

POUR UNE POLITIQUE FRANÇAISE ET EUROPÉENNE DE L'ÉNERGIE AMBITIEUSE ET RÉALISTE

Introduction	2
1) Éléments de cadrage de la politique de l'énergie	5
Le réchauffement mondial pourrait atteindre 1,5 °C dès 2030	5
La trajectoire européenne de réduction d'émissions	6
La réduction des émissions françaises à l'horizon 2030	7
Des risques, mais aussi des opportunités	8
Le contexte de l'Union européenne	9
2) Les enjeux de l'efficacité énergétique et de la sobriété	10
Les objectifs de consommation d'énergie	10
La sobriété	10
L'efficacité énergétique	12
3) La chaleur décarbonée sera-t-elle au rendez-vous ?	13
Perspectives de croissance de la biomasse	13
Les priorités d'usage de la biomasse	14
Développement de la géothermie de surface et profonde	17
4) L'électricité et la décarbonation des usages	17
Quelques segments de croissance de la demande d'électricité	18
5) Le bâtiment – Résidentiel et tertiaire	24
Conclusions	27
Recommandations générales	27
Recommandations détaillées relatives à la PPE 3 et à la SNBC 3	28
Annexes	
Annexe 1 – Avis minoritaire	30
Annexe 2 – Augmentation du nombre d'heures à prix négatif	32
Annexe 3 – Participants au groupe de travail et liens d'intérêts	33
Annexe 4 – Liste des acronymes	34

Introduction

Le réchauffement de la planète est rapide et d'origine anthropique. Ce réchauffement est amplifié en Europe et en France par rapport à la moyenne planétaire. La fréquence et l'intensité des événements extrêmes, comme les vagues de chaleur et canicules, les pluies violentes, les sécheresses des sols propices aux incendies, mais aussi la fonte des glaciers et le niveau de la mer, augmentent avec le réchauffement planétaire.

Pour le stabiliser, il est nécessaire de réduire fortement les émissions mondiales de CO₂ pour atteindre le « zéro émission net » (Zen) – équilibre entre émissions résiduelles et capacités d'élimination et de stockage durable – ce qui passe par la maîtrise de la demande (efficacité et sobriété), l'accroissement des puits de carbone, et surtout la décarbonation de la production et des usages.

Les secteurs de l'énergie et de l'industrie sont des contributeurs majeurs aux émissions de CO₂ résultant de la combustion des énergies fossiles ou de la valorisation des propriétés chimiques des minerais fossiles (réduction du minerai de fer, production de ciment, etc.) ; il faut donc accélérer la décarbonation de l'économie. **C'est un défi majeur impliquant un accroissement très significatif du puits de carbone, une mutation des secteurs utilisant de l'énergie fossile (transports, bâtiments et industrie) et donc un développement sans précédent des énergies décarbonées (géothermie, biomasse, solaire, éolien et nucléaire).**

Le débat français sur le mix électrique est très animé (nucléaire versus renouvelables par exemple) ; il est utile mais la décarbonation des usages est la clef de la transition énergétique.

Le plan national intégré Énergie et Climat (PNIEC) et ses composantes et la loi Énergie

Le plan national intégré Énergie et Climat (PNIEC) a été mis en consultation mi-2024 et transmis à l'Union européenne en application des obligations déclaratives des États membres¹. Il est fondé sur les travaux préparatoires de trois documents :

- la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE3) a été [mise en consultation fin 2024](#). Sa version révisée remise en consultation [en mars 2025](#) diffère essentiellement des PPE précédentes par l'introduction d'un programme de production électronucléaire important qui vient s'ajouter à des objectifs également ambitieux concernant les énergies renouvelables. On note cependant d'autres différences entre les deux versions : principalement une réduction des objectifs d'installation d'énergie solaire et renouvelable, ainsi que d'électrolyseurs pour la production d'hydrogène aux horizons 2030 et 2035 ; ces consultations sont achevées. Le présent avis considère la deuxième version, sauf si certains éléments ne figurent que dans la première ;
- [la stratégie nationale bas carbone \(SNBC 3\)](#) qui a été mise en consultation en parallèle à la première version de la PPE 3 ;
- [le plan national d'adaptation au changement climatique publié](#) le 11 juin 2025.

¹ [Règlement \(UE\) 2018/1999 du Parlement européen et du Conseil du 11 décembre 2018 sur la gouvernance de l'union de l'énergie et de l'action pour le climat](#)

En l'absence de loi Énergie soumise par le Gouvernement pour encadrer ces documents qui doivent être mis en œuvre par décrets, le Sénat a adopté une proposition de loi « portant programmation nationale et simplification normative dans le secteur économique de l'énergie » ; l'Assemblée nationale l'a rejetée en juin 2025. Elle doit retourner au Sénat pour une deuxième lecture.

La finalisation de l'éventuelle loi et des documents constitutifs du PNIEC se fait en parallèle d'une difficile discussion entre la Commission européenne et le Conseil sur les objectifs de décarbonation européens en 2035 et 2040².

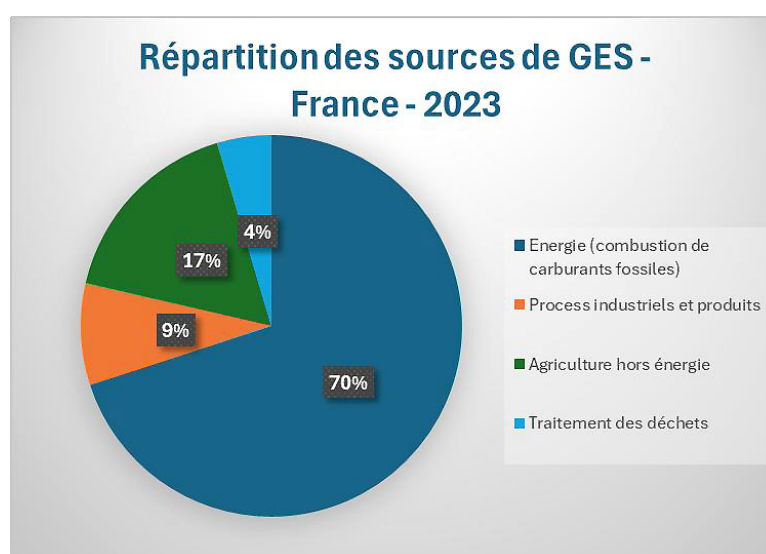


Figure 1 – Répartitions des émissions françaises de gaz à effet de serre - 2023

Le présent avis porte sur la maîtrise des émissions de gaz à effet de serre et essentiellement celles du secteur de l'énergie (70% du total) et de l'industrie (9% hors consommations énergétiques)³. Il ne traite pas d'adaptation au changement climatique. Les documents relatifs à la PPE 3 et à la SNBC 3 rendus publics ont comme horizon 2030 (2035 pour l'énergie), ce qui est très court alors que les principaux objectifs sont à l'horizon 2050. Leur version définitive devrait considérer cet horizon.

La politique énergétique ne saurait se limiter à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et, effectivement, la PPE 3 mentionne deux autres objectifs de la politique énergétique : la souveraineté et la compétitivité. Ils ne sont cependant pas précisément définis ni quantifiés par cette PPE, mais devraient nécessairement être pris en compte dans la construction d'une stratégie énergétique.

Les objectifs quantitatifs de la PPE 3, limités à l'horizon 2035, s'inscrivent en cohérence avec l'objectif français et européen de neutralité carbone en 2050 fixé par la loi européenne sur le climat (LEC)⁴ et par le code de

² [EU regulation amending regulation \(EU\) 2021/1119](#) establishing the framework for achieving climate neutrality – European commission proposal - 02/07/2025.

³ Soutes internationales comprises (aviation et maritime au départ de la France) – Source : Eurostat.

⁴ Règlement (UE) 2021/1119 du Parlement européen et du Conseil du 30 juin 2021 établissant le cadre requis pour parvenir à la neutralité climatique et modifiant les règlements (CE) n° 401/2009 et (UE) 2018/1999 (« [loi européenne sur le climat](#) »).

l'énergie⁵. Le présent avis, comme la LEC, ne traite pas des émissions importées qui sont préoccupantes : elles ont représenté 43 % de l'empreinte carbone française en 2000 et 56 % en 2023⁶.

En France, la part des émissions liées aux combustibles est assez stable, de 68 à 71 % des émissions totales de gaz à effet de serre⁷. Cet avis a pour principal objet d'analyser la stratégie française en vue d'éliminer ces émissions, d'autres importants enjeux (notamment émissions de méthane par l'agriculture et évolution des puits de carbone) n'étant pas examinés⁸.

- On rappelle cependant que le secteur agricole est le second secteur le plus émetteur en France (environ 21 % des émissions de gaz à effet de serre, dont ~12 % pour les émissions de méthane de l'élevage⁹).
- Estimé à environ – 45 Mt CO₂ en moyenne dans les années 2000, le puits net de carbone du secteur de l'utilisation des terres et de la forêt s'est considérablement réduit pour n'atteindre qu'environ – 20 Mt CO₂/an dans les années récentes en raison de l'effet couplé de sécheresses à répétition depuis 2015, de maladies affectant le taux de mortalité des arbres, et d'une hausse des récoltes de bois^{10, 11}. La SNBC3 rappelle les objectifs de la SNBC2 (puits de 82 Mt CO₂ en 2050 dont 67 Mt CO₂ stockés par les puits naturels et 15 Mt CO₂ dans des puits technologiques [réservoirs]); elle note la chute rapide du puits de carbone et indique qu'il faut continuer les efforts d'adaptation des forêts au changement climatique et réviser à la baisse l'objectif de récolte de produits bois pour 2050 (88 Mm³ dans la SNBC2 ; et pourtant, la PPE3 prévoit une consommation de biomasse solide de 120 Mm³ à 150 Mm³ en 2035).

Les perspectives 2050 de la PPE3 sont cohérentes avec les hypothèses de référence de RTE¹² ; elles supposent de réduire les consommations d'énergie (sobriété et efficacité énergétique), de substituer des carburants décarbonés (biomasse, chaleur renouvelable, électricité décarbonée) à l'énergie fossile, de remplacer des process industriels émetteurs de CO₂ par des process décarbonés (production d'acier, d'hydrogène, etc.) ou de capter le CO₂ (ciment, etc.). En conséquence la consommation française d'énergie finale¹³ qui était à son pic (2007) de 1 704 TWh diminuerait pour atteindre 1 060 TWh en 2050 (– 40 %). Dans ce scénario, l'énergie finale de 2050 serait constituée d'environ 650 TWh d'électricité, près de 100 TWh de chaleur renouvelable hors biomasse et plus de 300 TWh de biomasse. La production d'électricité, en nette croissance, serait assurée par un mix de nucléaire et d'énergies renouvelables.

5 [Article L100-4](#) du code de l'énergie.

6 [L'empreinte carbone de la France de 1990 à 2023 | Données et études statistiques](#) – SDES 2024.

7 [Rapport Secten 2025](#). Pour l'Union européenne, cette part est de 77 %.

8 On rappelle cependant que l'objectif général d'accroissement du puits de carbone sera difficile et passera nécessairement par la mise en œuvre de stockage géologique. En effet dans la période 2020-2023, le puits de carbone naturel n'a été que d'environ 18 Mt/an contre plus de 50 Mt/an dans les années 2004-2006 et devrait rester à ce niveau en 2030 selon le PNIEC pour un engagement français de 34 Mt. Voir *Quelles contributions attendre de la biomasse dans la transition énergétique ?* – Académie des technologies et Académie d'agriculture de France – juin 2025.

9 [Citepa Secten 2025](#).

10 Idem.

11 [Quelles contributions attendre de la biomasse dans la transition énergétique ? – Académie des technologies](#) – mai 2025. Sur l'évolution du puits de carbone, on peut aussi se référer à l'article « Projections des stocks et flux de carbone du secteur forêt-bois français dans un contexte de changement climatique » – IGN et FCBA – [Annales des mines – juillet 2024](#).

12 [RTE Futurs énergétiques – 2022](#) – figure 3. La consommation inclut la totalité des soutes internationales et une production d'hydrogène décarboné limitée à 40 TWh ainsi que les pertes de transport et distribution. La PPE3 en consultation reprend pour 2050 l'hypothèse de RTE (1 060 TWh au périmètre de Kyoto, y compris les soutes internationales ; 930 TWh au périmètre de la [directive européenne sur les économies d'énergie](#) qui ne comprend pas les pertes de transport et distribution ni les soutes maritimes).

13 Les usages industriels de combustibles fossiles sont comptabilisés avec les usages énergétiques en TWh par abus de langage.

Atteindre la neutralité carbone répond à un triple objectif :

- contribuer à limiter les conséquences climatiques, en réduisant le plus rapidement possible les émissions de gaz à effet de serre (la rapidité de la réduction détermine directement la cinétique du réchauffement et son plafond) ;
- favoriser l'autonomie énergétique du pays, facteur de souveraineté et d'indépendance : le solde des échanges de pétrole et gaz de la France a été de 57 Mds€ en 2024 (plus des deux tiers du déficit commercial)¹⁴ ;
- valoriser les opportunités de développements technologiques et de réindustrialisation, en veillant à assurer la compétitivité de l'énergie et particulièrement de l'électricité appelée à être la principale source d'énergie en Europe.

La combinaison de ces objectifs rend l'atteinte de zéro émission nette en 2050 ambitieuse et difficile ; certains observateurs le considèrent déjà hors de portée. Les leviers à mettre en œuvre en vue de cet objectif devront être précisés au fur et à mesure que les effets de la sobriété se concrétiseront, et que les technologies mûriront, bénéficieront d'économies d'échelle et démontreront des coûts d'abattement économiquement et socialement acceptables.

La valeur attribuée à la tonne de CO₂ évité (« valeur de l'action pour le climat »¹⁵) pour atteindre zéro émission nette en 2050 est très élevée. Son utilisation dès aujourd'hui peut encourager des investissements sans perspective de retour et donc induire de graves erreurs économiques et industrielles. Inversement, les objectifs pour 2030 et 2035 sont deux jalons essentiels pour amorcer une décroissance optimale vers le « net zéro ».

