

Flexibilités de la demande : un levier essentiel pour décarboner et optimiser le système électrique

Yannick Jacquemart*, Louise Oriol*, Thibault Janvier**

@ 16799

Mots-clés : flexibilité, demand response, électricité, régulation, marché

La flexibilité de la demande est un axe prioritaire pour assurer la sécurité d’approvisionnement et optimiser le fonctionnement du système électrique. Décaler et moduler les consommations qui peuvent l’être pour consommer « au bon moment », quand la production d’électricité renouvelable et nucléaire est la plus disponible, permettra au système électrique d’accueillir plus d’usages à décarboner. Comment définir cette flexibilité et stimuler son développement ? On distingue quatre types de besoins de flexibilités pour l’équilibre offre-demande du système électrique. À l’horizon 2030, RTE appelle à accélérer le développement des flexibilités de la demande pour y répondre. L’article revient sur ces besoins et présente des recommandations pour lever les freins aux flexibilités structurelles et dynamiques de la demande.

1. Avec l’accélération de la transition énergétique, l’enjeu des flexibilités est d’assurer la sécurité d’approvisionnement et d’optimiser le fonctionnement du système électrique

La flexibilité électrique peut être définie comme la capacité d’un moyen de production, de consommation ou de stockage à moduler à la hausse ou à la baisse son injection ou son soutirage sur le réseau.

Les besoins de flexibilités du système électrique recouvrent deux finalités principales :

- Au niveau national, maintenir l’équilibre entre l’offre et la demande d’électricité ;

- Au niveau local, gérer le réseau en maîtrisant les flux et la tension et en assurant la stabilité du système électrique.

En France, les besoins pour la gestion du réseau augmentent, en lien avec les choix d’optimisation faits dans un contexte de forte croissance des infrastructures de réseau pour accompagner le déploiement des énergies renouvelables, l’électrification des usages et la décarbonation de l’industrie. Ces besoins restent cependant relativement faibles en comparaison des besoins en flexibilités nécessaires pour l’équilibre entre l’offre et la demande et les fluctuations qu’elles connaissent à l’échelle journalière, hebdomadaire et annuelle, qui représentent de l’ordre de plusieurs gigawatts et de plusieurs térawattheures.

* RTE.

** Yélé Consulting.

L'enjeu principal pour la collectivité en termes d'équilibre offre-demande est de dimensionner le système de façon à lui permettre de respecter le niveau de sécurité d'approvisionnement¹ prescrit par les pouvoirs publics, notamment en disposant de suffisamment de capacités pilotables. Il s'agit ensuite de se doter des outils, mécanismes et incitations qui permettent de mobiliser de façon optimale l'ensemble des moyens qui concourent à l'équilibre offre-demande, pour procurer un gain économique et environnemental à la collectivité. Deux enjeux se dégagent ainsi :

- Assurer la sécurité d'approvisionnement par rapport au critère réglementaire.

Il s'agit de dimensionner le système électrique en capacité et en énergie pour assurer

l'équilibre offre-demande lors d'épisodes de tension (vague de froid, faible disponibilité de la production, etc.).

- Optimiser le fonctionnement du système électrique.

Il s'agit de maximiser l'utilisation du productible bas carbone et bon marché, notamment en développant la flexibilité de la demande (ou à défaut le stockage sur batteries stationnaires), afin de (1) positionner la consommation lorsque la production d'énergie renouvelable et nucléaire est abondante; et à l'inverse afin de (2) limiter la consommation lorsqu'il est nécessaire d'utiliser des centrales à combustibles fossiles, plus coûteuses et plus polluantes.

