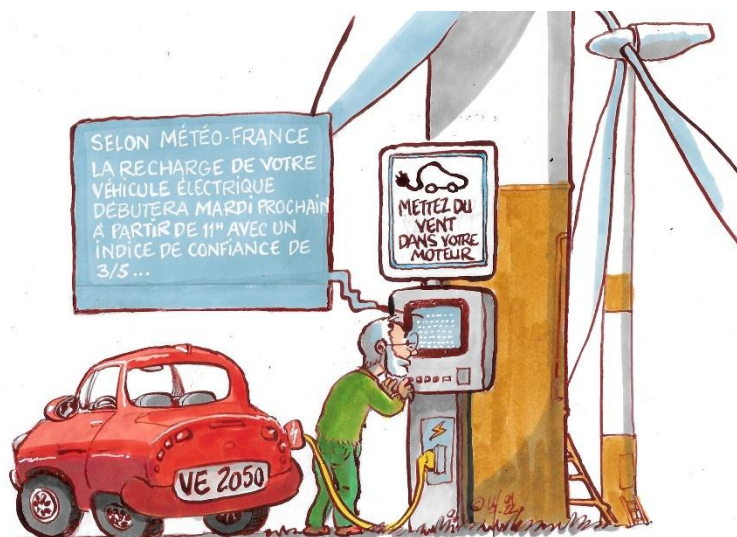




Fiche N°1

L'évolution de la consommation d'énergie et d'électricité en France, entre croyances et incertitudes



La consommation d'électricité en France en 2050 devrait augmenter de manière significative pour accompagner l'électrification des usages. Elle devrait ainsi atteindre 750 à 850 TWh/an à l'horizon 2050 contre 410TWh/an aujourd'hui.

Malgré des investissements significatifs, ces objectifs apparaissent hors d'atteinte, en particulier à court terme (2030-2035), car l'électrification des bâtiments est beaucoup plus complexe que prévue et celle des transports implique un bouleversement industriel majeur, avec des conséquences sociétales douloureuses. **Une étude d'optimisation des investissements consacrés aux différents postes de consommation d'énergie paraît absolument nécessaire à des fins de priorisation des efforts.**

L'électrification des usages, clé de voûte de la transition, s'accompagnera d'une réduction drastique des émissions de GES si elle fait appel à un mix électrique décarboné s'appuyant prioritairement sur le développement de centrales nucléaires de 3^{ème} génération et, sur le moyen terme sur des réacteurs surgénérateurs de 4^{ème} génération capables de valoriser notre précieux stock stratégique d'uranium appauvri. Un mix majoritairement fondé sur le nucléaire est le seul viable pour garantir sur le long terme une électricité disponible, fiable et économiquement abordable pour tous les acteurs, condition *sine qua non* pour réussir l'électrification massive des usages.

La non-atteinte des objectifs de la PPE3 en 2035 conduira à amplifier le programme nucléaire au niveau voulu. A ce titre, une décision doit être prise pour que l'opérateur national puisse s'engager dès à présent sur 14 unités. En parallèle, la prolongation à 80 ans de l'exploitation de l'essentiel du parc actuel doit être priorisée, selon une politique clairement exprimée par l'État et avec des directives claires en direction des services de l'État et des autorités indépendantes.

L'évolution future de la consommation d'électricité du pays n'est pas une extrapolation linéaire des évolutions passées mais résulte avant tout de choix politiques de moyen et long terme, et de leur mise en œuvre effective.

La croissance de la consommation d'électricité résulte d'une part de la croissance attendue de la consommation énergétique, et ce par-delà les effets de l'amélioration de l'efficacité énergétique, et d'autre part d'une électrification accrue des usages afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre, sous réserve que cette électricité soit elle-même décarbonée.

L'électrification accrue des usages se réalise en adoptant des équipements électrifiés à la place d'équipements conduits par l'énergie dégagée par la combustion de combustibles fossiles,

ou indirectement en utilisant de l'hydrogène produit par électrolyse de l'eau (nécessitant de l'électricité pour cette production), en substitution aux combustibles fossiles.

Petit retour sur le passé

Il est important, avant d'identifier et projeter dans l'avenir les principaux leviers de la croissance de la consommation électrique, d'en dresser un bilan.

