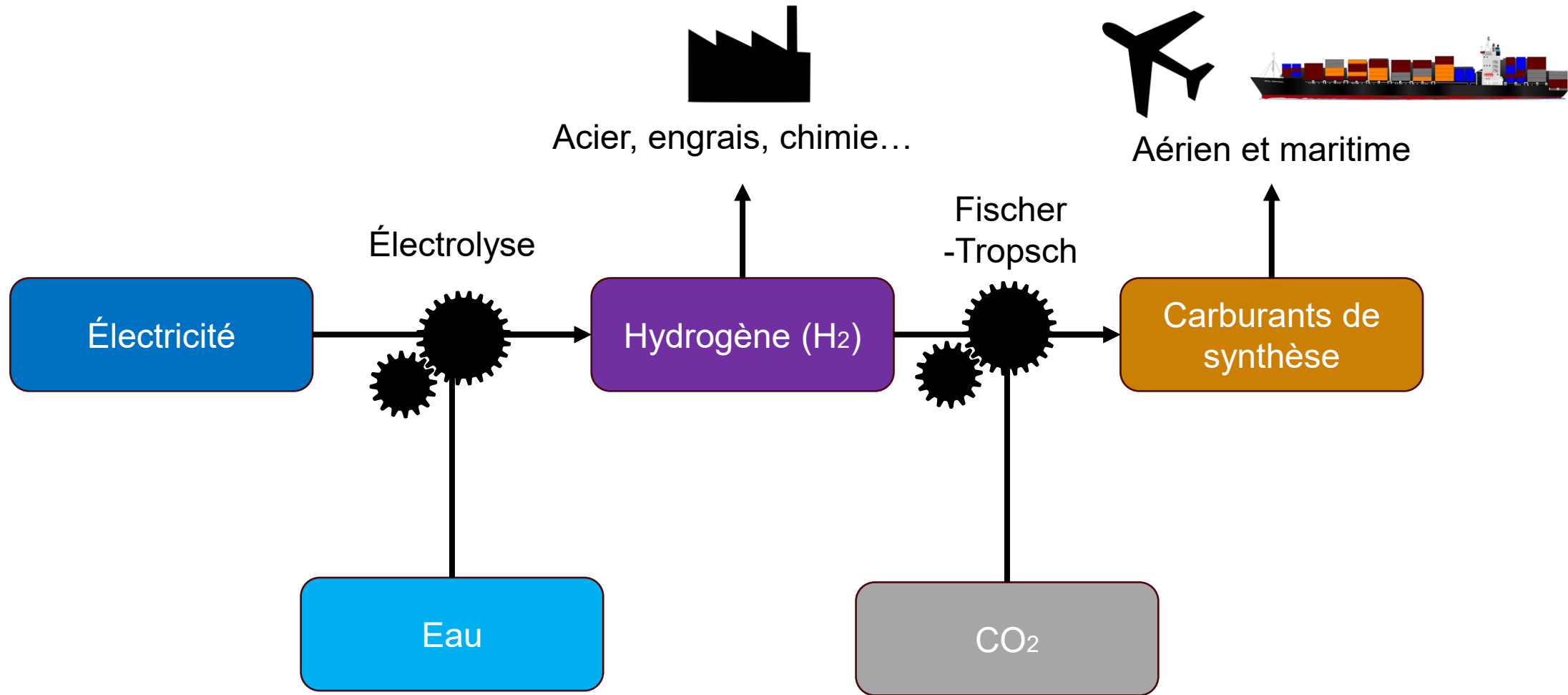


Gain moyen après isolation thermique d'une maison individuelle.

Type de chauffage	Ensemble	Passoires thermiques
Gaz	-8,9 %	-16,6 %
Electricité	-5,4 %	- 9,2 %

Source : CGEDD et INSEE, *Effets de l'isolation thermique des logements sur la consommation réelle d'énergie résidentielle*, 2025.

L'électrification indirecte : hydrogène et carburants de synthèse



Pour atteindre la neutralité carbone, la consommation électrique devrait doubler d'ici 2050

Évolution de la consommation électrique en France à l'horizon 2050 dans les projections provisoires de RTE

CONFIDENTIEL : Données RTE

Facteurs de croissance de la consommation électrique d'ici 2050 dans le scénario médian

Croissance de la consommation	
Transports routiers	+ 135 TWh
H2 et e-fuel	+ 100 TWh
Industrie	+ 65 TWh
Datacenters	+ 55 TWh
Branche énergie (RCU)	+ 25 TWh

Source : RTE, document provisoire pour concertation.

