



Marc FONTECAVE

CHAIRE CHIMIE DES PROCESSUS BIOLOGIQUES

La transition énergétique :  
aujourd'hui et demain (III)

5 nov. > 17 déc. 2025



COLLÈGE  
DE FRANCE  
1530

# Electrification des usages : Où en est-on ?

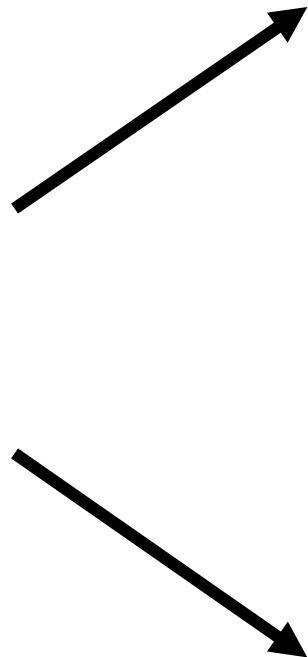
Marc FONTECAVE

*Professeur au Collège de France  
Président du Comité de Prospective en Energie  
(Académie des Sciences)*

## SÉMINAIRE

**Vincent Berger**, Haut-Commissaire à l'Energie Atomique  
« Quelle politique pour la production d'électricité nucléaire  
en France ?»

**Electrification  
des usages**

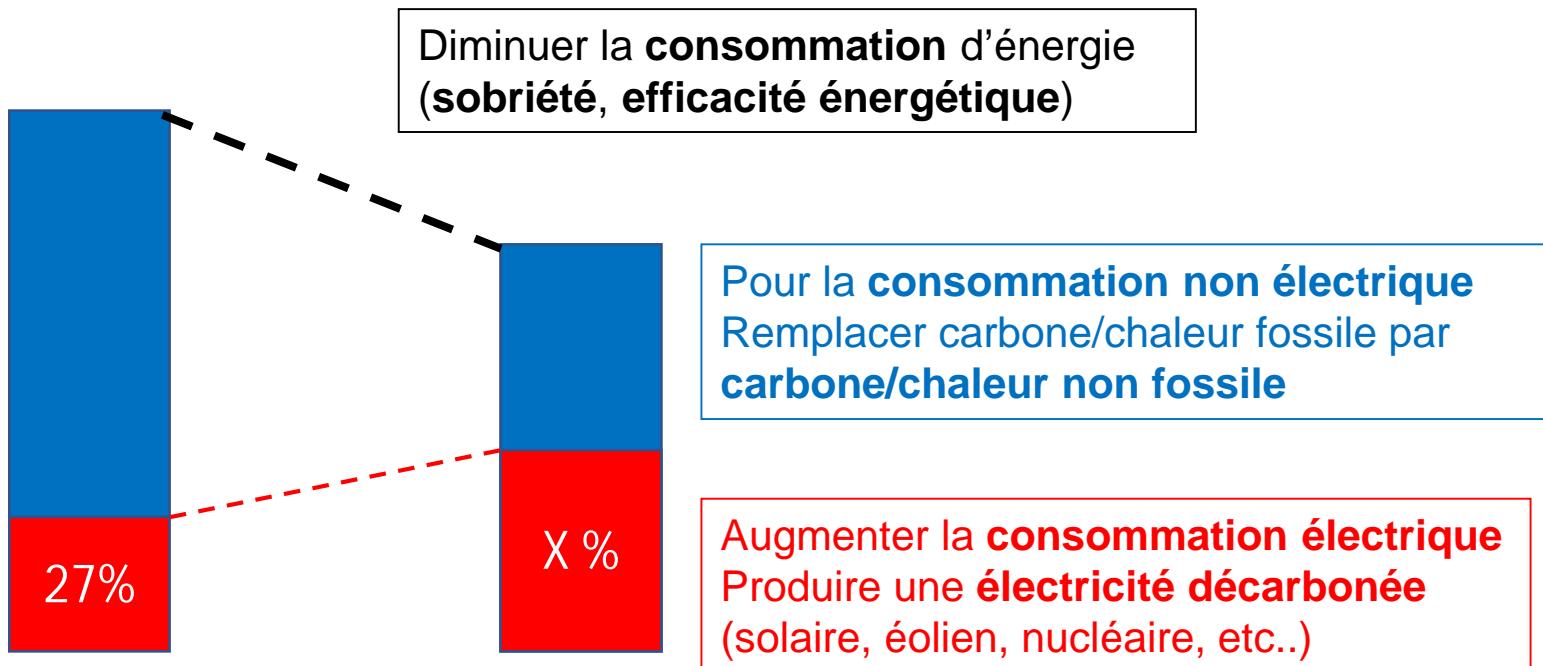


**Offre  
électrique**



**Demande  
électrique**

# SCENARIOS 2035-2050 (France)?



Electrification des usages\*

$$450 \text{ (2024)} + 280 \text{ (2050)} = 730 \text{ TWh}$$

**Transports (Véhicules électriques)**  
90 TWh

**Hydrogène**  
60 TWh

**Habitat-Chauffage**  
30 TWh

**Industrie (acier, chaleur, e-fuels,..)**  
70 TWh

**Data centers/AI ?**  
30 TWh

\* Scénarios RTE et ADEME  
avis AS et AT; **commission d'enquête Sénat**  
700-800 TWh (2050) – 600-650 TWh (2035)

# SCENARIOS 2035-2050 (France)?

Electrification des usages\*

$$475 \text{ (2019)} + 140 \text{ (2035)} = 615 \text{ TWh}$$

Diminuer la **consommation** d'énergie  
(sobriété, efficacité énergétique)

Transports (Véhicules électriques)  
45 TWh

PPE3 – p.78 : « la consommation d'électricité va augmenter fortement sous l'effet de l'électrification (directe ou via H2 ou les e-fuels) de nombreux usages (transport, chauffage, industrie). »

27%

e-fuels,..)

Produits d'électricité renouvelable  
(solaire, éolien, nucléaire, etc..)

25 TWh

Data centers/AI ?  
10 TWh

\* Scénarios RTE, Sénat,...

# CONSOMMATION ELECTRIQUE EN HAUSSE ?

France

Evolution de la consommation corrigée d'électricité et de la pointe de consommation  
France, 2004-2024

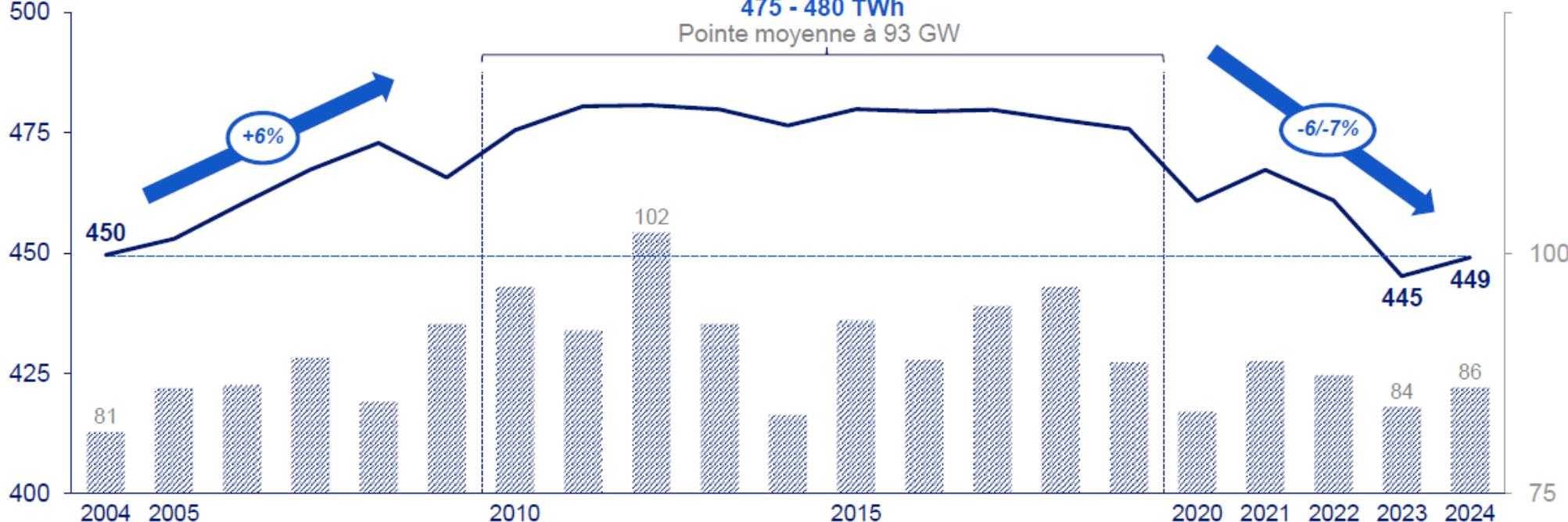
Source : RTE, bilan électrique 2024

Consommation  
(TWh)

2010 - 2019  
475 - 480 TWh

Pointe moyenne à 93 GW

Pointe de  
consommation  
(GW)



- Ø Amélioration de l'efficacité énergétique des convertisseurs d'énergie
- Ø Baisse de la demande (économies d'énergie: sobriété)
- Ø Désindustrialisation
- Ø **Électrification des usages plus difficile que prévu**

