

Comment gérer par la demande les besoins de flexibilité du système électrique français ?

Electricité / Pilotabilité

RESUME EXECUTIF

Depuis quelques mois, les pouvoirs publics prennent conscience de la nécessité de porter sur la question énergétique un regard cohérent avec l'horizon 2050, qui a un objectif essentiel : décarboner le mix énergétique. Cohérent également avec le temps long qui caractérise toutes décisions portant sur le mix électrique.

Dans cette perspective, ont été publiés plusieurs scénarios et rapports : RTE, ADEME, Académies, Cérémé¹.

Ces scénarios font apparaître la nécessité de définir des hypothèses réalistes sur les niveaux de consommation électrique attendue en 2050, puis d'estimer le plus correctement possible les flexibilités raisonnablement accessibles, en particulier les flexibilités relevant d'une gestion de la demande. Tels sont les deux sujets traités dans cette fiche.

Gérer la demande, c'est impliquer les consommateurs par des modifications de leur consommation d'électricité résultant d'un signal tarifaire ou de sollicitations émanant du gestionnaire du réseau : un processus aujourd'hui assuré par un effacement contractuel de la consommation de gros acteurs industriels, à hauteur de 3,3 GW en 2020 selon RTE. Il apparaît cependant que l'électrification croissante des usages prévue d'ici à 2050 aura pour effet qu'un tel effacement sera insuffisant pour permettre à RTE d'équilibrer le réseau.

Il existe deux voies principales pour renforcer la flexibilité de la demande, en s'appuyant sur les moyens de pilotage offerts par les techniques

informatiques : encourager les reports de consommation sur des plages permettant de la caler sur les capacités de production effectivement disponibles, et réduire - en cas de fortes tensions sur le réseau - une partie de la consommation par des dispositions contraignantes.

Selon le Cérémé, un niveau réaliste de flexibilité par la demande devrait se situer à 7 à 9 GW au maximum, et non pas aux niveaux figurant dans d'autres scénarios, tels 15 à 17GW pour RTE : des niveaux optimistes voire hasardeux, non compatibles avec le devoir des pouvoirs publics de garantir la sécurité d'approvisionnement et la qualité du service rendu.

Il ne faut pas exagérer l'efficacité de cette gestion de la demande, notamment aux périodes les plus critiques où se conjuguent appels de puissance (grands froids) et absence de vent ou de soleil. Seules les électricités pilotables déployées à grande échelle permettront d'assurer aux Français leur sécurité d'approvisionnement à un prix acceptable.

DEVELOPPEMENT

Le pilotage du système électrique français repose sur la mission confiée à RTE (Réseaux de transports de l'électricité) de garantir l'équilibre entre l'offre et la demande d'électricité pour assurer en temps réel la sécurité électrique du pays. Encore faut-il, d'une part que le système soit dimensionné pour répondre aux besoins,

¹ Scénario alternatif à ceux de RTE, Cérémé, Décembre 2021.

d'autre part que **la réponse à ce besoin soit réellement pilotable**, ce qui sur ce dernier point n'est pas assuré compte tenu du poids croissant des énergies renouvelables intermittentes (EnRi) éoliennes et solaires dans le mix électrique français au détriment des sources pilotables (nucléaire et hydraulique), des énergies qui ne sont pas nécessairement présentes au moment de la pointe.

RTE doit donc trouver des solutions d'adaptation de la demande à une offre de plus en plus fluctuante et imprévisible.

1) Quel niveau de la consommation attendu pour 2050 ?

Consommation électrique 2019 : 470 TWh.

Tous les scénarios tiennent compte d'une électrification croissante de nos usages (mobilité, chauffage et climatisation, numérique, réindustrialisation), mais différent selon les efforts attendus en matière de sobriété mais aussi d'efficacité énergétique.

Il en résulte une fourchette large : **500 TWh dans des organisations prônant sobriété voire décroissance, 745 TWh pour RTE, 850 à 900 TWh pour les Académies (Académie des Sciences - rapport 8 juillet 2021², Académie des Technologies - rapport 10 mars 2021³) dont le Céréme⁴ se rapproche**, dans la double perspective d'une réindustrialisation énergétique et d'un développement de l'hydrogène afin d'accompagner la décarbonation de l'industrie.

Tous ces scénarios ont en commun de prévoir une trajectoire d'électrification s'accroissant à partir de 2035-2040.

A ces niveaux de consommation électrique annuelle en TWh se rattachent des niveaux de puissance appelée lors des pointes critiques, l'hiver notamment, en lien avec l'évolution des usages. Ainsi RTE prévoit-il des pics de consommation pouvant atteindre 120 GW en janvier 2050⁵ et 105 GW à l'été 2050 contre, actuellement, 90 à 100 GW l'hiver et nettement moins l'été.

Quel que soit le scénario cependant, il apparaît **l'intérêt d'évaluer les gisements d'efficacité énergétique** parmi lesquels les pompes à chaleur, l'isolation thermique des bâtiments, etc. **ainsi que des moyens simples pour optimiser les niveaux de consommation** : suivi des compteurs, réglage du chauffage, réglage de l'eau chaude sanitaire, etc.

² [L'apport de l'énergie nucléaire dans la transition énergétique, aujourd'hui et demain, Académie des Sciences, Avis du 8 juillet 2021](#)

³ [Perspective de la demande française d'électricité d'ici 2050, Académie des technologies, Avis du 10 mars 2021](#)

Encore faut-il avoir à l'esprit que **les opportunités de flexibilité ne se présentent jamais simultanément**, notamment lors des périodes les plus critiques (grands froids ou vacances).

2) Des voies multiples de pilotabilité de la demande

2-1. Des voies nouvelles

a) Le pilotage par l'hydrogène

L'hydrogène est appelé à se développer en priorité pour les usages industriels, afin de réduire puis supprimer les sources fossiles dans l'industrie.