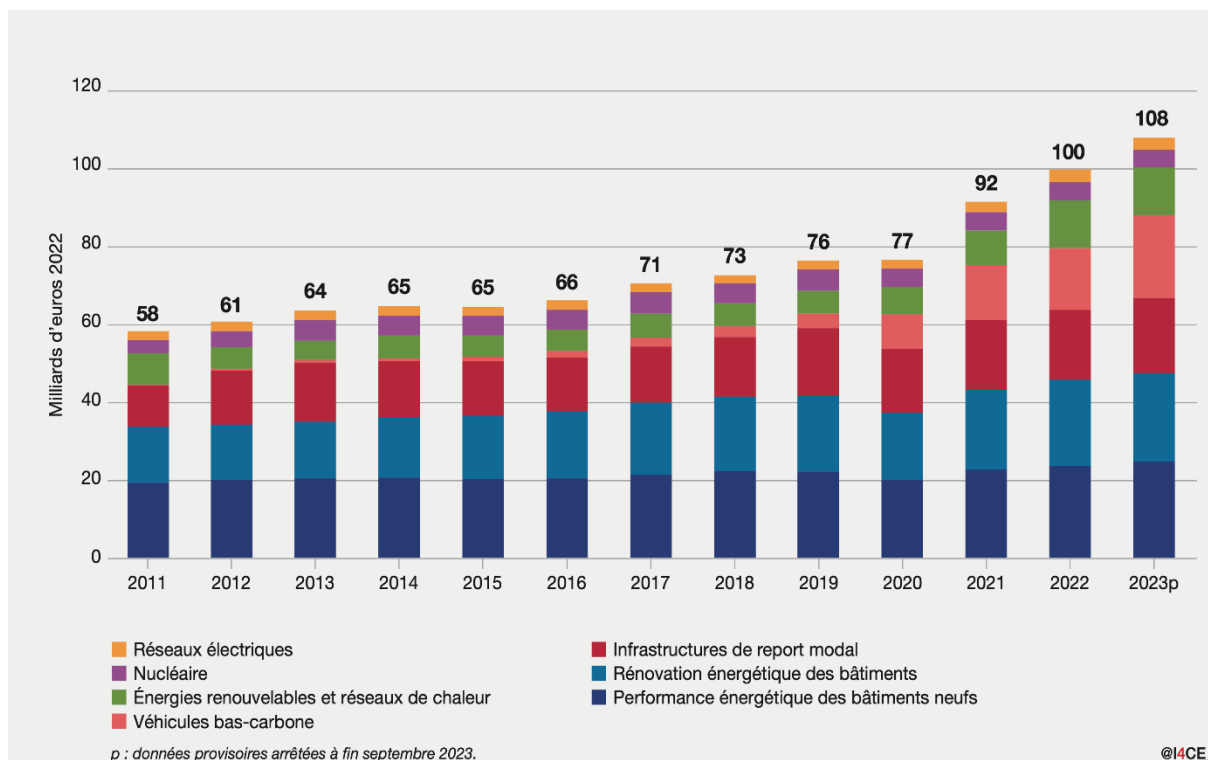
L'énergie consommée

L'évolution de l'énergie consommée (tableau ci-dessous, origine SDES) montre que de 2011 à 2019, dans une période peu contrainte et avec des investissements importants pour réduire les consommations, les baisses ont été faibles.

Elles ont été insignifiantes dans les transports et le tertiaire et faibles dans le résidentiel. La baisse de 9 % observée dans l'industrie est probablement plus liée à une désindustrialisation chronique du pays qu'à une amélioration généralisée de son efficacité énergétique. La période 2020 à 2023 a été clairement marquée par les crises successives de la COVID et du prix de l'énergie où l'on voit que la consommation de l'industrie a diminué de 10 % et celle du tertiaire de 8 % : **l'activité économique est en danger**. Les autres secteurs ne réduisent leurs consommations que deux fois plus lentement sur cette courte période. Or la PPE annonce des objectifs de 1243 TWh en 2030 et 1100 TWh en 2035. Par rapport à 2023 il faudrait donc réduire la consommation globale de 273 TWh, soit 3 fois plus rapidement annuellement qu'entre 2011 et 2023. Est-ce réaliste ? On peut en douter.