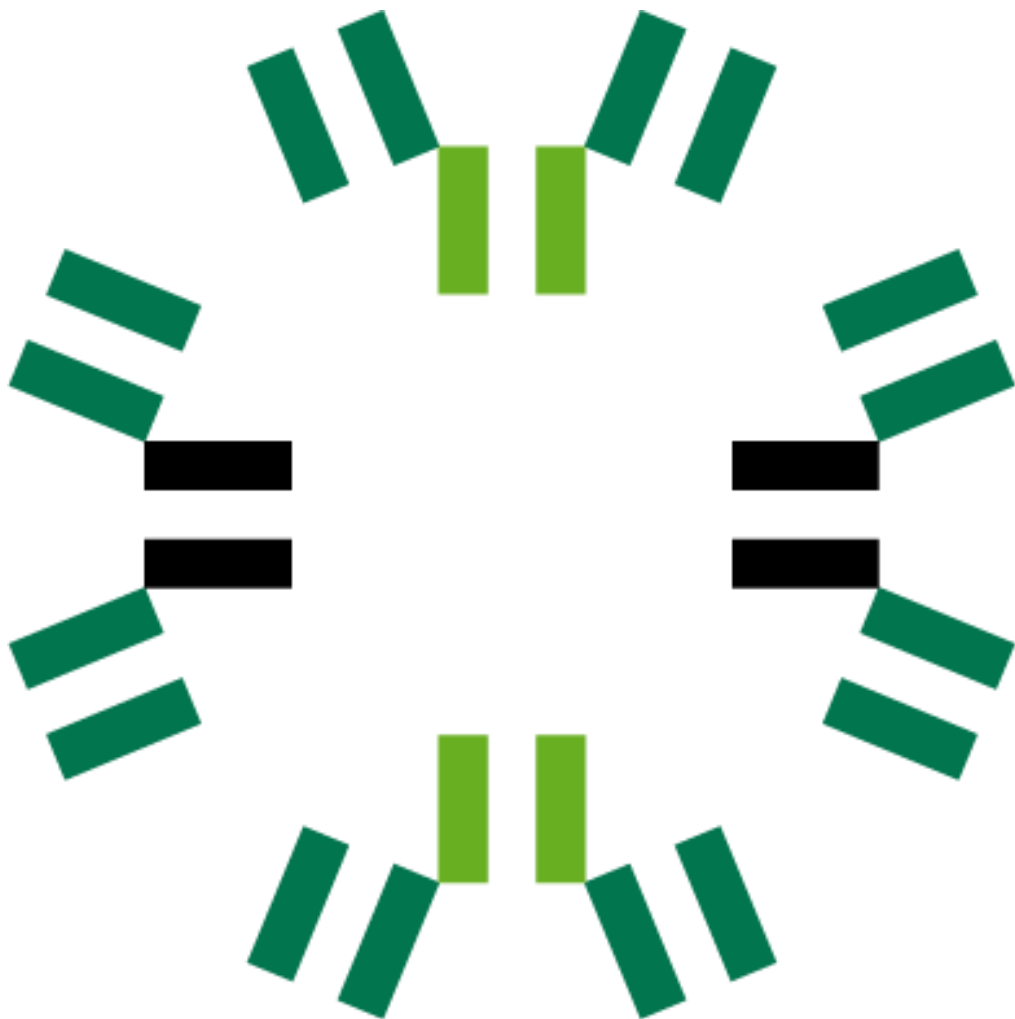
Plug baby, plug !



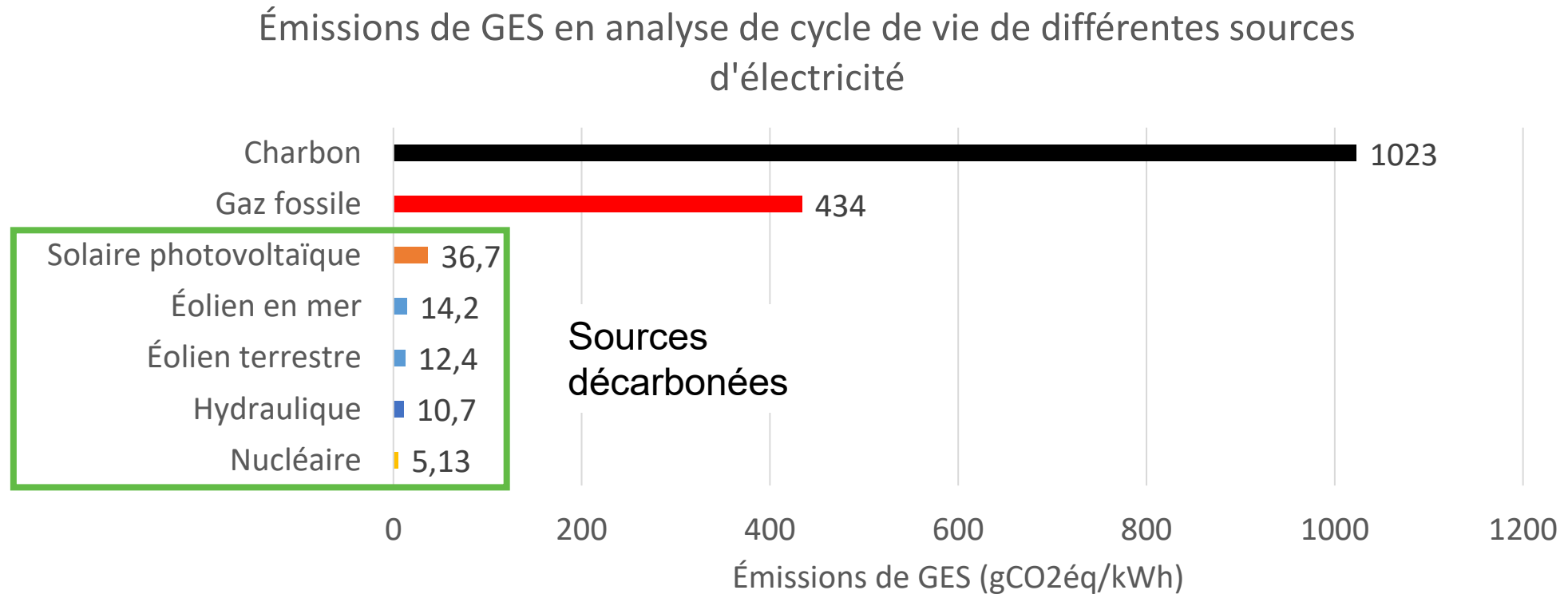
Crédits : Ludovid Marin/AFP, Big energy group et inconnu.