L'usage appelé power-to-gas-to-power (hydrogène brûlé dans des centrales thermiques à flamme pour fabriquer de l'électricité) **doit demeurer un usage secondaire, dans une logique de dépannage pour passer les pointes critiques**, compte tenu de son rendement technique particulièrement faible (25 à 30 % : il faut consommer 100 Wh pour restituer 25 à 30 Wh), d'où une production électrique d'appoint à coût rédhibitoire. Quant à l'usage de l'hydrogène en matière de mobilité, il devrait selon une majorité d'experts **se limiter aux poids lourds et au ferroviaire, l'aérien étant moins certain**.

Pour produire cet hydrogène, la voie la plus appropriée est l'électrolyse de l'eau. A cette production il peut être associé une flexibilité par la conclusion de contrats avec les industriels concernés portant effacement de leurs électrolyseurs sur demande du système.

Cette production et les flexibilités associées n'ont de sens que dans la mesure où l'hydrogène sera produit à prix compétitif, ce qui requiert une électricité elle-même compétitive autrement dit d'origine nucléaire.

b) Le pilotage par les batteries des véhicules électriques

Les prévisionnistes relèvent une opportunité de pilotage de la demande par deux dispositifs : d'une part des bornes de recharge des véhicules électriques sur les lieux de travail, des bornes publiques et privées, et des incitations tarifaires pour une recharge en heures dites favorables (autrement dit hors pointe)

⁴ [Scénarios alternatifs à ceux de RTE, Céréme, 20 octobre 2020](#)

⁵ [Futurs énergétiques 2050-Rapport complet, la consommation, RTE 25 Octobre 2021](#)

par l'utilisation d'horloges décalant automatiquement le démarrage de la recharge. D'autre part par la possibilité de faire produire de l'électricité à la pointe par les batteries des voitures.

Concernant la recharge aux plages horaires les plus appropriées, un rapport officiel⁶ précise qu'un tel dispositif permettrait à horizon 2050 de réduire les pointes de consommation de près de 10 GW.

Cette estimation est ambitieuse mais elle demeure théorique en raison des deux écueils :

- Les risques d'usure prématurée des batteries impliquent **une standardisation et un renouvellement cadencé** de celles-ci, à coût environnemental élevé et accru par des retraits anticipés.
- Les épisodes les plus concrets de la vie rendent **improbable la possibilité de toujours pouvoir réguler la consommation et encadrer les recharges**. Ainsi lors des périodes de migration de la population liées aux vacances scolaires d'hiver par grand froid.

Il s'agit donc tout au plus d'une opportunité en moyenne, dont la réalisation en toutes circonstances ne peut pas être garantie.

Quant à la production d'électricité par les batteries de véhicules, un système appelé vehicle-to-grid, il ne relève pas de l'objet de la présente fiche.

2-2. Le pilotage de la demande dans le secteur industriel

Le secteur industriel dispose d'une capacité de gestion de la demande, reposant sur des contrats d'effacement de la consommation conclus entre fournisseurs et consommateurs industriels.

Ces capacités d'effacement sont estimées par RTE à 3,3 GW en 2020.

2-3. Le pilotage de la demande dans le secteur du bâtiment (tertiaire et résidentiel)

a) Autoconsommations et pompes à chaleur

Le particulier fonctionnant en autoconsommation à partir de pompes à chaleur ou de petit solaire utilise l'électricité ou la chaleur produite pour satisfaire son besoin.

Ce faisant, il contribue à diminuer le besoin effectif en flexibilité de la demande, puisqu'il en résulte un moindre appel de puissance lors des pics de consommation.

RTE a ainsi calculé que les pompes à chaleur pourraient contribuer à une contraction de la consommation d'électricité pour l'eau chaude sanitaire de 20 % d'ici à 2050, et à renforcer la pilotabilité du système par régulation de leur production.

b) L'eau chaude sanitaire et le chauffage

La flexibilité sur l'eau chaude sanitaire est largement acquise. C'est un sujet que connaissent la plupart des ménages au titre du tarif heures pleines-heures creuses.

Ainsi, selon l'ADEME notamment, en 2050 70 % des ménages pourraient recourir à l'électricité pour le chauffage de l'eau sanitaire (51 % aujourd'hui), sachant que d'ores et déjà 80 % de l'eau est chauffée en heures creuses.

Quant au chauffage, il constitue un enjeu de flexibilité. Son potentiel devrait s'accroître au fur et à mesure que les consommateurs s'équiperont en « matériels communicants » et en programmation des équipements.

Cette perspective d'un transfert accru de consommation de périodes de pointe de consommation sur des périodes creuses est cohérente avec les efforts prévus d'efficacité énergétique des bâtiments, de sorte que la consommation en eau chaude sanitaire constitue un levier de flexibilité majeur dans les secteurs résidentiel et tertiaire, **sans incitations coûteuses à prévoir compte tenu de l'acceptabilité sociale du sujet.**

c) Les smart grids

Les « smart grids » ou « compteurs et réseaux intelligents » sont progressivement mis en place par Enedis dans toutes les habitations (compteurs Linky et autres). Ils ont pour objet **d'améliorer le pilotage par les consommateurs** de leurs propres équipements électriques et électroniques, tout en les incitant à **limiter leur consommation en périodes de pointe.**

Parfois mal comprise, l'installation de ces compteurs semble utile à la collectivité au titre de la gestion de la demande en électricité.

⁶ Flexibilité du système électrique, Conseil Général de l'économie, Mai 2020



WWW.CEREME.FR

CONTACT@CEREME.FR
63, RUE LA BOETIE
75008 PARIS