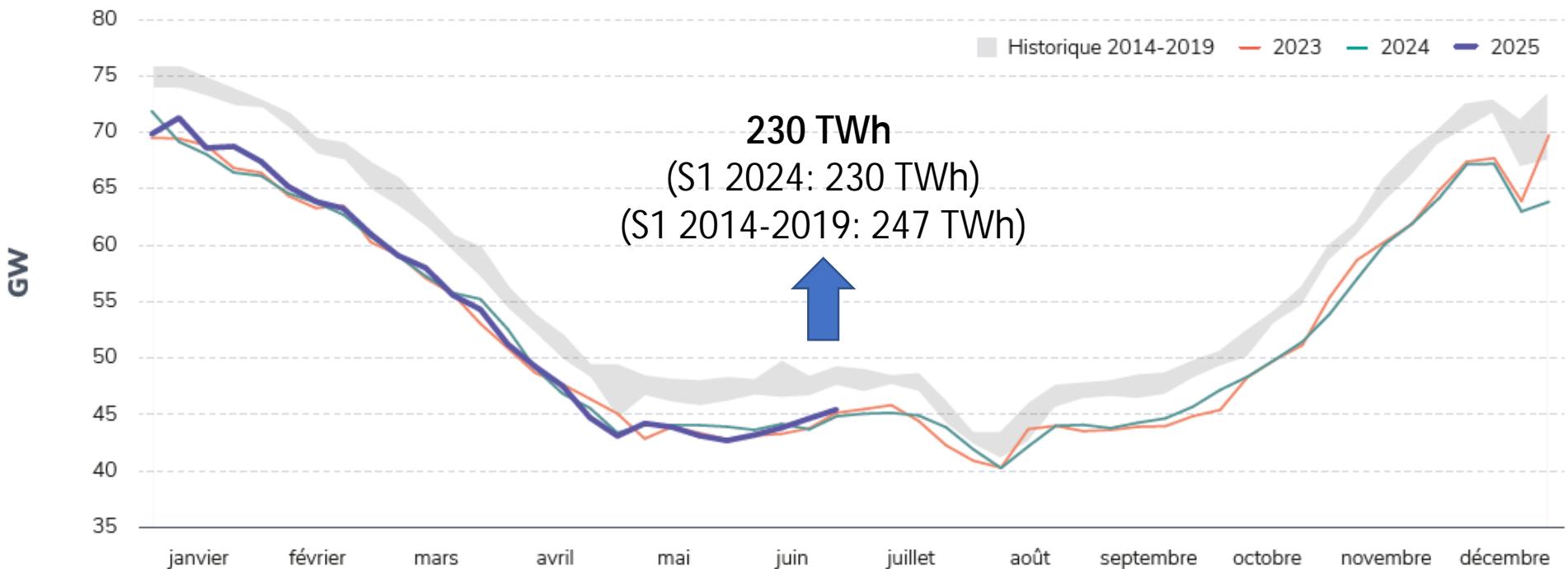
# Et en 2025 ?



BILAN DU PREMIER SEMESTRE 2025 ET PERSPECTIVES SUR LA SÉCURITÉ D'APPROVISIONNEMENT EN ÉLECTRICITÉ POUR L'ÉTÉ

JUILLET 2025

Figure 1 - Évolution de la consommation d'électricité au cours de l'année 2025 (puissance moyenne hebdomadaire) et comparaison avec les années précédentes (jours ouvrés)



# Et en 2025 ?

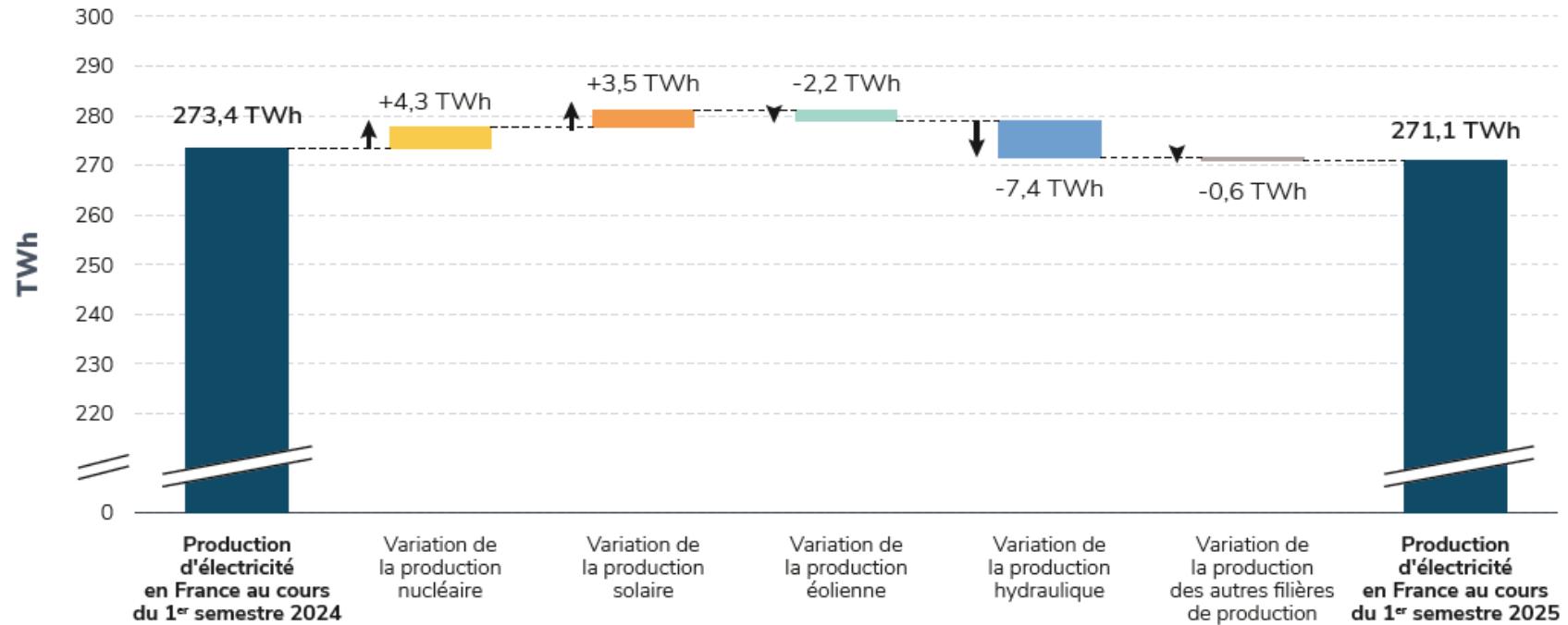


BILAN DU PREMIER SEMESTRE 2025 ET PERSPECTIVES SUR LA SÉCURITÉ D'APPROVISIONNEMENT EN ÉLECTRICITÉ POUR L'ÉTÉ  
JUILLET 2025

De janvier à mai  
Ø + 2,1 GW de solaire  
(total: 26,4 GW)  
Ø + 0,2 GW d'éolien  
(total: 24,6 GW)

- Ø Production ↗: nucléaire, solaire; ↓: éolien, hydraulique
- Ø Exports: 37,6 TWh
- Ø Prix spot hebdomadaire moyen 67 €/MWh (+44% vs 2024)
- Ø Prix < 0 ↗: 363 h vs 235 h 2024 vs 53 h 2023

Figure 4 - Décomposition de l'évolution de la production d'électricité en France entre le premier semestre 2024 et le premier semestre 2025



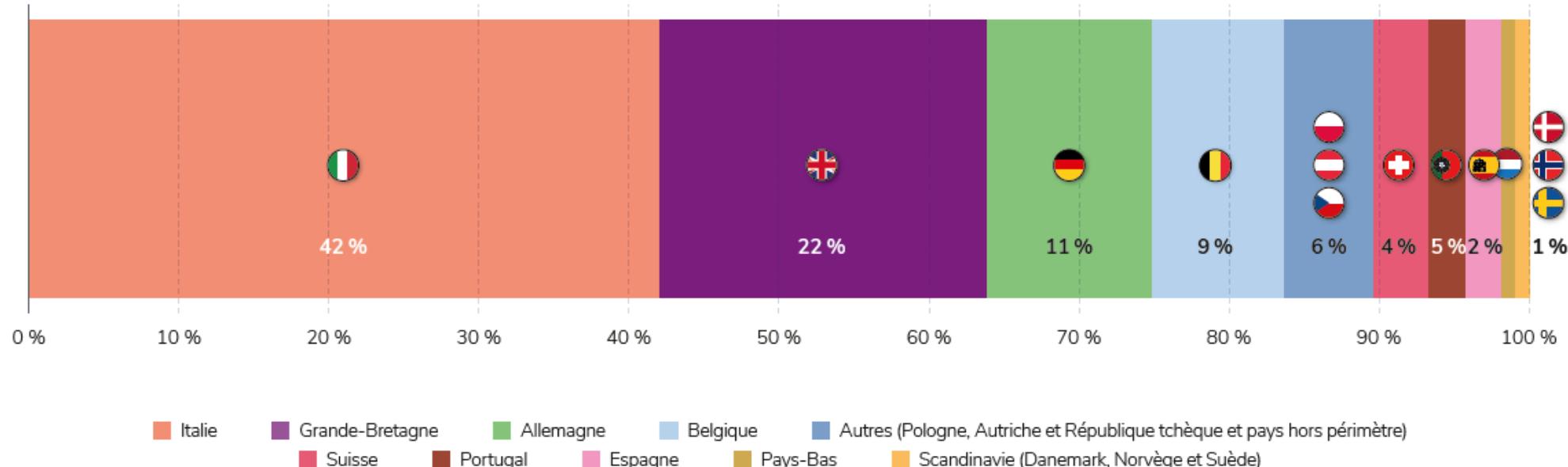
# Et en 2025 ?



BILAN DU PREMIER SEMESTRE 2025 ET PERSPECTIVES SUR LA SÉCURITÉ D'APPROVISIONNEMENT EN ÉLECTRICITÉ POUR L'ÉTÉ  
JUILLET 2025

- Ø Production ↗: nucléaire, solaire; ↘: éolien, hydraulique
- Ø Exports: 37,6 TWh (2<sup>e</sup> record après 2024)
- Ø Prix spot hebdomadaire moyen 67 €/MWh (+44% vs 2024)
- Ø Prix < 0 ↗: 363 h vs 235 h 2024 vs 53 h 2023