Partie IV

Le mix électrique et son avenir

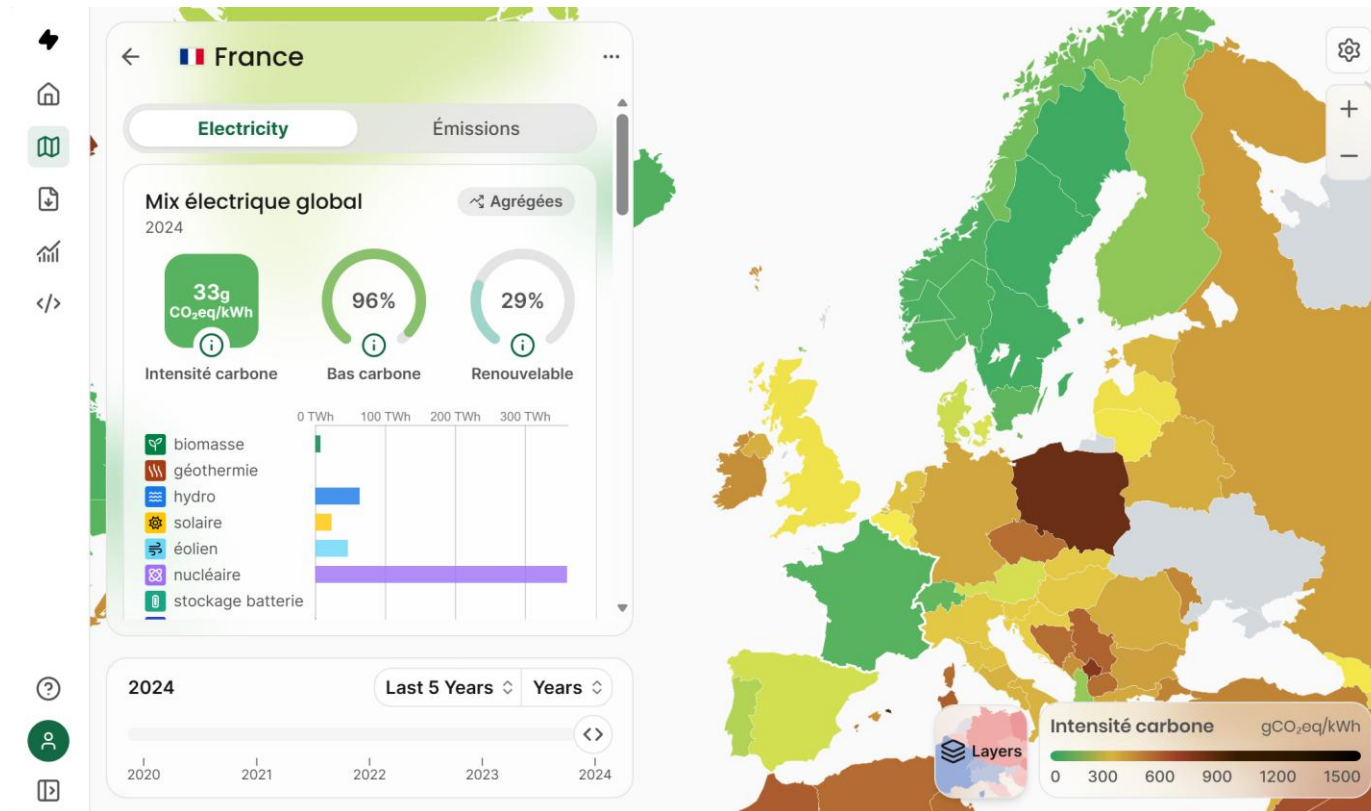


Comment produire de l'électricité décarbonée ?



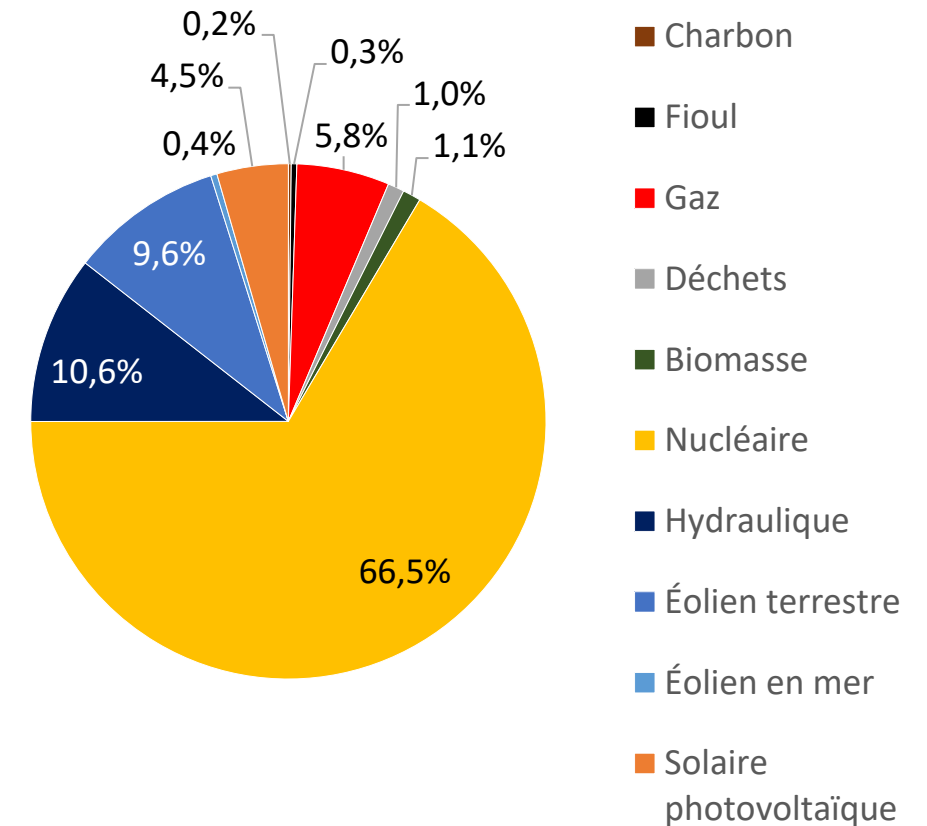
Source : UNECE, *Life Cycle Assessment of Electricity Generation Options*, 2021.