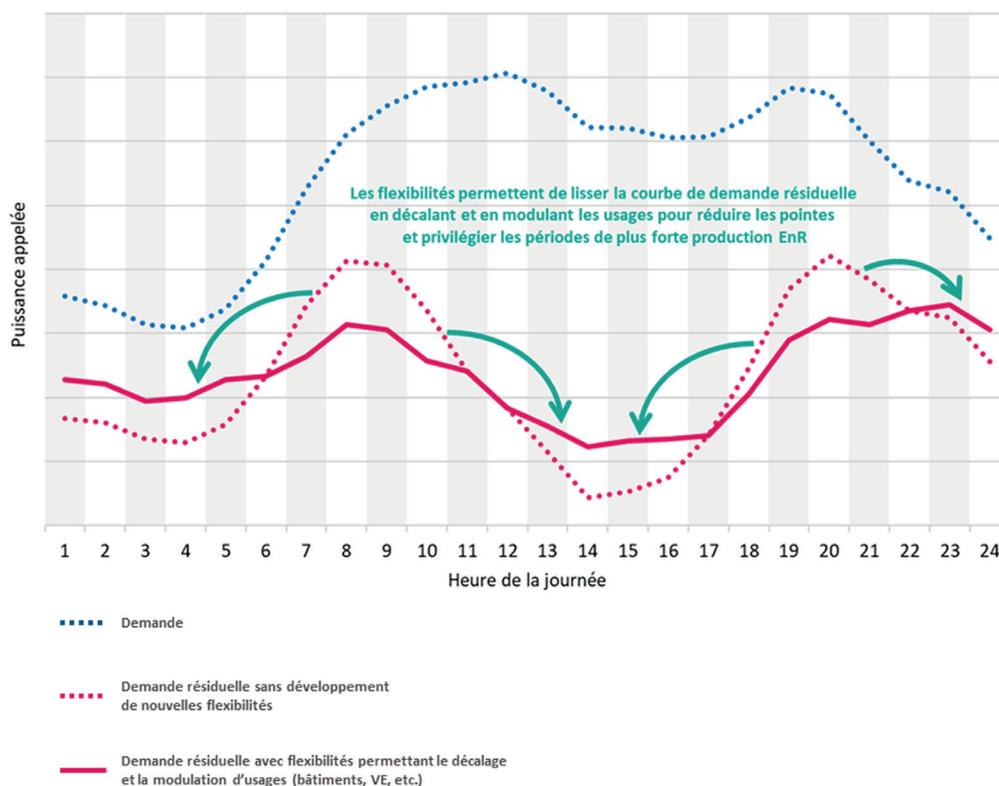


Figure 1. Illustration de l'effet des flexibilités de la demande pour lisser les pointes de consommation et profiter des moments de plus forte production d'électricité bas carbone

Source : RTE

Flexibilités de la demande : un levier essentiel pour décarboner et optimiser le système électrique

L'objectif est ainsi de faire coïncider au plus près la courbe de demande et la courbe de production, notamment en déplaçant les usages qui peuvent l'être vers les moments où la production est la plus décarbonée. Cela revient à chercher à lisser la courbe de demande résiduelle, *i.e.* la courbe de demande diminuée des productions renouvelables fatales (solaire photovoltaïque et éolien) (Figure 1).

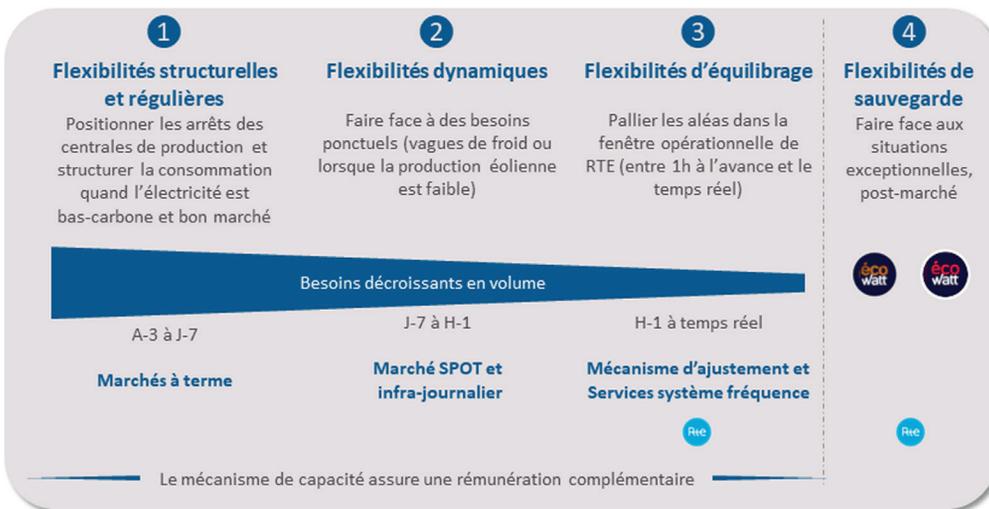
Ces deux enjeux vont de pair : mieux placer la consommation permet de réduire les pointes de consommation et ainsi de réduire le besoin de flexibilités pour assurer la sécurité d'approvisionnement.

2. Les besoins de flexibilité pour l'équilibre offre-demande peuvent être classés en quatre types

L'équilibre entre l'offre et la demande implique de mobiliser des flexibilités pour répondre à différents types de besoins, séquencés dans le temps, dont le volume nécessaire décroît à mesure qu'approche le temps réel (Figure 2). Il est ainsi possible de distinguer :

- Les flexibilités structurelles et régulières, qui représentent l'essentiel des besoins de flexibilités et dont les besoins sont complètement prévisibles (saisonnalité de la consommation liée à la température extérieure, forme naturelle de la courbe de charge résultant des rythmes réguliers de l'activité économique et sociale, courbe de production photovoltaïque en journée). L'enjeu réside dans le positionnement de la consommation lorsque l'électricité bas carbone est disponible. Il s'agit de réellement modifier les courbes de charge, en puissance et en énergie.