1) Éléments de cadrage de la politique de l'énergie

Avant d'entrer dans l'analyse des moyens permettant d'atteindre l'objectif de réduction de la consommation d'énergie visée pour 2030, 2035 avec une perspective 2050, il convient de rappeler le cadre mondial et européen dans lequel s'inscrit la politique énergétique de la France.

Le réchauffement mondial pourrait atteindre 1,5 °C dès 2030

L'Accord de Paris (décembre 2015) engageait les 196 pays signataires sur l'objectif de contenir « L'élévation de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels et [de poursuivre] l'action menée pour limiter l'élévation de la température à 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels »¹⁶.

Mais dès 2023, dans la synthèse¹⁷ de son sixième rapport d'évaluation (AR6), le GIEC indiquait que « sur la base des politiques actuellement en vigueur, il est plus probable qu'improbable que le réchauffement dépasse 1,5 °C avant 2040 ». En juin 2025 et en anticipation du septième rapport d'évaluation, soixante et

¹⁴ [Solde des échanges extérieurs – Insee - 2024](#)

¹⁵ [France Stratégie-2025 – La valeur de l'action pour le climat](#)

¹⁶ [Extrait de l'article 2 de l'Accord de Paris](#)

¹⁷ [Indicators of Global Climate Change 2024: annual update of key indicators of the state of the climate system and human influence](#)

onze contributeurs réguliers aux travaux du GIEC mettant en œuvre les méthodologies de cette organisation concluaient qu' « on pourrait s'attendre à ce que le réchauffement climatique (terrestre) de 1,5 °C soit atteint ou dépassé dans environ 5 ans (i.e. 2030) ». Il s'agit ici d'une moyenne mondiale, le réchauffement européen étant amplifié d'environ 0,7 °C par rapport au réchauffement planétaire.

La trajectoire européenne de réduction d'émissions

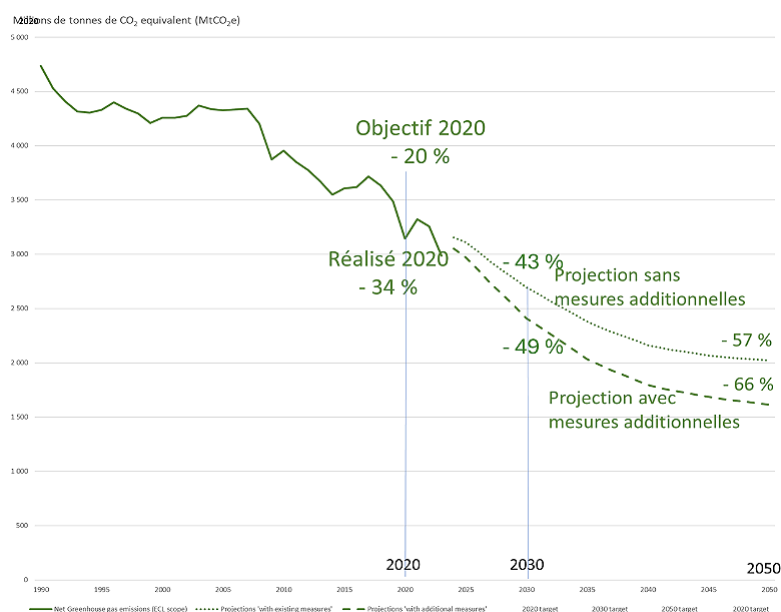


Figure 2 – Historique et perspectives des émissions nettes européennes avec les mesures actuelles

En Europe, malgré la réduction significative déjà obtenue (-37 % de réduction des émissions de GES de 1990 à 2024 et -20 % de 2019 à 2024) « les projections actuelles, telles que communiquées par les États membres, suggèrent une réduction de 49 % des émissions nettes d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 1990, ce qui est inférieur à l'objectif de réduction de 55 % pour 2030 », selon le rapport de l'Agence européenne de l'environnement à la Commission européenne¹⁸. Celle-ci conclut que l'objectif est « probablement atteignable, mais avec un degré de confiance limité »¹⁹ ce qui la conduit à préciser que « l'adoption de technologies cruciales s'accélère rapidement, comme en témoigne le déploiement récent et très rapide des panneaux solaires photovoltaïques, des pompes à chaleur et des voitures électriques. Si cette tendance se poursuit, ces technologies contribueront à l'accélération nécessaire de la réduction des émissions »²⁰.

L'objectif de Zéro émission nette en 2050 paraît très difficile selon la figure 2 issue de ce même rapport.

18 [Total net greenhouse gas emission trend](#) – Agence européenne de l'environnement – 31/10/2024

19 « Likely on track » explicité par “The objective appears likely to be met by 2030 but there is a low degree of confidence”.

20 Dito note 18.

La réduction des émissions françaises à l'horizon 2030

La France est plus vertueuse que la moyenne de l'Europe pour la part d'énergie fossile dans sa production électrique, mais aussi pour sa production de chaleur et sa demande finale d'énergie (Figure 3). Il en résulte que réduire de 55 % ses émissions de GES en 2030 par rapport à 1990 est plus difficile à atteindre par la France que par l'Europe pour deux raisons :

- Ayant décarboné son électricité plus tôt que la plupart des pays européens son réservoir de progrès pour décarboner sa production électrique est quasi épuisé.
- Il lui reste donc le réservoir de l'électrification des usages, autrement plus lent et plus difficile à réaliser. Or ces réservoirs de progrès, l'industrie et le transport en particulier, peuvent difficilement se décarboner plus vite que le reste de l'Europe.

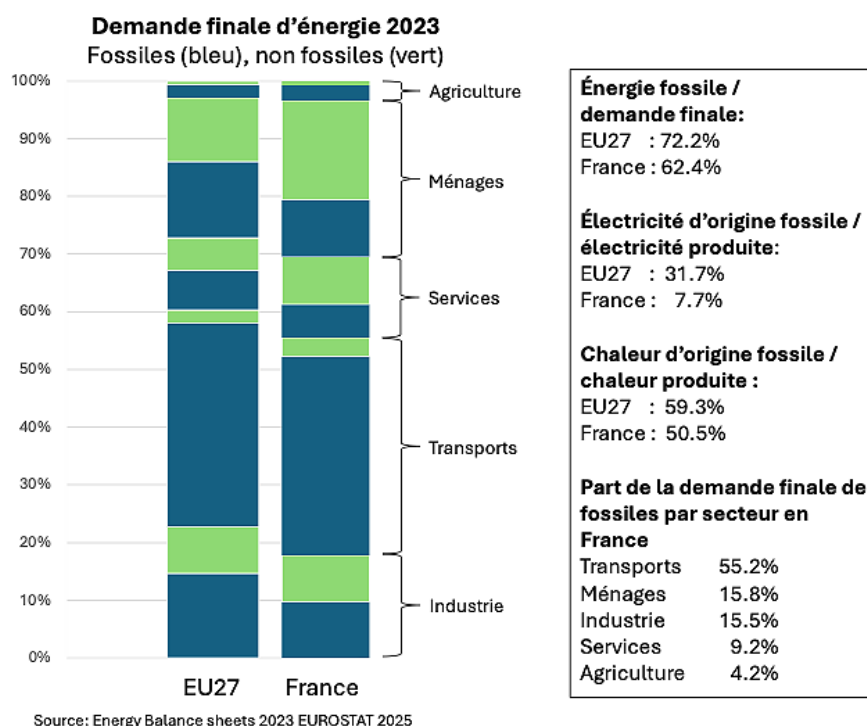


Figure 3 – Comparaison des demandes finales d'énergie de la France et de l'Europe (Eurostat – Energy balance sheets et calculs Académie des technologies)

L'électrification des mobilités routières est nécessairement lente, partout en Europe, car elle est liée au renouvellement du parc des véhicules. C'est donc un gros potentiel de décarbonation, mais qui peut difficilement aller plus vite que le rythme européen. La France aurait pourtant intérêt à accélérer sur ce point puisque chaque voiture électrique consomme une électricité quasi complètement décarbonée et apporte donc une réduction plus forte des émissions en France qu'ailleurs en Europe. Le retard actuel (en pourcentage de décroissance des émissions de GES) sur la moyenne de l'Europe sera donc plus difficile à rattraper.

Selon le rapport annuel 2025 du Haut conseil pour le climat²¹, les réductions d'émission des secteurs du transport, de l'industrie et de l'agriculture devraient être multipliées par 3 à 4 chaque année jusqu'à 2030 par rapport à la réduction enregistrée entre 2023 et 2024 (et multipliée par 9 pour l'important secteur du bâtiment) pour rester sur la trajectoire conduisant à zéro émission nette en 2050. Or, la situation budgétaire actuelle, très contrainte, fait craindre un accompagnement insuffisant. Le constat est fait par le Haut conseil « qu'en 2024, la dynamique des investissements dans les deux sous-secteurs qui concentrent la majorité des besoins d'investissements – rénovation énergétique des bâtiments et véhicules électriques – rend peu probable l'atteinte des objectifs fixés pour 2030, sauf accélération d'ampleur dans les années à venir. Or l'analyse du budget dédié à l'action climatique en LFI 2025 témoigne également d'évolutions défavorables des masses budgétaires consacrées à la transition climatique. Les orientations budgétaires prises en 2025 ne donnent pas de signaux positifs pour une reprise de la décarbonation au niveau nécessaire, le budget 2026 doit améliorer la situation ». Ces projections sont alarmantes tandis que les perspectives de réchauffement climatique, plus rapides que prévu, plaident pour un accroissement de l'effort de réduction. L'Europe et la France font déjà la course en tête : en 1990, l'Union européenne (périmètre à 27 pays) contribuait à 15,2 % des émissions mondiales de GES ; en 2023, cette part est tombée à 6 %, grâce aux efforts de réduction, mais aussi à cause de la désindustrialisation, de la délocalisation et du développement de la Chine et de pays émergents.

Des risques, mais aussi des opportunités

Face à ces risques et ces réalités, quels que soient les correctifs ou adaptations des objectifs, ils doivent rester ambitieux, mais réalistes : les parties prenantes n'ont en effet ni intérêt ni motivation à se voir fixer des objectifs inaccessibles. Il convient en outre de respecter les trois piliers du développement durable ; outre l'environnement et la maîtrise du changement climatique, le développement social et l'économie qui sont les deux autres piliers doivent être pris en compte.

Le développement social inclut l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes, à un coût abordable. Il n'y aura ni développement social ni décarbonation profonde sans contrôle des évolutions du coût de l'énergie pour les populations les plus défavorisées et pour les entreprises du secteur agricole, du secteur industriel et, de façon croissante, des services.

En contrepoint, l'objectif de décarbonation présente des opportunités pour le développement économique de la France. Elle peut consolider la maîtrise de certaines technologies (nucléaire, aéronautique sobre, électronique de puissance, par exemple) et aussi viser à industrialiser sur son territoire une part de la demande en nouvelles technologies matures (solaire, éolien, stockage de chaleur, batteries, piles à combustible, géothermie, etc.) et ainsi créer des emplois. Elle peut enfin devenir leader dans de nouvelles technologies émergentes (nouvelles technologies solaires ou éoliennes, carburants liquides de 2^e génération et carburants de synthèse, etc.) pour lesquelles elle dispose d'importants atouts (maîtrise technique par ses instituts de recherche, électricité décarbonée et abondante, etc.).

L'objectif net zéro carbone peut aussi contribuer à la souveraineté énergétique de la France, dont l'économie reste fortement vulnérable aux aléas des importations d'énergies fossiles, comme la crise énergétique de 2022 l'a montré : le solde des échanges de pétrole et gaz a encore été négatif de 62 Mds€ en 2024 (plus des deux tiers du déficit commercial).

21 [Haut conseil pour le climat – Rapport annuel - juillet 2025](#)

Le contexte de l'Union européenne

Depuis que l'énergie fait partie des compétences de l'Union européenne (traité de Lisbonne adopté en 2007, entré en vigueur en 2009 et en 2014 pour la mise en œuvre progressive de la règle de double majorité en substitution à l'unanimité), la politique énergétique française est fortement liée à la politique fixée au niveau européen. Le *Green deal* (Pacte vert) comporte une trentaine de règlements, directives, et actes délégués par lesquels les pays membres se sont donné des objectifs quantitatifs très précis dans de multiples domaines (trajectoire de décroissance des émissions de CO₂ ; diminution des consommations énergétiques ; part des énergies renouvelables dans le mix énergétique [directive RED III] ; définition des carburants d'origine non biologique [RFNBO – carburants liquides décarbonés produits par synthèse de CO₂ et hydrogène] ; obligations d'utiliser des carburants d'origine biologique et non biologique dans le maritime et l'aviation ; obligation de réduction des émissions des bâtiments et définition des règles d'établissement des diagnostics de performance énergétique ; soutien au développement et à l'industrialisation de technologies critiques pour la décarbonation, etc.).

De surcroît, la politique énergétique européenne, qui ne se donne aucun objectif d'indépendance énergétique, mais un objectif très imprécis de « sécurité », a révélé ses limites à l'occasion de la guerre en Ukraine. Les citoyens et les entreprises de l'Union ont payé très cher leur dépendance au gaz russe.

La dépendance de l'Union européenne aux importations d'énergies fossiles augmente régulièrement ; elle est passée de 52 % en 1990 à 64 % en 2022 pour l'ensemble de ces énergies, et de 66 % en 2000 à 98 % en 2022 pour le gaz naturel²². Dans un contexte géopolitique qui se tend, cette dépendance est une fragilité alors que les États-Unis sont devenus excédentaires en énergie (toutes formes confondues) en une génération, et que la Chine a une politique très active pour réduire sa dépendance.

La France est plus résiliente que l'Union : après s'être accrue au début des années 1970, essentiellement du fait de la réduction de l'extraction de charbon, la dépendance française se réduit nettement dans les années 1980 avec la mise en service du programme nucléaire.

De 1970 à 2023, le taux de dépendance énergétique de la France s'est réduit de 67 % à 43 %, son minimum historique²³.

De 2013 à 2023, le coût de la vie en France (Indice Insee des prix à la consommation) a augmenté de 20,2 % ; dans le même temps, les prix du gaz et de l'électricité payés par les particuliers (abonnement de 6 kVa pour l'électricité y compris les taxes, le financement de l'extension du réseau de transport et le soutien aux énergies renouvelables) ont augmenté respectivement de 60 % et de 114 %. Le prix de gros de l'électricité est d'environ 45 % plus élevé en Europe qu'aux États-Unis, et 60 % plus élevé qu'en Chine.

