

LES AVIS DE L'ADEME

Flexibilité et stockage : Quel rôle du consommateur dans l'évolution du système électrique ?

À retenir	2
Contexte et enjeux.....	3
La flexibilité, un impératif pour réduire l'impact environnemental de la transition	3
Un développement contrasté du stockage.....	5
Le stockage plus structurel dans les territoires insulaires	6
Une optimisation électrique qui demande une forte implication des usagers du réseau.....	6
Un rôle nouveau pour le consommateur.....	7
Pour en savoir plus.....	12

Flexibilité et stockage : Quel rôle du consommateur dans l'évolution du système électrique ?

A retenir

La flexibilité du système électrique est la capacité à décaler une consommation ou une production d'électricité, soit directement soit en passant par une installation de stockage d'énergie. La gestion du système électrique nécessitant en permanence un équilibre entre consommation et production, le développement de la flexibilité est un enjeu essentiel de la transition énergétique. A l'échelle de l'usager, la flexibilité consiste essentiellement à adapter sa consommation au cours de la journée.

Le stockage n'est pas un sujet nouveau : l'hydroélectricité (via barrages et stations de turbinage-pompage) sert de stockage au système électrique depuis la construction d'un réseau national au XX^{ème} siècle, et le stockage thermique est déployé dans nombre de ménages via les ballons d'eau chaude sanitaire. Il permet déjà de couvrir des besoins journaliers à des variations de plus longue durée. L'intégration d'un taux croissant d'énergies variables pour électrifier le mix énergétique donne l'opportunité à d'autres types de stockage de se développer : batteries pour les besoins journaliers, technologies de stockage intersaisonnier pour couvrir des semaines froides et/ou sans vent par exemple. Ces développements auront un coût économique et environnemental qu'il convient de minimiser.

Malgré le caractère variable des installations éoliennes et photovoltaïques (41,6 GW de capacités installées en 2023), **leur développement important dans le mix électrique en France métropolitaine dans les années à venir est loin de nécessiter l'installation d'une puissance de stockage équivalente.** Des scénarios prospectifs récents, avec une forte croissance des énergies variables (puissance multipliée par 5 d'ici 2050 par rapport à aujourd'hui, soit environ 200GW) conduisent au plus à un triplement de la puissance de stockage (turbinage-pompage, batteries) nécessaire, soit moins de 20GW en 2050, tandis que les puissances nécessaires de centrales thermiques, jouant notamment un rôle de stockage intersaisonnier, diminuent (fioul, charbon, gaz ou hydrogène). **L'idée selon laquelle un MW d'énergie renouvelable nécessite l'installation d'un MW de stockage ou d'un MW de centrale au gaz est donc largement inexacte.**

Ces besoins limités en nouveaux stockages s'expliquent en partie par l'opportunité de développer la flexibilité de la demande, d'autant plus avec l'arrivée des véhicules électriques. **En effet, le décalage de la consommation vers le moment où l'électricité est produite, devrait permettre de recharger les stockages déjà présents chez les consommateurs** (véhicule électriques, ballons d'eau chaude) **pour équilibrer l'offre et la demande.** Ainsi la modulation à la baisse ou à la hausse de la consommation, qui consiste à décaler tout ou partie d'un usage électrique, permettrait de réduire les coûts et les impacts environnementaux de la transition en limitant le développement de stockages dédiés.

La flexibilité de la demande est aujourd'hui essentiellement mise en œuvre au travers du pilotage heures pleines / heures creuses des ballons d'eau chaude et de l'effacement des industriels majeurs, mais est **vouée à évoluer pour s'adapter à la plus grande variabilité de la production renouvelable et à s'adresser à l'ensemble des consommateurs.**

La flexibilité est également complémentaire de la maîtrise de l'énergie, qui consiste à réduire le gaspillage et améliorer l'efficacité énergétique. **Il s'agit de « consommer moins » et « consommer mieux », c'est à dire à un moment sans contrainte pour le système électrique.**

Au-delà des services rendus au système électrique, **la flexibilité permet également une baisse de nos émissions de CO₂ lors des pointes de consommation, et une meilleure valorisation des pics de production d'électricité renouvelable.** Il devient ainsi urgent de généraliser des heures creuses en milieu de journée pour éviter d'écrêter les productions solaires qui pourraient survenir en journée par manque de consommation, en favorisant la recharge des véhicules électriques à ces horaires par exemple.