L'avantage du mix électrique français déjà bas carbone



Source : Electricity maps, [France](#) | [App](#) | [Electricity Maps](#)

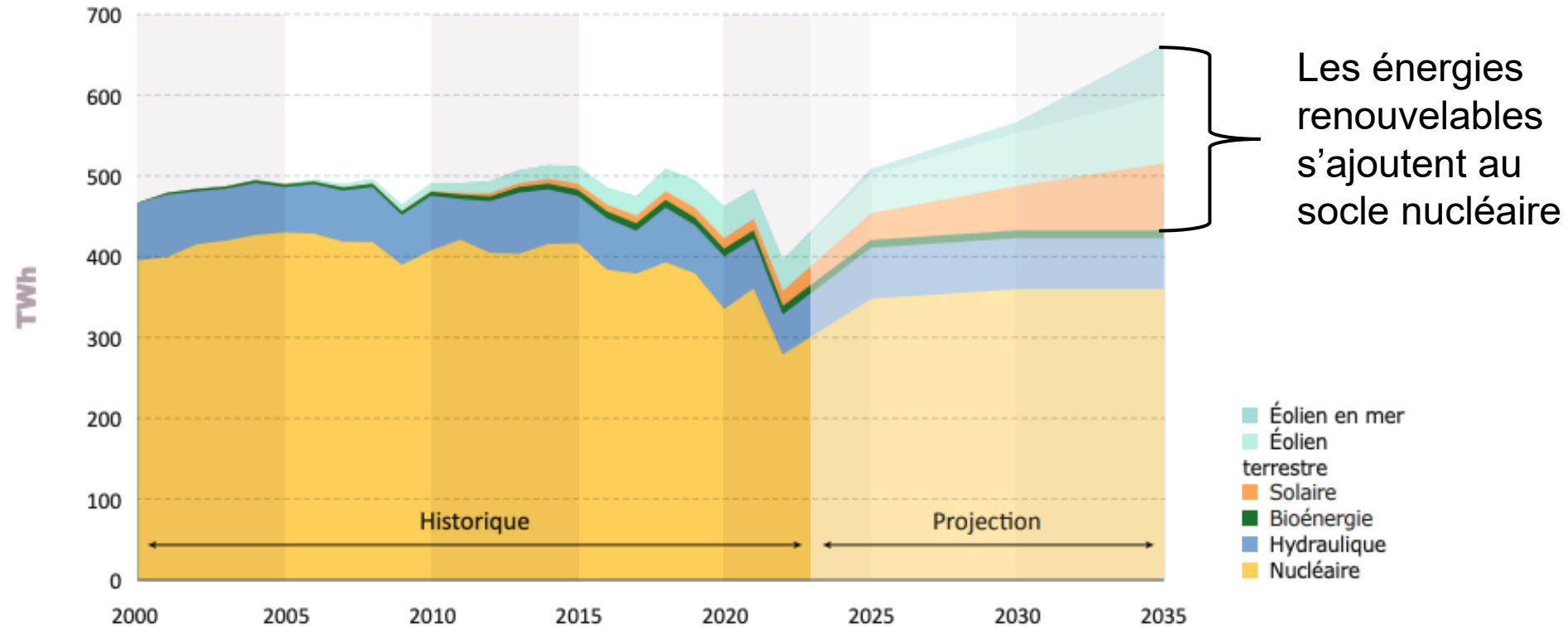
Mix électrique français en 2023



Source : RTE, eCO2mix, [éCO2mix - Téléchargez l'historique des indicateurs éCO2mix](#) | [RTE](#)

Produire plus d'électricité : des énergies renouvelables à court et moyen terme

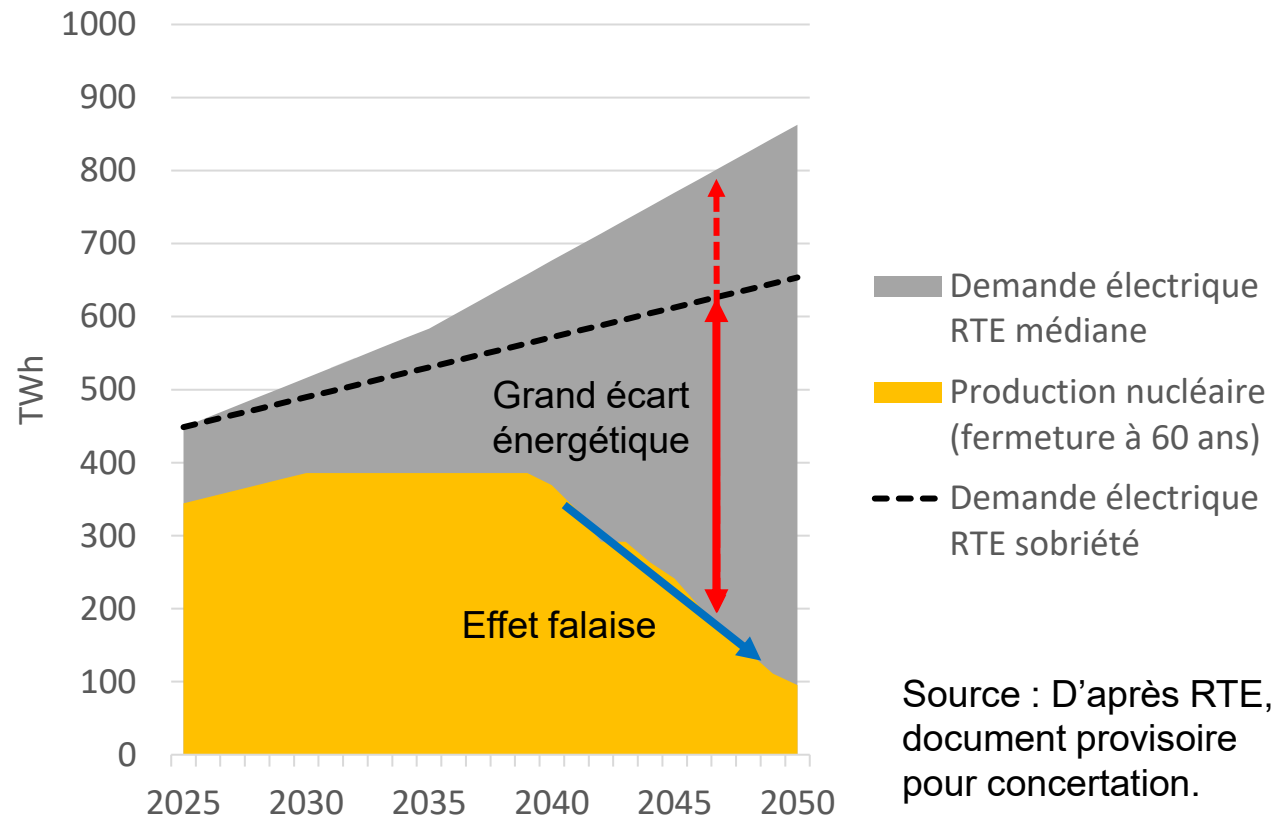
Figure 3.1 Évolution de la production bas-carbone sur la période 2000-2035