L'Académie des technologies a rappelé dans un avis de 2023²⁴ que le Pacte vert impose un mix énergétique comprenant 42,5 % d'énergies renouvelables²⁵, et donc une très forte croissance des énergies solaires et éoliennes, à l'encontre du principe de neutralité technologique²⁶ (pas d'interférence de l'Union dans les choix de mix énergétique des États membres). L'Académie recommandait que le mix énergétique soit déterminé au regard de l'objectif de décarbonation et de la minimisation des coûts complets sans exclure le nucléaire.

²² [EU energy in figures – Publications Office of the EU](#)

²³ [Chiffres clefs de l'énergie – SDES - Édition 2025](#)

²⁴ [Pour une nouvelle politique européenne de l'énergie – Académie des technologies - mai 2023](#)

²⁵ [Directive \(UE\) 2023/2413 du Parlement européen et du Conseil - 18 octobre 2023](#) concernant la promotion de l'énergie produite à partir de sources renouvelables.

²⁶ Art. 192-2.c) et Art. 194-2. du [Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne](#).

C'est dans ce cadre que nous proposons quelques grands axes d'une politique énergétique cohérente, en examinant successivement les enjeux de sobriété énergétique, et de décarbonation des usages actuels d'énergie fossile par de la chaleur ou de l'électricité décarbonée. Compte tenu des enjeux particuliers de la décarbonation du secteur résidentiel et tertiaire qui combinent énergie et isolation thermique, un chapitre particulier y est consacré. La conclusion récapitule quelques grands principes et recommandations qui devraient être mis en œuvre pour une politique de l'énergie au service de l'environnement, mais aussi de l'économie et du développement social.

2) Les enjeux de l'efficacité énergétique et de la sobriété

Les objectifs de consommation d'énergie

La directive européenne sur l'efficacité énergétique (DEE)²⁷ fixe des objectifs de réduction de la consommation d'énergie de 25 % pour la consommation finale et de 34 % pour la consommation primaire en 2030 par rapport à 2005. Elle ne fixe pas d'objectifs pour 2040 ou 2050. Ces objectifs devraient être essentiellement assurés par la sobriété et une meilleure efficacité énergétique.

La sobriété

La sobriété selon le GIEC²⁸ est un « *un panel de politiques et de pratiques quotidiennes qui évitent la demande en énergie, matériaux, sols et eau tout en fournissant un niveau de bien-être pour tous, compatible avec les limites planétaires* ». Distincte de l'efficacité, elle doit être le premier objectif de toute politique énergétique durable. Elle économise les ressources et réduit les externalités associées à la consommation d'énergie. Trop souvent associée à une modification des comportements individuels, elle ne peut en réalité se déployer sans une mobilisation cohérente des politiques publiques. Par exemple, la conception des bâtiments telle qu'encadrée par la réglementation RE 2020 induit des économies d'énergie tout au long du cycle de vie ; la planification urbaine peut favoriser les économies futures en limitant l'étalement urbain et simplifiant la conception des réseaux de transport, comme l'illustre le concept de ville du quart d'heure²⁹. L'Académie des technologies a montré que la sobriété est nécessaire à court terme, car la technologie ne suffira pas à faire face à l'urgence climatique, et a défini certaines pistes³⁰.

La sobriété peut être facilitée par des dispositifs technologiques permettant aux consommateurs de mieux connaître, maîtriser ou programmer leurs consommations. Leur adoption peut être volontaire ou fondée sur une réglementation après concertation avec les parties prenantes. *A contrario*, l'obsolescence programmée va à l'encontre de la sobriété. La France a été exemplaire en étant le premier pays à avoir qualifié en 2015 l'obsolescence programmée de délit, mais, depuis dix ans, aucune condamnation n'a été prononcée sur ce

27 [Directive \(UE\) 2023/1791 du Parlement européen et du Conseil du 13 septembre 2023 relative à l'efficacité énergétique et modifiant le règlement \(UE\) 2023/955](#) – § (30) des « considérants ».

28 [IPCC AR6 WGIII Chapter09 - Buildings](#). Le concept a été introduit par le GIEC pour le secteur des bâtiments et de la construction, mais il est extrapolable. La traduction est libre ; le texte original est : "A set of policy measures and daily practices that avoid the demand for energy, materials, land, water, and other natural resources while providing wellbeing for all within the planetary boundaries."

Pour en savoir plus, on peut se reporter à Aurore Flipo – Ce que la sobriété veut dire – Pratiques et représentations de la sobriété en Europe – [Lien social et politique - Numéro 93, 2024, p. 379](#).

29 Moreno, Carlos; Allam, Zaheer; Chabaud, Didier; Gall, Catherine; Pratlong, Florent (March 2021) - [Minute City](#) : Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post

30 [Matières à penser sur la sobriété](#) – Académie des technologies – juin 2023.

fondement³¹. Et pourtant, la sobriété dans l'achat d'appareils neufs (téléphones, électroménager, voitures, etc.) doit être largement soutenue par la possibilité de réparations et la fin de l'obsolescence programmée ; en effet les bénéfices sur la réduction des émissions et des importations sont potentiellement importants.

En 2022 et 2023, RTE a confié à Ipsos une étude sur l'attitude des Français vis-à-vis de leurs consommations énergétiques³². Elle a montré notamment que « *Certains changements des modèles de vie, envisagés comme des leviers pour atteindre la neutralité carbone, sont en net écart avec les aspirations ou les désirs des Français et se heurtent à des freins culturels ou organisationnels importants. Il s'agit du renoncement au véhicule individuel, du partage des espaces de vie et de la bascule vers le logement collectif* ». Au vu de cette étude, et dans la révision (2023) de ses futurs énergétiques 2050, RTE a estimé que la sobriété permettrait d'économiser quelques pour cent d'énergie finale en 2035 suivant la trajectoire actuelle sans nouveaux efforts.

En effet, la sobriété ne se décrète pas. Le Haut conseil pour le climat dans son rapport annuel 2025³³ a noté « *Qu'un relâchement des efforts de sobriété [dans le secteur du bâtiment], en raison du moindre portage politique et d'un signal prix défavorable aux économies d'énergie, peuvent expliquer la hausse des émissions de ce secteur en 2024 par rapport à 2023* ». L'Ademe, de son côté, constate que « *La part des individus qui s'engagent dans les pratiques de sobriété en associant leurs comportements à une cause environnementale est de fait systématiquement minoritaire – et très faible dans la plupart des cas*³⁴ ». Et l'enquête EDF/Ipsos sur l'opinion mondiale face au changement climatique³⁵ note « *La baisse de l'inquiétude vis-à-vis du changement climatique qui se constate dans la quasi-totalité des segments de la population française* ».

La transition énergétique occupe une place élevée dans la plupart des programmes politiques, et les Français sont légitimement inquiets du dérèglement climatique, à la deuxième place de leurs préoccupations après le pouvoir d'achat³⁶. Un frein pour passer du constat à l'action tient sans doute au caractère inégalitaire des efforts requis (les ménages ayant les revenus les plus élevés sont aussi les plus gros consommateurs d'énergie ; il n'y a pas de progressivité du prix des carburants liquides et gaz ; la progressivité du coût de l'électricité est faible, etc.). Et la fiscalité de l'énergie est très complexe, les pouvoirs publics ayant renoncé à la mise en place d'une taxe carbone à la suite du mouvement dit des gilets jaunes. Les négociations sur la révision de la directive sur la taxation de l'énergie (DTE) qui inclut une révision des droits d'accise se poursuivent très difficilement depuis 2021 ; cette révision requiert l'unanimité des pays membres et son aboutissement est peu probable.

Or, la transition énergétique repose largement sur l'usage de la carotte (des aides) et du bâton (des taxes et des règlements) et de mécanismes facilitant l'adaptation de la demande. La tarification jour-nuit de l'électricité, dont le mécanisme est simple et bien compris, est plébiscitée par les consommateurs et certains seraient sans doute demandeurs d'une tarification plus dynamique de l'électricité variant en fonction de l'évolution des prix de gros au fil de la journée : c'est la démonstration que la perspective d'économie et l'accès à l'information sont des moteurs essentiels pour modifier les comportements. Les enquêtes effectuées en 2022 et 2023 par Ipsos pour RTE³⁷ ont bien montré que ce sont les perspectives d'économie qui sont les premiers facteurs de décision des consommateurs pour accepter de réduire la surface de leur logement, réduire leur vitesse, changer leurs équipements de chauffage, etc. Et des taxes pourront stimuler la faible inclination européenne à la sobriété. Par ailleurs, de telles taxes peuvent permettre de financer des opérations de sobriété, comme la création des agences de bassin a permis il y a 50 ans de créer des mécanismes financiers vertueux.

31 Reporterre – [Délit d'obsolescence programmée : aucune condamnation en dix ans](#)

32 [Étude sur les mécanismes de décision des Français en matière de consommation énergétique](#) – Ipsos pour RTE. 2022 et 2023.

33 Haut conseil pour le climat – Rapport annuel - [HCC_RA_2025 – 02-07-](#)

34 Ademe – L'ObSoCo. 2023. [Baromètre Sobriétés et Modes de vie](#)

35 [Obs'COP 2024 réalisé par l'Institut IPSOS pour EDF](#)

36 [Baromètre IRSN 2024 sur la perception des risques et de la sécurité par les Français](#)

37 [Étude sur les mécanismes de décision des Français en matière de consommation énergétique](#)

En l'absence de telles taxes, on peut estimer en première approche que la sobriété permettrait de réduire de ~10% (150 TWh) la consommation finale française à l'horizon 2035 par rapport à 2023.

La sobriété ne peut se limiter au seul secteur de l'énergie. Le nexus³⁸ eau-énergie-agriculture apporte des contraintes propres avec des conséquences en cascade. Le réchauffement réduit les ressources en eau disponibles. Les occurrences répétées de sécheresses et canicules³⁹ peuvent impacter la production d'électricité (baisse de puissance de deux centrales nucléaires en août 2025 ; réduction de la production hydroélectrique en 2022). La sobriété de la consommation énergétique s'impose donc aussi pour faire face à des défis de production durant les périodes défavorables qui seront plus fréquentes dans le futur.

L'efficacité énergétique

La directive européenne sur l'efficacité énergétique (DEE) prescrit une baisse de la consommation d'énergie finale en 2030 pour atteindre, en France, 1 243 TWh selon le périmètre DEE ; mais les modélisations de la PPE 3 ne permettent d'atteindre que 1 381 TWh selon ce même périmètre⁴⁰, soit un dépassement très significatif de 138 TWh (la référence est 1 756 TWh en 2012).

La PPE 3 en cohérence avec cet objectif de réduction de la consommation finale suppose une forte accélération de la réduction de cette consommation entre 2025 et 2030 ; depuis 2012, la réduction s'établissait en tendance à 22 TWh par an et devrait doubler entre 2023 et 2030 pour atteindre l'objectif de 1 243 TWh⁴¹ en 2030.

Quant à l'objectif 2050 de la DEE (« Réduire de 50 % la consommation d'énergie finale en 2050 par rapport à celle de 2012 »), la PPE 3 indique qu'« il sera nécessaire de consentir à un effort complémentaire sur la base de mesures supplémentaires à construire d'ici le prochain exercice de planification ».

Le potentiel de réduction des consommations d'énergie d'ici 2030 au-delà de ce qui est déjà lancé et décrit plus loin (électrification des transports terrestres ; isolation des logements, pompes à chaleur, électrification dans l'industrie, etc.) n'est guère extensible, d'autant que l'énergie finale consommée en France est sensiblement plus faible que la moyenne européenne, comme rappelé précédemment. Il faut souligner que certaines transitions (véhicules électriques ; pompes à chaleur) ont un double bénéfice (sortie d'une énergie fossile et très forte réduction de l'énergie finale consommée [meilleur rendement]).

À l'horizon 2035 et au-delà, les technologies actuelles seront améliorées et de nouvelles technologies apparaîtront. Les développements et les marchés seront européens et mondiaux. La France doit y être active sans doute en se positionnant sur quelques technologies clefs où elle peut exceller (carburants de synthèse, capture du CO₂ requis pour la production de ces carburants, etc.). La clef du succès sera la maîtrise du coût des énergies et essentiellement du coût de l'électricité produite sur le territoire national.

³⁸ Terme consacré dans ce domaine technico-scientifique (pour système interdépendant).

³⁹ [Été 2025 : l'ASNR fait le point sur les rejets thermiques des centrales nucléaires pendant les périodes de canicule](#)
[Avis du Conseil scientifique du bassin Seine-Normandie sur la sobriété en eau.](#)

Haut-Commissariat à la Stratégie et au Plan – L'eau en 2050 : graves tensions sur les écosystèmes et les usages - juin 2025.

⁴⁰ [Projet de PPE 3](#) soumis à la consultation - mars 2025 - Idem. § 2.1.

⁴¹ Idem. § 2.1.

3) La chaleur décarbonée sera-t-elle au rendez-vous ?

La stratégie de décarbonation française fait l'hypothèse d'un très fort accroissement du recours à la biomasse à l'horizon 2050 (plus de 300 TWh ; un peu plus de 150 TWh en 2024) et à la géothermie (100 TWh⁴² ; 5 TWh en 2024).

Perspectives de croissance de la biomasse

L'Académie des technologies conjointement avec l'Académie d'agriculture a procédé à une évaluation de nombreuses études récentes du potentiel énergétique de la biomasse⁴³. Il apparaît que ce potentiel est largement surestimé, particulièrement si on considère l'obligation, contradictoire, de faire croître le puits de carbone et d'une hypothèse haute de valorisation énergétique de la biomasse se situant autour de 245 TWh en 2050⁴⁴. Les leviers de croissance ne sont pas très nombreux.