Alors que le déploiement du stockage dédié au réseau électrique pourrait se faire sans nécessiter d'impliquer le consommateur, **le déploiement de la flexibilité demande de modifier notre rapport à l'énergie, en donnant un rôle plus central à l'ensemble des consommateurs dans l'équilibrage du système électrique.** Ce déploiement de la flexibilité nécessite l'implication des fournisseurs d'électricité et des pouvoirs publics pour développer les opportunités économiques essentielles à l'engagement des consommateurs. La flexibilité pourra ainsi se mettre en œuvre plus largement par différents leviers : une démarche active du consommateur volontaire, de nouvelles offres tarifaires à différenciation temporelle du prix de l'électricité en fonction des moments de la journée et le déploiement de boîtiers pour automatiser cette flexibilité.

Contexte et enjeux

Afin de réduire nos émissions de gaz à effet de serre, l'électrification de nos consommations énergétiques est un des leviers prioritaires, notamment pour les secteurs de l'industrie et de la mobilité. Il est ainsi attendu que la consommation d'électricité augmente en France. Afin de répondre à cette évolution de la demande, l'augmentation de la production électrique issue des filières photovoltaïques et éoliennes est nécessaire du fait de ses capacités de déploiement rapide, de la maturité des technologies et d'un bilan environnemental bas carbone.

L'éolien et le photovoltaïque étant des moyens de production variables, la disponibilité de la production d'électricité sera modifiée par rapport au système s'appuyant actuellement sur des productions pilotables s'adaptant à la demande (centrales thermiques fossiles, une partie de l'hydroélectricité et, dans une certaine mesure, des centrales nucléaires). Le système électrique, dont la gestion a évolué historiquement pour s'adapter aux contraintes de l'offre et de la demande (intégration des heures creuses par exemple), va devoir s'appuyer sur plusieurs leviers pour assurer son équilibre dans le futur.

Le premier levier, ayant déjà fait l'objet d'une forte sensibilisation des consommateurs est **la maîtrise de l'énergie**, qui consiste à gérer et à optimiser la consommation d'énergie, en réduisant le gaspillage et en améliorant l'efficacité énergétique.

Le second levier, **la flexibilité**, apporte un complément essentiel en déplaçant les consommations sur les périodes de productions abondantes et notamment renouvelables.

La flexibilité, un impératif pour réduire l'impact environnemental de la transition

La flexibilité est la capacité à décaler une consommation ou une production d'électricité, soit directement, soit en passant par une installation de stockage d'énergie. Côté production, elle consiste à **écrêter (c'est-à-dire réduire temporairement) voire supprimer totalement une production d'électricité** dans les périodes de surproduction et/ou de faible consommation. Côté consommation, elle **visé à décaler massivement certains usages pour éviter les périodes de tension ou pour profiter des pics de production d'électricité renouvelable**, notamment photovoltaïque. Cette flexibilité est largement mobilisée en France afin d'absorber historiquement la production nucléaire nocturne, principalement par recours à l'asservissement des ballons d'eau chaude sanitaire au signal « heures creuses » depuis les années 1980.

Les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre s'appuieront d'une part sur la réduction des consommations d'énergie et d'autre part sur la substitution des consommations d'énergie fossile par de l'électricité bas carbone. Cela devrait se traduire par une hausse de la consommation électrique en France en lien avec l'électrification des équipements industriels, mais également au développement de nouveaux usages de la vie quotidienne, dans les transports et les bâtiments :

