



NOTE : PRÉCISIONS SUR LES BILANS CO₂ ÉTABLIS DANS LE BILAN PRÉVISIONNEL ET LES ÉTUDES ASSOCIÉES

Depuis 2017, RTE a publié, dans le cadre du Bilan prévisionnel et des études qui lui sont associées, de nombreux éléments sur l'évolution des émissions de gaz à effet de serre (GES) associées à la production d'électricité. Ces études ont montré :

- ▶ que le développement des énergies renouvelables en France avait un effet baissier sur les émissions de CO₂ en France et en Europe ;
- ▶ que les scénarios de la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), ou les scénarios de type *Volt* et *Ampère*, conduisaient à faire diminuer encore les émissions de CO₂.

Ces résultats peuvent parfois susciter l'incompréhension de certains commentateurs, qui interprètent les transformations du secteur électrique selon un unique prisme, celui d'une concurrence entre le nucléaire et les énergies renouvelables au niveau de la France.

Les analyses de RTE conduisent à positionner le développement des énergies renouvelables dans une perspective plus vaste, à double niveau : (1) l'échelle du fonctionnement du système électrique (elle est européenne, non nationale) et (2) le périmètre de prise en compte des émissions (il faut intégrer les transferts d'usage prévus vers le secteur de l'électricité). Des détails sur

les principes méthodologiques qui doivent guider l'analyse sont ainsi précisés dans le chapitre 8 du rapport technique du Bilan prévisionnel 2019¹.

Les conclusions principales des travaux menés par RTE depuis le Bilan prévisionnel 2017 et la généralisation de la démarche d'analyse socio-économique peuvent être résumées par les résultats détaillés dans cette note.

Ces résultats portent uniquement sur les bilans CO₂ associés à diverses transformations du secteur énergétique, et non sur l'efficacité économique des différents leviers de réduction des émissions. Des éléments d'évaluation économique sont néanmoins présentés dans les différentes publications de RTE : les scénarios du Bilan prévisionnel 2017 ont fait l'objet d'un chiffrage complet, et les études complémentaires sur la mobilité électrique, l'hydrogène et le chauffage poursuivent cette dynamique.

État des lieux

1. La production d'électricité en France est aujourd'hui essentiellement décarbonée. D'après les chiffres publiés dans le Bilan électrique², la

1. RTE, Bilan prévisionnel 2019 : <https://www.rte-france.com/sites/default/files/rapport-technique-bilan-previsionnel-2019.pdf>
2. RTE, Bilan électrique 2019 : <https://bilan-electrique-2019.rte-france.com>

production d'électricité d'origine nucléaire s'est élevée **en 2019** à 379 TWh, celle d'origine hydraulique à 60 TWh tandis que **la production renouvelable d'origine éolienne et solaire a atteint un total de 45 TWh**. Dans le même temps, la production des centrales thermiques fossiles s'est élevée à 42 TWh et provient désormais essentiellement de centrales au gaz récentes (cycles combinés) qui émettent moins de gaz à effet de serre que les centrales au charbon ou au fioul.

2. Les émissions de CO₂ du secteur électrique français ont tendanciellement diminué au cours des dernières années pour atteindre environ 19 millions de tonnes en 2019. Rapportées à la production, cela revient à un contenu carbone moyen très faible en comparaison d'autres pays européens dont le mix s'appuie encore beaucoup sur des centrales thermiques à combustible fossile. À titre de comparaison, les émissions du secteur électrique se sont élevées en 2018 à plus de 270 millions de tonnes en Allemagne, près de 70 millions au Royaume-Uni, ou encore environ 90 millions en Italie.

Sur l'influence du développement des énergies renouvelables sur la production des différentes filières :

3. Si les énergies renouvelables sont déployées en substitution à l'énergie nucléaire, il n'existe pas d'effet significatif sur les émissions de gaz à effet de serre. L'éolien et le solaire comme le nucléaire sont des technologies qui n'émettent pas de CO₂ lors de la phase de production d'électricité (hors construction des installations et phase amont du cycle du combustible), et conduisent donc à une production d'énergie décarbonée. En intégrant le cycle de vie des matériels, les émissions restent extrêmement faibles pour le nucléaire et l'éolien, et sont légèrement supérieures pour le photovoltaïque³ même si elles restent d'un ordre de grandeur très nettement inférieur aux émissions associées à la combustion de charbon, fioul ou gaz.

3. Source : ADEME, Base carbone 2019

4. Voir la page du Bilan prévisionnel sur le site de RTE pour les dernières publications : <https://www.rte-france.com/fr/article/bilan-previsionnel>

Production éolienne et solaire = 45 TWh en 2019

4. En France, le développement de l'éolien et du solaire ne s'est pas réalisé, au cours des années récentes, en substitution à l'énergie nucléaire. Entre 2005 et 2019, la capacité de production nucléaire est demeurée identique (63 GW).