Différents types de flexibilités pour des besoins relatifs à l'équilibre offre-demande



Différents types de solutions



Figure 2. Différents types de flexibilités en fonction des besoins et de leur horizon temporel

Source : RTE, Bilan prévisionnel 2023, Principaux résultats

- Des flexibilités dynamiques (moyens de production pilotables, stockage, modulation de la consommation dont font partie les effacements, qu'ils soient explicites dans le marché ou implicites via des offres de fourniture), qui répondent à des besoins prévisibles de quelques jours à l'avance jusqu'à l'infracotidien, notamment pour compenser les incertitudes autour de la prévision de la production éolienne essentiellement mais également solaire et à la thermosensibilité de la consommation.
- Des flexibilités d'équilibrage (exemple : mobilisation des moyens de production, de consommation, de stockage sur le mécanisme d'ajustement ou sur les services système fréquence), qui viennent pallier en temps réel les aléas (pannes, incidents) ou les incertitudes (liées à la météo en particulier) en étant mobilisées à la demande de RTE. Le besoin total de ce type de flexibilité ne représente pas plus de quelques gigawatts et n'augmentera que marginalement malgré l'évolution du mix électrique.
- Des flexibilités de sauvegarde, pour les périodes de plus forte tension du système électrique, signalées par le dispositif EcoWatt (par exemple : actions volontaires des citoyens, des entreprises et des collectivités locales, mesures d'écrêtement de consommation à l'étude voire délestage en ultime recours).

Les trois premiers types de flexibilités sont mobilisés tous les jours et se valorisent dans le cadre du fonctionnement «normal» des marchés de gros et d'équilibrage, tandis que les flexibilités de sauvegarde répondent à des besoins exceptionnels. Elles visent à doter le système électrique de «ceintures de sécurité» supplémentaires pour limiter le risque de recours au délestage dans les situations les plus tendues.

3. À l'horizon 2030, les flexibilités de la demande jouent un rôle central pour répondre aux besoins supplémentaires de flexibilités dans tous les scénarios de décarbonation anticipés par RTE

Les besoins de flexibilités identifiés dans les différents scénarios du Bilan prévisionnel 2023, notamment ceux où la France atteint ses objectifs publics de décarbonation, renvoient exclusivement à un accroissement substantiel des besoins de flexibilités structurelles et régulières et de flexibilités dynamiques. Le besoin de flexibilités d'équilibrage, en particulier en produits dits de «FRR» (*Frequency Restoration Reserve*), devrait quant à lui augmenter mais dans une proportion moindre d'ici 2030.

Dans le scénario de référence, qui correspond aux engagements politiques de la France (Fit for 55, Stratégie française énergie-climat en cours de préparation), RTE estime ainsi des besoins supplémentaires de flexibilités jusqu'à 10 GW à l'horizon 2030 pour assurer l'équilibre offre-demande au sens du critère réglementaire de sécurité d'approvisionnement. Ces 10 GW se répartissent entre des besoins «courts» (quelques heures) et des besoins «longs» (plusieurs jours voire plusieurs semaines dans des configurations extrêmes mais rares, par exemple d'une vague de froid longue combinée à un phénomène anticyclonique conduisant pendant plusieurs jours à une faible production éolienne en Europe du Nord).

Différents bouquets de solutions de flexibilité sont analysés dans le Bilan prévisionnel pour répondre à ces besoins. Parmi les leviers étudiés, les flexibilités de la demande permettraient de couvrir l'essentiel des besoins courts, tout en représentant un levier accessible rapidement et à un moindre coût pour la collectivité en termes de bilan économique, matériel et environnemental par rapport aux autres leviers de flexibilité que sont les moyens de production thermique ou les batteries stationnaires.

À défaut de les développer suffisamment, d'autres configurations de flexibilités combinant

Flexibilités de la demande : un levier essentiel pour décarboner et optimiser le système électrique

davantage de batteries, de moyens de production thermique ou de capacités d'interconnexions seraient envisageables mais représenteraient un bilan moins optimal.

Au-delà de la puissance et de l'énergie nécessaires à la sécurité d'approvisionnement, il s'agit également de répondre aux besoins de déplacement de l'énergie à différents horizons temporels : à l'intérieur de la journée (intrajournalier), au sein d'une semaine (intrahebdomadaire) et entre les saisons (intersaisonnier).

À l'horizon 2030, les flexibilités de la demande pourraient assurer près de la moitié du besoin de modulation à l'échelle de la journée pour l'optimisation du système et représentent ainsi un levier à privilégier. En faisant correspondre au mieux consommation et production d'électricité bas carbone, elles permettent d'éviter des écarts de production renouvelable et de réduire le besoin de modulation du parc nucléaire.

Enfin, les flexibilités de la demande permettent de dégager des économies pour les consommateurs et contribuent à réduire les émissions de CO₂ en limitant le recours à des moyens de production de pointe pendant les pics de consommation nationale du matin et du soir. En outre, elles présentent des enjeux moindres de consommation

de matériaux par rapport à d'autres types de solutions de flexibilité.