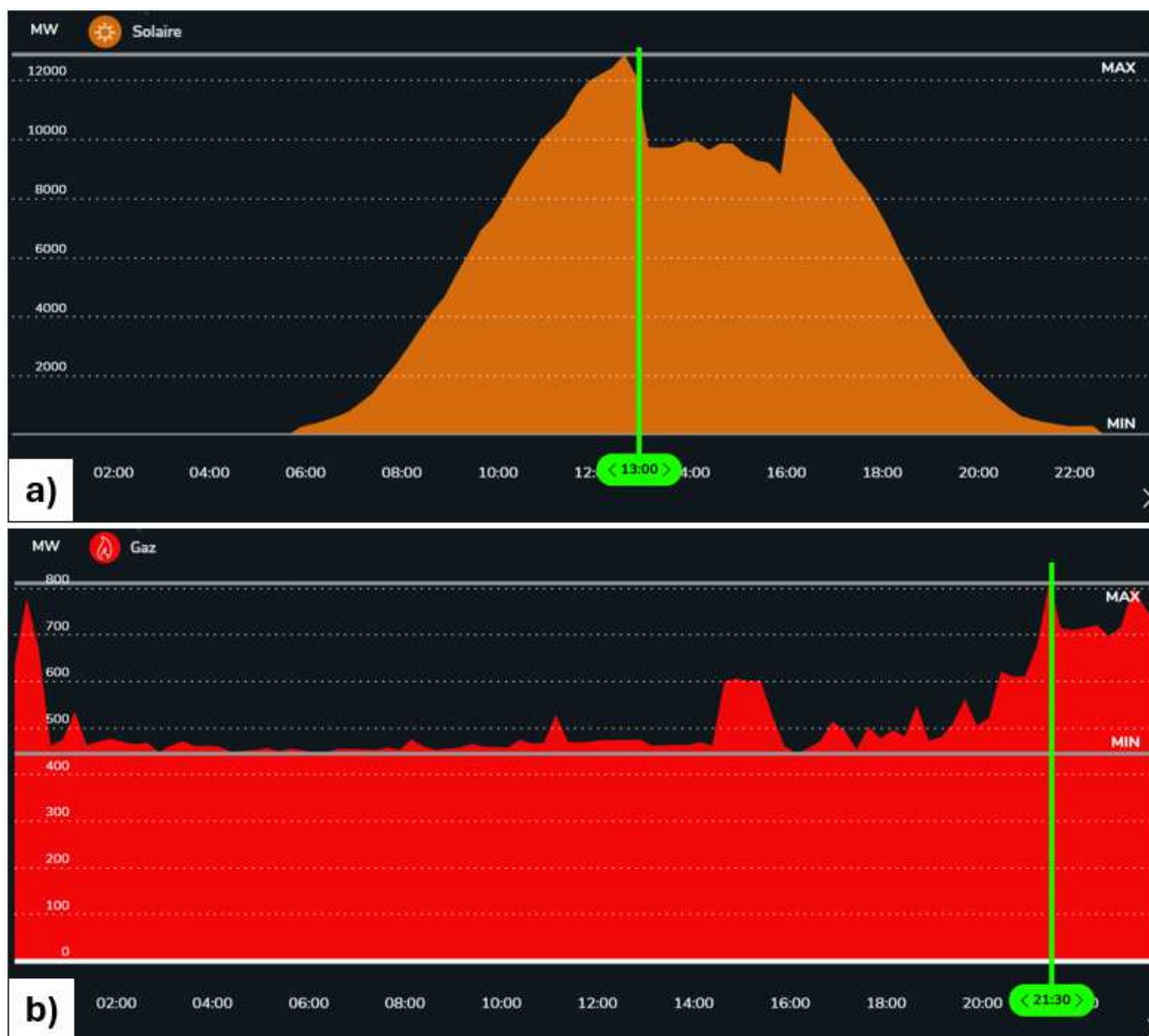
- Pour la mobilité, il s'agit de passer à **18 millions de véhicules électriques d'ici 2035¹** ;
- Dans le bâtiment, l'électricité est amenée à se substituer de manière croissante au fioul (encore utilisé par 2,5 millions de ménages) et au gaz fossile, ce qui conduirait à **équiper près de 10 millions de logements en pompes à chaleur d'ici 2035²**.

Dans le même temps, le gestionnaire du réseau de transport français RTE prévoit un déploiement de **65 GW de centrales solaires à l'horizon 2035** (contre 20,3 GW installés au 31 mars 2024) pour répondre à cette hausse des besoins électriques. La Stratégie Française Energie-Climat (SFEC) a fixé des objectifs encore plus ambitieux à l'horizon 2035 afin d'atteindre entre 75 GW et 100 GW de puissance solaire installée et près de 60 GW d'éolien dont 18 d'éolien en mer (contre 22,3 GW d'éolien terrestre et 1,5 GW d'éolien en mer au 31 mars 2024). Avec l'essor de ces productions renouvelables, de nouvelles plages horaires d'électricité abondante et décarbonée se dégageront entre 10h et 16h et le week-end. Ces périodes pourront être privilégiées pour la recharge des véhicules électriques ou pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire par exemple.