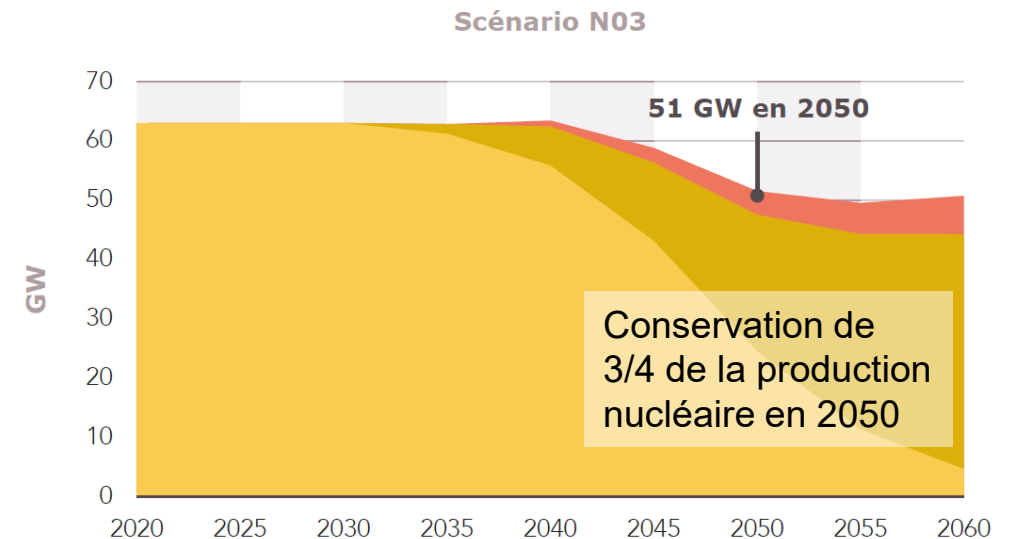
Source : RTE, *Bilan Prévisionnel 2023-2035*.

Produire plus d'électricité : de nouveaux réacteurs nucléaires pour contrer l'effet falaise

Évolution de l'écart entre production nucléaire demande électrique sans construction de nouveaux réacteurs



Évolution de la capacité nucléaire dans un scénario de relance ambitieuse (14 EPR2 + SMR).



L'équilibre offre-demande et les flexibilités

Objectif : s'assurer à tout instant que la production électrique égale la consommation.

Moyens de flexibilité :

- Moyens pilotables (centrales thermiques, hydrauliques, nucléaires, écrêtement).
- Flexibilité de la demande (chauffe-eaux, véhicules électriques, électrolyse).
- Stockage (batteries, pompage-turbinage, power-to-gas/H₂-to-power un jour...).
- Imports/exports (réseau électrique).

Besoins de flexibilité :

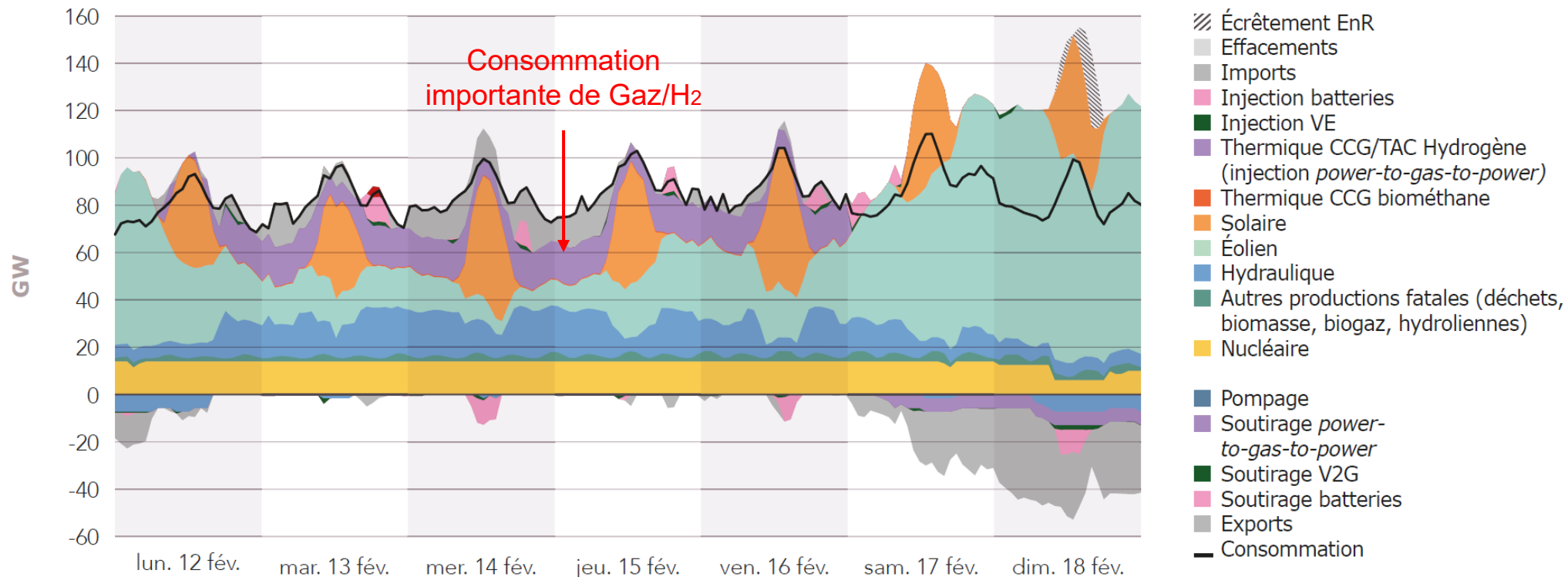
- Journalière (solaire).
- Hebdomadaire (vent, ensoleillement, température).
- **Saisonnnière** (chauffage en hiver, surplus solaires en été).