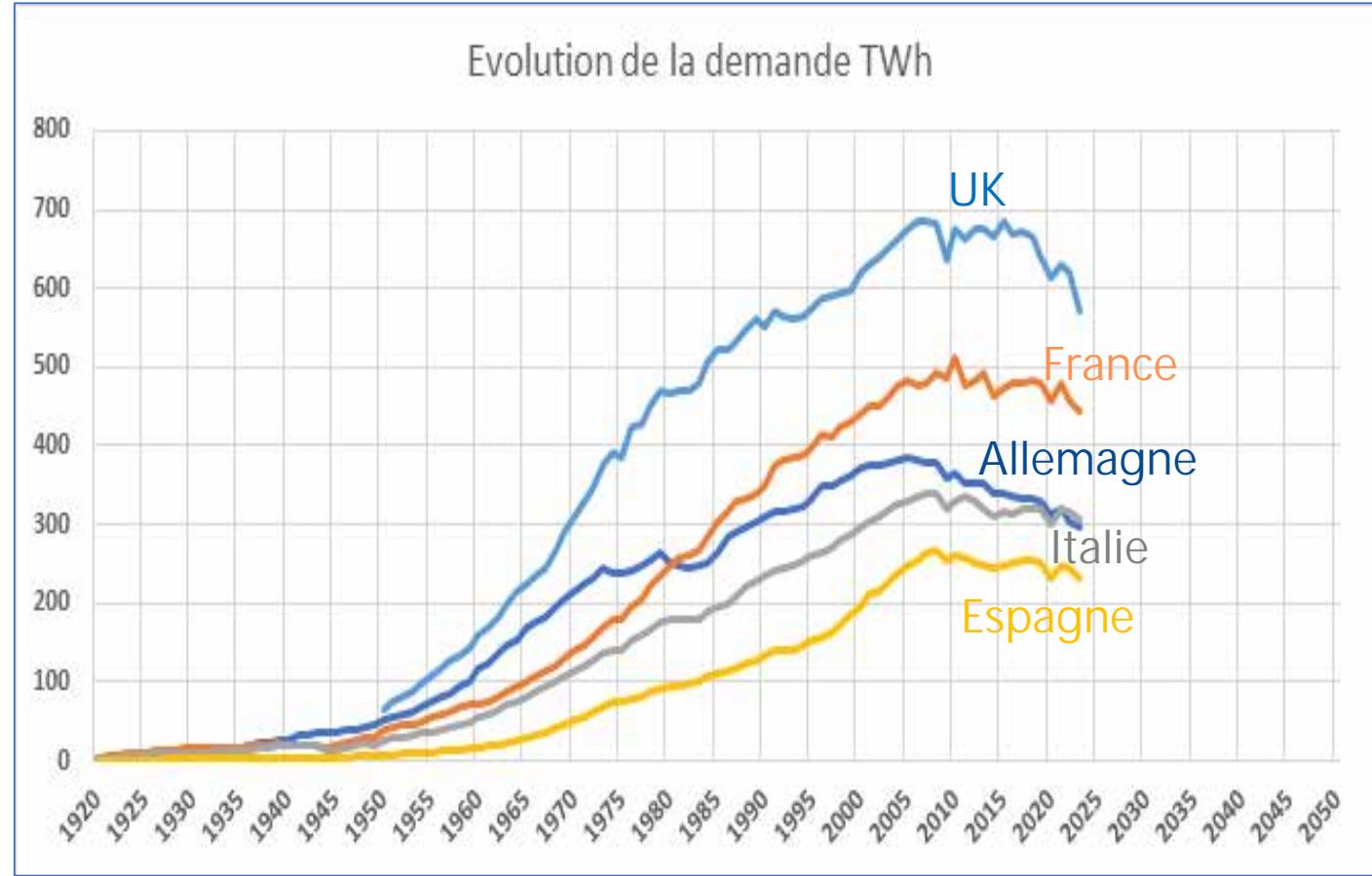
Volume total d'exportations : 37,4 TWh



\* Exportations reconstituées par RTE sur la base des flux d'échanges commerciaux entre les différents pays européens

# CONSOMMATION ELECTRIQUE EN HAUSSE ?

Europe



- Ø Amélioration de l'efficacité énergétique des convertisseurs d'énergie
- Ø Baisse de la demande (économies d'énergie: sobriété)
- Ø Désindustrialisation
- Ø **Électrification des usages plus difficile que prévu**

# **Electrification des usages en berne**

---

**Hydrogène vert ?**

**Procédés industriels (acier,...)?**

**Véhicules électriques ?**

**Chauffage des bâtiments?**

Pompes à chaleur vs Chaudières à gaz

**Carburants de synthèse (e-fuels)**

## **Hydrogène vert: où en est-on?**

- Ø Pas d'avancées notables (coûts, rendements)
- Ø Demande atone
- Ø Montée lente de la capacité d'électrolyseurs  
(50 MW en 2025-cible 6,5 GW en 2030 et 8 GW en 2035)
- Ø McPhy : gigafactory d'électrolyseurs (inauguration le 13 juin 2024; 15 mai 2025: liquidation judiciaire\*); taxis Hype
- Ø Stratégie française en réévaluation  
(SGPI: priorité H2 à l'industrie et non aux transports)
- Ø Airbus suspend la mise au point de son avion H2
- Ø Stellantis met fin au programme de VH2 (16 juillet 2025)
- Ø Impacts sur le coût des carburants de synthèse  
(e-kerosene = x 5-8 kerosene fossile)

\*Racheté par John Cockerill juillet 2025

# Hydrogène vert: où en est-on?



## Global Hydrogen Review 2025



International  
Energy Agency

Dans son rapport annuel sur le sujet, l'AIE indique que le portefeuille de projets en cours a chuté en un an : il permettrait de produire 37 millions de tonnes par an en 2030, contre 49 millions l'an dernier à la même époque. C'est une première. « La production potentielle est en baisse à la fois pour les projets par électrolyseur et pour ceux utilisant des énergies fossiles avec captage et stockage du carbone, ajoute l'AIE, même si les projets par électrolyse représentent à eux seuls 80 % de la baisse enregistrée. » **Septembre 2025**

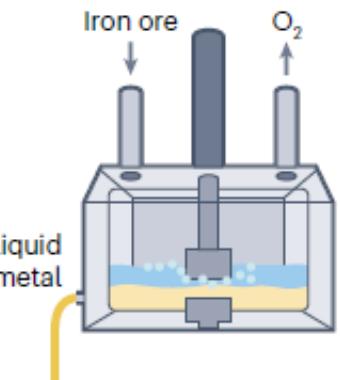
# Acier vert: où en est-on?

l'acier- 9 % des émissions mondiales de CO<sub>2</sub>



Ou

Électrolyse de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



Procédé « charbon »

France 14 Mt/30000 personnes/15 milliards € CA

1 tonne d'acier > 2 tonnes CO<sub>2</sub>

Procédé « vert » (Arcelor Mittal)  
« H<sub>2</sub> » ou « électrons »

1 tonne d'acier > 0.2 tonnes CO<sub>2</sub>

# Acier vert: où en est-on?

Ø Arcelor Mittal: a suspendu ses projets d'acier vert

Fos-sur-mer et Dunkerque (15% des émissions de l'industrie); idem Allemagne

Ø Difficultés de la sidérurgie

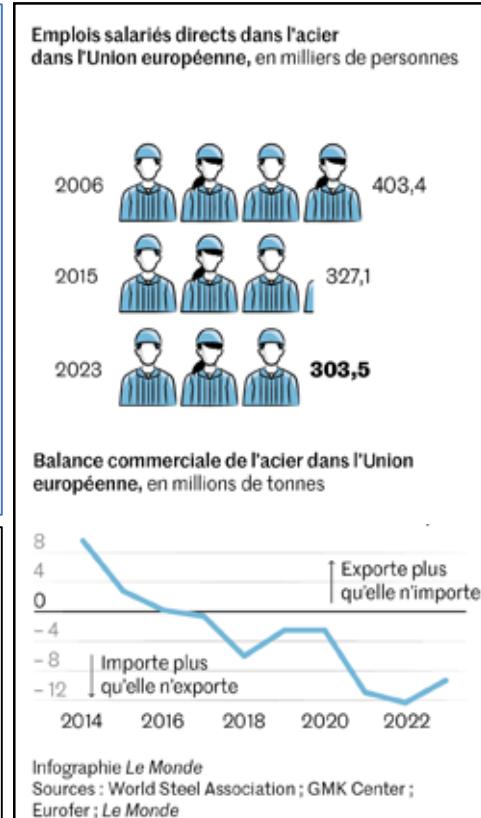
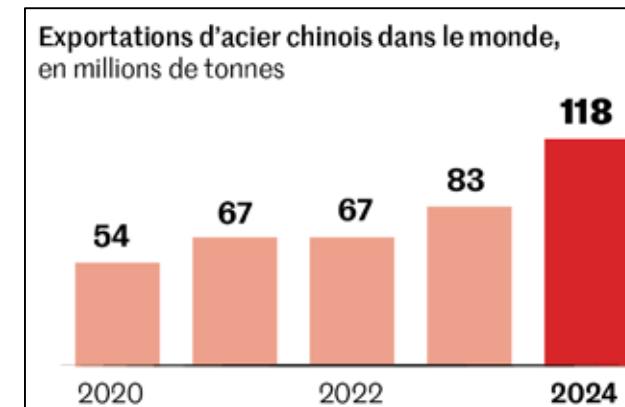
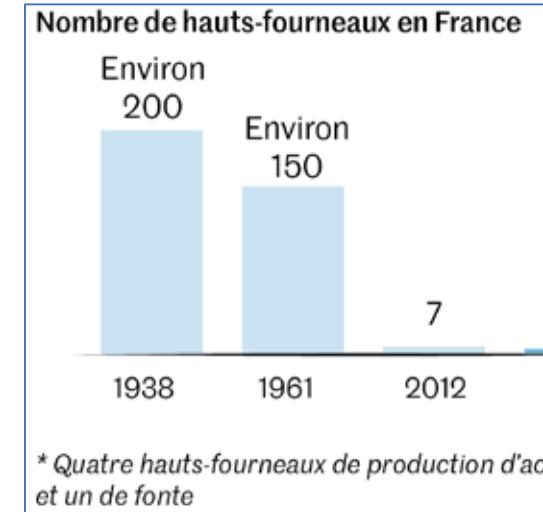
- ü Prix de l'énergie
- ü Surproduction d'acier chinois
- ü Charges fiscales
- ü Demande intérieure faible  
(automobile ↘, construction ↘)
- ü Hausse des barrières douanières (USA)

Ø UE: ThyssenKrupp

- ü suppression 10000 emplois (2030)

Ø UE: Stegra (Suède)

- ü Acier vert (réduction directe par H2)  
Objectif: 2,7 Mt en 2027 puis 4,5 Mt/an