Le rapport de I4CE (Institut de l'Économie pour le Climat) sur les investissements climat en France (2023) montre qu'ils ont évolué de 58 à 100 milliards par an de 2011 à 2022. En 2022 (fig. ci-dessous) 45,8 milliards ont été affectés à la performance énergétique dans les bâtiments neufs et à la rénovation dans l'ancien.

FIGURE 6. LES INVESTISSEMENTS CLIMAT EN FRANCE PAR SECTEUR



Les investissements climat sont répartis pour 43 % sur les bâtiments et 38 % dans les transports (dont 17 % en faveur des véhicules bas carbone), soit 81 % du total. Est-ce la bonne répartition ? Le rendement des travaux d'efficacité énergétique dans le bâtiment se révèle faible alors que la substitution directe de l'électricité aux combustibles fossiles est beaucoup plus efficace du point de vue des émissions de GES dans ce domaine. Le coût de la mobilité électrique, également efficace du point de vue des émissions de gaz à effet de serre, est élevé mais les aides à son développement s'amenuisent.

Pour mieux flécher les investissements de la transition il faudrait disposer d'une étude d'optimisation exhaustive des investissements consacrés aux différents postes de consommation d'énergie. Cette étude d'optimisation, pourtant évidente, fait malheureusement défaut.

Et le CO₂ ?

L'évolution des émissions de GES a été la suivante par secteurs :

Emissions de CO ₂ par secteurs Métropole CVC en Mt CO ₂	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2023/ 2019	2023/ 2011
Industrie	56,1	52,9	53,4	52,3	50,4	50,5	49,3	50,6	48,4	42,6	47,2	43,9	39,9	0,824	0,712
Résidentiel/tertiaire	79,8	77,6	75,9	73,3	72,9	68,3	70,5	69,3	67,0	68,0	63,4	58,7	54,5	0,813	0,683
Transport	124,7	123,6	122,7	123,0	124,1	124,5	125,0	122,1	121,6	103,0	115,6	120,1	115,7	0,951	0,927
Agriculture-pêche	10,9	10,5	11,0	10,9	10,8	10,1	9,9	9,9	9,7	10,9	10,6	10,7	10,2	1,05	0,935
Production d'électricité	44,4	45,1	42,0	35,4	36,0	36,1	41,8	32,9	31,8	30,1	29,9	34,7	25,8	0,81	0,581
TOTAL USAGES ENERGETIQUES	345,3	333,4	325,6	314,5	315,7	308,9	315,2	304,9	300,3	266,1	276,2	277,3	261,5	0,871	0,757

Le constat est clair : très peu de progrès dans le domaine du transport, qui pèse pour 46 % du total des émissions. C'est clairement un secteur de décarbonation qui devrait être privilégié car son électrification réduirait drastiquement les émissions. La réduction des émissions du secteur du bâtiment a été de 32 % depuis 2011, mais le tiers du progrès résulte du choc économique des dernières années et non de progrès résultants des investissements consentis. Les progrès antérieurs résultent beaucoup du remplacement du fioul par le gaz, d'où une étape de décarbonation de plus à réaliser.

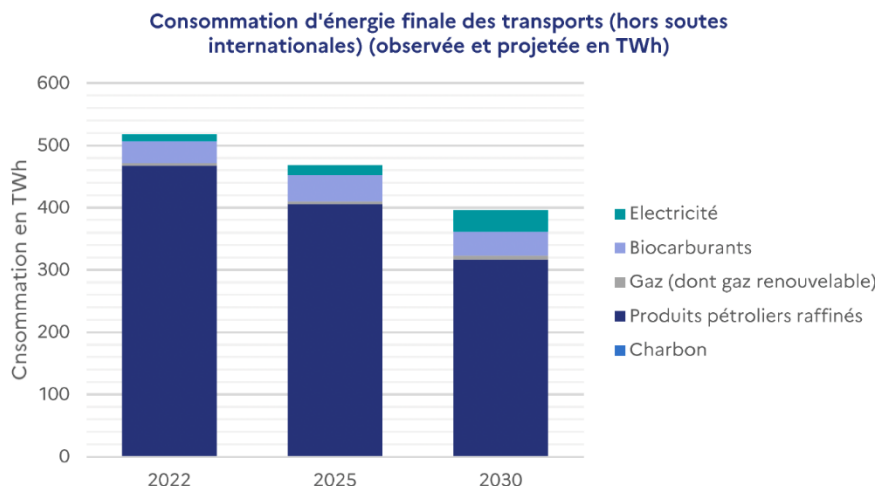
Globalement il y a compétition entre investissements à réaliser dans l'efficacité énergétique et la réduction des émissions de GES. Elle devrait être arbitrée sur la base du coût de la tonne de CO₂ évitée. Par rapport à 2011, les émissions du bâtiment ont diminué de 42,5 Mt CO₂ sur 764 pour un investissement total de 500 milliards, soit 235 € par tonne de CO₂ évitée sur 50 ans. Or le prix de la tonne de CO₂ n'a augmenté que de 37€ à 75€ de 2021 à fin 2024.