C'est un gisement facilement accessible techniquement qui ne nécessite pas d'investissement important, en particulier s'il est intégré d'emblée dans la conception des équipements et des bâtiments. Ce type de flexibilité nécessite cependant une mobilisation collective et un engagement de la part des consommateurs qui n'est pas acquis d'avance et qui dépend de l'intérêt notamment financier que les consommateurs trouveront dans le fait de flexibiliser leurs usages.

4. Développer les flexibilités de la demande est un axe prioritaire pour répondre aux deux enjeux de l'équilibre offre-demande. Cela nécessite un plan dédié de passage à l'échelle industrielle

Pour rendre concrète cette trajectoire d'accélération, il est donc indispensable de mettre en place un plan de passage à l'échelle des flexibilités de la demande portant sur trois aspects de leur développement :

- Un suivi de l'efficacité de la flexibilité, en mesurant son effet agrégé sur la courbe de consommation résiduelle nationale et la

Encadré 1. RECOMMANDATIONS POUR LEVER LES FREINS À LA FLEXIBILITÉ DE LA DEMANDE

→ Pour que les flexibilités soient largement adoptées par les consommateurs, qu'elles soient structurelles et régulières ou dynamiques, il faut rapprocher la gestion technique de la consommation des incitations économiques perçues par les consommateurs tertiaires et résidentiels tout en respectant leurs contraintes d'usages et leurs préférences de confort. Il est essentiel que les équipements techniques de contrôle (qu'ils soient destinés au public ou intégrés tels que les systèmes d'automatisation et de contrôle des bâtiments) puissent programmer automatiquement les consommations à décaler et moduler en combinant les plages de confort autorisées par les consommateurs avec les signaux de prix et les caractéristiques des offres de fourniture.

→ Le développement de la flexibilité dans le secteur tertiaire ne pourra pas se faire sans former au préalable des professionnels du secteur du bâtiment et de l'énergétique du bâtiment, depuis la conception jusqu'à l'exploitation des solutions de pilotage d'usages, de la même façon que cela a été fait pour les former aux économies d'énergie. Il s'agit donc de former les ingénieurs et techniciens des bureaux d'étude, les équipementiers, les opérateurs techniques et les gestionnaires de l'énergie, en intégrant ces savoir-faire dans les formations en écoles d'ingénieurs et des centres de formation liés au secteur.

contribution des différentes catégories de consommateurs à son évolution;

- Un programme industriel et un suivi du déploiement des prérequis techniques à cette flexibilité, *i.e.* des équipements permettant de programmer et de piloter les usages (exemple : les systèmes de gestion technique des bâtiments (GTB) dans le tertiaire, les thermostats connectés dans le résidentiel, l'exploitation des box domotiques);
- Des objectifs et un suivi du développement des prérequis économiques à cette flexibilité, *i.e.* les offres permettant aux consommateurs de tirer un bénéfice de leur flexibilité en décalant et modulant leurs usages électriques.

5. Les freins au développement de la flexibilité de la demande doivent être levés en donnant la priorité aux flexibilités structurelles et régulières ainsi qu'aux flexibilités dynamiques

Ces quinze dernières années, le sujet de la flexibilité de la demande s'est principalement concentré sur le développement de l'effacement dit explicite sur les mécanismes d'équilibrage (RR, mFRR, aFRR et FCR²) et sur certaines périodes de tension signalées par le mécanisme de capacité.

Il est désormais nécessaire d'adopter une vision plus large de la flexibilité de la demande. Celle-ci doit en effet couvrir l'ensemble des décalages et des modulations d'usages et ainsi à la fois la baisse et la hausse de consommation. Les besoins d'équilibrage qui ne représentent qu'une très faible proportion des besoins globaux de flexibilité ne doivent pas focaliser l'attention.

La flexibilité structurelle et régulière de la demande joue un rôle clé dans le lissage de la courbe de la demande résiduelle et devrait être développée.

Dans les années 1980, en asservissant les ballons d'eau chaude en France au signal tarifaire heures pleines/heures creuses, il a été possible de réduire de plusieurs gigawatts le pic de

consommation du soir et de lisser la courbe de charge en déplaçant la consommation (de l'ordre de 10 GW sur certaines heures) vers la nuit qui était historiquement une période de creux de consommation. Le développement de ce type de flexibilité a été peu priorisé, voire délaissé au cours des vingt dernières années. Ainsi, sur les segments de consommateurs où les tarifs règlementés de vente ont été supprimés, la pratique courante a été de simplifier l'offre tarifaire avec une généralisation d'options de type Base avec un prix unique n'incitant pas à la modulation de la consommation.