# Acier vert: où en est-on?

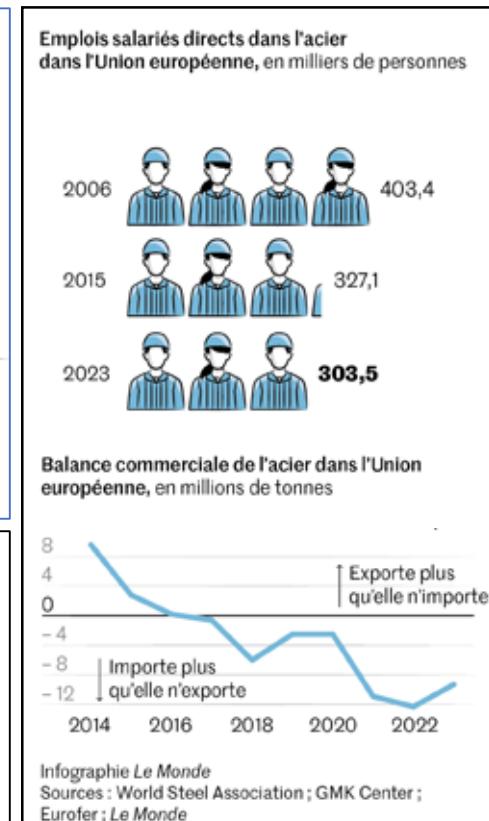
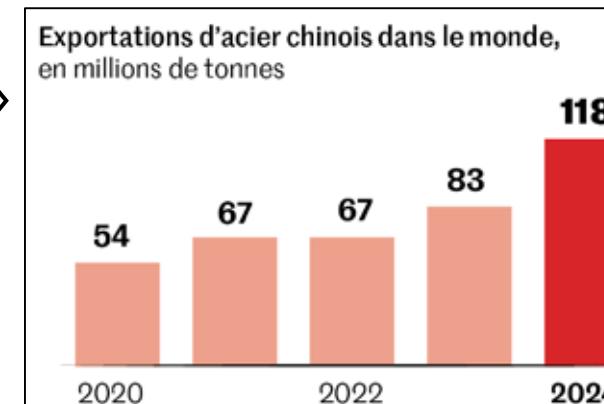
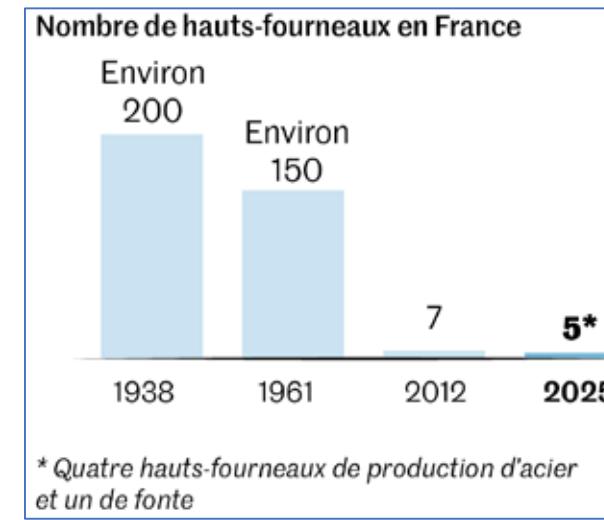
- Ø Arcelor Mittal: a suspendu ses projets d'acier vert Fos-sur-mer et Dunkerque (15% des émissions de l'industrie); idem Allemagne
- Ø Difficultés de la sidérurgie

G. Van Poelvoorde (PDG Arcelor Mittal Europe)

« la rentabilité de cette transition n'est pas suffisante »

« l'hydrogène vert n'est pas encore une source d'énergie viable »

« la réduction directe du fer n'est pas compétitive »  
(mai 2025)



# Mobilité verte: où en est-on?

## Ø Difficultés du secteur du Véhicule Thermique (France-Allemagne)

- ü Interdiction ventes VT en 2035
- ü Extension des ZFE ?
- ü Diminution des exportations (concurrence)
- ü Amendes pour constructeurs (si émissions > 93,6 g/km-2025- 105 g/km -2024)\*
- ü Hausse des barrières douanières à l'exportation (USA-15%)

## Ø Conséquences

- ü Le marché automobile s'écroule
- ü Fermetures d'usines, plans sociaux, pertes d'emplois (Michelin, Stellantis, VW,...)
- ü Difficultés des équipementiers automobiles (Valeo, Forvia: suppression de 10000 emplois en 5 ans; Bosch n°1 mondial: suppression de 13000 emplois) ,...)

\*Commission Européenne 5 mars 2025- plan d'action pour l'avenir de l'industrie automobile  
« en danger de mort »): assouplissement sur les émissions de GES  
« nous devons écouter les voix qui demandent plus de pragmatisme »

# Mobilité verte: où en est-on?

## Ø Difficultés du secteur du Véhicule Électrique (France)

« Le marché automobile européen est en chute depuis maintenant cinq ans », déclare John Elkann, président de Stellantis, et « au rythme actuel, le marché pourrait être plus que divisé par deux » d'ici à 2035.

« Le marché n'achète pas ce que l'Europe veut que nous lui vendions », abonde Luca de Meo, ancien directeur général de Renault : « Remplacer la totalité des volumes actuels par de l'électrique, dans ces conditions, nous n'y arriverons pas. »

Jean-Philippe Imparato, directeur Europe, Stellantis

« C'est très clair: nous sommes à quelques mois d'un drame »

Recommendations européennes (20% de ventes de véhicules électriques fin 2025 – réalité 9%)

Instabilité des aides à l'achat (bonus écologique, leasing social)

Nouvelles taxes (ex: malus au poids-loi de finances 2025)

Concurrence chinoise (et taxes à l'importation)

# Mobilité verte: où en est-on?



QUI SOMMES-NOUS ?

LA FILIÈRE AUTOMOBILE

MARCHÉ AUTO

ACTUALITÉ

**(VP+VUL) Véhicules légers :** 106 324 véhicules légers neufs (voitures particulières et véhicules utilitaires légers de moins de 5,1 tonnes) ont été immatriculés en Août 2025, soit une hausse de 1,21%.

## 8 MOIS 2025 (Janvier à Août)

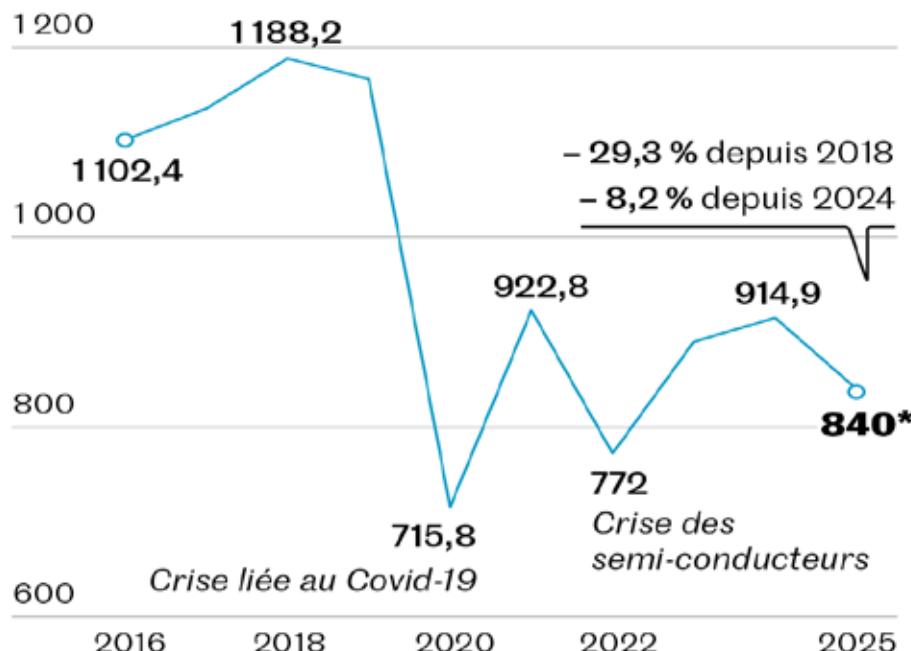
**(VP) Voitures particulières :** sur les huit premiers mois de 2025, avec 1 046 432 immatriculations, le marché français des voitures particulières neuves est en baisse de 7,14% en données brutes (165 jours de Janvier à Août 2025 et 168 jours de Janvier à Août 2024).

**(VUL) Véhicules utilitaires légers :** avec 235 843 immatriculations de Janvier à Août 2025, le marché français des véhicules utilitaires légers neufs (moins de 5,1 tonnes) est en baisse de 9,93%.

**(VP+VUL) Véhicules légers :** 1 282 275 véhicules légers neufs (voitures particulières et véhicules utilitaires légers de moins de 5,1 tonnes) ont été immatriculés au cours des huit premiers mois de 2025, soit une baisse de 7,67%.

# Mobilité verte: où en est-on?

Evolution des ventes de voitures particulières neuves en France, au premier semestre, en milliers de voitures

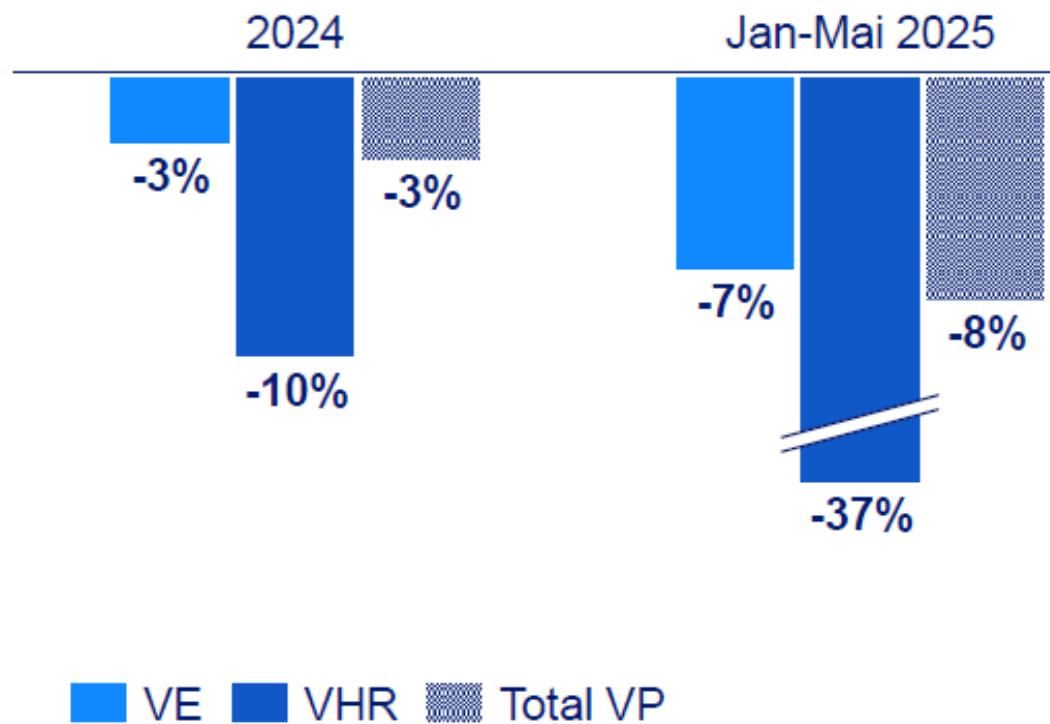


Infographie *Le Monde*

Sources : Plateforme automobile ;  
Comité des constructeurs français d'automobiles ; AAA Data