Les besoins de flexibilité sont d'autant plus importants que la part du nucléaire est faible.

Dunkelfaute et risque de dépendance au gaz

Semaine froide peu venteuse dans un scénario sans relance du nucléaire

Figure 7.34 Configuration avec peu de vent pendant la deuxième semaine de février, dans le scénario M23 en 2050

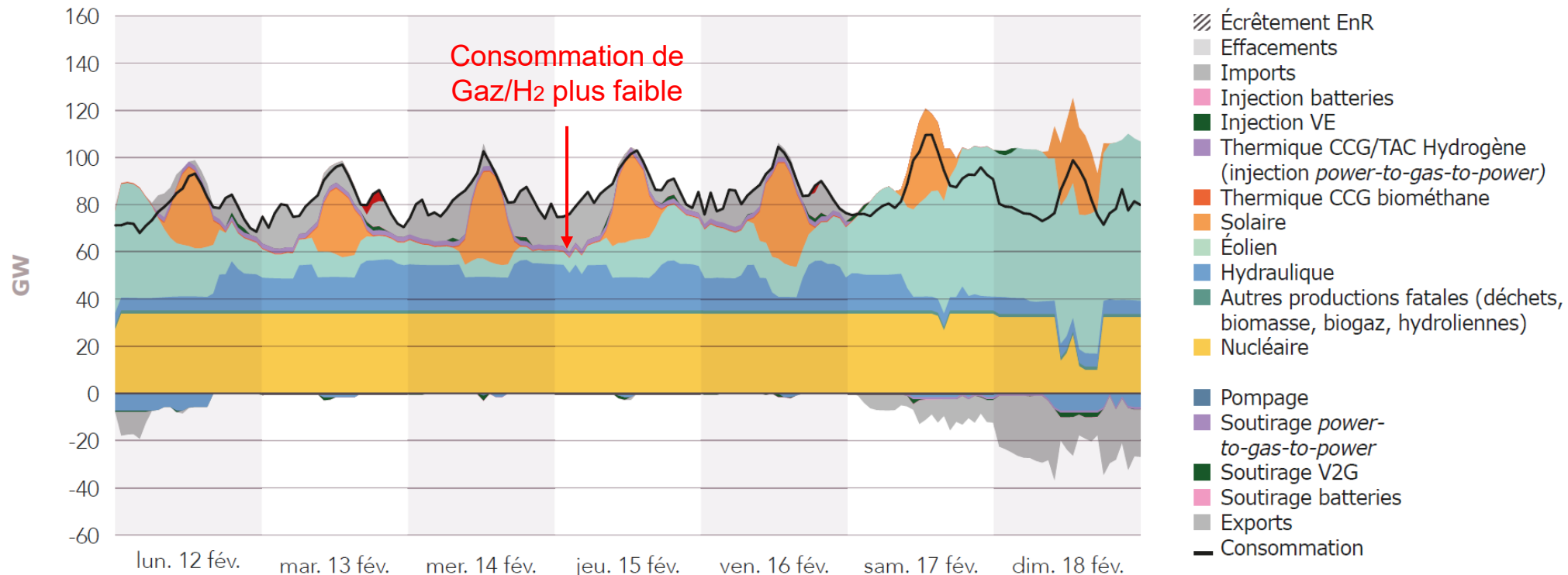


Source : RTE, *Futurs énergétiques 2050*, p. 312, 2021.

Dunkelfaute et risque de dépendance au gaz

Semaine froide peu venteuse dans un scénario avec relance du nucléaire

Figure 7.35 Configuration avec peu de vent pendant la deuxième semaine de février, dans le scénario N2 en 2050



Source : RTE, *Futurs énergétiques 2050*, p. 312, 2021.

Un petit Jancovicisme pour la route...