La flexibilité **est ainsi un levier essentiel et majeur pour assurer l'équilibre entre l'offre et la demande d'électricité dans un contexte d'électrification des usages et de déploiement des productions variables**. Elle doit notamment permettre d'éviter d'écarter les productions solaires en journées douces et ensoleillées par manque de consommation, alors que des centrales thermiques sont démarrées ces mêmes journées en fin de journée pour couvrir la demande au moment de la mise en route des ballons d'eau chaude. Par exemple la

¹ Données RTE, Futurs énergétiques 2050, Bilan prévisionnel Édition 2023, publié le 2 octobre 2023

journée du 28 juin 2024, illustrée ci-dessous, plus de 3 GW de production photovoltaïque ont été écrêtés entre 13h et 16h (image a), puis dans la même journée, la production des centrales au gaz a augmenté de 400 MW à 21h30 pour couvrir le lancement des ballons d'eau chaude au passage des heures creuses (image b)².



Le déploiement du photovoltaïque tend à amplifier cette production solaire en forme de cloche et donc l'abondance d'électricité d'origine renouvelable en cœur de journée (cet effet est plus marqué en été mais reste vrai tout au long de l'année). Le manque d'adaptation du profil de consommation à cette évolution de l'offre entraîne une surproduction faisant baisser les prix de l'électricité jusqu'à atteindre des prix négatifs³. Le décalage des consommations participe ainsi à limiter le besoin d'écrêtement des centrales de production, permettant aux consommateurs de bénéficier des tarifs plus bas d'électricité bas-carbone et aux producteurs de limiter leurs pertes.

Sans agir directement sur la demande électrique par un déplacement des usages, il est aussi possible d'équilibrer l'offre et la demande par le déploiement de solutions de stockage. Néanmoins, celui-ci implique des pertes liées aux conversions énergétiques ainsi que la fabrication d'équipements dont les coûts environnementaux peuvent être importants. La flexibilité de la demande devrait ainsi permettre de minimiser

² Source : <https://www.rte-france.com/eco2mix/la-production-delectricite-par-filiere>

³ La Commission de Régulation de l'Énergie a publié son analyse sur le phénomène de prix de l'électricité négatifs le 26 novembre 2024 : <https://www.cre.fr/actualites/toute-lactualite/la-cre-publie-son-analyse-sur-le-phenomene-de-prix-de-lelectricite-negatifs-et-ses-recommandations-relatives-aux-dispositifs-de-soutien-aux-energies-renouvelables.html>

les besoins additionnels de stockage. Celui-ci sera ainsi réservé pour répondre à des besoins pour lesquels une adaptation des consommations électriques ne serait pas suffisante.

Il s'agit d'un enjeu de réduction des impacts environnementaux et d'optimisation économique.

Un développement contrasté du stockage

Le stockage dans le système électrique, est-ce une nouveauté ?

Le stockage est présent sur le système électrique depuis l'installation de barrages hydroélectriques avec réservoirs au début du XX^{ème} siècle puis avec la construction dans les années 1970 de 5,2 GW de stockage par retenues d'eau appelés STEP (Station de Transfert d'Énergie par Pompage). Ces retenues pompent de l'eau vers un bassin haut lorsque la disponibilité électrique sur le réseau est abondante et turbinent vers un bassin bas lorsque la consommation est élevée et la production plus faible.

Le stockage journalier est également largement déployé de manière diffuse par l'intermédiaire des cumulus électriques (« ballons d'eau chaude ») qui fonctionnent comme un stockage de chaleur.

Enfin, l'équilibrage du système électrique repose également sur des stocks d'énergie fossile (en particulier les stockages géologiques de gaz) utilisés dans les centrales thermiques dont la réactivité permet de combler rapidement les déficits de production et/ou les surplus de consommation.