\* Estimation AAA Data

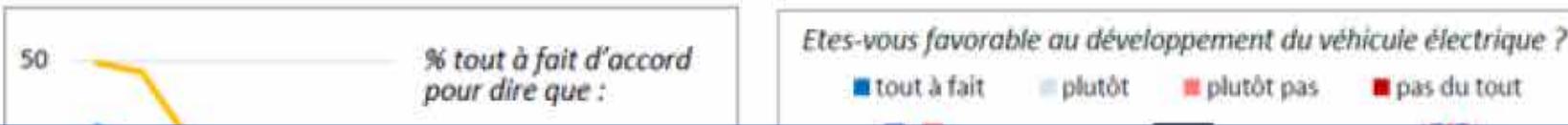
Evolution du nombre d'immatriculations de véhicules particuliers par rapport à l'année précédente  
En %, en France



Remarques:

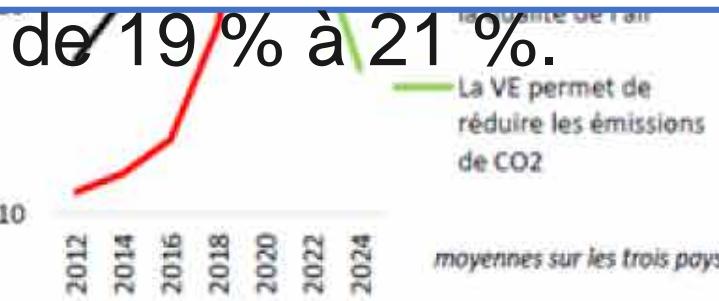
- Les français achètent leur première voiture neuve à 57 ans
- Marché automobile: 80 % des voitures vendues sont d'occasion (75% < 10000 euros)

# Mobilité verte: où en est-on?



## Etude cabinet Deloitte (juin 2025):

- seuls 9 % des Français envisagent l'achat d'un véhicule électrique.
- les modèles thermiques gagnent en popularité avec 44 % des intentions d'achat, soit 3 points de plus qu'il y a un an, tandis que l'hybride gagne en popularité,



## RAPPORT D'INFORMATION

FAIT

*au nom de la commission des affaires économiques (1) sur la filière automobile,*

Par M. Alain CADEC, Mme Annick JACQUEMET et M. Rémi CARDON,

Sénateurs et Sénatrice

### CONTRE UN CRASH PROGRAMMÉ : MESURES D'URGENCE POUR L'INDUSTRIE AUTOMOBILE FRANÇAISE

« La crise est profonde et durable. L'industrie automobile française peut, à court terme, disparaître sous l'effet conjugué de la contraction sans précédent du marché et la concurrence d'acteurs extra-européens, notamment chinois »



Nombre de salariés  
dans la filière amont  
de l'automobile



Baisse des ventes des  
véhicules particuliers  
en France  
après la crise sanitaire  
(moyenne sur les cinq  
années précédant et  
suivant la crise)



Baisse de la part  
de la France  
dans la production  
automobile européenne  
entre 2000 et 2020



Hausse du prix  
des véhicules neufs  
achetés en France  
entre 2020 et 2024

# RAPPORT D'INFORMATION

FAIT

*au nom de la commission des affaires économiques (1) sur la filière automobile,*

Par M. Alain CADEC, Mme Annick JACQUEMET et M. Rémi CARDON,

Sénateurs et Sénatrice

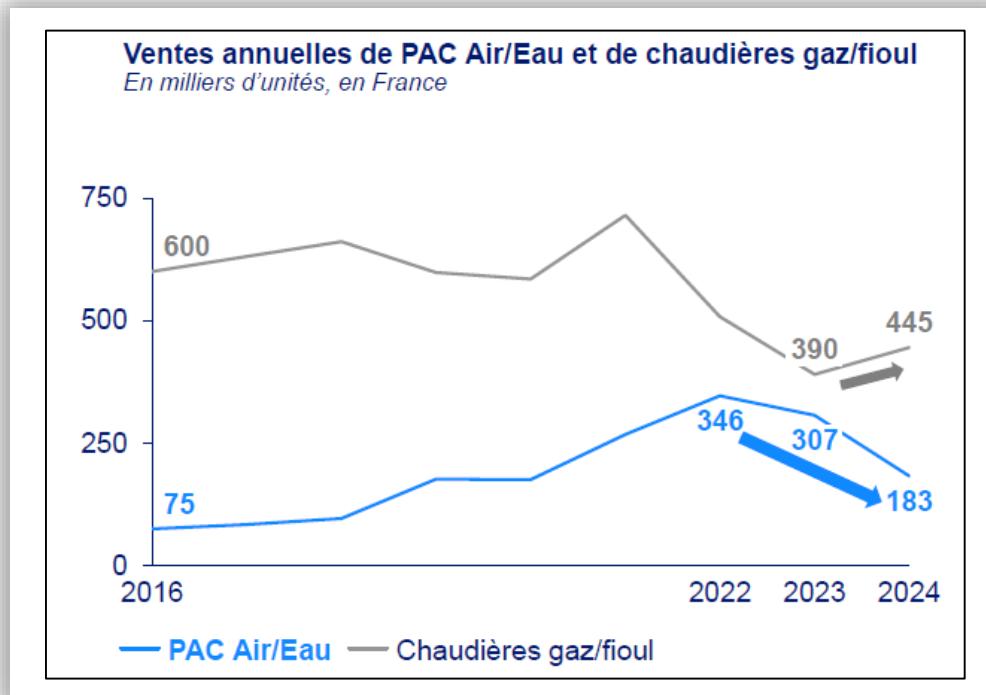
## CONTRE UN CRASH PROGRAMMÉ : MESURES D'URGENCE POUR L'INDUSTRIE AUTOMOBILE FRANÇAISE

### LES PRINCIPALES RECOMMANDATIONS DE LA MISSION

Dans l'immédiat	À moyen terme	À long terme
<p><b>Assurer des débouchés pour les constructeurs français</b></p> <p> <b>Lutter contre la concurrence déloyale et protéger le marché européen</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Instaurer des droits de douane sur les véhicules électriques chinois au moins équivalents à ceux appliqués par la Chine</li><li>Imposer un contenu local européen (80 %) pour les véhicules vendus en Europe et fixer un objectif d'au moins 40 % de batteries produites localement en 2035</li></ul> <p> <b>Soutenir le marché électrique</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Harmoniser les politiques de soutien à la demande au niveau européen</li><li>Développer un marché de l'occasion des véhicules électriques en créant un diagnostic batterie certifié obligatoire</li></ul>	<p><b>Donner à la filière du temps pour se mettre à niveau sur l'électrique</b></p> <p> <b>Sortir du « tout électrique »</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Repousser l'interdiction de la vente des voitures thermiques</li><li>Mettre en œuvre le principe de neutralité technologique</li></ul> <p> <b>Assurer la souveraineté française et européenne en matière de véhicules électriques</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Soutenir le développement et le passage à l'échelle des <i>gigafactories</i> européennes</li><li>Mettre en application dans les meilleurs délais la stratégie européenne sur les matériaux critiques et soutenir la création de « hubs minéraux » pour l'approvisionnement et la transformation des matériaux critiques</li><li>Construire les acteurs extra-européens qui souhaitent s'implanter en Europe à des transferts de technologie</li></ul>	<p> <b>Devenir leader sur le véhicule du futur</b></p> <p> <b>Regagner compétitivité en</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Accompagner la restructuration de la filière en mettant en place un plan national et européen d'accompagnement pour les équipementiers</li><li>Harmoniser les règles relatives à l'investissement au sein de l'UE et réduire le coût du travail et de l'électricité en France.</li><li>Adapter la réglementation et flétrir les soutiens publics pour favoriser la production de petits véhicules abordables</li></ul> <p> <b>Soutenir et amplifier l'effort de R &amp; D</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Sanctuariser les mécanismes de soutien à la recherche, notamment le principe du crédit d'impôt recherche (CIR)</li><li>Soutenir l'émergence d'un écosystème européen du véhicule numérique</li></ul>

# Pompes à chaleur: où en est-on?

- Ø PAC air-eau: baisse de 40,4 % (2024 vs 2023)
- Ø PAC géothermiques: baisse de 23,8 % (2024 vs 2023)
- Ø PAC air-air: baisse de 12,1 % (2024 vs 2023)
- Ø Chaudières gaz: hausse de 15 %



## Chaudière fioul

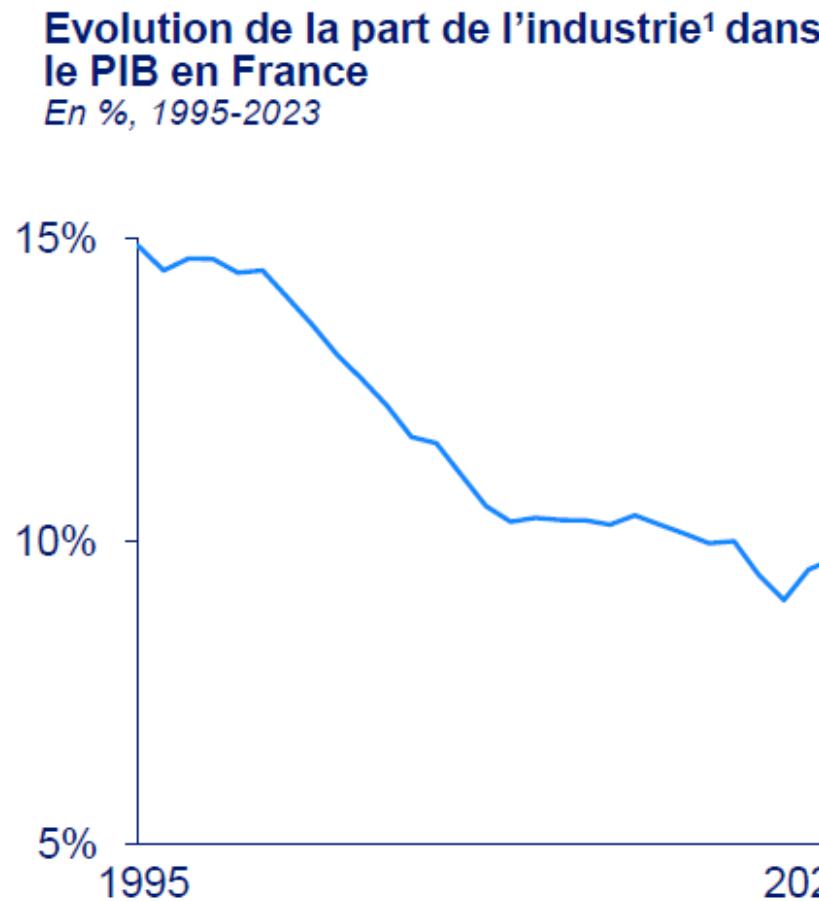
- Ø Coût achat 4000 euros
- Ø Coût fonctionnement: 2000 euros/an
- Ø Émissions sur 15 ans (3t/m<sup>3</sup>): 90 tCO<sub>2</sub>

