



ACADÉMIE
DES SCIENCES
INSTITUT DE FRANCE

Avis de l'Académie des sciences - 8 avril 2025

Sur la version révisée de la programmation
pluriannuelle de l'Énergie (PPE 3)

PPE 3

Le texte de la programmation pluriannuelle de l'Énergie (PPE), qui fixe les objectifs de la politique énergétique nationale à l'horizon 2035, vient d'être rendu public¹. Ce document se donne notamment l'ambition de transformer notre système énergétique pour réduire sa dépendance vis-à-vis des ressources carbonées fossiles tout en garantissant la sécurité d'approvisionnement. Il s'agit d'une version révisée, faisant suite à une première version soumise à la consultation publique organisée à la fin de l'année 2024 et à laquelle l'Académie avait souhaité apporter sa contribution². Après une analyse rigoureuse de la nouvelle version de ce texte, l'Académie des sciences propose ici son avis, assorti de recommandations.

¹ Voir le [texte de la PPE3](#).

² Voir [L'Académie des sciences partage sa contribution de la programmation pluriannuelle de l'énergie | Académie des sciences](#).

Avis de l'Académie des sciences.

1- Il est avant tout regrettable de constater que les rédacteurs du document ont accordé bien peu de considération aux nombreux avis formulés lors de la consultation publique. En effet, la version révisée reste, pour l'essentiel, identique à la version initiale, à l'exception d'une légère diminution de la puissance solaire³ et de la puissance d'électrolyse pour la production d'hydrogène vert⁴ prévues en 2035. Plus préoccupant encore, le texte s'appuie sur des chiffres incohérents, tout comme sa version précédente, et ce malgré les observations précises formulées par l'Académie des sciences dans son avis de décembre 2024⁵.

Par exemple, en page 11 de cette version révisée de la PPE 3⁶, la consommation d'énergie finale prévue est de 1 243 TWh en 2030 et de 1 100 TWh pour 2035. Or, quelques pages plus loin (page 15, Figure 1), ces valeurs sont respectivement de 1 410 et 1 302 TWh⁷. Ce manque de rigueur engendre évidemment des incertitudes multiples, notamment lorsque l'on applique des pourcentages à des valeurs aussi différentes. Un exemple illustre cette incohérence : la même Figure 1 attribue une part de 39 % à la consommation électrique en 2035, soit une demande de 508 TWh⁸, tandis que, en page 86, après analyse des différents scénarios possibles (Figure 24), il est indiqué que : « le scénario AMS⁹ final devrait se situer entre

580 et 600 TWh de consommation (électrique) intérieure en 2035 »¹⁰. Parmi les valeurs de 429, 508 ou 600 TWh, quel est réellement le niveau de consommation visé pour 2035 ?

En conséquence, l'Académie des sciences considère, à nouveau, qu'il est nécessaire de procéder à une vérification et une correction exhaustives de l'ensemble des chiffres fournis par ce document, suivies d'une réécriture garantissant sa cohérence. Le texte actuel n'est pas à la hauteur des enjeux de l'énergie, d'une importance extrême pour la France et ses citoyens. Il n'a pas non plus le niveau de rigueur attendu d'une production des services de l'État.

2- L'Académie des sciences soutient l'ambition affichée d'une production nucléaire substantielle (360-400 TWh), source d'énergie bas-carbone de stock, à la fois massive et pilotable¹¹. Cette ambition a d'ailleurs été validée par le Conseil de Politique Nucléaire du 17 mars 2025. Cependant, il est incompréhensible que les objectifs de production électrique totale ne tiennent pas compte, à travers des scénarios alternatifs, de la réalité suivante : depuis 2017, la consommation électrique diminue globalement, passant de 480 à 449 TWh en 2024, en contradiction avec les prévisions¹². Ce phénomène, observé non seulement en France mais aussi dans la plupart des pays

³ Puissance solaire dont l'objectif 2035 passe de 75-100 GW à 65-90 GW, mais néanmoins avec une production d'énergie solaire correspondante qui augmente de 93 TWh à 92-110 TWh, ce qui est pour le moins étonnant.

⁴ Puissance d'électrolyseurs dont l'objectif 2035 passe de 10 GW à 8 GW, valeur qui reste néanmoins irréaliste et donc inaccessible comme déjà indiqué par l'Académie des sciences (voir [le rapport « L'hydrogène aujourd'hui et demain »](#) paru en mai 2024).