L'augmentation des productions variables éoliennes et photovoltaïques renforce la pertinence des stockages et ce à différents horizons temporels :

- Pour décaler la production au sein d'une même journée (par exemple transmettre la cloche d'irradiation solaire vers la pointe de consommation du soir)
- Pour décaler la production sur l'échelle d'une semaine (par exemple pour pallier des différences de vent)
- Pour décaler la production entre les saisons (par exemple pour passer des épisodes de froid à faible production variable)

Les STEP sont très utiles pour les deux premiers services listés ci-dessus, cependant le développement de nouvelles capacités reste limité par des contraintes topographiques et environnementales : les sites encore disponibles en France pour la construction de nouveaux barrages ne représentent que 2 à 3 GW additionnels aux 5,2 GW existants. **Bien que ces installations pérennes soient à prioriser⁴ pour rendre le système électrique plus résilient, elles ne peuvent donc pas couvrir l'ensemble des besoins de stockage et déstockage nécessaire à son équilibrage.**

L'essor des batteries stationnaires

Qualifiées de stationnaires pour les différencier des batteries embarquées (ex : véhicules électriques), les batteries installées sur le réseau électrique français connaissent une forte croissance, notamment poussé par la baisse de leur coût de fabrication et par des opportunités économiques. Partant d'une puissance quasi nulle installée en 2019, près d'1 GW sont raccordées aux réseaux électriques de transport et de distribution fin 2024. Ce bilan n'intègre pas les batteries installées chez les particuliers ou les entreprises car celles-ci sont généralement dédiées à l'autoconsommation.

Le développement des batteries stationnaires répond à un besoin de disposer de plus de flexibilité à l'échelle de la journée⁵, bien que les batteries existantes soient pour l'instant essentiellement utilisées pour l'équilibrage instantané du réseau. Il reste toutefois dépendant du déploiement de la flexibilité de la demande qui s'avère plus compétitive économiquement et présente moins d'impacts environnementaux que les batteries. En effet, ces dernières sont consommatrices de ressources dont certaines sont considérées comme critiques (lithium, graphite) et leur phase de fabrication est significativement émissive de gaz à effet de serre. Cette demande de batteries stationnaires s'ajoutant à celles utilisées en mobilité électrique, **nécessite d'optimiser leur déploiement pour réduire à la fois les impacts environnementaux et les tensions d'approvisionnement est donc stratégique.**

⁴ A ce titre, la consultation du 4 Novembre 2024 sur la PPE 3 affiche un objectif de +1,7 GW de STEP à 2035

⁵ Bilan prévisionnel 2023-2035, chapitre 6, RTE

En fonction des évolutions du parc de production d'électricité, mais aussi de la flexibilité de la demande, le stockage occuperait une place plus ou moins importante dans le futur paysage électrique. Les derniers travaux⁶ de l'ADEME ainsi que ceux de RTE montrent qu'en 2050, des scénarios multipliant par 5 la puissance de production variable (éolien, photovoltaïque) demandent au maximum un triplement de la puissance installée de stockage (batteries, STEP) par rapport à la puissance de stockage installée en 2024. **Cela représente selon ces scénarios un maximum de 13 GW de batteries. Dans des scénarios intégrant un développement particulièrement important de la flexibilité de la demande, ce besoin se réduit à moins d'1 GW supplémentaire par rapport à 2024.**

Les capacités de stockage à installer d'ici 2050 sont dépendantes des niveaux de flexibilité de la demande notamment, mais correspondent à des puissances très inférieurs à celles du développement de l'éolien et du photovoltaïque sur la même période.

La planification du stockage intersaisonnier

Pour décaler la période entre stockage et déstockage d'électricité au-delà de la semaine et jusqu'à plusieurs mois, d'autres technologies sont nécessaires. La piste la plus explorée⁷ pour ce stockage intersaisonnier en prospective⁸ est l'utilisation de cavités géologiques pour y stocker de grandes quantités d'énergie d'une saison à l'autre. L'énergie stockée peut être sous forme d'hydrogène ou de gaz à faible impact carbone (biométhane, méthane de synthèse) qui servira de combustible dans des centrales thermiques génératrices d'électricité.

L'accessibilité d'un stockage intersaisonnier à faible impact carbone va donc dépendre de progrès technologiques du stockage (pour l'hydrogène) ou de la capacité à décarboner le système gazier.