5. Une réduction significative de la production annuelle des réacteurs nucléaires a certes été enregistrée depuis les années 2000, et principalement entre 2005 (production annuelle de 430 TWh) et 2016 (production de 384 TWh, soit une baisse de près de 50 TWh en un peu plus de dix ans). Cette réduction tient principalement aux performances du parc nucléaire, dont les réacteurs font l'objet d'arrêts plus fréquents et plus longs, notamment dans le cadre du programme du « grand carénage ». RTE a analysé en détail les conséquences ces arrêts et leurs conséquences sur la sécurité d'approvisionnement dans le cadre des derniers Bilans prévisionnels⁴.

6. La faculté, pour certains réacteurs nucléaires, de pouvoir moduler leur production constitue une caractéristique importante du parc français, qui n'est pas récente et était déjà nécessaire dans les années 1990 et 2000 pour adapter la production au profil de consommation (la France disposant majoritairement de nucléaire dans son mix et moins de centrales au gaz ou au charbon que les pays voisins). Dans le contexte d'aujourd'hui, la modulation à la baisse de la production des réacteurs nucléaires en périodes de grande abondance de production renouvelable est un phénomène qui existe, mais demeure rare et se produit essentiellement lors des périodes de faible consommation électrique (en particulier certains week-ends et jours fériés). Il intervient pour des raisons économiques (quand les prix de marché sont bas), dans le cadre d'une gestion de stock : hors cas spécifiques, la production est souvent simplement reportée.

7. Aujourd'hui, l'énergie éolienne et l'énergie solaire se déploient donc essentiellement en addition au potentiel de production nucléaire et hydraulique.

8. En conséquence, l'augmentation de la production éolienne et solaire en France se traduit par une réduction de l'utilisation des moyens de production thermiques (à gaz, au charbon et au fioul). Du point de vue des coûts variables, faire fonctionner ces unités est en effet plus onéreux que d'utiliser les moyens de production solaires, éoliens ou hydrauliques (dès lors qu'il existe du productible en vent, rayonnement ou hydraulité), ou que de faire fonctionner les centrales nucléaires existantes.

9. Cette réduction de l'utilisation des moyens thermiques se produit en France et dans les pays voisins, car le système électrique fonctionne de manière interconnectée à l'échelle européenne. La France disposant de peu de centrales thermiques – dont certaines (centrales à gaz) sont plutôt récentes et compétitives sur les marchés européens – une partie importante des réductions d'émissions sont enregistrées dans les pays voisins, *via* une augmentation des exports d'électricité et une réduction des imports. C'est ce qui explique que la France reste le principal exportateur européen malgré la réduction importante de la production nucléaire depuis les années 2000.

Sur l'évaluation des effets du développement des énergies renouvelables en matière d'émissions de gaz à effet de serre :

10. Pour obtenir une évaluation des émissions évitées grâce à la production éolienne et solaire, RTE a simulé ce que serait le fonctionnement du système électrique actuel sans ces installations. Cette étude, restituée dans le rapport technique du Bilan prévisionnel 2019, chiffre les émissions évitées à environ 22 millions de tonnes de CO₂ par an (5 millions de tonnes en France et 17 millions de tonnes dans les pays voisins). Dit autrement, si ces capacités n'avaient pas été développées et avec le reste du parc électrique actuel et inchangé, les moyens thermiques en

Émissions de CO₂ évitées grâce à la production éolienne et solaire en 2019 = 22 millions de tonnes

5. RTE, octobre 2018, *Analyses complémentaires sur les échanges d'électricité aux interconnexions dans les scénarios du Bilan prévisionnel* : <https://www.concerte.fr/system/files/concertation/BP2017-annexe-echanges-aux-interconnexions-vf.pdf>

France et en Europe auraient été davantage sollicités, conduisant à des émissions supplémentaires, notamment via des centrales au charbon et au gaz. Ce calcul permet d'évaluer les émissions évitées par le seul développement des capacités éoliennes et solaires, et non les réductions d'émissions liées à d'autres évolutions du secteur au cours des dernières années (évolution des prix des combustibles et du prix du CO₂ sur le marché ETS, déclassement de certaines centrales, etc.)

11. Ces résultats battent en brèche une vision réductrice du système électrique où chaque incrément de production éolienne et solaire se ferait au détriment du nucléaire et n'aurait pas d'influence sur les émissions de gaz à effet de serre.