Le levier « coût de la tonne de CO₂ » évitée n'est pas intégré dans la définition des objectifs du gouvernement. **La double contrainte efficacité énergétique / réduction des émissions de GES doit être arbitrée sur la base du coût de la tonne de CO₂ évitée, dans des conditions optimisées, économiques et de souveraineté.**

La PPE3, une ambition ou un saut sans parachute dans le futur ?

Les transports

L'objectif est de réduire la consommation des transports de 481 TWh en 2023 à 396 TWh en 2030, soit une réduction de 85 TWh, et les émissions de CO₂ de 115 MtCO₂eq en 2023 à 90 MtCO₂eq en 2030.



La filière « hydrogène » étant d'un rendement faible pour la production d'électricité et celle de la « bioénergie » étant limitée, l'électrification des véhicules individuels, des transports collectifs et des poids lourds représente un levier majeur. D'ici 2050, il est avancé que 90 % des véhicules devront être électriques ou hybrides rechargeables, ce qui pourrait ajouter environ **100 TWh** à la consommation annuelle qui était de l'ordre de 10 TWh en 2019 (essentiellement consommés à l'époque par les transports ferroviaires).

Bâtiments résidentiels et tertiaires :

Pour mémoire, il ne faut pas oublier l'importance croissante des usages de l'électricité. D'après les tableaux du CEREN, les consommations d'électricité des résidences principales étaient de 156 TWh tous usages confondus en 2022, dont la moitié pour les usages hors chaleur (Chauffage + ECS + cuisson), et de 103 TWh pour le tertiaire.

La substitution des systèmes de chauffage fossiles (fioul, gaz) par des pompes à chaleur et, quand c'est trop coûteux ou impossible, par des convecteurs intelligents pourrait augmenter la demande d'électricité de **50 à 100 TWh**. En ce qui concerne l'efficacité énergétique l'option privilégiée de rénovation lourdes, qui concernent peu de logement et sont coûteuses, devrait basculer vers une option optimisée électrification/isolation, et le Diagnostic de Performance Environnemental (DPE) devrait être en urgence modifié en prenant en compte la seule énergie finale consommée afin que le chauffage électrique ne soit plus défavorisé par rapport au chauffage gaz.

Industrie :

L'adoption d'équipements électrifiés (fours électriques, électrolyse, etc.) pour remplacer les procédés fossiles, répondre à la réindustrialisation, et répondre à la montée en puissance de la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau pourrait là aussi ajouter **50 à 100 TWh** à une consommation annuelle d'électricité qui était de l'ordre de 120 TWh à 130 TWh en 2019.

En intégrant ces nouveaux usages, la consommation d'électricité pourrait ainsi passer de **473 TWh en 2019** (avant la chute due à la Covid 19) à **750-850 TWh en 2050**, selon les scénarios.

De nombreuses considérations peuvent impacter la consommation dans la fourchette indiquée, notamment :

- **Le coût du kWh** : nul ne peut espérer raisonnablement une réindustrialisation de la France avec un coût de l'énergie (et dans, dans le cas d'espèce, de l'électricité) élevé. Il est aujourd'hui de deux à trois fois supérieur à celui dont bénéficient les grands pays industriels. En fonction des choix de mix énergétique réalisés, la compétitivité de l'industrie française, et

donc la traduction pratique des discours tenus sur une réindustrialisation du pays, peut être significativement affectée.