Les puissances nécessaires en 2050 des centrales thermiques bas-carbone mobilisant le stockage intersaisonnier seraient, selon différents scénarios de prospective, **inférieures aux centrales thermiques fossiles actuelles** (charbon, fioul, gaz fossile) et **fonctionneraient moins de temps dans l'année.**

Le stockage plus structurel dans les territoires insulaires

Les interconnexions, qui permettent l'échange d'électricité entre territoires (régions ou pays), représentent un levier de flexibilité important pour équilibrer le système en France métropolitaine, ce qui permet de mutualiser des capacités. Leur absence ou leurs capacités limitées sur les territoires, collectivités et départements d'outre-mer **rend la place du stockage plus importante dans les mix électriques locaux.** Les études prospectives mettent en évidence qu'il existe un lien direct entre le besoin de déploiement de stockage et la nature du mix électrique de ces territoires d'une part, et la saisonnalité⁹ d'autre part. Par exemple, la Corse présente une saisonnalité marquée avec en été un afflux important de touristes qui se traduit par une augmentation importante de la consommation d'électricité issue notamment de l'utilisation de la climatisation. Ainsi les besoins de stockage dans un scénario avec un mix électrique 100% renouvelable diminuent si la part de production pilotable augmente (par exemple via les barrages hydrauliques ou les centrales thermiques fonctionnant à la biomasse) et/ou si la saisonnalité est faiblement marquée. Comme vu précédemment, la flexibilité de la demande est également un levier majeur pour réduire le stockage.

Pour la Corse, les interconnexions avec l'Italie et la Sardaigne qui participent à l'équilibre offre-demande, permettent de limiter fortement le recours au stockage.

Une optimisation électrique qui demande une forte implication des usagers du réseau

L'efficacité de la modulation de puissance à l'échelle du système électrique réside dans le volume de consommation à déplacer de manière à agir efficacement sur l'équilibre entre l'offre et la demande. Dans un souci d'optimum économique, il a été choisi d'équiper en priorité les plus gros consommateurs d'électricité, les industriels, de solutions de modulation de leur consommation pour agir sur l'équilibre entre l'offre et la

⁶ Ces scénarios permettent par ailleurs de faire passer la part de l'électricité produite par les renouvelables d'environ 29% aujourd'hui à plus de 70% en 2050. Pour aller plus loin, lire [l'avis d'expert sur le stockage dans la transition énergétique](#)

⁷ Le stockage intersaisonnier d'électricité sous forme de chaleur, pourrait également jouer des rôles intéressants pour le système énergétique.

⁸ ADEME, RTE, ENTSOE

⁹ La saisonnalité représente la variation de la production et surtout de la consommation d'électricité au cours des saisons

demande. **Néanmoins, pour faire face à l'augmentation des besoins de flexibilité, il est nécessaire de déployer des solutions de modulation destinées aux ménages et aux petites entreprises, au-delà du pilotage heures pleines / heures creuses des ballons d'eau chaude.**

A titre d'exemple le chauffage électrique résidentiel actuel (principalement par effet joule) représente 40% de la pointe électrique nationale (soit environ 35 GW), bien au-delà des capacités de flexibilité déjà actives chez les industriels (autour des 4 GW en 2023). Au regard des retours d'expérience des solutions connectées d'économies d'énergie et de pilotage du chauffage électrique, la flexibilité apportée par le déplacement et l'effacement permettrait de réduire jusqu'à 15 GW la puissance actuelle de la pointe¹⁰.

Le déploiement de la mobilité électrique est également un enjeu primordial de flexibilité. Celui-ci peut être une opportunité d'équilibrage pour le système électrique à condition que la recharge des véhicules, dépendant des besoins des consommateurs, puisse aussi prendre en compte les périodes critiques du système électrique (ex : éviter un début de charge lors de la pointe du soir et préférer une charge la nuit quand la consommation est faible ou en journée pendant les heures où la production PV est abondante).

Pour illustrer ce besoin, la France compte à l'été 2024 environ 1,2 million de véhicules 100% électriques en circulation. Ainsi, si l'on voulait recharger l'ensemble du parc automobile français en 1h, cela demanderait une puissance d'environ 70 GW¹¹, soit plus que la puissance du parc nucléaire national¹². Lisser la recharge dans le temps et la placer en dehors des périodes de forte consommation est donc essentiel dès à présent.