Néanmoins, pour les flexibilités régulières et, dans une certaine mesure, pour les flexibilités dynamiques, les tarifs différenciés en fonction des moments de consommation sont un outil particulièrement efficace. Ils permettent de transférer la structure des prix de marché de l'électricité au client final et de l'inciter à consommer au meilleur moment. Tant la composante réseau que la composante énergie de ces tarifs doivent refléter le besoin structurel de flexibilité et donner les bons signaux de prix au consommateur :

- Les tarifs de réseau ont un rôle important à jouer pour structurer les offres, notamment pour les clients basse tension pour lesquels la part du tarif réseau dans la facture est plus élevée en France.
- La composante énergie devrait également façonner la structure horaire et saisonnière des tarifs afin de refléter la structure des prix du marché de l'électricité. Les fournisseurs d'électricité ne couvrent pas (et ne devraient pas couvrir) leur portefeuille sur le marché SPOT J-1 et le marché infrajournalier, mais achètent la plupart de leurs volumes sur les marchés à terme. Le signal économique que reçoivent les fournisseurs d'électricité provient donc de la conception des produits à terme disponibles, qui n'ont pas changé depuis leur création et qui n'ont pas été adaptés à la physique réelle du système électrique. Ces produits ont été construits pour représenter la courbe de consommation, qui est plus élevée pendant les horaires de bureau. Cela a conduit

Flexibilités de la demande : un levier essentiel pour décarboner et optimiser le système électrique

à définir des produits à terme de pointe correspondant à une plage horaire large, de 8 h à 20 h, du lundi au vendredi.

Le développement du solaire photovoltaïque accélère en France et en Europe (où il approche les 50 GW/an). Dès aujourd'hui, son effet est visible sur la forme et sur le niveau de la consommation résiduelle. Il définit donc désormais les nouveaux rythmes du système électrique et la forme des prix SPOT et il influe directement sur les productions pilotables et les autres flexibilités. Comme le montre la Figure 3, la production d'énergie solaire photovoltaïque crée une courbe de consommation résiduelle en forme de «duck curve», qui conduit à une courbe quotidienne des prix SPOT en forme de «M» dans la plupart des pays d'Europe, avec un pic tôt le matin vers 8 heures et un autre pic le soir vers 19 heures, avec des prix plus bas entre les deux et même des prix négatifs à certaines périodes.

Le principal problème pour les fournisseurs d'électricité est que cette structure ne peut pas

être reproduite et couverte avec les produits existants du marché à terme. Par conséquent, leurs offres peuvent très difficilement inciter l'utilisateur final à la flexibilité en déplaçant sa consommation vers les bonnes périodes de la journée ou de la semaine. Cette question pose d'importants problèmes pour l'équilibre offre-demande en Europe et doit être abordée en priorité.

Or, avec l'électrification des usages et en particulier de la mobilité, des consommations décalables (exemple : la recharge des véhicules électriques – VE) et modulables (exemple : les pompes à chaleur) vont se développer. Ces usages sont particulièrement adaptés à une programmation et à un pilotage en vue d'un placement régulier sur les périodes de forte disponibilité de l'électricité bas carbone (tous les jours) ou d'un déplacement sur les créneaux journaliers de plus faible consommation résiduelle pendant les mois d'hiver afin de lisser les points.

Des flexibilités dynamiques de la demande deviennent essentielles pour faire face aux

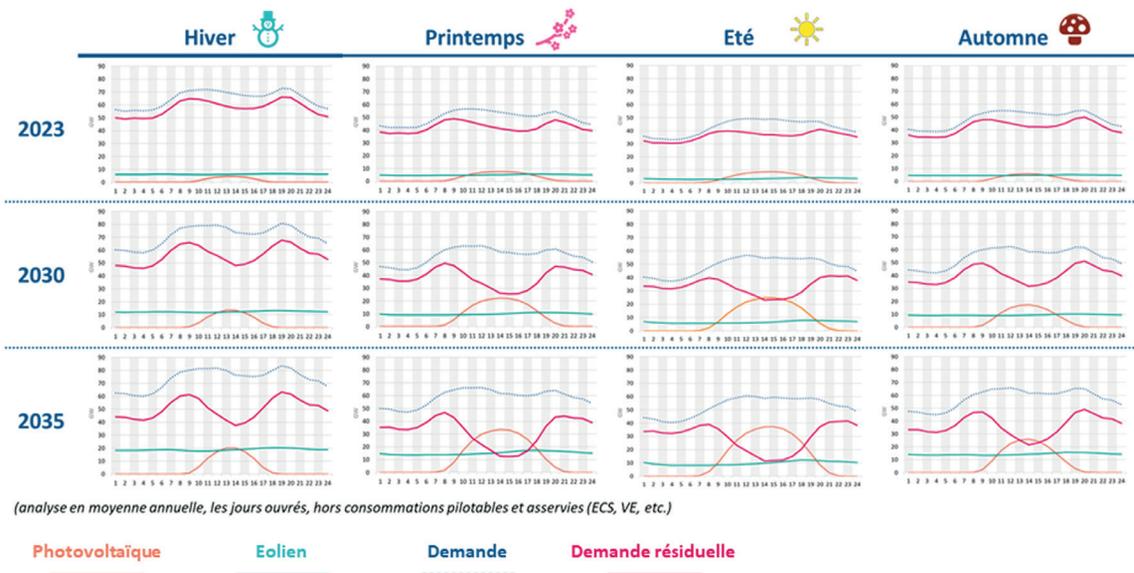


Figure 3. La consommation résiduelle se déforme rapidement, à mesure que se développe le solaire photovoltaïque. Les consommateurs finaux doivent pouvoir tirer un bénéfice de ce besoin de flexibilité.