⁵ Voir référence 2.

⁶ Voir référence 1.

⁷ On peut noter que, dans cette même Figure 1, les chiffres ne reflètent pas la réalité actuelle puisqu'en indiquant pour la consommation électrique en 2023, 27 % d'une consommation finale d'énergie de 1496 TWh on obtient 404 TWh, alors que la consommation d'électricité en 2023 fut en réalité de 440 TWh.

⁸ $0,39 \times 1302 = 508$. Remarquons que le calcul à partir de 1 100 TWh donnerait 429 TWh, ou bien la part électrique serait de $508/1100 = 46\%$ et non 39%.

⁹ AMS pour « avec mesures supplémentaires ». Parmi les scénarios envisagés, celui « avec mesures supplémentaires » traduit les répercussions de nouvelles mesures qui seraient mises en œuvre dans le futur. Pour en savoir plus, voir : [Scénarios prospectifs énergie-climat-air | Ministères Aménagement du territoire Transition écologique](#).

¹⁰ Il serait par exemple utile de bien définir les termes « consommation finale », « consommation totale » et « consommation intérieure » qui sont utilisés indifféremment, mais pourraient recouvrir des périmètres différents.

¹¹ D'autres pays, comme l'Allemagne par exemple, ont choisi des centrales au gaz et au charbon comme capacités pilotables nécessaires.

¹² Voir [RTE bilan électrique 2024](#). La consommation a augmenté de 0,7% entre 2023 et 2024.

européens, s'explique par plusieurs facteurs : un prix de l'électricité trop élevé qui incite les ménages à plus de sobriété et les industriels à optimiser l'efficacité énergétique de leurs convertisseurs d'énergie, une désindustrialisation persistante et des freins économiques, scientifiques et technologiques à l'électrification des secteurs à décarboner en priorité (mobilité, chauffage, production d'hydrogène, production de carburants de synthèse et industrie). Ce constat souligne l'importance d'un renforcement de la recherche fondamentale, technologique et industrielle.

Dans ces conditions, une accélération rapide et forte de l'électrification des usages paraît peu probable, bien qu'elle soit souhaitable et essentielle pour réduire notre empreinte carbone. En dépit de cela, le projet de PPE 3 affiche pour 2035 des objectifs de production électrique (presque totalement décarbonée, comme aujourd'hui) de 666-708 TWh, bien au-delà de la consommation actuelle et même supérieure à celle prévue pour 2035¹³. Plus inquiétant encore, cette production repose principalement sur une augmentation massive des énergies solaire et éolienne intermittentes, passant de 73 TWh en 2023 à 254-274 TWh en 2035. Cette évolution entraînerait des surcapacités considérables, coûteuses et inutiles, générant un excédent d'offre par rapport à la demande dépassant les 100 TWh, et surtout un taux excessif de production d'électricité non pilotable proche de 40 %.

En effet, en absence de capacités de stockage d'électricité massives, non disponibles aujourd'hui¹⁴ et qui ne le seront pas beaucoup plus dans 10 ans¹⁵, cet excès de production intermittente non pilotable, qui bénéficie aujourd'hui d'une priorité sur le réseau, induira : (i) une volatilité accrue des prix de l'électricité, avec des périodes de plus en plus fréquentes de prix très élevés alternant avec des prix négatifs ; (ii) la nécessité, pour assurer l'équilibre offre-demande, d'une modulation excessive de la production nucléaire, entraînant des contraintes sur la gestion du parc électronucléaire¹⁶ et un sous-emploi de ce parc¹⁷, sous-emploi coûteux économiquement et induisant des risques de dégradation des performances des réacteurs¹⁸ ; (iii) des tensions sur les réseaux électriques qu'il faut adapter à cette variabilité de la production, ajoutant des coûts supplémentaires considérables au fonctionnement du système énergétique.

L'Académie des sciences soutient la proposition du Haut-Commissaire à l'Énergie Atomique¹⁹ visant à accompagner le texte de la PPE d'une analyse approfondie du coût complet de production du système énergétique français, incluant le scénario proposé ainsi que des scénarios alternatifs, ce qui n'est pas fait aujourd'hui. Il convient de rappeler qu'atteindre une production électrique totalement décarbonée ne requiert nullement une augmentation massive des énergies éolienne et solaire. Le bilan électrique 2024 de RTE²⁰ montre en effet clairement

¹³ Certes l'excédent permet des exportations d'électricité mais il est clairement excessif.