## Pompe à chaleur

- Ø Coût achat 16000 euros
- Ø Coût fonctionnement: 1200 euros/an
- Ø Émissions sur 15 ans (60g/MWh): 7 tCO<sub>2</sub>

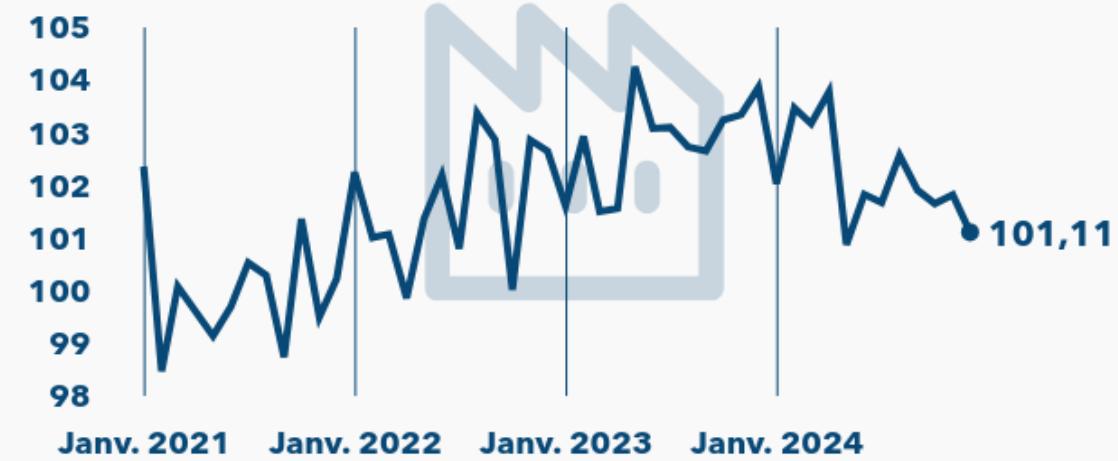
# Industrie: re-désindustrialisation?

Ø Baisse de la production industrielle



## Production manufacturière en décembre 2024 : -0,7% sur un mois et -2,6% sur un an

Indice mensuel France (base 100 en 2021, corrigé des variations saisonnières et jours ouvrables)

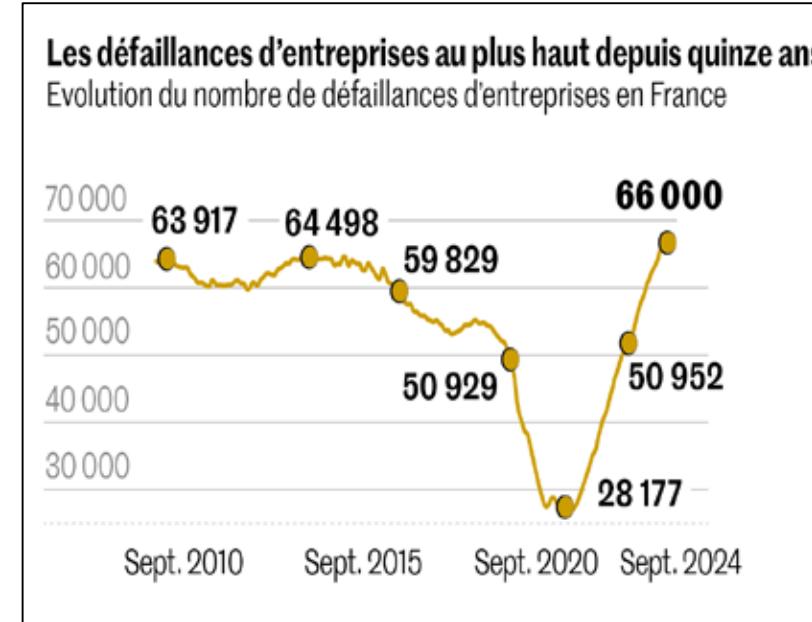


Source: Insee

© Data News Feed

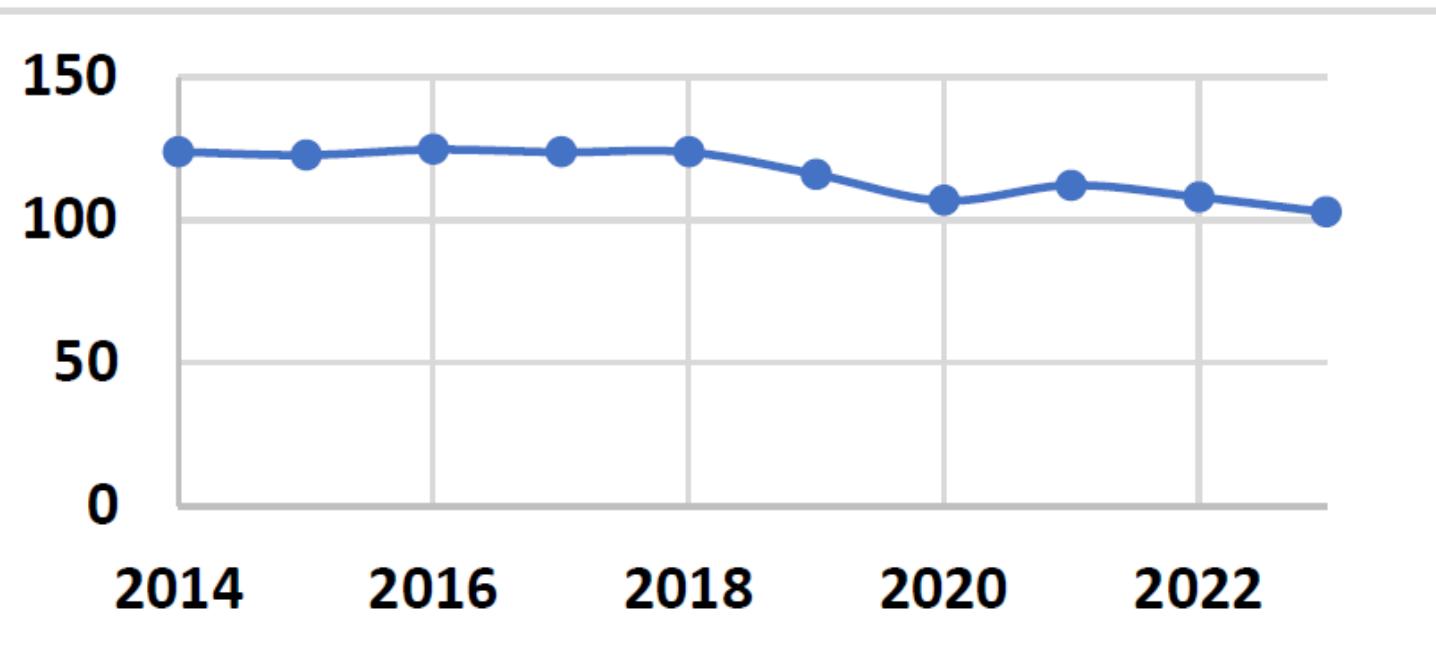
# Industrie: re-désindustrialisation?

- Ø Baisse de la production industrielle
- Ø Balance commerciale déficitaire
- Ø Fermetures d'usines/destruction emplois
  - ü Prix de l'énergie
  - ü Concurrence surcapacités chinoises
  - ü Instabilités fiscales
  - ü Demande intérieure faible
  - ü Hausse des droits de douane (USA)



- Ø Secteurs touchés: métallurgie, chimie, automobile
- Ø Exemple chimie
  - ü Fermetures usines (Yara-engrais; Arkema/Vencorex-vallée de la chimie, Grenoble)
  - ü Délocalisations (BASF en Chine, Arcelor-Mittal en USA, etc..)