En effet, le potentiel de biomasse forestière exploitée durablement ne peut être qu'à évolution lente pour préserver le puits de carbone forestier. Dans le contexte où le réchauffement climatique augmente la fréquence des feux de forêt⁴⁵, conduit à une diminution de la croissance biologique et une augmentation de la mortalité des arbres, et que, par ailleurs, se met en place une politique d'orientation prioritaire du bois vers la construction (incitations de la Réglementation environnementale 2020), la disponibilité de bois-énergie produit en France devrait être stable (~100 TWh). Or, une exploitation forestière intensive, qui viserait à disposer d'une quantité additionnelle de plus de 10 TWh, impacterait négativement le puits de carbone. La croissance devra donc venir des cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE), mais le potentiel des CIVE, notamment d'été dans une perspective de réchauffement climatique, est généralement très surestimé (environ 40 TWh de potentiel raisonnable en 2050) ; des cultures lignocellulosiques à cycle court (environ 15 TWh) ; ou encore d'une gestion optimisée des résidus de culture (30 TWh) et des effluents d'élevage (15 TWh). Ce qui permet peut-être d'atteindre les 245 TWh précités, qui n'incluent pas la valorisation des déchets urbains et de l'industrie agroalimentaire. Mais leur potentiel énergétique est faible⁴⁶.

Dans ce contexte d'accès plafonné à la biomasse, un recours accru à l'importation sera nécessaire si le développement des réseaux de chaleur utilisant le bois énergie n'est pas strictement limité, d'autant que la biomasse a une densité énergétique faible et donc un coût de transport élevé. En outre les critères de durabilité qu'il convient impérativement de respecter limitent la ressource française, ainsi que le potentiel d'importation. Il convient en effet de ne pas impacter les objectifs de décarbonation des pays exportateurs. Au total les hypothèses de disponibilité de la biomasse sur lesquelles sont fondées la PPE3 et la SNBC3 (230 TWh dès 2030⁴⁷) paraissent surestimées d'au moins 50 TWh malgré leur révision en forte baisse par rapport à la SNBC2.

La biomasse domestique et, encore plus, la biomasse importée peuvent donner lieu à des fraudes et l'attribution de certificats garantissant la conformité aux critères de l'Union européenne doit être mieux contrôlée.

⁴² La PPE3 reprend l'évaluation de 100 TWh estimée par le BRGM en 2050 pour la géothermie de surface ; mais ce n'est pas au sens minier une réserve.

⁴³ [Quelles contributions attendre de la biomasse dans la transition énergétique ?](#) – Académie des technologies et Académie d'agriculture de France - juin 2025 notamment fondée sur l'inventaire forestier IGN-FCBA Bastack et al. (2024), [Projections des disponibilités en bois et des stocks et flux de carbone du secteur forestier français](#). Ce rapport a été résumé dans le [numéro de juillet 2024 des annales de mines](#).

⁴⁴ C'est l'évaluation de l'Administration – [Mission du Conseil général de l'Économie, Inspection générale de l'environnement et du développement durable et Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux](#). – « Évaluation du potentiel de production d'énergies renouvelables à partir de la biomasse agricole et forestière française à l'horizon 2050 » - décembre 2023.

⁴⁵ Les feux de forêt peuvent significativement accroître les émissions de CO₂ – Copernicus – [Highest wildfire emissions in at least 23 years for Europe after a hectic summer](#) - septembre 2025.

⁴⁶ Quelles contributions attendre de la biomasse dans la transition énergétique ? Op. Cit.

⁴⁷ Projet pour consultation de la SNBC3 – p. 109.

Les priorités d'usage de la biomasse

La biomasse fait l'objet de contrats d'approvisionnement à long terme qui ne peuvent être laissés aux seules forces du marché ; celles-ci ne donnent en effet que des signaux prix de court terme. Il appartient aux pouvoirs publics de donner des orientations en définissant des priorités d'utilisation ou « ordre de mérite » de la biomasse. Or l'ordre de mérite qui figure dans la version mise en consultation de la PPE3, sans justification associée, paraît discutable. La méthodologie proposée dans le rapport précité des deux Académies (agriculture et technologies) vise à donner la priorité de l'utilisation de la biomasse aux usages dont la décarbonisation serait la plus coûteuse s'ils ne pouvaient accéder à cette ressource. Il en est déduit des priorités plus rationnelles succinctement résumées ci-après : sur la biomasse solide d'abord (issue de la biomasse forestière, cultures lignocellulosiques, agroforesterie) ; sur la biomasse méthanisée (transformée en biogaz) ensuite.

Biomasse solide

La disponibilité de biomasse forestière va rester plafonnée aux niveaux actuels ; en conséquence, l'hypothèse de très forte croissance des réseaux de chaleur essentiellement alimentés en bois-énergie de la PPE 3 n'est pas réaliste et risque, au contraire, de créer une pression insoutenable sur la ressource. Elle prévoit en effet une croissance de 14 TWh en 2022 à 53 TWh en 2035 (multiplication par 4) des réseaux alimentés en énergie renouvelable (hors énergie de récupération et géothermie). Le chauffage individuel au bois (bûches ou granulés) augmenterait dans la même période pour atteindre ~135 TWh). Alors que des solutions alternatives à la biomasse existent pour le chauffage des bâtiments et des particuliers, il vaut mieux orienter la biomasse vers d'autres usages (carburants liquides et gazeux).

En contrepoint des ambitions des pouvoirs publics français, on relèvera la position de l'Agence allemande de l'environnement (UBA). Elle considère que l'exploitation de la biomasse forestière réduit le puits de carbone forestier et donc n'est pas neutre ; elle évalue à ~ 375 gCO_{2e}/kWh ses émissions lors de l'utilisation en chauffage (500 g CO_{2e}/kWh pour le gaz). Elle estime en outre que les émissions de particules fines liées à la combustion du bois sont du même ordre de grandeur que celles du trafic routier⁴⁸. En tenant compte de toutes les externalités, le consensus sur le bénéfice du bois-énergie est très fragile au niveau européen.

La PPE 3 ne fixe aucun objectif quantitatif au développement de carburants de deuxième génération alors que c'est une technologie où la France a une avance technologique importante et dispose d'un écosystème efficace (coopératives pouvant assurer la collecte ; développeurs de procédés (IFPEN ; investisseurs). Les carburants 2G peuvent permettre de satisfaire aux obligations d'incorporation européenne pour une période de transition avant l'arrivée des carburants de synthèse (e-carburants). Cette transition est explicitée dans d'autres travaux de l'Académie⁴⁹.

48 [CO₂-Rechner : Neue Berechnungsgrundlage bei Holzenergie](#)

49 [Quelles contributions attendre de la biomasse dans la transition énergétique ?](#) – Académie des technologies et Académie d'Agriculture de France - juin 2025.

[Proposition d'une feuille de route 2035 pour le développement des e-carburants](#) – Académie des technologies - novembre 2023.

Biomasse gazeuse

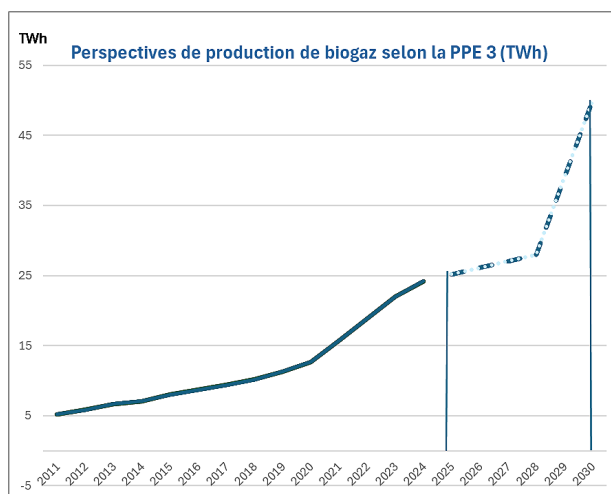


Figure 4 – Perspectives de production de biogaz selon la PPE 3

La PPE 3 indique que l'augmentation des tarifs de rachat permettra d'atteindre l'objectif de 22 TWh de biométhane en 2028 fixé par la PPE 2⁵⁰ (7 TWh en 2013), et elle définit un objectif de production de 50 TWh en 2030 dont 44 TWh injectés dans les réseaux ; il suppose une très forte accélération à partir de 2028 qui n'est guère réaliste. Le soutien au biogaz coûte à la puissance publique ou aux consommateurs environ le triple du coût du gaz naturel.

Les mécanismes de soutien au biogaz⁵¹

Les multiples modalités de soutien au développement des projets de méthanisation mises en œuvre entre 2011 et 2023 rendent difficile leur recensement exhaustif. Ils comprennent notamment :

- des soutiens directs, nationaux et/ou régionaux, à l'investissement,
- des tarifs d'achat garantis, soit réglementairement pour les petites installations ou à l'issue d'appels d'offres,
- et plus récemment l'attribution aux producteurs de biogaz injecté dans le réseau de « certificats de production de biogaz » (CPB). Ils obligent à partir du 1^{er} janvier 2026 les vendeurs de gaz naturel aux secteurs résidentiels et tertiaires de présenter des CPB en proportion de leur vente de gaz naturel ; ces CPB peuvent résulter de leur production propre de biogaz, ou achetés à des producteurs de biogaz. L'absence de présentation de CPB entraînera une pénalité de 100 €/MWh.

Ce dernier mécanisme portera sur 6,5 TWh la première année (2026) soit le quart de la production de biogaz, mais cette quantité a vocation à croître.

⁵⁰ Page 32 de la PPE 3 en consultation. L'objectif d'injecter 44 TWh en 2030 est p. 61.

⁵¹ Cet encadré est largement fondé sur le rapport thématique et public de la Cour des comptes « [Le soutien au développement du biogaz - mars 2025](#) ».

Hors soutiens à l'investissement, les producteurs sont rémunérés d'environ 100€/MWh via des tarifs d'achat. Via le mécanisme de CPB, ils perçoivent ~32€/MWh par la vente de la molécule de gaz, et on s'attend à ce qu'ils perçoivent 80€/MWh par la vente de CPB. Les ordres de grandeur sont les mêmes. Mais le tarif de rachat est supporté par l'impôt alors que le CPB est *in fine* payé par le client final.

La CRE citée par la Cour des comptes anticipe une hausse du prix du gaz pour les particuliers d'au moins 26 % en 2030. Elle juge en outre que le dispositif des CPB ne peut être pérenne puisque son assiette est fondée sur des ventes de gaz naturels qui par hypothèse sont amenées à disparaître.

On note également que le développement rapide des méthaniseurs s'est accompagné de nombreux accidents ayant parfois des impacts importants sur l'environnement⁵². Les modifications d'occupation du sol pour la production de biogaz ont également des conséquences impliquant un meilleur contrôle de cette production⁵³. La politique de la PPE 3 prévoit d'injecter une part substantielle du biogaz dans les réseaux pour une utilisation finale par les consommateurs. Or, ceux-ci disposent en général de solutions alternatives de décarbonation (électricité) si une politique de disparition progressive de chaudière gaz est mise en œuvre. Et le biogaz devrait être préférentiellement utilisé pour :

- **la production d'électricité de pointe** assurée par un parc de turbines à gaz disponible et peu exploitée. Certes la tarification énergétique doit être revue pour diminuer les demandes de pointe, comme la France avait su le faire dans les années 80/90, en particulier avec la remise en place de tarifications « *effacement jour de pointe* ». Mais la demande d'électricité de pointe qui atteignait régulièrement ~40 TWh dans les années précédant 2020 devrait rester élevée d'autant que la production et la consommation d'électricité devrait augmenter de 40 % à 50 % en moyenne annuelle, avec de fortes fluctuations dues à l'intermittence des productions solaires et éoliennes. La suggestion de la PPE 3 initiale (novembre 2024) d'utiliser l'hydrogène pour assurer la production électrique de pointe conduirait à un coût d'abattement beaucoup plus élevé que l'utilisation du biogaz, d'autant que les turbines à gaz françaises ne sont pas *hydrogen ready*. La production d'électricité de pointe pourrait être assurée essentiellement par du biogaz pour environ 30/40 TWh par an à l'horizon 2040/2050 ;
- **la chaleur haute température** (pour l'industrie) où les équipements gaz sont en place, et le biogaz permettrait de minimiser les coûts d'abattement ;
- **les soutes maritimes** : les grands porte-conteneurs entament leur décarbonation en passant du fioul au gaz naturel et ils devront très naturellement accéder au biogaz pour se décarboner en utilisant au mieux les motorisations dont ils se seront équipés.

Il y a de surcroît un bénéfice à utiliser le biogaz dans des installations de taille significative au lieu d'une utilisation diffuse par les particuliers : c'est la possibilité de capter le CO₂ issu de sa combustion (CO₂ biogénique) qui est un puits de carbone. Il peut être stocké ou utilisé pour produire des carburants de synthèse dans des conditions bien plus compétitives que le captage direct du CO₂ dans l'air.

Le potentiel de production de biogaz est limité et les usages prioritaires décrits ci-dessus seraient supérieurs à la production française ; il convient donc de se préparer à une baisse significative de la distribution de gaz aux particuliers. Il s'agira d'une évolution de grande ampleur, dont l'arrêt de la distribution d'électricité en 110 V (vingt ans) ou l'arrêt de la distribution de gaz B dans le nord de la France (cinq ans) donnent une petite idée ; l'accompagnement pratique et financier des consommateurs ne doit pas être sous-estimé.

52 [Accidentologie du secteur de la méthanisation – Direction générale de la prévention des risques - 2021.](#)

53 [Office français de la biodiversité – Méthanisation – Incidence sur la biodiversité - avril 2025.](#)

Développement de la géothermie de surface et profonde

Au contraire de la biomasse forestière, le développement de la géothermie de surface et profonde envisagé par la PPE 3 paraît bien modeste (26 TWh en 2035 ; contre 5 TWh en 2022) au regard de ressources françaises estimées à 100 TWh par le BRGM⁵⁴. Une politique offensive sur ces technologies serait beaucoup plus pertinente que le soutien à un niveau élevé de la production de chaleur par la biomasse solide qui peut être plus utilement convertie en carburants 2G ou en biométhane.

En particulier, le déploiement de stockages intersaisonniers de chaleur pour assurer chauffage et climatisation/ rafraîchissement est possible sur la quasi-totalité du territoire. Ce sont des technologies matures dont le déploiement progresse dans d'autres pays. En France, elles sont trop peu connues et leur déploiement n'est actuellement pas spécifiquement favorisé par la réglementation et les incitations. En associant un stockage aux réseaux de chaleur/froid des campus et des bâtiments résidentiels et tertiaires, de préférence avec une recharge active permettant de réduire la consommation d'énergie en hiver, ces systèmes consomment moins d'électricité que les pompes à chaleur air-air même lors de grands froids ou de grosses chaleurs, puisque la température du sous-sol y est insensible⁵⁵.