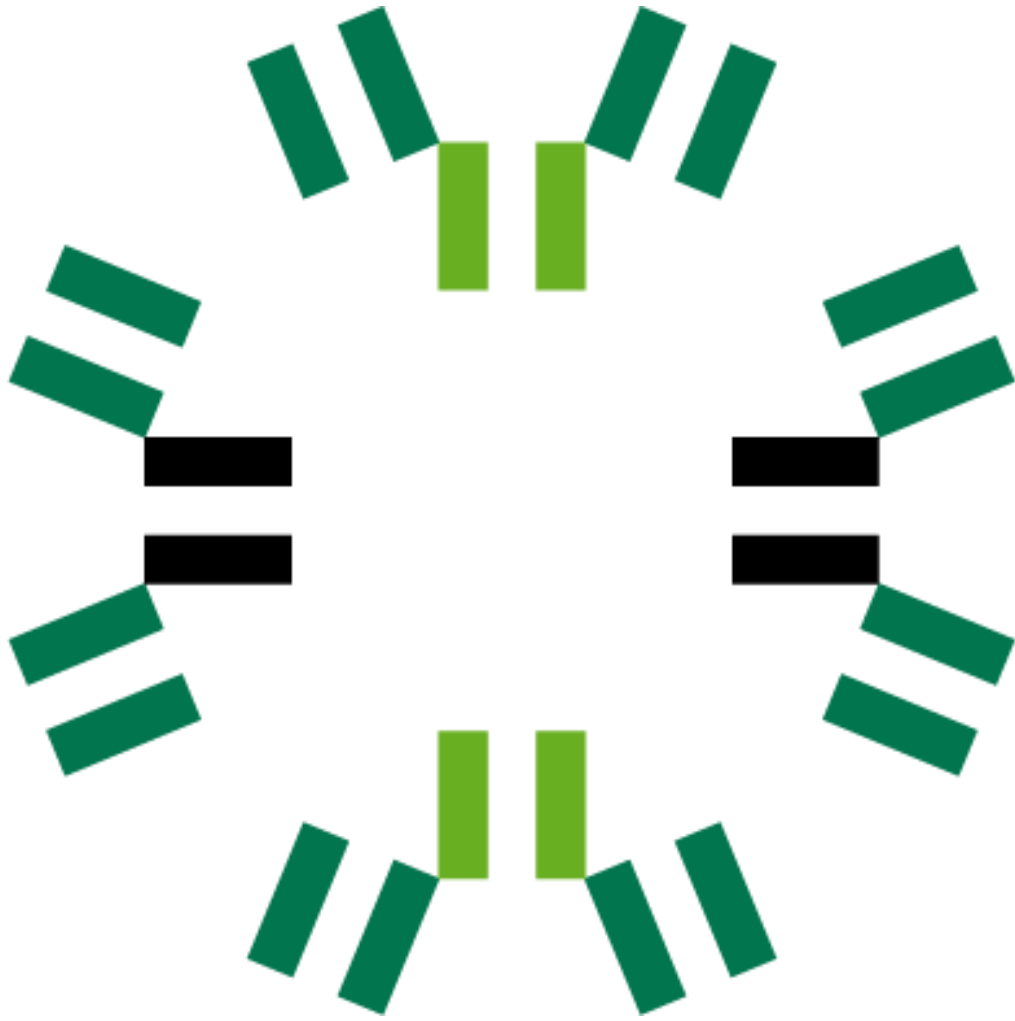


Bon ! Qui veut
parler de kinder
bueno ?

Crédits : Jeremy Barande

Fin du cours

Quelques références
pour approfondir

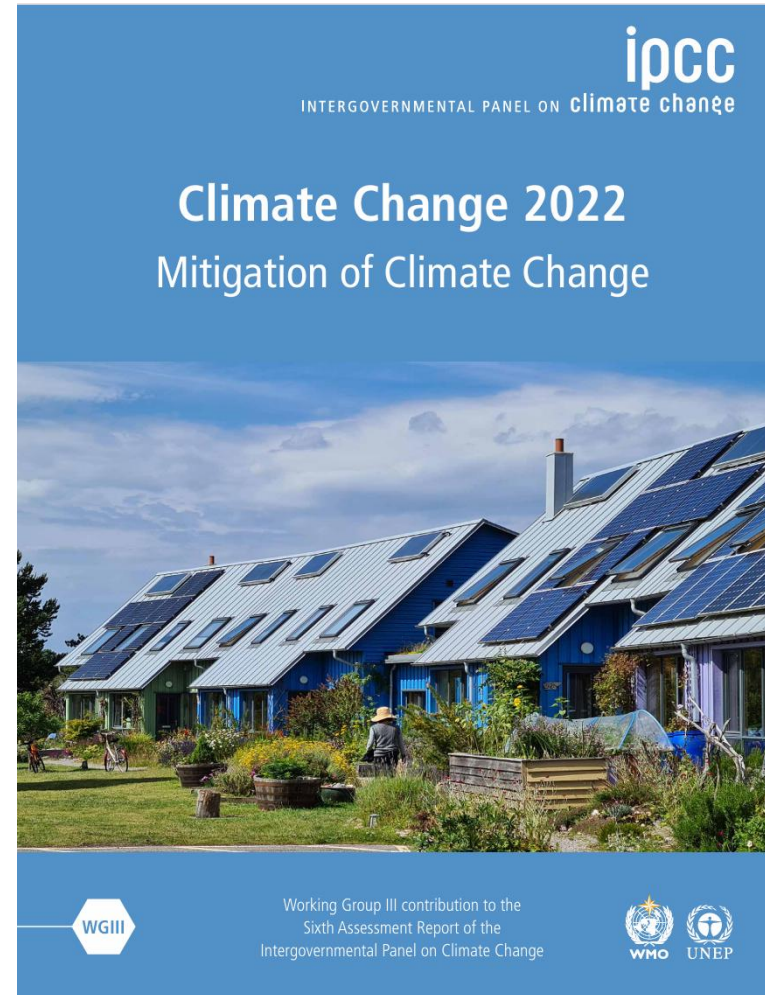


Rapports de RTE et de l'ADEME



Réactualisation prévue en 2026

Résumé pour décideurs du Groupe III du GIEC



Contre les idées reçues, les documents de la DGEC

Publié le 03 octobre 2025

5 idées reçues sur la voiture électrique

Mieux transporter et se déplacer

Vous avez certainement déjà lu ou entendu des affirmations sur la voiture électrique. Nous vous proposons d’y voir plus clair et de démêler le vrai du faux.

Partager la page



Manuel Bouquet / Terra

🕒 Temps de lecture : 6 minutes


GOUVERNEMENT
*Liberté
Égalité
Fraternité*

Pour y voir + clair
Le vrai/faux
sur les pompes
à chaleur

**FRANCE
NATION
VERTE**
Agrir • Mobiliser • Accélérer


**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE**
*Liberté
Égalité
Fraternité*



Et pour se détendre un peu...