# Industrie: électrification?



*Figure 5 : Consommation en électricité de l'industrie (Bilan énergétique de la France pour 2023, pp. 123-124, SDES, ministère en charge de l'environnement).*

*Le creux de 2020 est dû à la crise Covid.*

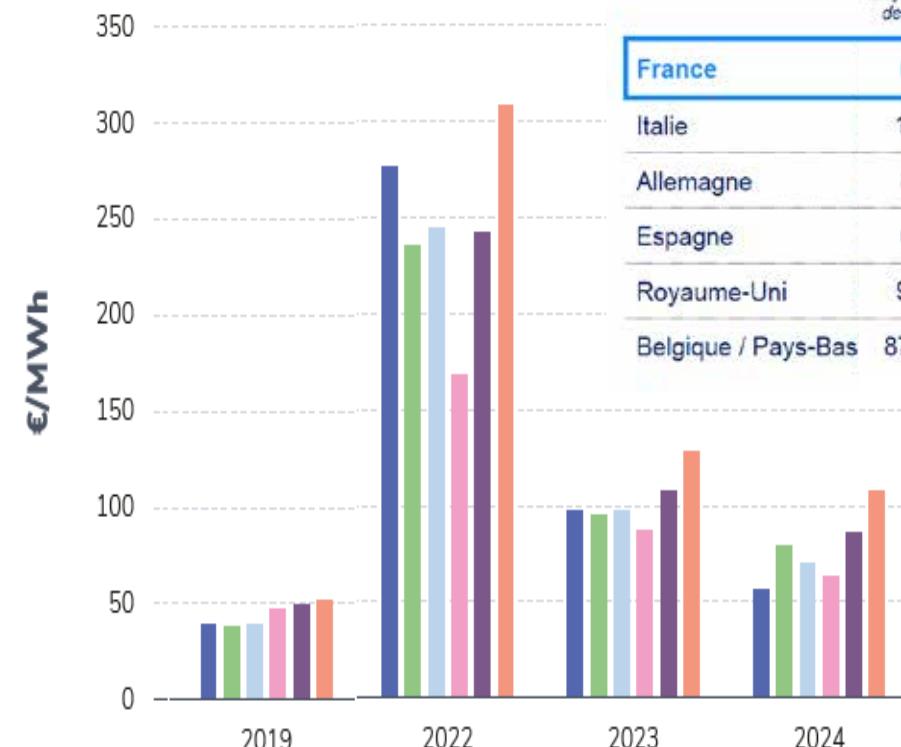
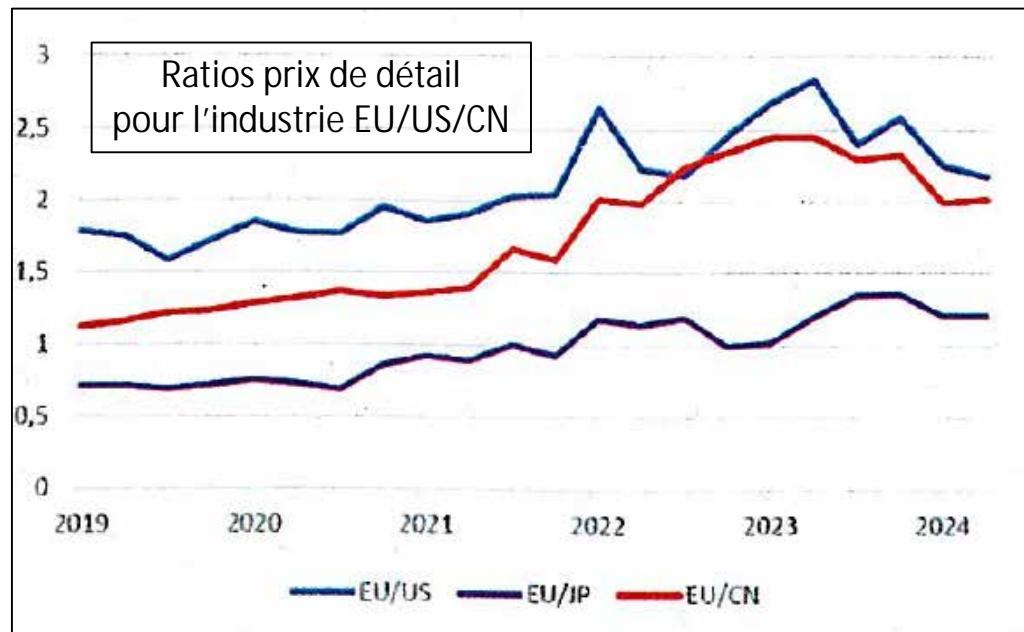
# Chère électricité

## Un prix de l'électricité trop élevé

- § Plus élevé qu'en Chine/Etats-Unis
- § De plus en plus volatil
- § Fiscalité (taxes sur l'électricité)



- Ü Sobriété volontaire
- Ü Désindustrialisation
- Ü Délocalisations



Moyenne annuelle des  
prix spot horaires

	Prix base 2026 Moyenne des cotations des 6 derniers mois	Prix base 2026 au 22/05/2025
France	66 €/MWh	61 €/MWh
Italie	108 €/MWh	107 €/MWh
Allemagne	87 €/MWh	90 €/MWh
Espagne	62 €/MWh	63 €/MWh
Royaume-Uni	93 <sup>2</sup> €/MWh	93 €/MWh
Belgique / Pays-Bas	87/84 €/MWh	89/85 €/MWh

Legend:

- France (dark blue)
- Allemagne (green)
- Belgique (light blue)
- Espagne (pink)
- Grande-Bretagne\* (purple)
- Italie (Nord) (orange)

# Chère électricité: Pourquoi ?

- Ø Importation du gaz (plus cher\*)
- Ø Marché de l'électricité européen  
(prix dicté par celui de la dernière centrale, à gaz)
- Ø Variabilité offre vs demande croissante (ENRS)
- Ø Coût de production-Nucléaire
  - ü Nouvelles normes de sécurité
  - ü Arrêts/modulations fréquents pour équilibre du réseau
  - ü Grand carénage (rénovation/prolongation)
- Ø Augmentation des taxes\*\* (+ 119 % en 10 ans)
- Ø Coût de l'acheminement (lignes électriques)
  - ü Lignes HT pour connexions avec pays voisins (RTE)
  - ü Lignes BT et MT pour distribution à partir d'un nombre croissant de points de production-ENRs (ENEDIS)

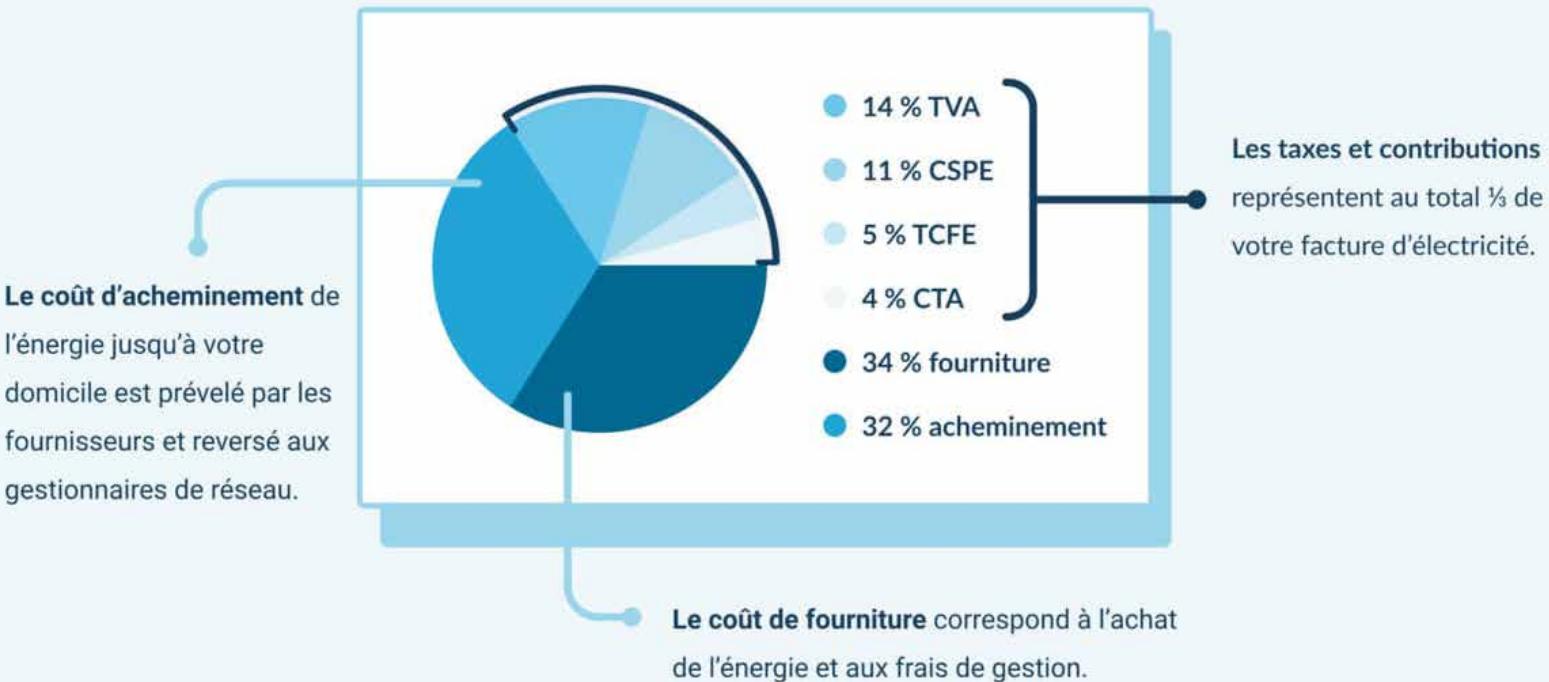
\* Prix du gaz EU (50 €/MWh vs 12 €/MWh aux USA)

\*\* Gaz moins taxé que l'électricité. Le soutien aux EnR est donc payée à 70% par le nucléaire et l'hydraulique décarbonés

# Chère électricité: TAXES

## Les taxes et contributions sur la facture d'électricité des particuliers

Votre facture d'électricité peut être décomposée en 3 parts à peu près égales :



### Accise:

anciennement **CSPE** (Contribution au Service Public de l'Electricité)

Ø Financement politique de soutien aux énergies renouvelables.