4) L'électricité et la décarbonation des usages

L'électrification est généralement le premier invité des débats sur la transition énergétique ; en particulier, l'opposition entre nucléaire et renouvelables est un thème inépuisable de polémiques. Ce n'est cependant pas le sujet le plus difficile : la production de chaleur décarbonée, la neutralité carbone des secteurs résidentiels et tertiaires, l'électrification des transports, la décarbonation de l'industrie représentent des enjeux essentiels et très difficiles.

L'électrification requiert des investissements considérables tant en ce qui concerne ses usages que sa production, son « stockage » sous forme électrochimique ou gravitaire et son transport : ces investissements doivent être décidés en visant à minimiser l'ensemble des coûts.

La production actuelle d'électricité est, pour l'essentiel, déjà décarbonée. Au-delà de la sobriété et de l'efficacité énergétique, la décarbonation des usages énergétiques viendra largement de la conversion à l'électricité d'usages assurés actuellement par des énergies fossiles. On examine ci-après, sans exhaustivité, quelques potentiels de croissance de la demande électrique pour remplacer la consommation d'énergies fossiles ou assurer de nouveaux usages.

Au regard de la promotion de l'électricité pour assurer la décarbonation, on doit cependant rappeler que la fiscalité appliquée à l'électricité est particulièrement curieuse puisqu'elle supporte deux taxes spécifiques, la Contribution tarifaire d'acheminement (CTA) qui finance des droits spécifiques relatifs à l'assurance vieillesse des personnels des industries électriques et gazières, et un droit d'accise perçu par l'État qui contribue au financement des énergies renouvelables et certaines obligations de service public d'EDF. La TVA (taux de 20 %) s'applique au prix hors taxe de l'électricité, au coût de transport⁵⁶ et aux deux taxes spécifiques !

54 [Coup d'accélérateur pour la production de chaleur par géothermies | BRGM - 2025](#)

55 [Le stockage intersaisonnier de chaleur un atout pour le climat et la souveraineté](#) – Académie des technologies - 2023.

56 TURPE – Tarif d'utilisation des réseaux.

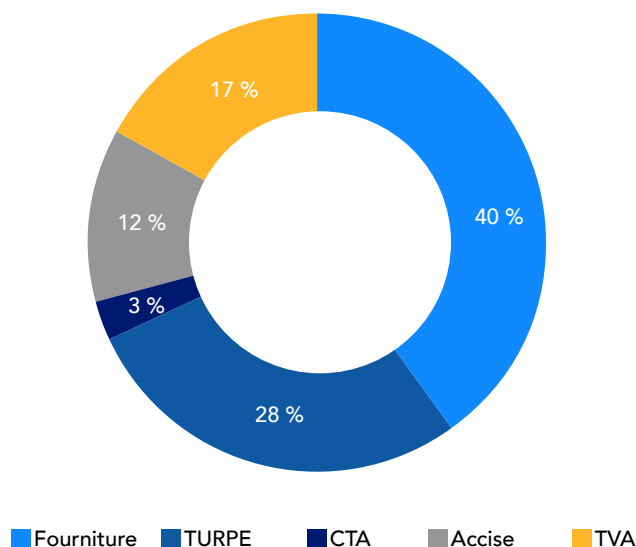


Figure 5 – Tarif réglementé 2025 – EDF – Ventilation du coût de l'électricité – août 2025

Au total, l'électricité produite et distribuée supporte 47 % de taxes à comparer aux billets d'avion qui ne supportent pas la TVA et aux soutes maritimes et aériennes (kérosène) qui ne supportent aucune taxe. Les droits d'accise sur l'électricité sont près du double de ceux supportés par le gaz (par kWh) : la fiscalité de l'énergie devrait être profondément repensée pour inciter à l'utilisation de l'électricité pour la décarbonation.

Quelques segments de croissance de la demande d'électricité

Transport routier

Les transports terrestres en 2023 ont consommé 434 TWh de « produits pétroliers » et 41 TWh de biocarburants⁵⁷. C'est l'un des deux plus gros potentiels de réduction des émissions de GES. Compte tenu des rendements respectifs des motorisations électriques et thermiques, d'une hypothèse raisonnable de sobriété, de reports modaux et d'un fort développement des véhicules autonomes partagés, la demande d'électricité pour les transports terrestres en 2050 devrait être de l'ordre de 100 TWh⁵⁸ à comparer à 12 TWh en 2023 ; elles pourraient aller jusqu'à 150 TWh si tous les leviers précités n'étaient pas effectifs... Le principal enjeu pour les voitures particulières est le soutien de la demande et le développement de l'infrastructure de recharge jusqu'à l'atteinte des économies d'échelle permettant aux véhicules électriques d'être plus économiques que les véhicules thermiques. La vente de véhicules neufs devra s'accompagner de la création d'un marché de l'occasion (les 2/3 des ventes pour les véhicules à moteur thermique) ; il est actuellement très modeste, mais paraît s'accélérer sur des volumes qui restent très faibles.

Pour les véhicules utilitaires et les poids lourds, cars et bus, le manque d'infrastructure de recharge rapide (250 à 350 kW pour les VUL et 750 kW pour les PL) est criant et met en péril l'atteinte des cibles de décarbonation pour ces véhicules qui comptent pour 12 % et 27 % des émissions de GES du transport routier en Europe, mais 16 et 27 % en France.

⁵⁷ SDES – Chiffres clés des énergies renouvelables et Chiffres clés des transports - 2024.

⁵⁸ Cette évaluation recoupe celle de RTE dans ses « futurs énergétiques - 2022 ».

Industrie

Encore plus difficile à prévoir est l'électrification de l'industrie (demande additionnelle de 65 TWh en 2050 pour notamment les aciéries, l'électronique, agroalimentaire⁵⁹...) et de la production d'hydrogène. À l'horizon 2050, l'Académie des technologies a évalué à 2,8 Mt la demande annuelle d'hydrogène ou de produits dérivés⁶⁰, ce qui correspondrait à une demande d'électricité de 75 TWh avec une importation de 50 %. Les produits dérivés de l'hydrogène (méthanol, ammoniac, e-biocarburants et carburants liquides de synthèse) sont assez facilement transportables et l'équilibre entre importations et production domestique va très fortement dépendre du prix de gros de l'électricité en France et, en particulier, du prix du nucléaire historique après la fin des opérations de grand carénage. Un ordre de grandeur d'environ 45 à 50 €/MWh en moyenne serait très favorable à des productions électro-intensives en France, alors que des tarifs au-delà de 60 € par MWh seraient au contraire dissuasifs. Le bon aboutissement des négociations engagées par EDF et sa capacité à s'engager dans des contrats de vente de longue durée sont essentiels pour le futur de l'électrification des usages.

La France dispose de nombreux atouts pour la production de carburants liquides décarbonés (maîtrise technologique ; accès à une électricité décarbonée nucléaire et renouvelable). En particulier la forte variabilité de la production d'énergie éolienne et solaire devrait permettre, avec les excédents d'électricité, une production d'hydrogène par électrolyse avec un facteur de charge élevé (environ 80 %) permettant une production de carburants liquides décarbonés. C'est une opportunité que la France se doit d'intégrer dans sa politique énergétique^{61, 62}.

Les centres de données

La croissance de l'intelligence artificielle, du data mining et des processus sécuritaires, tels que les cryptomonnaies, laisse présager une augmentation significative de la demande électrique permettant de les alimenter. Selon RTE⁶³, la demande d'électricité pourrait atteindre 23 à 28 TWh en 2035. Il s'agit d'une demande significative, mais les puissances installées actuellement sont très supérieures aux puissances appelées. La demande pourrait être plus importante si les facteurs de charge des centres de données augmentaient.

Ces centres de données sont très consommateurs d'eau pour le refroidissement. L'ARCEP a déjà constaté une hausse de 20 % de la consommation d'eau par les data centers en France en 2022, même si cette consommation était encore modeste⁶⁴.

Il conviendra évidemment que l'essentiel de la chaleur émise par ces centres soit récupéré et valorisé conformément aux obligations légales et réglementaires⁶⁵, ce qui n'est pas le cas actuellement (typiquement, moins de 20 % de la chaleur peut être utilisée pour des réseaux de chaleur). Avec la disponibilité en eau cela pourrait constituer une contrainte forte à leur implantation ou à leur fonctionnement.

⁵⁹ RTE – Futurs énergétiques 2050. Op. Cit.

⁶⁰ [Y aura-t-il trop d'électrolyseurs en 2035 en France pour la demande prévisible ?](#) – Avis de l'Académie des technologies - 10 avril 2024

⁶¹ Voir documents de la note 53 et travaux en cours de l'AT disponibles fin 2025.

⁶² La directive RED III (citée) interdit d'utiliser le CO₂ de source industrielle au delà de 2040 pour la production de carburants de synthèse (*Renewable fuels of non-biological origin* (RFNBO)).

⁶³ [Data centers : 11 chiffres sur leur essor en France et leurs besoins en électricité | RTE - 2025](#).

⁶⁴ [«Pour un numérique soutenable» – Édition 2024 \(données 2022\) | Arcep](#)

⁶⁵ La Directive efficacité énergétique (DEE précitée) oblige les centres de données de plus de 1 MW à récupérer la chaleur fatale qu'ils produisent, sauf incompatibilité technico économique, et tous les centres de puissances > 0,5 MW doivent publier chaque année leurs données de performance énergétique : consommation d'énergie, PUE (*Power Usage Effectiveness*) températures de consigne d'utilisation de la chaleur résiduelle, la consommation d'eau et utilisation d'énergies renouvelables.

La climatisation

RTE prévoit dans sa prospective très approfondie *Futurs énergétiques 2050* que le besoin de climatisation dû au réchauffement climatique par lui-même affectera la demande de chauffage à l'horizon 2050. L'impact net est faible, puisque l'installation de climatiseurs réversibles mène à des économies pendant la période de chauffage (- 7 TWh pour le chauffage ; + 6 TWh pour la climatisation avec, par contre, des impacts sur les pics de puissance).

Les besoins de climatisation et des data centers paraissent couverts dans les scénarios RTE.

Le marché de l'électricité

Selon l'article 3 du traité sur l'Union européenne, celle-ci dispose d'une compétence exclusive sur le marché intérieur dont relèvent l'électricité, le gaz et les autres produits énergétiques. Et le principe cardinal du marché intérieur européen est la concurrence. Dans le domaine de l'électricité, le respect des règles du marché intérieur se heurte à deux obstacles : les investissements sont lourds et longs à amortir et les infrastructures de transport ne peuvent être dupliquées. Il doit en être tenu compte dans le fonctionnement du marché de l'électricité et dans la programmation du développement des infrastructures.

Les producteurs d'électricité doivent être autorisés à convenir des contrats de longue durée avec des acheteurs (*Power purchase agreements*) avec éventuellement des garanties de l'État sur les prix de rachat de l'énergie (*Contract for difference, Regulated asset base* mises en œuvre au Royaume-Uni) qui permettent de réduire le coût d'accès au capital.

Les énergies intermittentes qui entraînent, pendant les périodes de surproduction d'électricité, des prix spots négatifs, doivent pouvoir être écrêtées ou arrêtées en cas de surproduction, ceci sans rémunération comme c'est le cas du nucléaire. Sous cette hypothèse, l'ordre d'appel doit bien être celui du coût marginal le plus faible (l'hydraulique et le nucléaire pouvant utiliser leurs capacités de modulation pour produire lors des périodes de prix élevé).

Les parts croissantes d'énergies renouvelables non pilotables dans le mix électrique ont des conséquences d'ores et déjà évidentes, même aux niveaux actuels de pénétration. Trois graphiques présentés en annexe illustrent la volatilité quotidienne des prix, fortement croissante, l'éviction des énergies pilotables par les énergies non pilotables et la multiplication des épisodes de prix négatifs. Ces graphiques démontrent la nécessité d'une plus grande coordination entre la croissance de la production de l'électricité intermittente et la croissance de la demande, et d'une meilleure prise en compte des impacts de chaque filière sur le système électrique complet (stockages, transport, effacements, sécurité du réseau, etc.) ; les filières devront progressivement contribuer aux coûts qu'elles induisent sur le système.

La production

Le mix électrique présenté dans le discours de Belfort du président de la République⁶⁶ qui repose sur un socle de nucléaire historique, des constructions nucléaires neuves réalisées en série maintenant la capacité de production nucléaire aux alentours de 63 GW, et sur les énergies renouvelables est, dans son principe, équilibré et satisfaisant. Il devra être régulièrement ajusté pour tenir compte des évolutions de la demande.

Il convient de tenir compte des externalités propres à chacune : déchets, consommation d'eau et risques d'accident pour le nucléaire ; recours à des matériaux critiques et utilisation de l'espace pour le solaire et l'éolien ; conflits d'usage de l'eau et utilisation de l'espace pour l'hydraulique. L'Académie des sciences,

⁶⁶ Emmanuel Macron 10/02/2022 – Politique de l'énergie.

l'Académie des technologies et la *Chinese Academy of Engineering* ont effectué une comparaison approfondie de ces externalités⁶⁷. Tout en constatant des différences parfois fondamentales entre les impacts environnementaux de ces technologies, elles ont conclu que « *Les mix énergétiques qui combinent l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables protègent le mieux l'environnement* ».

Une mention particulière doit être faite des prélèvements d'eau, très importants, mais restitués pour les centrales refroidies en circuit direct, plus limités, mais qui sont des prélèvements effectifs pour les centrales refroidies via des réfrigérants atmosphériques. Ils entraînent, en circuit direct, un réchauffement de l'eau prélevée. Les centrales neuves envisagées seront construites sur des sites existants, pour l'essentiel en bord de mer sans concurrencer les usages de l'eau douce ; les quelques centrales en bord de rivière requises pour optimiser la répartition sur le territoire des points de production seront toutes refroidies via des réfrigérants atmosphériques. Compte tenu du plafonnement de la production autour de l'ordre de grandeur actuel (63 GW), la situation actuelle devrait s'améliorer vis-à-vis de l'utilisation de l'eau.