- **L'hydrogène.** L'hydrogène peut servir à décarboner des secteurs où l'électricité est difficilement utilisable directement, par exemple pour certains moyens de transport. Il peut également servir comme moyen de stockage chimique d'une électricité produite par les excès de production du fait des aléas météorologiques des moyens de production intermittents d'électricité (éolien, solaire) ; ce dernier usage trouve essentiellement son intérêt pour substituer un couple ENRi/Hydrogène à une électricité produite à partir de combustibles fossiles ; cet intérêt disparaît lorsque l'électricité se trouve déjà produite par une source décarbonée pilotable comme l'est l'électricité produite dans les centrales nucléaires. Le coût de production d'électricité à partir de l'hydrogène, souffre de plus d'un rendement très faible avec les techniques actuelles, d'un facteur quatre à cinq. Néanmoins l'hydrogène peut être un débouché industriel à l'exportation vers des pays sans nucléaire et hydroélectricité. **Selon RTE l'hydrogène décarboné n'est envisageable en 2030, et encore en 2035, que pour des usages industriels directs.** L'excès d'H₂ produit n'a d'intérêt, compte tenu des rendements, que pour l'hydrogénation de matières biologiques.
- **La politique d'exportation.** Sur la base du constat des difficultés de la transition énergétique pour les pays n'ayant pas la possibilité et/ou la volonté de développer la production d'électricité d'origine nucléaire, la vente d'électricité décarbonée produite en France devrait acquérir de la valeur, l'alimentation nationale restant évidemment prioritaire. Ces éléments plaident pour un développement ambitieux de centrales nucléaires au-delà du simple renouvellement des centrales existantes, mais ceci sous réserve de comprendre que la construction des centrales de puissance de troisième génération est une transition vers la construction de centrales de quatrième génération, seules à même de garantir la durabilité de ce mode de production d'électricité sur des siècles.

Impacts envisageables sur les émissions de GES vers 2035

Réduction significative des émissions grâce à l'électrification

L'électrification des usages est un levier clé pour atteindre la neutralité carbone :

- **Transport** : La décarbonation des véhicules entraînera une réduction massive des émissions liées au pétrole (environ **40 Mt CO₂/an évitées**).
- **Bâtiments** : Le remplacement des chaudières fossiles par des pompes à chaleur contribuera à une réduction de **20 à 30 Mt CO₂/an**.
- **Industrie** : L'électrification des procédés industriels et l'utilisation d'hydrogène par hydrolyse de l'eau peuvent réduire les émissions de **30 à 50 Mt CO₂/an**.

En cumul, l'électrification pourrait éviter entre **90 et 120 Mt CO₂/an**, ce qui représente près de 30 % des émissions actuelles.

Émissions liées à la production d'électricité

Les émissions de GES de l'électricité resteront marginales, à condition que les énergies fossiles (gaz) soient réduites à un apport limité aux pointes de consommation et que le développement du nucléaire suive le rythme de la demande.



LISTE DES FICHES TECHNIQUES

Fiche 1 : L'évolution de la consommation électrique en France, entre croyance et incertitudes.

Fiche 2 : L'Invasion des productions intermittentes, le défi du maintien de l'équilibre du réseau électrique.

Fiche 3 : L'impact très sous-estimé de la variabilité des EnRi.

Fiche 4 : Quel niveau d'EnRi peut-on supporter en France ?

Fiche 5 : La distribution d'électricité européenne est déstabilisée par des « loop-flows » erratiques liés à la libre circulation d'une électricité intermittente non contrôlée.

Fiche 6 : De quelle puissance disponible aura-t-on besoin en 2026 (sur la base des chiffres 2019) ?

Fiche 7 : La flexibilité du nucléaire face au développement des EnRi prévu dans la PPE3.

Fiche 8 : La flexibilité ? Un nouveau mantra ? Les doutes de RTE (et les inquiétudes de PNC-France) sur la flexibilité.

Fiche 9 : Prix de l'électricité - Évolution, réalisme, impact de l'intermittence.

Fiche 10 : L'évolution du TURPE et son impact sur le prix de l'électricité.

Fiche 11 : Les émissions évitées de CO2 par le solaire et l'éolien.

Fiche 12 : Comment financer le nouveau nucléaire sous les contraintes imposées par l'Europe ?