Source : RTE

Encadré 2. RECOMMANDATIONS POUR LEVER LES FREINS À LA FLEXIBILITÉ STRUCTURELLE ET RÉGULIÈRE DE LA DEMANDE

Les moments de disponibilité de l'électricité bas carbone étant essentiellement connus à l'avance, ils doivent être intégrés dans les offres de fourniture via des signaux tarifaires fixes pour que les consommateurs puissent bénéficier du bon positionnement de leur consommation. Pour y parvenir :

→ Les conditions d'approvisionnement des fournisseurs doivent refléter la structure du système électrique et leur permettre de construire des offres en conséquence pour inciter les consommateurs à déplacer et moduler leurs usages. Cela pose la question de :

- La forme et la granularité des produits de marchés à terme de pointe à toutes les échéances (calendaires, trimestrielles, etc.). Les produits de pointe («*peakload*») actuels ont été définis en fonction de la courbe de consommation qui est plus élevée pendant la journée les jours ouvrables. Leur structure devrait évoluer pour être mieux adaptée au rythme élevé de croissance du solaire photovoltaïque en Europe et pour refléter la forme de la demande résiduelle plutôt que celle de la demande brute.
- La structure des signaux envoyés aux fournisseurs ou aux consommateurs par le biais des outils de régulation, des PPA*, etc., qui peuvent exister afin de limiter la volatilité des prix de l'électricité, conformément à la révision du règlement et de la directive visant à améliorer la conception du marché européen.

→ Il est nécessaire de généraliser l'usage des tarifs et offres de fourniture du type « heures pleines/heures creuses » à tous les segments de consommateurs, en particulier dans le secteur tertiaire, pour tenir compte des périodes de pointe et des périodes creuses en fonction de la demande résiduelle.

Les options tarifaires à différenciation temporelle (telles que les heures pleines/heures creuses, jours ouvrables/jours non ouvrables, etc.) doivent être adaptées aux nouvelles caractéristiques du mix électrique afin de favoriser le décalage d'usages pendant les périodes de forte disponibilité d'électricité bas carbone. Cela signifie que les heures creuses doivent être positionnées en fonction de la saison, et qu'il peut même y avoir plus d'heures creuses à certaines périodes de l'année ou les jours non ouvrables.

* *Power Purchase Agreement* : contrat d'achat de long terme entre un consommateur, un fournisseur ou un agrégateur avec une installation de production.

fluctuations moins régulières de la consommation dues au froid ou au vent.

Tous les moments de disponibilité d'électricité décarbonée ne sont pas complètement prévisibles. Il est donc important d'avoir des incitations (offres de fourniture ou valorisation directe dans les marchés) incitant à décaler une partie de la consommation en fonction de conditions plus proches de la réalité. Ainsi, il s'agit de lisser les variations de consommation résiduelle, entre dix jours et une heure avant le temps réel, causées par les fluctuations moins régulières de la consommation liées essentiellement aux températures extérieures (thermosensibilité de la consommation) et par les fluctuations de la production liées aux

conditions de vent (disponibilité de la production éolienne) mais aussi aux conditions d'ensoleillement et de la nébulosité (production PV).

Ces variations dynamiques étant moins prévisibles que les variations régulières de consommation résiduelle, elles se précisent cependant entre quelques jours à l'avance et le temps réel. Elles peuvent ainsi être anticipées par les acteurs de marché jusqu'à une heure du temps réel, à la clôture des marchés européens de l'électricité.

Trois cas d'usages peuvent ainsi être différenciés, selon le délai de préavis mis en œuvre et le mode d'optimisation économique choisi, qui représentent une optimisation supplémentaire

Flexibilités de la demande : un levier essentiel pour décarboner et optimiser le système électrique

par rapport au placement structurel et régulier de la consommation (Figure 4) :

- Optimisation intrahebdomadaire : il s'agit de modulations de la demande (hausse et baisse) programmables quelques jours à l'avance (3 à 10 jours en amont) afin d'optimiser le placement des consommations prévues à l'échelle de la semaine : maintenances dans l'industrie, recharge VE, etc. Cette optimisation vise à répondre aux variations d'un jour à l'autre de vent et de températures et qui sont prévisibles quelques jours à l'avance.
- Optimisation journalière et infrajournalière : il s'agit de modulations de la demande (hausse et baisse) organisées la veille pour le lendemain ou à l'intérieur de la journée jusqu'à une heure du temps réel afin d'optimiser le placement des usages décalables ou modulables sur la base de signaux prix de type SPOT ou infrajournaliers. Cette optimisation vise ainsi à répondre aux variations de vent, de soleil et de températures au sein de la journée au

regard des prévisions qui s'affinent entre le J-1 et une heure ou deux avant le temps réel.