Énergie nucléaire

L'énergie nucléaire est depuis plus de trente ans le cheval de labour de la production française d'électricité. Malgré les importants investissements requis par le vieillissement du parc et l'accroissement continu de son niveau de sûreté, elle demeure nettement compétitive. Ses principaux enjeux concernent :

- l'accroissement de la disponibilité du parc actuel affectée par les opérations de « grand carénage », et la maîtrise de la durée des arrêts pour maintenance/renouvellement du combustible. Le coefficient de disponibilité devrait se rapprocher des meilleurs standards internationaux et la capacité annuelle de production devrait dépasser 400 TWh comme c'était le cas il y a deux décennies ;
- la maîtrise des délais et des coûts du nouveau nucléaire. Les excellents facteurs de charge des trois réacteurs EPR en service (100 % la première année d'exploitation pour les deux réacteurs chinois, et 98,6 % pour le réacteur finlandais⁶⁸) montrent la pertinence de cette technologie. L'impérative compétitivité des futurs projets doit bénéficier d'un effet de série et d'apprentissage comme ce fut le cas des séries des décennies 1970-90, ainsi que d'un financement adapté aux très longues durées de construction et d'exploitation, inhabituelles pour les banques et les investisseurs, mais comme il s'en pratique pour les très grands projets d'intérêt européen (tunnels, barrages, etc.).

L'exploitation dans la durée d'un parc nucléaire du niveau actuel implique le renouvellement des installations du cycle du combustible et l'anticipation de nouveaux réacteurs valorisant la totalité des ressources en uranium (nucléaire durable)⁶⁹.

Pour rester un des acteurs de premier plan sur le marché des technologies nucléaires, la France doit maîtriser la conception de petits réacteurs SMR (*Small modular reactors*) et AMR (*Advanced modular reactors*), même si le marché de SMR électrogènes de moyenne puissance (300/600 MW) se situe hors de France⁷⁰.

67 [Nuclear Energy and Environment](#) – Académie des sciences ; Académie des technologies ; Chinese Academy of Engineering – May 2019

68 [Power Reactor Information System \(PRIS\) | IAEA](#).

69 Trajectoire vers un nucléaire durable pour la France – Académie des technologies - juin 2024.

70 Le marché français est limité à la Corse, la Réunion, la Martinique, la Guadeloupe et dans une catégorie encore plus petite peut-être la Guyane. La Polynésie est trop dispersée.

Énergie hydraulique

L'hydroélectricité ou « l'hydraulique » occupe une place singulière dans le mix électrique, pas seulement par son rôle historique au début de l'électrification et après la Deuxième Guerre mondiale. Le parc français (25,7 GW de puissance installée en France continentale fin 2024 pour une production exceptionnellement élevée en 2024 de 75,1 TWh⁷¹) est le premier d'Europe. L'hydraulique est une énergie renouvelable pilotable qui contribue à la sécurité du réseau grâce à l'inertie des groupes de production, mais aussi à la reconstruction du réseau en cas de black-out. Et elle est majoritairement de l'énergie stockée (l'énergie potentielle de l'eau), utilisable lors des pointes de production ; les stations de transfert d'énergie par pompage (Step) sont particulièrement performantes pour lisser la variabilité de la demande d'électricité.

Les conflits d'usage de l'eau peuvent se résoudre par la concertation. Le bien commun que constitue l'hydraulique doit être parfaitement exploité, voire développé pour les quelques sites disponibles en France. Le conflit entre la France et l'Union européenne sur le renouvellement des concessions semble en voie de résolution alors qu'une soixantaine d'entre elles seront échues à la fin 2025 ; les investissements dans ce secteur clef pour l'exploitation et la stabilité du système électrique devraient pouvoir reprendre⁷². – permettant aussi d'envisager la valorisation du potentiel, certes modeste, encore inutilisé

Énergie solaire photovoltaïque (PV)

La PPE 3 révisée retient la fourchette proposée par RTE pour l'année 2035 soit 65 GW à 90 GW⁷³ à comparer à la puissance installée actuelle (23 GW en 2024). Pour rappel, les objectifs 2050 du président de la République énoncés à Belfort (10 février 2022) correspondaient à 65 GW en 2035, bas de la fourchette révisée. RTE a présenté d'autres cibles, plus basses, dans des scénarios de transition retardée ou de mondialisation contrariée, qui pourraient également être considérées

Il y a une très forte variabilité intrajournalière du PV, avec un pic de puissance entre 10 h et 16 h. Le facteur de charge moyen annuel est 15%, mais atteint 70% pendant ces périodes de pic de puissance. Si 65 GW de solaire sont installés, ils produiront environ $65 \text{ GW} \times 70\% = \sim 45 \text{ GW}$, ce qui représente la totalité de la puissance appelée l'été. Les arrêts d'une large partie du parc hydraulique et nucléaire poseraient des problèmes de stabilité du réseau, car l'inertie des groupes turboalternateurs ne serait plus disponible. En outre, ils augmenteraient significativement le coût du nucléaire constitué essentiellement par le coût d'investissement.

Le PV doit être développé en cohérence avec la croissance de la demande d'électricité, pour éviter des investissements impossibles à amortir⁷⁴ avec, comme conséquence, un effet inverse de celui visé (électricité plus chère, coût de la décarbonation plus élevé).

Les flexibilités de la demande pour décaler la consommation en milieu de journée vers le pic de puissance solaire sont nécessaires : à partir de novembre 2025, il y aura cinq heures creuses la nuit et trois heures creuses dans le créneau 11 h - 17 h, et elles pourront être différentes entre l'été et l'hiver pour bénéficier des plages de production maximale de l'énergie photovoltaïque⁷⁵. Cet ajustement des plages d'heures creuses devrait aussi induire un meilleur placement des recharges de véhicules électriques. D'autres mesures seront nécessaires, en particulier développer la flexibilité des consommations des bâtiments et de l'industrie.

71 RTE – Bilan électrique 2024 – Principaux résultats

72 Franchissement d'une étape importante pour la relance des investissements dans le secteur de l'hydroélectricité – République française - août 2025.

73 Dans le scénario A d'atteinte de tous les objectifs (décarbonation rapide et réindustrialisation).

74 Coûts échoués ou *stranded costs*.

75 CRE – Focus sur l'évolution du placement des heures creuses

Un stockage par batteries (capacité de quelques heures) doit être développé. Le tarif de rachat des surplus (production non autoconsommée) des petites installations a été abaissé à 40 €/MWh depuis le 1^{er} février 2025 contre 127 €/MWh antérieurement. Cette forte baisse (40 €/MWh) va avoir le double bénéfice de stimuler l'autoconsommation et d'encourager les investissements dans des stockages. En revanche, l'adjonction de stockages aux plus grandes installations n'en est qu'à ses prémises en France. S'ils ne sont pas réalisés par les investisseurs, ils devront être inclus dans les coûts système à prendre en compte pour évaluer la compétitivité de la filière.

Les perspectives de l'énergie solaire sont suffisamment élevées au niveau européen pour justifier une industrie européenne dont, si possible, une part française ; son lancement nécessite une protection des frontières et une obligation de transferts de technologie imposée aux investisseurs étrangers souhaitant installer des capacités de production en Europe.

Énergie éolienne

Comme le photovoltaïque, l'énergie éolienne connaît un développement accéléré au niveau mondial et contribue également de façon de plus en plus importante à la transition énergétique. C'est aussi un atout pour la France dont le potentiel éolien, en particulier offshore, est élevé. Depuis le deuxième semestre 2023, le marché de l'éolien fait face à plusieurs incertitudes (appel d'offres infructueux en Grande-Bretagne en 2023 et à succès très limité en 2024 ; annulation des grands projets engagés aux États-Unis ; problèmes techniques sériels rencontrés sur les éoliennes Gamesa (rachetées par Siemens Energy). Les capitalisations boursières des danois Ørsted, leader européen du développement de parcs offshore et Vestas, leader mondial de la fabrication et installation d'éoliennes, ont chuté de 70 % et 30 % en un an.

D'un autre côté, la technologie continue à progresser vers le gigantisme avec l'annonce par Dongfang Electric de l'installation d'une éolienne en mer de 26 MW (les éoliennes de 10 MW sont actuellement dans la gamme haute de puissance). Cependant, les difficultés sans doute conjoncturelles du secteur induisent actuellement des hausses de prix significatives. Selon une analyse approfondie de Reuters, « *Les parcs éoliens en mer ont maintenant un coût global moyen de 230 \$ par mégawatt-heure (MWh) – en hausse de 30 % à 40 % au cours des deux dernières années et plus de trois fois la moyenne de 75 \$/MWh pour les installations terrestres* ». Ces évaluations sont cohérentes avec les prix de référence (*strike price* ou prix d'exercice) proposés par le Gouvernement britannique pour l'allocation en cours de nouveaux champs pour 7 à 10 GW.

Tableau 1 – « Strike price » de l'allocation en cours au Royaume-Uni (valeur 2024) – Comparaison aux évaluations DGEC

Department for Energy Security (UK) (en monnaie 2024 – mise en service 2028)			Estimation DGEC (en monnaie 2023/2024 – mise en service 2028)
Type d'éolien	Prix garanti (AR7 – 2025)	Conversion en €	€/MWh
Offshore posé	113,0 £	130,70 €	60 € à 80 €
Offshore flottant	271,0 £	313,50 €	75 € à 120 €
Terrestre (et îles)	92,0 £	106,40 €	50 €

Ces évaluations britanniques proviennent d'une consultation effective ; leur comparaison aux hypothèses de la Direction générale de l'énergie et du climat présentées dans le cadre du débat public⁷⁶ *Planification de l'espace maritime* laisse perplexe. En effet les estimations de la DGEC sont de l'ordre du tiers à la moitié de celles de son homologue britannique. La PPE 3 prévoit la production de 71 TWh d'éolien mer en 2035 ; il serait prudent de développer l'éolien terrestre et posé en priorité alors que la programmation envisagée laisse une bonne place à l'éolien flottant.

Il serait souhaitable qu'il y ait une totale transparence des résultats des appels d'offres de la CRE (Capex initial et révisions), tant pour les grandes installations solaires que pour les parcs éoliens, comme c'est le cas au Royaume-Uni : c'est une des conditions importantes de l'acceptation publique.

5) Le bâtiment – Résidentiel et tertiaire

Les consommations des bâtiments proviennent essentiellement du chauffage et de la climatisation des secteurs résidentiels (30 % de l'énergie finale consommée en France et parfaitement stables depuis 1990) et tertiaires (16 % de l'énergie finale avec une légère croissance). L'enjeu de la réduction de ces consommations est donc considérable. Cette réduction requiert un très grand effort d'isolation (efficacité énergétique) et une sortie du fioul et du gaz naturel. Cette sortie nécessite le recours à la biomasse, qui cependant devra être prioritairement réservée aux usages qui la stockent durablement (construction, ameublement, etc.). Enfin, la géothermie et les pompes à chaleur offrent des potentiels importants de décarbonation et de réduction des consommations énergétiques.

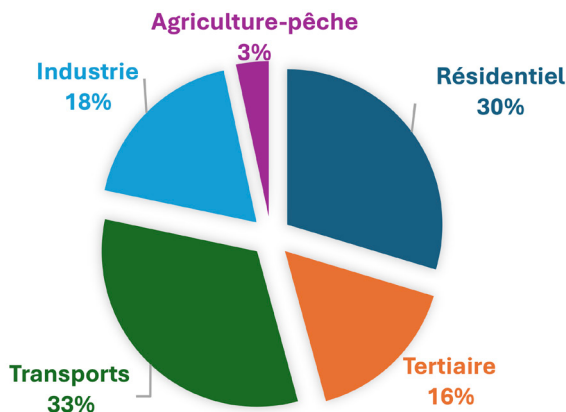


Figure 6 – Consommation finale d'énergie en France SDES - 2023

Cependant, selon le Haut conseil pour le climat (HCC) dont on reprend certaines conclusions⁷⁷, le secteur du bâtiment se voit attribuer des objectifs énergétiques et climatiques annuels depuis le Grenelle de l'Environnement il y a plus de quinze ans sans qu'aucun n'ait jamais été atteint. En 2024, les ventes de chaudières gaz ont augmenté de près de 15 % après trois ans de baisse⁷⁸, tandis que celles de pompes à chaleur air/eau ont chuté de plus de 40 %. Cette même année, les rénovations financées par l'Agence nationale pour l'habitat ont baissé de plus de 40 %.

⁷⁶ DGEC – *Combien coûte un parc éolien en mer en France ? 2023* – L'étude est attribuée à BVG Associates et aurait été commandée par l'Ademe, mais les rapports de l'Ademe et de BVG ne sont pas disponibles en ligne.

⁷⁷ Haut conseil pour le climat – 2025 – Op. Cit.

⁷⁸ Si les chaudières à gaz sont interdites dans les logements neufs, ce n'est pas le cas en rénovation.