¹⁴ D'après Enedis, les capacités de stockage par batteries accordées au réseau de distribution d'électricité sont environ de 550 MW et ont augmenté au cours des années 2023 et 2024 d'environ 100-150 MW/an.

¹⁵ Le chapitre du projet de PPE sur le stockage d'énergie est particulièrement creux.

¹⁶ Plus qu'une gestion contraignante, il faut savoir qu'il existe un plafond d'énergies intermittentes au-delà duquel le nucléaire ne peut suppléer l'intermittence. En effet, on ne peut pas descendre la puissance d'un réacteur en fonctionnement en dessous de 25-30% de la puissance nominale (valeur qui diminue en fin de cycle) pour des raisons de sécurité. En dessous de cette valeur, la modulation de production n'est pas techniquement viable (sauf à mettre le réacteur à l'arrêt, mais alors sans qu'on puisse redémarrer à volonté). De sorte que le niveau d'énergies intermittentes visé par la PPE3 est tel qu'il va conduire à un sous-emploi à la fois du parc nucléaire et du parc éolien/solaire. Ce qui est, de toute évidence, économiquement absurde.

¹⁷ Le facteur de charge actuel du nucléaire est inférieur à 70% quand il est supérieur à 90% aux États-Unis.

¹⁸ Voir le [rapport de l'inspecteur Général de la Sureté Nucléaire et de la Radioprotection d'EDF](#).

¹⁹ Voir l'[Avis de haut-commissaire à l'Énergie Atomique sur la programmation pluriannuelle de l'énergie, paru en février 2025](#).

²⁰ Voir [RTE bilan électrique 2024](#).

que le système électrique français actuel, avec déjà 29 % d'énergies intermittentes et un record d'exportation (89 TWh), émet seulement 21,3 g CO₂eq par kWh d'électricité produit, soit l'un des taux les plus bas au monde. En comparaison, le système électrique allemand, avec une part de production éolienne et solaire de 45 % en 2024, affiche une intensité carbone de 350 g CO₂eq/kWh.

En conséquence, l'Académie des sciences recommande d'explorer des scénarios alternatifs limitant les surcapacités et s'appuyant sur des hypothèses de consommation plus réalistes. Une évaluation rigoureuse en termes de faisabilité et de coût, fondée sur une estimation des coûts complets pour le système électrique intégrant notamment ceux des stockages et des réseaux nécessaires, doit être menée. Du côté du nucléaire, ces scénarios doivent maintenir les objectifs de construction de nouveaux réacteurs EPR. Ces objectifs sont pertinents, comme l'a, et depuis longtemps, analysé l'Académie des sciences²¹, parce qu'il faudra remplacer certains réacteurs anciens, quand d'autres pourront être prolongés davantage, construction et prolongation permettant d'éviter l'effet falaise. C'est la seule voie possible pour maintenir une électricité décarbonée, car il ne peut exister de système électrique sans capacités pilotables tant qu'il n'y a pas de systèmes de stockage abondants, efficaces et bon marché. L'alternative, qui consisterait à recourir massivement aux énergies fossiles pilotables (gaz et charbon), pour assurer l'approvisionnement en

électricité quand il n'y a ni vent ni soleil, est exclue en raison de leurs effets délétères sur les émissions de gaz à effet de serre, visibles dans les pays qui pratiquent cette option.

Du côté des énergies renouvelables intermittentes, les objectifs de production doivent être mieux ajustés aux besoins réels²². L'Académie des sciences déconseille un développement précipité et massif des sources d'énergie non pilotables sur la base de prévisions de consommation surestimées. Un déploiement raisonné de ces énergies suppose d'abord la mise en place de conditions essentielles, comme l'a souligné un rapport conjoint de RTE et de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) en 2021 : (i) la disponibilité de capacités pilotables pour assurer à tout moment une puissance au moins égale à la puissance appelée ; (ii) le renforcement des réseaux électriques ; (iii) la disponibilité de capacités de stockage à toutes les échelles de temps²³.

Enfin, compte tenu des incertitudes concernant le rythme d'électrification du système énergétique et donc l'évolution de la consommation électrique, l'Académie des sciences recommande de réfléchir à l'instauration de mécanismes garantissant une meilleure cohérence entre le développement du mix électrique et l'évolution de la demande. La croissance de la production décarbonée doit suivre le même rythme que celui de l'électrification des usages, une approche vertueuse tant sur le plan économique que technique.