- Effacement assurantiel : il s'agit d'effacements de consommation à mettre en œuvre en cas de risque modéré sur l'équilibre offre-demande (sorte de mode « pré-EcoWatt ») signalé par RTE et rémunéré par le mécanisme de capacité (en complément de la rémunération sur les marchés de l'énergie). À ce titre, ce n'est pas un gisement accessible tous les jours. Il peut se traduire par une gêne auprès des consommateurs impactés : arrêts de production dans l'industrie, télétravail imposé dans les bureaux, etc. Ce cas d'usage est celui qui s'est le plus développé depuis les années 2010 en France sous la forme d'effacements explicites dans l'industrie.

Trois cas d'usages pour répondre aux besoins dynamiques du système électrique, variables selon le délai de préavis et le mode d'optimisation économique

Plus le préavis est court, moins les consommateurs ont le temps de s'adapter et plus la gêne occasionnée augmente

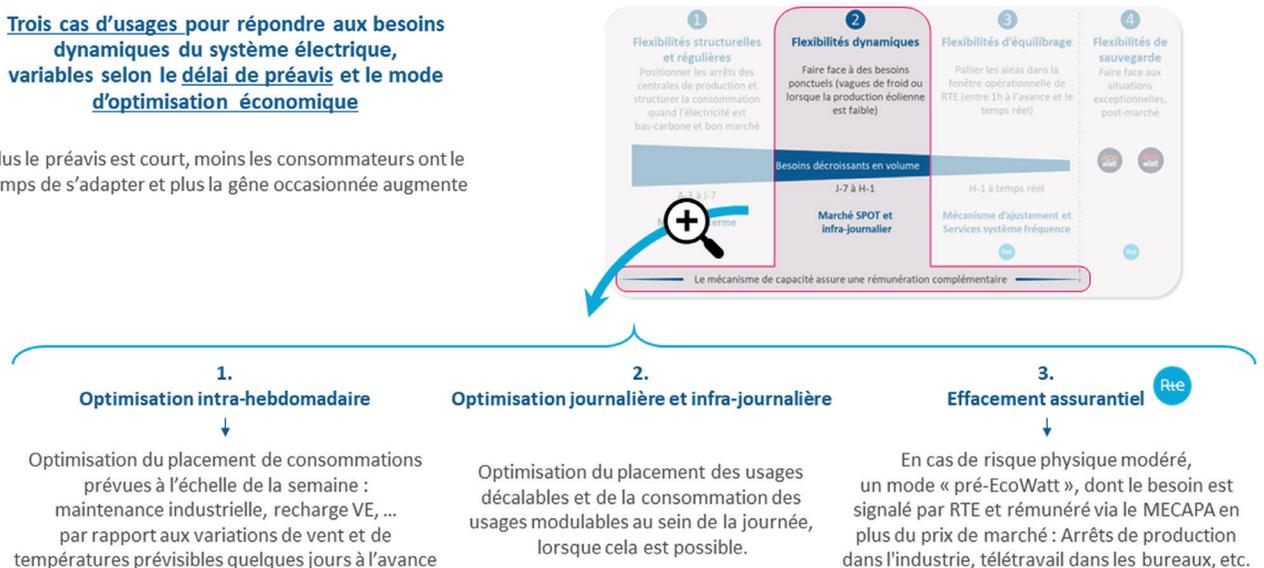


Figure 4. Trois cas d'usage de flexibilité dynamique peuvent être différenciés, selon le délai de préavis mis en œuvre et le mode d'optimisation économique choisi

Source : RTE

Encadré 3. RECOMMANDATIONS POUR LEVER LES FREINS AU DÉVELOPPEMENT D'UNE FLEXIBILITÉ DYNAMIQUE DE LA DEMANDE

Il faut pouvoir faciliter le développement des offres incitant à des modulations de consommation de tous types (décalage de consommation, modulation hausse et baisse de certains usages, effacements, etc.), y compris des offres tarifaires à pointe mobile (appelées offres implicites), afin d'accélérer le déploiement de ce type de flexibilité sur le marché de masse. Pour y parvenir :

→ Le développement d'offres implicites courtes et ciblées sur quelques heures le matin et quelques heures le soir. Ces offres, plus facilement acceptables par un grand nombre de consommateurs, devraient être encouragées comme alternative ou en complément aux offres de tarification dynamique. Elles peuvent prendre différentes formes, telles que par exemple, des bonus *ex-post* pour la non-consommation ou une réduction *ex-ante* en contrepartie d'une tarification dissuasive lors des périodes de pointe.