Certaines de ces données sont conjoncturelles ; elles laissent cependant mal augurer de l'atteinte des objectifs européens pour les bâtiments⁷⁹ que la France a acceptés : « *Diminution de la consommation moyenne d'énergie primaire en kWh/(m².an) de 16 % d'ici 2030 et de 20 à 22 % d'ici 2035 par rapport à 2020. Tous les bâtiments neufs devront être à émissions nulles d'ici à 2030 et les bâtiments existants devront être transformés en bâtiments à émissions nulles d'ici à 2050* ». Au vu des tendances passées et des politiques mises en œuvre, ces objectifs ne seront pas atteints. Il faut noter en particulier que :

- le bénéfice des rénovations est moindre qu'anticipé. Selon une étude de l'Insee (juillet 2025)⁸⁰, pour les ménages chauffés à l'électricité, les gains réels des travaux d'isolation aidés ne présenteraient que 36 % des gains conventionnels et ne réduiraient la consommation moyenne que de 5,4 %. Pour les ménages chauffés au gaz, dont les logements sont généralement moins isolés que les logements chauffés à l'électricité, les gains réels atteindraient 47 % des gains conventionnels et réduiraient la consommation de 8,9 %. Ces gains qui peuvent sembler faibles résultent d'une part de ce que les économies prévues sont celles déclarées pour entreprendre le chantier ; or il peut y avoir une grande différence entre le déclaratif pré-chantier et le réalisé. Il y a en outre un effet rebond, les usagers maintenant leur dépense de chauffage pour être mieux chauffés. Si l'on veut effectivement avoir une efficacité de la rénovation énergétique, il faut d'une part former les professionnels, d'autre part vérifier la conformité de la réalisation aux objectifs d'économies annoncés. Le coût moyen des travaux d'isolation MaPrimRenov' est de 13 700 € et le gain annuel en consommation serait de 150 €, soit un retour sur investissement médiocre et qui, de plus, se dégrade pour les petites surfaces ;
- l'Union européenne considère, à l'issue d'un raisonnement complexe, que l'énergie requise pour produire l'électricité est égale à l'énergie finale de cette électricité multipliée par 1,9. Cette valeur sera retenue à partir du 1^{er} janvier 2026 pour évaluer la consommation énergétique des logements dans les diagnostics de performance énergétique (DPE) ; mais elle reste discutée et le DPE devrait évoluer pour mieux refléter les coûts pour les usagers (l'électricité est plus chère que le gaz, la biomasse ou les réseaux de chaleur par unité d'énergie) et les émissions de CO₂ résultant du chauffage des logements selon la source d'énergie (électricité, gaz, etc.) ;
- le parc immobilier français est ancien et de qualité souvent médiocre⁸¹. Il est illusoire d'espérer qu'il devienne dans sa totalité, comme le prescrit la Directive européenne DEE, « *à émissions quasi nulles* » (bâtiment ayant une demande énergétique très faible, ne générant aucune émission de carbone liée aux combustibles fossiles, et dont les émissions de gaz à effet de serre sont nulles ou quasi nulles⁸²). Plus de 20 millions de logements (2/3 du parc immobilier) sont en catégorie DPE D et au-dessus ; or les rénovations profondes n'améliorent pas le classement DPE mieux que de deux niveaux : seuls les logements B et C pourront devenir à émissions quasi nulles (catégorie A). La construction de logements neufs en substitution des 20 millions de logements qui ne pourront atteindre cet objectif coûterait environ 1 600 milliards €⁸³. Au vu de ces ordres de grandeur, l'objectif de la Directive européenne DEE nécessiterait un renouvellement significatif de ce parc, qui n'est pas planifié et sans doute pas finançable.

Sans viser l'objectif de la DEE, le parc de logements français doit être amélioré, ce qui pose d'évidents problèmes de ressources.

⁷⁹ Directive – UE – 2024/1275 - EN – EUR.

⁸⁰ Effets de l'isolation thermique des logements sur la consommation réelle d'énergie résidentielle – INSEE - juillet 2025.

⁸¹ Le parc d'immeubles haussmanniens souvent cités en exemple de logements difficiles à décarboner ne représente que 160 000 logements environ.

⁸² Performance énergétique des bâtiments : nouvelle directive européenne (UE) 2024/1275

⁸³ Surface moyenne 60 m² (la surface moyenne des résidences principales est de 91 m² en 2023 – Ademe avril 2025). Coût de construction moyen : 1 300 €/m² Prix de construction d'un appartement neuf en 2025. Pour rappel la valeur du parc immobilier français est estimée à 10 000 milliards € (Ventilation de la valeur du parc immobilier par actifs en France 2018 | Statista)

L'Académie des technologies a proposé une « *Politique industrielle de la rénovation énergétique au service de la sobriété*⁸⁴ ». Elle montre qu'une politique de soutien aux opérations de rénovation (soutien de la demande par MaPrimeRénov, certificats d'économie d'énergie [CEE] et certains soutiens territoriaux) doit s'accompagner d'une offre multi-métiers pour réaliser des opérations plus complètes et complexes ; or la segmentation du secteur du bâtiment organisé de façon très artisanale ne le permet pas. Il faut, en outre, faire émerger et organiser une offre d'accompagnement des travaux par des professionnels qualifiés. C'est un enjeu pour l'État et surtout les territoires de faire évoluer ces écosystèmes.

Le financement des rénovations est un autre enjeu. En complément des subventions publiques financées par l'État et certaines collectivités locales, les certificats d'économie d'énergie mettent à contribution en France les distributeurs d'énergie. Ce dispositif a donné lieu à de nombreuses fraudes. « *Vingt ans après la mise en place des CEE, on ne dispose pas d'une évaluation des économies d'énergie réelles observées, d'un système d'information (SI) des données de contrôles et d'une évaluation économique du dispositif. Il devrait être réservé aux opérations de rénovation structurantes et contrôlables*⁸⁵ ». En outre, le calcul des contributions des distributeurs aux CEE est effectué en fonction des volumes et des prix des énergies distribuées, sans tenir compte de leur contenu carbone, ce qui conduit, par exemple, l'électricité à contribuer deux fois plus que le gaz et cinq fois plus que le fioul domestique, alors qu'elle est beaucoup plus décarbonée !

Le développement des pompes à chaleur dans le secteur résidentiel reste le principal levier de la décarbonation du bâtiment. Selon la PPE⁸⁶ « *L'État se fixe un objectif de remplacement dans le résidentiel de 75 % des chaudières au fioul d'ici 2030 par un système de chauffage décarboné, soit environ 300 000 foyers par an via, en particulier, un soutien public au développement de la filière française des pompes à chaleur (PAC) pour produire et installer chaque année un million de PAC d'ici la fin de l'année 2027* ». S'il semble y avoir une contradiction dans les chiffres, ces objectifs ambitieux sont justifiés en considérant les PAC air-air, mais aussi les pompes géothermiques qui peuvent être combinées avec des stockages intersaisonniers de chaleur (voir § Développement de la géothermie de surface et profonde).

Ces développements devront être accompagnés de soutiens financiers conséquents ; en effet, si le remplacement d'une chaudière à fioul ou à gaz par une pompe à chaleur air-eau est une opération rentable grâce aux coefficients de performance élevés qui sont atteints (3 à 4), il faut vaincre la barrière de l'investissement, trois à quatre fois plus élevé que celui d'une chaudière à combustible fossile. Par ailleurs, l'ampleur du programme de développement de pompes à chaleur justifie le soutien à une industrialisation en France qui n'est encore qu'à ses prémices.

La politique publique souhaite obliger les bailleurs à rénover les logements les moins isolés en mettant en place des interdictions de location, voire de vente. La perspective de voir un nombre considérable de logements sortir du parc locatif a conduit les pouvoirs publics à assouplir cette obligation. Les aides aux bailleurs pour une rénovation par geste sont soumises à condition de ressource et il n'y aura plus d'aide à partir de 2026 pour améliorer les logements de classe DPE F et G (4,8 millions de logements) ; ces limitations ne vont pas motiver les bailleurs, d'autant qu'ils ne peuvent que très difficilement, en pratique, répercuter dans les loyers les coûts consacrés aux rénovations. Dans tous les cas, les obligations et interdictions en fonction de la classe du DPE devraient être accompagnées d'une évolution substantielle de celui-ci pour qu'il reflète les émissions effectives de CO₂ et le coût pour les occupants.

84 Contribution du groupe Habitat – Mobilité de l'Académie des technologies - janvier 2023.

85 HCC. Rapport annuel 2025 – Op. Cit. On peut aussi se référer à la « [Revue du dispositif des certificats d'économies d'énergie](#) en préparation de la 6^e période » (2024) préparé par trois Inspections de l'Administration (CGE ; IGEDD ; IGF) ainsi qu'au rapport de la Cour des comptes sur [les certificats d'économies d'énergie](#) (2024)

86 PPE 3 citée. § ACTION CONS.5.

Conclusions

Alors que les effets du changement climatique s'intensifient, l'Europe et la France doivent rester ambitieuses et réalistes. La combinaison des enjeux environnementaux, économiques et sociaux rend l'objectif de zéro émission nette en 2050 ambitieux, très difficile et, pour certains, déjà hors de portée. Dans tous les cas, des leviers additionnels au-delà du pacte vert européen et de l'horizon de la PPE 3 (2035) doivent être identifiés. Il en résulte certaines recommandations générales ainsi que des observations spécifiques à cette PPE.

Il faut noter enfin que les politiques d'adaptation aux conséquences du réchauffement climatique, non traitées dans cet avis, n'en sont pas moins d'une extrême importance.

Recommandations générales

1. **Une énergie d'un coût abordable :** l'objectif net zéro carbone est essentiel et les leviers requis pour y parvenir doivent prendre en compte l'impérieuse nécessité d'assurer à nos concitoyens, à notre économie et aux générations futures l'accès à une énergie d'un coût abordable. Ceci suppose de connaître, mettre en évidence et tenir compte des coûts complets actuels et raisonnablement prévisibles des différentes énergies décarbonées (y compris les coûts systémiques d'intégration dans les réseaux et de gestion de l'intermittence), afin de disposer d'un mix décarboné à coût minimal. Par exemple, le mix éolien flottant/éolien posé en mer/éolien terrestre est-il optimal ?
2. **Un signal prix et une fiscalité orientés CO₂ :** le signal prix perçu par les consommateurs doit progressivement se substituer aux réglementations et aux subventions. Il est en effet un moteur clef des comportements de sobriété et des décisions d'investissement. En particulier, il est illusoire d'espérer atteindre une décarbonation profonde sans une fiscalité fondée sur les émissions de CO₂ pour les secteurs hors du champ de l'*European Trading System* (ETS). La fiscalité de l'énergie doit être repensée pour inciter à l'utilisation de l'électricité décarbonée alors que les droits d'accise sur l'électricité sont aujourd'hui le double de ceux du gaz, freinant le remplacement du chauffage individuel ou collectif au gaz. En outre, le champ de l'ETS doit être élargi et son prix accru.
3. **Une action publique prenant en compte la dimension systémique :** les politiques publiques d'accélération de la transition énergétique portent de longue date sur le soutien au développement de moyens de production décarbonés pour anticiper la croissance attendue de la demande électrique. Il convient de consacrer une partie plus importante de l'action et des aides publiques à l'électrification des usages comme outil majeur de la décarbonation. Plus généralement les coûts complets d'abattement devraient être utilisés comme guide à l'affectation des aides publiques.
4. **La maîtrise du prix de gros de l'électricité** doit être un objectif majeur de la politique française ; c'est la clef de la compétitivité de l'économie et de la dynamique de l'électrification/décarbonation. Un ordre de grandeur d'environ 50 €/MWh en moyenne serait très favorable à la France alors que des tarifs au-delà de 60 €/MWh seraient au contraire dissuasifs.
5. **Des enjeux nouveaux de souveraineté :** la performance du système énergétique a une influence directe sur la compétitivité et le potentiel de réindustrialisation de notre économie, et impacte ainsi fortement notre indépendance et notre souveraineté. Dans un monde qui se conflictualise et face à des marchés qui se fracturent, ces enjeux doivent trouver une place explicite et réelle dans la politique énergétique. Il est ainsi recommandé de mieux quantifier et prendre en compte les risques liés aux approvisionnements en ressources naturelles, notamment les métaux stratégiques indispensables à nos technologies.

6. **Une action publique cohérente** entre les acteurs nationaux, régionaux et territoriaux.
7. **Une neutralité technologique européenne**: la politique européenne de l'énergie doit respecter le principe de neutralité technologique dans le choix du mix énergétique ; il doit, en particulier, être mis fin à la discrimination contre le nucléaire. Cela nécessitera de nombreuses modifications au Pacte vert européen et non pas seulement une déclaration de principe.
8. **Une politique industrielle doit accompagner la décarbonation**. La politique énergétique de la France et de l'Europe nécessite un lien explicite et cohérent avec l'industrialisation en Europe des moyens de sa mise en œuvre: éoliennes, panneaux photovoltaïques, réseaux électriques, batteries de stockage stationnaire, réacteurs nucléaires et installations du cycle, composants de la géothermie dont pompes à chaleur aéro- ou géothermique, composants des véhicules électriques dont batteries et leurs moyens de recharge, e-biocarburants, carburants synthétiques, composants de l'isolation des bâtiments et leur mise en œuvre, électronique de puissance, approvisionnement sécurisé en matières premières critiques, etc.
9. **Un protectionnisme et des transferts des technologies nécessaires**: le corolaire est une protection des frontières contre les importations en provenance de pays peu ambitieux en matière de décarbonation, bien au-delà de ce que permet le *Carbon Border Adjustment Mechanism* (CBAM). Cette protection est nécessaire pour développer en Europe les industries de la décarbonation. Elle devra être accompagnée d'une obligation de transferts de technologie imposée aux concurrents extraeuropéens voulant implanter des sites industriels en Europe.

Recommandations détaillées relatives à la PPE 3 et à la SNBC 3

10. L'objectif 2030/2035 est très court pour une stratégie de l'énergie, et encore bien plus pour une stratégie de décarbonation. L'horizon de ces documents de planification (PPE et SNBC) doit être allongé dans leur version définitive.
11. Les incohérences des projets de PPE 3 et de SNBC 3 devraient être corrigées, notamment la surestimation des ressources en biomasse solide et gazeuse, et la sous-estimation de la chute du puits de carbone géré (forêts, sols, y compris la poursuite de l'artificialisation, etc.). En conséquence:
12. Un recours accru au stockage géologique de CO₂ est à prévoir. Il doit être préparé par le déploiement de démonstrateurs sur le territoire national.
13. Les énergies renouvelables, la biomasse énergie et l'amélioration de la disponibilité du parc nucléaire sont les seuls leviers pour faire face à l'augmentation de la demande d'électricité pendant les dix prochaines années. Cependant et paradoxalement, la demande d'électricité peine à décoller; le mix énergétique devra être ajusté à court terme en fonction de trois critères: la croissance de la demande, le coût complet (coûts systèmes inclus) des différentes énergies et les enjeux de souveraineté (dont l'industrialisation en Europe et France des technologies à mettre en œuvre). Il conviendra donc de synchroniser le développement des énergies solaires et éoliennes avec la croissance de la demande compte-tenu du parc de production bas-carbone existant (nucléaire, hydraulique).
14. Les besoins de stockage d'électricité et de chaleur ainsi que les flexibilités nécessaires doivent être précisés aux différents horizons. Des stockages par batterie électrochimiques de plusieurs heures de production doivent être planifiés.