Fioul sentimental - Les Goguettes (en trio mais à quatre)

513 k vues • il y a 4 ans



Les Goguettes

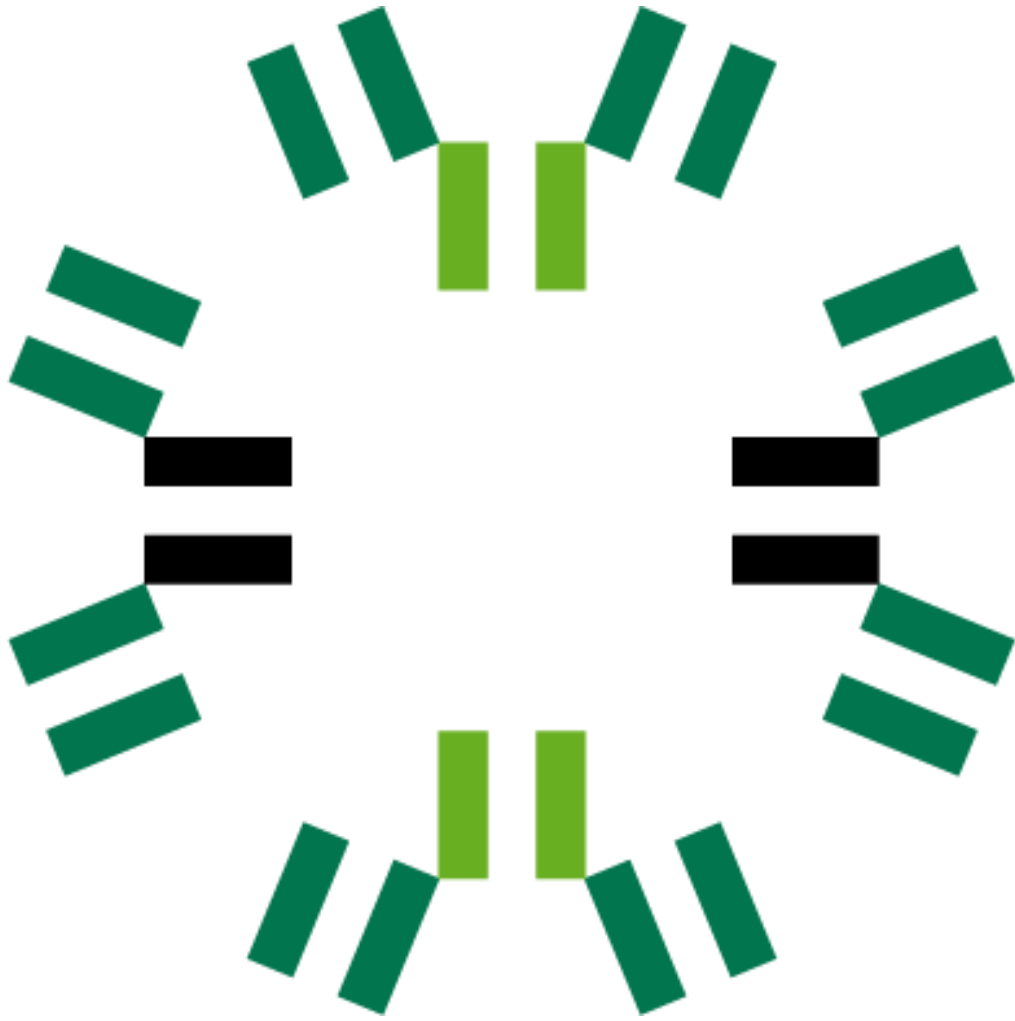
Nouveau spectacle "Troisième quinquennat" en tournée partout en France ! Dates, i...



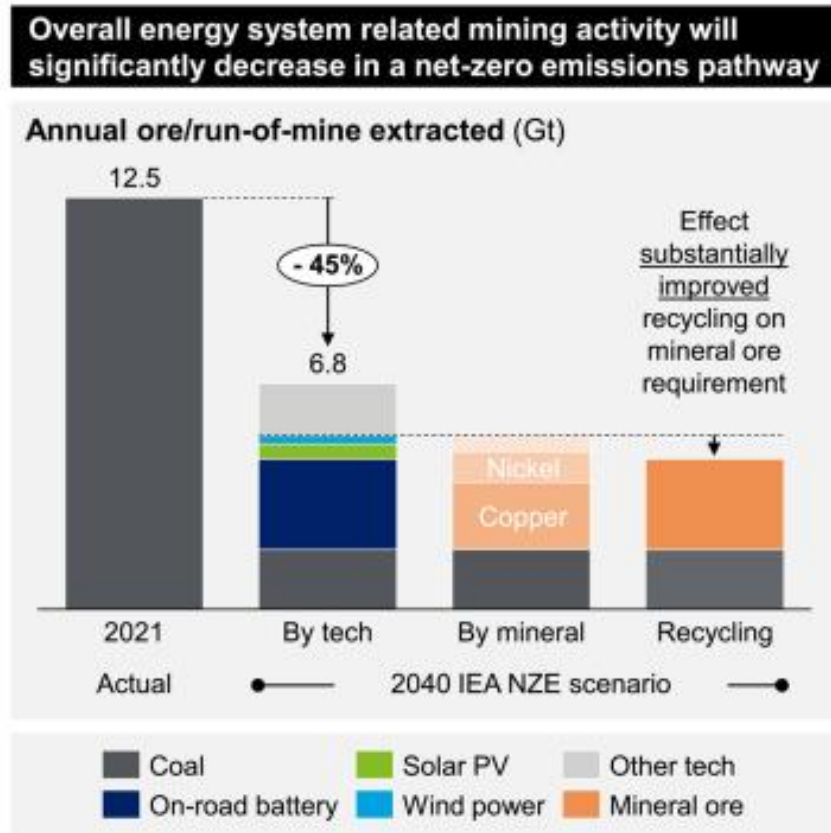
8 moments Pour lutter contre l'effet de serre | Et nettoyer...

Annexes

Ressources pour les débats et questionnements



La transition énergétique réduit le besoin d'extraction minière



Source : Nijnens et al., “Energy transition will require substantially less mining than the current fossil system”, *Joule*, 2023.