Ø Péréquation tarifaire pour zones non interconnectées (Corse, DOM)

Ø Dispositifs sociaux (précarité)

+ **TCFE** (Taxe sur la Consommation Finale d'Electricité)

**CTA** (Contribution Tarifaire d'Acheminement) au profit des retraités des personnels de l'électricité et du gaz

**TVA** (Taxe sur la Valeur Ajoutée)

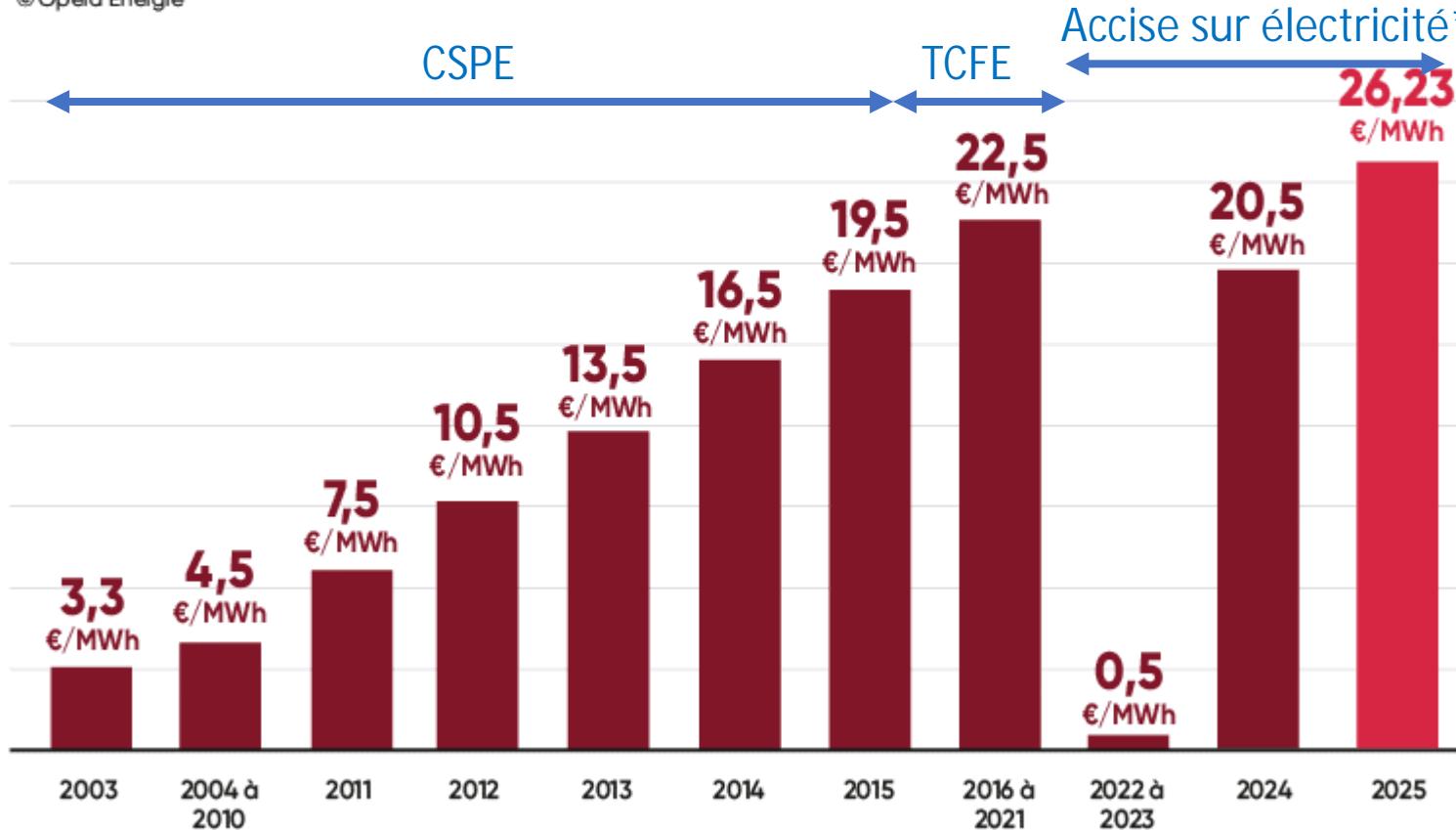
Source : CRE, [Observatoire des marchés de détail de l'énergie du 3ème trimestre 2020](#) | Analyse Hello Watt



# Chère électricité: TAXES

## Évolution du montant de l'Accise sur l'électricité (ex CSPE)

© Opéra Énergie



\*Accise = impôt

Ø Non affecté

Ø Versé au budget de l'Etat

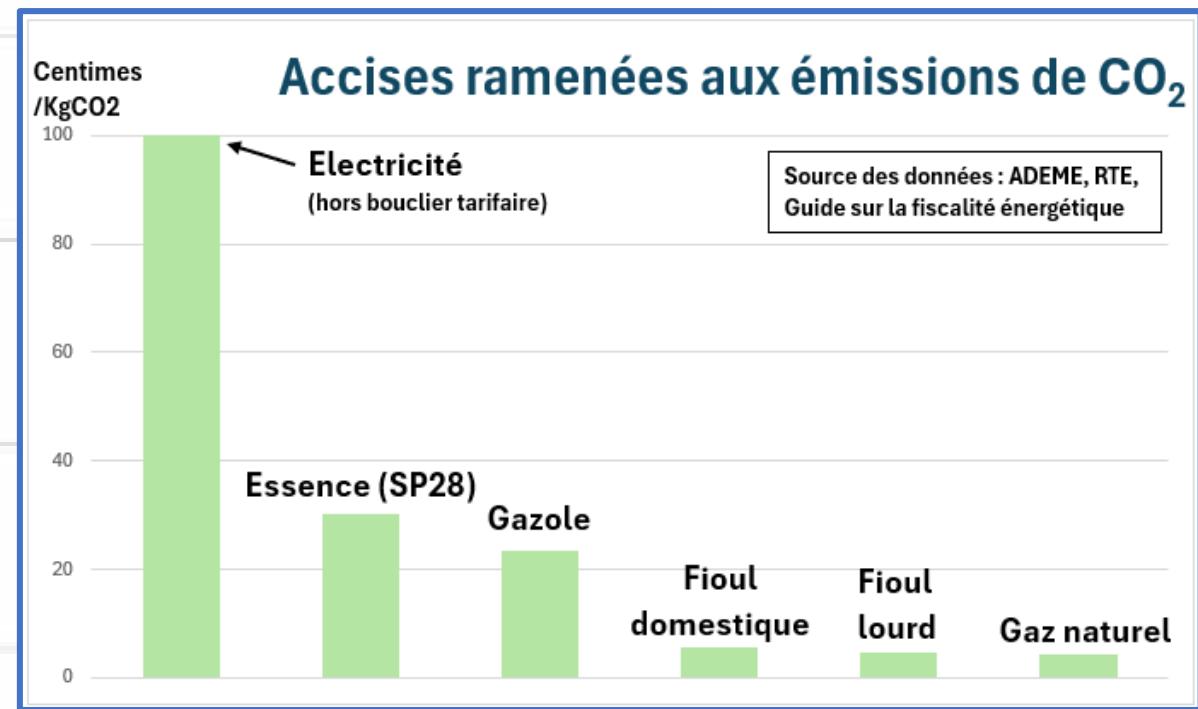
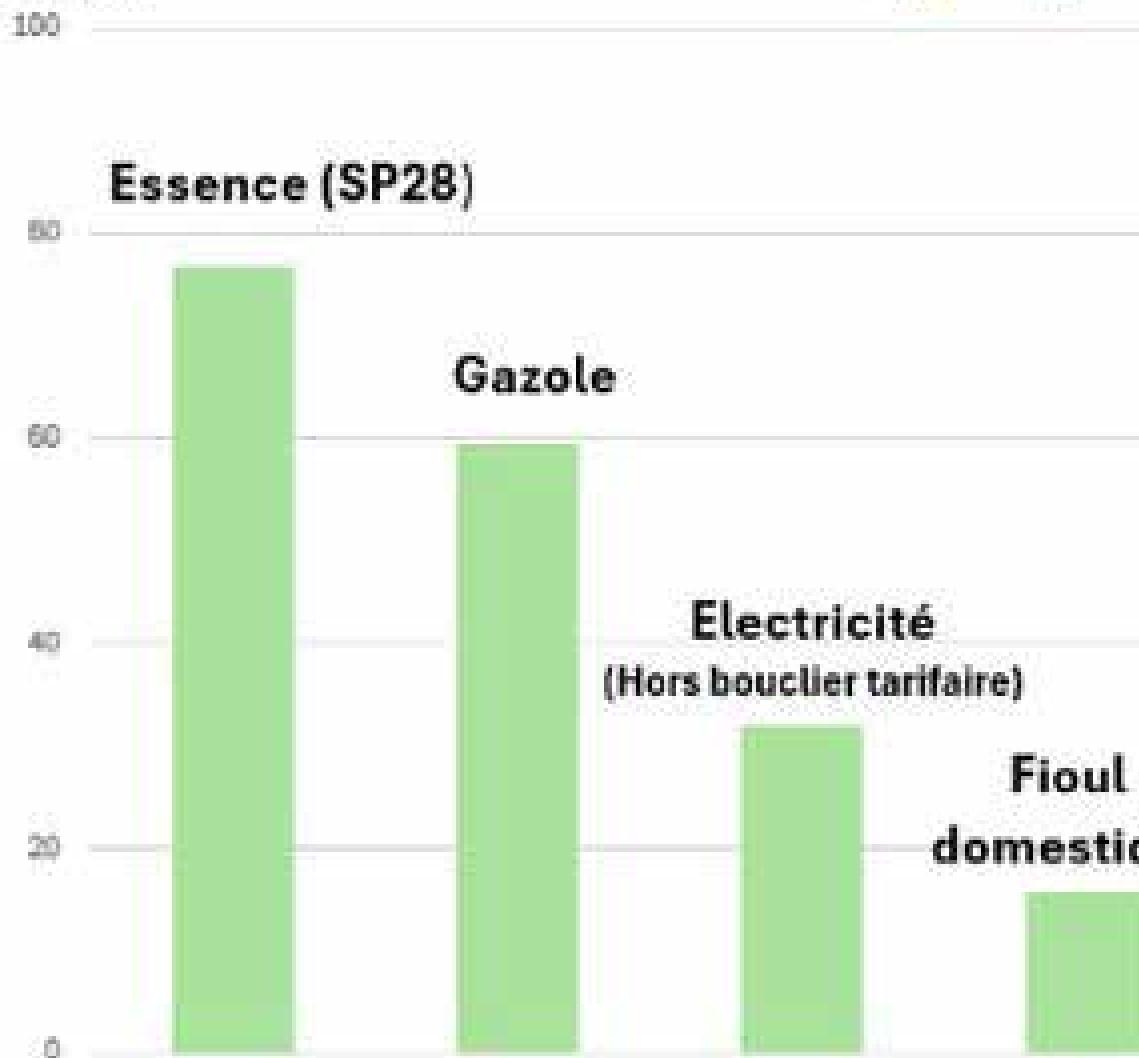
Ø C'est le contribuable et non plus le consommateur d'énergie qui paie pour le soutien aux ENRs et la lutte contre la précarité énergétique

la CSPE puis TCFE a connu une hausse record de 700 %  
depuis 2002 ! 2022-2023: bouclier tarifaire

# Chère électricité: TAXES

c/MWh

## Accises énergétiques en 2024





Marc FONTECAVE

CHAIRE CHIMIE DES PROCESSUS BIOLOGIQUES

La transition énergétique :  
aujourd'hui et demain (III)

5 nov. > 17 déc. 2025