15. Dans un contexte de rareté de la biomasse, elle doit être orientée prioritairement vers des usages où elle permet de très fortement réduire les coûts de décarbonation. Ce n'est pas le cas des priorités d'usage proposées par la PPE3. En particulier, le développement des réseaux de chaleur alimentés en biomasse solide devrait être fortement ralenti ; en revanche les objectifs de développement de la géothermie et du stockage intersaisonnier de chaleur peuvent être significativement accrus (plusieurs dizaines de TWh).

Les usages prioritaires du biogaz (centrales électriques de pointes, chaleur industrielle haute température, navires équipés de turbines à gaz...) se feront au détriment de la distribution aux particuliers. Il faut donc lancer la réflexion sur l'abandon progressif du chauffage au gaz et l'évolution du réseau de distribution.

16. Une réforme en profondeur de la filière de la rénovation des bâtiments est impérative. Alors que ce secteur offre – avec le transport – le plus grand potentiel de réduction des émissions de GES, le retard accumulé dans l'atteinte des objectifs nécessite de remettre en cause les méthodes et les moyens. L'amélioration de l'efficacité énergétique des logements passe aussi par une évolution du diagnostic de performance énergétique qui doit mieux refléter les émissions effectives de CO₂ et les coûts pour les résidents. L'industrialisation de la filière française des pompes à chaleur doit être encouragée.

17. Les objectifs 2030 et 2035 de vente de voitures particulières doivent être soutenus notamment en incitant à une offre de voitures moins chères.

18. Une offre de véhicules utilitaires, légers ou lourds est disponible ; le développement de l'infrastructure de recharge doit être précisé et supporté.

19. Des objectifs quantitatifs de développement et de production de biocarburants liquides de 2^e génération, puis de carburants de synthèse doivent être définis en ligne avec les directives européennes issues de Pacte vert.

20. De même des objectifs réalistes de production décarbonée doivent être fixés avec les acteurs des filières hydrogène, acier, ammoniac et engrais en tenant compte des difficultés rencontrées.

21. Le maintien à son niveau actuel de la capacité de production électronucléaire implique le renouvellement des installations de retraitement-recyclage du combustible et l'anticipation de nouvelles technologies assurant l'utilisation complète de l'uranium et la pérennité de son approvisionnement. En cohérence avec les conclusions du Comité de politique nucléaire de mars 2025, ces développements permettront de valoriser les stocks d'uranium appauvri et de plutonium présents sur le territoire national et de sécuriser la production électrique face aux risques de tensions sur l'approvisionnement en uranium naturel.

Enfin, l'Académie des technologies souligne sa conviction que l'objectif de décarbonation, essentiel pour les jeunes générations d'aujourd'hui et demain, doit être considéré sous tous les aspects climatiques, économiques et sociaux pour être partagé et efficacement mis en œuvre.

Annexe 1

Avis minoritaire

L'avis "Pour une politique française et européenne de l'énergie ambitieuse et réaliste" a été voté par la majorité de l'Assemblée des académiciens. Trois académiciens, Daniel LINCOT⁸⁷, Valérie MASSON-DELMOTTE, Pierre VELTZ, ont souhaité émettre un avis minoritaire qui n'a pas été voté et qui représente la position personnelle et argumentée de ses auteurs, publiée par souci de transparence, afin que le lecteur ait connaissance de l'existence de cet autre point de vue. L'Académie considère que la diversité des opinions de ses académiciens, lorsqu'elle est étayée et constructive, contribue à la richesse du débat scientifique et technologique.

Nous souhaitons apporter des éléments de réflexion complémentaires à l'avis de l'Académie des technologies intitulé « Pour une politique française et européenne de l'énergie ambitieuse et réaliste ».

Cet avis reprend certes les fondamentaux que sont la nécessité d'électrifier massivement nos usages (mobilité, bâtiments, industrie) et de s'appuyer sur un mix énergétique décarboné performant, à coûts et prix maîtrisés, combinant nucléaire et renouvelables, avec plus d'efficacité énergétique et de sobriété. Mais ces fondamentaux ne se traduisent pas, à notre sens, par une vision suffisamment volontariste et prospective, en phase à la fois avec l'urgence climatique et l'urgence de renforcement de notre autonomie énergétique et industrielle.

- (a) Les énergies éoliennes et solaires, dont on constate l'extraordinaire développement au niveau mondial, (90 % des nouvelles capacités électriques installées dans le monde en 2024, 2,2 TW de solaire en 10 ans) lié à la baisse des coûts de production, sont présentées avec défiance, toujours qualifiées de non pilotables, l'accent étant mis davantage sur les complexités qu'elles créent que sur leur apport à la sécurité d'approvisionnement énergétique. et sur les nouvelles opportunités offertes dans le rapport des citoyens à l'énergie (autoconsommation par exemple). Les complexités sont réelles, mais gérables, dès lors qu'une stratégie claire est définie pour les stockages, les réseaux et les interconnexions de longue distance, stratégie qui n'est pas suffisamment présente dans l'avis, alors qu'elle devrait être une priorité.
- (b) L'accent est aussi mis sur la nécessité de lier leur déploiement aux évolutions de la demande électrique. Mais cette demande est elle-même largement liée aux politiques publiques en matière de mobilité, de chauffage, d'électrification des process industriels, et bien sûr aux conjonctures socio-économiques. L'électrification décarbonée est une mutation systémique qui doit être conçue et gérée comme telle. Il faut évidemment veiller à équilibrer la production et la consommation mais en ne perdant pas de vue que l'objectif n'est pas seulement de décarboner le secteur électrique, mais de construire la sortie des combustibles fossiles, pétrole et gaz, qui constituent encore près de 60 % de l'approvisionnement énergétique français. Il ne serait pas rationnel de baser une politique de long terme sur des éléments conjoncturels et de ne pas donner aux investisseurs, aux industriels, aux collectivités locales et aux citoyens des perspectives claires, en les condamnant à des « stop and go » délétères.

⁸⁷ Daniel LINCOT est Président-fondateur de l'entreprise SOYPV, Soleil sur Yvette Photovoltaïque SAS



- (c) Le volet industriel du solaire et de l'éolien est évoqué en passant, sans ambition suffisante et sans analyse des opportunités pour les filières, les emplois et les territoires.
- (d) La planification, aujourd'hui très inefficace, malgré les lois récentes, du déploiement territorial reste un sujet majeur, à peine évoqué. La réflexion prospective sur la résilience des systèmes énergétiques face à l'aggravation des risques climatiques, tenant compte des conséquences du changement climatique sur la demande, les infrastructures et la production électrique, et de la préservation de la biodiversité, dans l'Hexagone comme dans les Outre-mer, grands oubliés de l'avis, reste largement à construire.

À l'heure où des attaques convergentes, en France, en Europe et dans le monde, risquent de remettre en question, avec des conséquences dramatiques, l'absolue nécessité d'un développement puissant des renouvelables et de la sortie des combustibles fossiles, l'ambition et la clarté s'imposent d'autant plus. Ne passons pas à côté de ce qui se présente comme une révolution mondiale de l'énergie.

Annexe 2

Augmentation du nombre d'heures à prix négatif⁸⁸

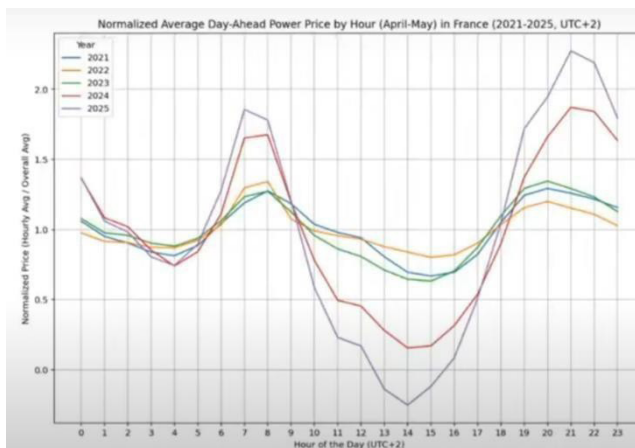


Figure 7 – Une volatilité des prix fortement croissante

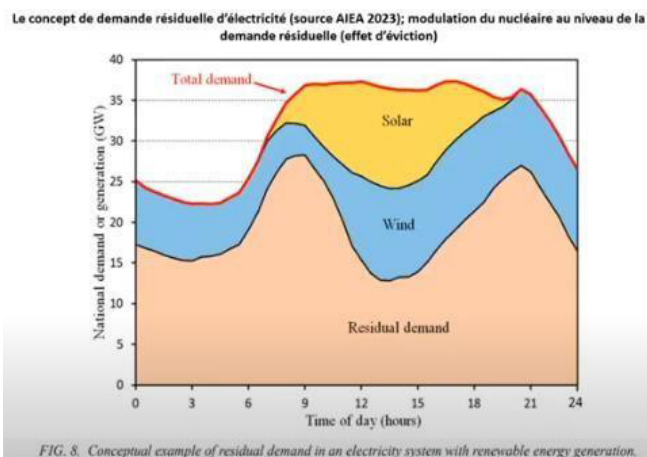


Figure 8 – Une éviction des productions pilotables

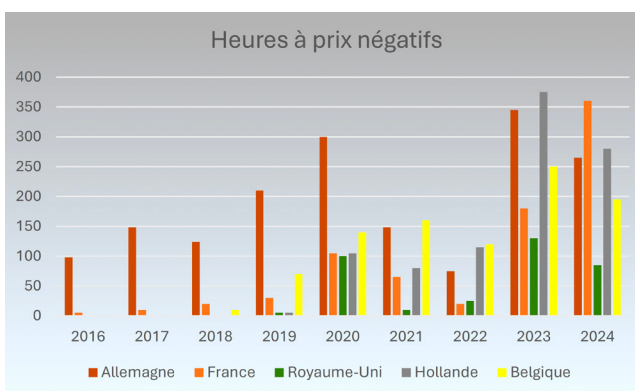


Figure 9 – Nombre d'heures à prix négatifs de l'électricité en Europe de 2016 à mi-2024 – Source : ENGIE Energy Scan

⁸⁸ Repris de Jacques Percebois – Professeur émérite à l'Université de Montpellier; directeur du Centre de recherche en économie et droit de l'énergie (CREDEN) – Colloque Les grands enjeux de l'énergie – Académie des sciences et Académie des technologies - juin 2025.

Annexe 3

Participants au groupe de travail et liens d'intérêts

- Olivier APPERT, Académie des technologies, pas de lien d'intérêts
- Denis CLODIC, Académie des technologies, Directeur Recherche et innovation Cryo Pur/FDE
- Gérard CREUZET, Académie des technologies, Président de l'Institut photovoltaïque d'Ile-de- France
- Marc FLORETTE, Académie des technologies, pas de lien d'intérêts
- Gérard GRUNBLATT, Académie des technologies, pas de lien d'intérêts
- Patrick LEDERMANN, Académie des technologies, pas de lien d'intérêts
- Christophe POINSSOT, Académie des technologies BRGM, pas de lien d'intérêts
- Bernard TARDIEU, Académie des technologies, pas de lien d'intérêts
- Dominique VIGNON, Académie des technologies, Administrateur de la société Calogena (microréacteur nucléaire)

Yves BAMBERGER (Académie des technologies) a été le référent du Groupe.

Le Groupe a auditionné Thomas VEYRENC (membre du directoire de RTE) et Vincent Berger (Haut-commissaire à l'énergie atomique).

Ils en sont remerciés, mais ne sont pas engagés par ce rapport.

Un lien d'intérêt est un lien actuel ou passé susceptible d'influencer les argumentations et les positions du contributeur à un rapport ou avis. C'est l'auteur, sous sa seule responsabilité, qui déclare l'absence de lien d'intérêt ou au contraire qui révèle son existence ; un contributeur peut avoir plusieurs liens d'intérêt.

Annexe 4

Liste des acronymes

Ademe – Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

ANAH – Agence nationale pour l'habitat

AR 6 – Assessment Report n° 6 du GIE

CARCEP – Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la Presse

AT – Académie des technologies

CEE – Certificats d'économie d'énergie

CIVE – Cultures intermédiaires à vocation énergétique

COP – Conférence des parties (États ayant signé la Convention des Nations unies sur les changements climatiques, un traité international ayant vocation à réduire les émissions de gaz à effet de serre).

CRE – Commission de régulation de l'énergie

DEE – Directive européenne sur l'efficacité énergétique

DPE – Diagnostic de performance énergétique français

DTE – Directive européenne sur la taxation de l'énergie

EDF – Électricité de France

Fit for 55 – Ensemble de directives et règlements européens visant à réduire les émissions de GES de 55 % en 2030 par rapport à 1990, et à la neutralité carbone (zéro émission nette) en 2050 – Traduit en français par *Pacte vert*.

GES – Gaz à effet de serre

GIEC – Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

HCC – Haut Conseil pour le climat

Insee – Institut national de la statistique et des études économiques

Ipsos – Institut de sondage d'opinion (initialement Institut public de sondage d'opinion par secteur)

LFI – Loi de finance initiale

Mt – Mégatonne (10⁶ tonnes)



PAC – Pompe à chaleur

Pacte vert – Voir *Fit for 55*

PIB – Produit intérieur brut

PPA – *Power purchase agreements*

PNIEC – Plan national intégré énergie et climat

PPE – Planification pluriannuelle de l'énergie

RE 2020 – Règlement environnemental de 2020 pour l'habitat

RED – *Renewable Energy Directive* (directive européenne consacrée aux énergies renouvelables)

RFNBO – *Renewable Fuels of Non-Biological Origin* – (carburants liquides décarbonés produits par synthèse de CO₂ et hydrogène)

RTE – Société en charge du réseau de transport d'électricité des centrales de production aux postes de transformation haute tension-moyenne tension (postes sources).

SNBC – Stratégie nationale bas carbone

TVA – Taxe sur la valeur ajoutée

TWh – Térawattheure (10¹² Wh)

VUL – Véhicule utilitaire léger

ZEN – Zéro émission nette – État dans lequel les émissions anthropiques de GES dans l'atmosphère sont compensées par les absorptions dans des puits gérés (forêts, puits géologiques, etc.) ; c'est un des objectifs de l'Accord de Paris (COP 21 – 2015).