Le développement du solaire photovoltaïque présentera également une opportunité pour recharger les véhicules aux heures de productions abondantes et profiter ainsi d'électricité principalement renouvelable à des tarifs qui seraient plus intéressants qu'aux périodes de pointe. Cette énergie d'origine renouvelable stockée dans les véhicules pourrait de plus être réinjectée sur le réseau électrique pendant les périodes de forte consommation afin de satisfaire une demande qui ne pourrait pas être déplacée dans le temps. Cette bidirectionnalité de la recharge, qui commence à se développer sur le marché français, pourra offrir des opportunités techniques et économiques intéressantes pour le système et pour les utilisateurs des véhicules.

Ces consommations étant à la main de l'utilisateur, **la compréhension du besoin de modulation et des offres tarifaires par les consommateurs ainsi que leur implication sont primordiales pour garantir que les puissances appelées soient effectivement déplacées.** En effet, atteindre ces capacités de pilotage à l'échelle nationale impliquerait une très forte sensibilisation.

Un rôle nouveau pour le consommateur

La transition énergétique, marquée par l'essor rapide de nouveaux usages de l'électricité et l'augmentation de la part des moyens de production variables nécessite donc un pilotage plus réactif pour assurer à tout instant l'équilibre entre l'offre et la demande. Ainsi cela demande d'avoir recours à davantage de flexibilité qu'auparavant, notamment sur les usages à la main du consommateur, et donc à **modifier notre rapport à l'énergie. Les consommateurs peuvent ainsi prendre un rôle plus central dans la transition énergétique en offrant de la flexibilité au système électrique et en profitant de cette opportunité pour réduire leurs factures.** Pour les ménages en situation de précarité énergétique, ce rôle de consommateur flexible est moins réaliste compte tenu de la difficulté de ces ménages à disposer d'une source d'énergie suffisante pour satisfaire leurs besoins primaires. Par exemple, une modulation du chauffage apparaît irréaliste dans les passoires thermiques en raison du manque d'inertie. Ainsi le signal prix ne pourra inciter une modulation de consommation de ces ménages et n'est donc pas une solution adaptée.

Loin de relever majoritairement de défis technologiques ni de changement drastique du quotidien des usagers du système électrique, l'essentiel des besoins peut être adressé à moindre coût et moindre effort. En effet, si les technologies de production à déployer pour la transition énergétique ne sont pas pilotables, leur production est fortement prévisible. Cela rend les modifications structurelles de la consommation simple à mettre en place pour faciliter l'équilibrage du système électrique en temps réel.

¹⁰ Extrapolation nationale à partir des déplacements de consommation réalisés par l'opérateur Voltalis sur des durées allant de 10 à 30 minutes sur les 200 000 logements équipés par leur dispositif

¹¹ Calcul ADEME, selon un cas fictif où l'ensemble des utilisateurs se rechargent en même temps en recharge rapide

¹² Alternativement, la France comptera en 2035 environ 18 millions de véhicules 100% électriques en circulation. Ainsi, si l'on voulait recharger en même temps l'ensemble du parc automobile français à domicile (prise de 3kW), cela demanderait une puissance d'environ 54 GW, soit près de 90% de la puissance du parc nucléaire national actuel.

On peut cataloguer plusieurs leviers d'actions pour le consommateur :