12. Les scénarios publiés dans le Bilan prévisionnel 2017 (*Ampère, Volt...*) et les analyses publiées sur la mobilité électrique et l'hydrogène montrent que cette dynamique est susceptible de se prolonger, au moins en partie, à l'avenir. En particulier, les trajectoires choisies par le Gouvernement dans le cadre de la PPE conduisent à une croissance du potentiel de production d'électricité décarbonée. Dit autrement, la croissance de la production éolienne et solaire est supposée être plus rapide que la réduction de la production nucléaire, même en fermant quatorze réacteurs nucléaires sur les quinze prochaines années. À condition que ces trajectoires soient effectivement tenues, les performances du système électrique en France en matière d'émissions de CO₂ et sa contribution à la réduction des émissions à l'échelle européenne devraient croître.

13. Les études complémentaires sur les échanges d'électricité⁵ soulignent que le potentiel d'export est loin d'être saturé, mais que les conditions économiques (prix de l'électricité et viabilité économique des différentes filières) sont à vérifier.

14. À moyen terme, l'atteinte des objectifs publics de croissance du parc d'électricité décarbonée en France permettra de réduire encore les émissions

de gaz à effet de serre, soit dans les pays voisins *via* la hausse des exports et le moindre recours aux centrales thermiques situées dans ces pays, soit en France *via* des transferts d'usages vers l'électricité

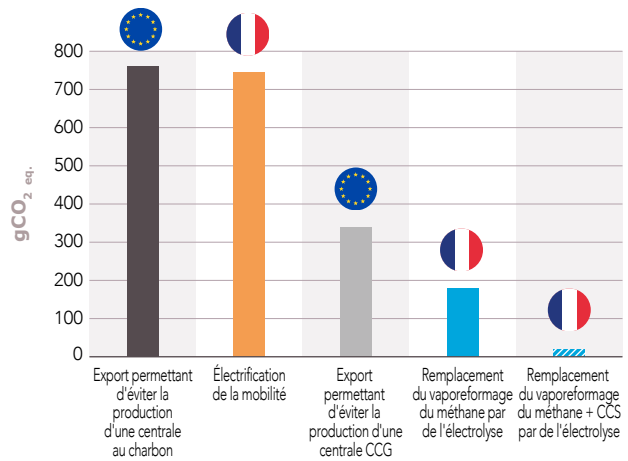
Sur les effets des nouveaux usages électriques en matière d'émissions de gaz à effet de serre :

15. Dans ce cas de figure, le système électrique peut accueillir de nouveaux usages (mobilité électrique, production de gaz de synthèse, chauffage...) en substitution à des combustibles fossiles. En utilisant un modèle européen, RTE vérifie de manière systématique le bilan carbone net de ces transferts, qui réduisent les émissions en France mais peuvent avoir des effets plus nuancés à l'échelle européenne. Plus précisément, du point de vue des émissions, les transferts d'usages vers l'électricité en France peuvent apparaître en concurrence avec l'export d'électricité décarbonée dans les pays voisins.

16. RTE a ainsi montré que le développement de la mobilité électrique⁶ en France conduit à des baisses très nettes des émissions de gaz à effet de serre (en lien avec la combustion de carburants pétroliers évitée), même en prenant en compte les effets sur le système électrique européen et l'analyse de cycle de vie des batteries.

17. S'agissant de la transition vers l'hydrogène bas-carbone⁷ produit par électrolyse, les gains sur les émissions sont clairs au niveau de la comptabilité nationale grâce à la réduction des émissions liées à la production conventionnelle de l'hydrogène (vaporeformage du méthane). L'analyse à l'échelle européenne peut être en revanche plus

Figure 1. Émissions évitées à l'échelle de l'Union européenne par la production d'un kilowattheure d'électricité décarbonée en France en fonction de son utilisation, en France ou en Europe



nuancée : à parc inchangé, le développement de l'hydrogène conduit à réduire les exports, alors même que ces exports permettent d'éviter davantage d'émissions que le remplacement du gaz par l'électricité pour produire de l'hydrogène en France. L'augmentation de la production d'électricité décarbonée prévue au titre de la PPE permet de contrebalancer cet effet et d'assurer un bilan carbone global positif pour la transition vers l'hydrogène bas-carbone.

18. L'étude en cours sur le chauffage et le secteur du bâtiment, qui sera publiée prochainement, viendra compléter l'analyse environnementale des principaux transferts d'usage vers l'électricité. Elle suivra le même cadre méthodologique que les études mentionnées ci-dessus avec notamment des analyses sur les plans technique, environnemental et économique.

Calcul du Co2 évité grâce à la production solaire et éolienne (en 2019):

**Tonnes de CO₂ évitées / Production = 21 millions t CO₂/45 TWh
= 489 g CO₂ évités / kWh**

⁶ RTE, mai 2019, *Enjeux du développement de l'électromobilité pour le système électrique* : https://www.rte-france.com/sites/default/files/electromobilite_synthese_9.pdf

⁷ RTE, janvier 2020, *La transition vers l'hydrogène bas-carbone - Atouts et enjeux pour le système électrique à l'horizon 2035* : https://www.rte-france.com/sites/default/files/rapport_hydrogene_vf.pdf