²¹ Voir le [rapport de l'Académie des sciences « Considérations sur l'électronucléaire actuel et futur » paru en 2021](#).

²² Avec, déjà à l'heure actuelle, un excès d'offre de presque 100 TWh, qui est exporté, il n'est pas nécessaire d'ajouter 200 TWh d'énergie, par ailleurs non pilotable. En effet, même si la demande électrique finira bien par remonter - il faut l'espérer - les divers scénarios (RTE, ADEME) convergent dans l'évaluation du besoin d'électricité supplémentaire, entre 100 et 150 TWh, à l'horizon 2050, associé au développement des pompes à chaleur, de l'hydrogène vert, des véhicules électriques, de l'intelligence artificielle, de nouveaux procédés industriels électriques.

²³ Voir le [rapport RTE-AIE 2021](#).

Contributeurs.

Auteur de l'avis : Marc FONTECAVE – Président du comité de prospective en énergie de l'Académie des sciences.

Membres du comité de prospective en énergie de l'Académie des sciences : Roger BALIAN, Sébastien BALIBAR, Lydéric BOCQUET, Yves BRÉCHET, Catherine BRÉCHIGNAC, Édouard BRÉZIN, Sébastien CANDEL, Catherine CESARSKY, Bruno CHAUDRET, Vincent COURTILLOT, Antoine DANCHIN, Jean-Claude DUPLESSY, Marc FONTECAVE (président du comité), Josselin GARNIER, Robert GUILLAUMONT, Pierre JOLIOT, Jacques LASKAR, Guy LAVAL, Hélène OLIVIER-BOURBIGOU, Olivier PIRONNEAU, Thierry POINSOT, Michel POUCHARD, Daniel ROUAN, Didier ROUX, Christian SERRE, Patrice SIMON, Jean-Marie TARASCON, Jean WEISSENBACH et Francis-André WOLLMAN.

Secrétariat éditorial : Juliette ROCHET – Directrice des comités, avis et rapports de l'Académie des sciences.

Annexes.

Sitographie complète (par ordre de citation dans le corps du texte)

- [Programmations pluriannuelles de l'énergie \(PPE\) | Ministères Aménagement du territoire Transition écologique](#)
- [L'Académie des sciences partage sa contribution de la programmation pluriannuelle de l'énergie | Académie des sciences](#), paru en décembre 2024.
- Rapport de l'Académie des sciences [le rapport « L'hydrogène aujourd'hui et demain »](#) paru en mai 2024.
- [Scénarios prospectifs énergie-climat-air | Ministères Aménagement du territoire Transition écologique](#).
- [RTE bilan électrique 2024](#). La consommation a augmenté de 0,7% entre 2023 et 2024.
- [Rapport de l'inspecteur Général de la Sureté Nucléaire et de la Radioprotection d'EDE](#).
- [Avis de haut-commissaire à l'Énergie Atomique sur la programmation pluriannuelle de l'énergie, paru en février 2025](#).
- [RTE bilan électrique 2024](#).
- [Rapport de l'Académie des sciences « Considérations sur l'électronucléaire actuel et futur » paru en 2021](#).
- [Rapport RTE-AIE 2021](#).

Abréviations, acronymes, formules et symboles utilisés

ADEME - Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

AIE - Agence internationale de l'énergie

AMS - Avec mesure supplémentaire (concernant les scénarios « énergie-climat-air »)

EPR - *European/evolutionary Power Reactor*, soit, en français, Réacteur pressurisé européen

PPE - Programmation pluriannuelle de l'énergie

PPE 3 - 3^e volet de la Programmation pluriannuelle de l'énergie

RTE - Réseau de transport d'électricité

CO₂ - Formule chimique du dioxyde de carbone

g CO₂eq - unité de mesure visant à comparer les émissions des gaz à effet de serre pour leur « potentiel de réchauffement global »

Wh - Symbole du watt-heure (unité d'énergie) ; 1kWh = 10³Wh ; 1TWh = 10¹²Wh.

Directeurs de la publication
Étienne Ghys et Antoine Triller

Rédacteur
Marc Fontecave

Date de parution : avril 2025.



ACADÉMIE
DES SCIENCES

23, quai de Conti - 75006 Paris
academie-sciences.fr