- Le premier levier d'action générant déjà des bénéfices pour le système consiste à s'appuyer sur les outils existants, comme le **suivi de ses consommations** rendu possible par le compteur communicant Linky ou les « météos de l'électricité »¹³ pour s'informer et placer ses usages électriques au sein d'une journée. **En mettant à disposition** ses données de comptage auprès de son fournisseur d'électricité, de la collectivité ou d'un développeur d'outil de suivi d'énergie, les consommateurs obtiennent des conseils de consommation formulés afin de baisser leurs consommations globales d'électricité et ainsi de réduire leur facture.
- Le deuxième niveau d'action permettant d'aller plus loin dans la démarche est de **s'orienter vers des offres tarifaires valorisant la flexibilité des usages** et encourageant à consommer aux moments les plus opportuns pour le système électrique via des prix différenciés au cours de la journée. Ces offres permettent de générer des économies plus importantes sur ses factures d'électricité en déplaçant ses consommations sur les périodes où l'électricité coûte le moins cher. Il existe de nombreuses formules en fonction des besoins énergétiques du consommateur, comme par exemple l'offre TEMPO d'EDF qui présente des tarifs plus élevés pendant les heures pleines des 22 jours les plus critiques de l'année pour le système électrique, mais offrant des tarifs plus avantageux que les tarifs réglementés de vente (TRV) le reste de l'année.
- Enfin le troisième levier d'action consiste à **s'équiper de dispositifs de pilotage de consommation**, auprès d'un fournisseur d'électricité ou d'un agrégateur permettant d'automatiser certains usages électriques et valoriser économiquement les effacements de consommation sur les marchés de l'énergie¹⁴. Le démarrage de la recharge de son véhicule ou la puissance de son chauffage électrique par exemple sont alors automatisés de manière à adapter la consommation pendant les périodes de pointe pour le système électrique, tout en respectant les consignes données par l'utilisateur (température intérieure, heure de départ du véhicule chargé ...). Ce pilotage non restrictif laisse la possibilité à l'utilisateur de reprendre la main en cas de besoin imprévu. Si ces dispositifs nécessitent un investissement initial (pouvant être porté intégralement par l'opérateur du dispositif selon l'offre commerciale), ils permettent de générer des retours financiers plus importants en rémunérant l'action d'effacement d'une consommation sur une période en plus des économies réalisées sur la facture en achetant son électricité moins cher.
Pour aiguiller les professionnels et aider au développement de ces opportunités économiques, l'association Think Smartgrids a créé en octobre 2024 le label « Flex Ready » pour identifier les solutions de pilotage capables d'optimiser la consommation d'énergie des bâtiments tertiaires, en lien avec le système électrique.

L'efficacité de ces leviers de modulation des consommations nécessite néanmoins l'implication des fournisseurs d'électricité pour déployer les offres nécessaires au développement de ces trois leviers. Par ailleurs c'est le rôle des pouvoirs publics d'inciter les acteurs du marché de l'énergie, par des obligations de résultats et par le développement des opportunités économiques, d'augmenter l'attractivité des heures pleines / heures creuses et de développer ces offres essentielles à la pérennisation des actions des consommateurs pour la flexibilité de la demande.

La transition énergétique, marquée par une plus forte variabilité des moyens de production et le passage à l'électrique de certains usages, fait évoluer la gestion du système. En complémentarité de l'efficacité et de la sobriété énergétique, la flexibilité de la demande (en premier recours), et le stockage d'énergie (pour répondre aux besoins additionnels), seront amenés à jouer un rôle plus important qu'actuellement pour l'équilibrage entre la consommation et la production sur le réseau. Loin de relever majoritairement de défis technologiques, l'essentiel des besoins de flexibilité est déjà accessible ou mobilisable à l'aide de solutions matures. Elles doivent permettre de développer des opportunités économiques intéressantes auprès de l'ensemble des usagers du réseau électrique, de l'industriel électro-intensif au consommateur résidentiel.

¹³ Exemple EcoWatt porté par RTE : <https://www.monecowatt.fr/>

¹⁴ La liste des agrégateurs certifiés sur les marchés d'effacement, ici pour le mécanisme de Notification d'Echanges de Blocs d'Effacement (NEBEF), est disponible sur le site de RTE : <https://www.services-rte.com/fr/decouvrez-nos-offres-de-services/valorisez-des-effacements-nebef.html>

POUR EN SAVOIR PLUS

- Prospective - Transitions 2050 – Rapport, 2021/11
<https://librairie.ademe.fr/recherche-et-innovation/5072-prospective-transitions-2050-rapport.html>
- Prospective - Transitions 2050 – Le Feuilleton Mix électrique, 2022/02
<https://librairie.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/5352-prospective-transitions-2050-feuilleton-mix-electrique.html>
- Avis d'experts - Flexibilité du système électrique
<https://librairie.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/6962-avis-d-experts-flexibilite-du-systeme-electrique.html>
- Avis d'experts : Le stockage dans la transition énergétique
<https://librairie.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/6953-avis-d-experts-le-stockage-dans-la-transition-energetique.html>