→ L'enjeu résidant dans un meilleur placement de la consommation, il convient de définir un cadre permettant également de valoriser l'augmentation de la consommation sur les marchés de l'électricité. Ce cadre doit être conçu de manière à mettre les fournisseurs et les agrégateurs sur un pied d'égalité et à garantir l'absence de barrière à l'entrée pour les agrégateurs.

→ Conformément aux besoins de flexibilité identifiés, qui se situent principalement en amont de l'équilibrage, l'évaluation de la modulation explicite de la demande devrait être réorientée vers les marchés de gros, notamment au travers du dispositif NEBEF, plutôt que vers les mécanismes d'équilibrage, en particulier lorsque les conditions d'activation de la réduction de charge ne sont pas compatibles avec l'activation dans la fenêtre opérationnelle du GRT*.

* Fenêtre horaire de 2 heures aujourd'hui (qui sera réduite à 1 heure 15 minutes d'ici 2026 et 45 minutes vraisemblablement d'ici 2030) pendant laquelle le GRT utilise des mécanismes d'équilibrage pour rétablir l'équilibre entre l'offre et la demande.

6. Développer les flexibilités de la demande représente ainsi le levier à privilégier, avec la promesse d'un triple bénéfice : pour le consommateur, pour le système électrique et pour le climat

La principale difficulté de mise en œuvre des flexibilités de la demande consiste en l'alignement de tous les acteurs de la chaîne de valeur, pour réunir les conditions nécessaires à leur passage à l'échelle : économiques, techniques et en termes de modèles d'affaires.

Développer le décalage, la modulation et l'effacement des consommations électriques générera des gains à trois niveaux : pour le consommateur final en lui permettant de réduire sa facture énergétique, pour le système électrique en lui redonnant des marges et pour le climat, en permettant d'accueillir plus rapidement davantage de consommations électriques et d'accélérer ainsi

la décarbonation des usages dans l'industrie, les transports et les bâtiments.

NOTES

1. Fixé par la réglementation (Arrêté du 5 août 2022), le critère de sécurité d'approvisionnement français prévoit que la durée moyenne annuelle de recours par RTE aux moyens exceptionnels pour assurer l'équilibre offre-demande (*i.e.* la défaillance) soit inférieure à trois heures et que la durée moyenne de recours au délestage pour assurer l'équilibre offre-demande soit inférieure à deux heures.

2. Il s'agit respectivement de : *Replacement Reserve* (ou réserve complémentaire), *manual Frequency Restoration Reserve* (ou réserve rapide), *automatic Frequency Restoration Reserve* (ou réserve secondaire) et *Frequency Containment Reserve* (ou réserve primaire).

Flexibilités de la demande : un levier essentiel pour décarboner et optimiser le système électrique

BIOGRAPHIES

YANNICK JACQUEMART est manager et expert depuis plus de 25 ans sur les questions de transition énergétique et ses enjeux techniques et économiques pour les systèmes électriques et les marchés de l'énergie. Après ses débuts à la R&D d'EDF puis comme chef du département Tarifs d'EDF, il a rejoint RTE, où il a successivement été directeur adjoint aux Affaires européennes, directeur R&D puis directeur de l'Économie du Système électrique. Depuis 2022, il est directeur en charge des Nouvelles Flexibilités pour le Système électrique.

LOUISE ORIOL est experte des questions de régulation et des marchés de l'électricité depuis plus de 10 ans. Au bureau des marchés de l'électricité puis au bureau des énergies renouvelables à la DGEC, elle a été en charge de la réglementation relative aux énergies renouvelables électriques (création du complément de rémunération, ouverture de l'obligation d'achat, garanties d'origine, développement de l'autoconsommation). Elle rejoint la direction Marchés de RTE en 2018 comme responsable de projets flexibilités, puis devient conseillère Nouvelles Flexibilités pour le Système électrique en 2022.

THIBAUT JANVIER conseille les acteurs du secteur de l'électricité depuis près de 10 ans. Consultant spécialisé sur le fonctionnement du système électrique et les enjeux de la transition énergétique pour l'ensemble de la chaîne de valeur de l'électricité, il est intervenu sur des missions de transformation, d'études et de pilotage de projets autour de la mobilité électrique, de l'autoconsommation, des garanties d'origine et des flexibilités, auprès des principaux énergéticiens français. Chez Yélé Consulting, il est senior manager référent du cabinet pour le secteur de l'électricité.

À lire également dans *La Revue de l'Énergie*

- Le stockage : un levier de flexibilité parmi d'autres, *Thomas Heggarty, David Game, Thibault Prévost, Jean-Yves Bourmaud, Yannick Jacquemart (n° 640, septembre-octobre 2018)*
- Transition(s)2050 – enseignements énergétiques pour la neutralité carbone, *Eric Vidalenc, David Marchal, Jean-Michel Parrouffe (n° 662, mai-juin 2022)*
- Où est passée la 5^e énergie? L'impératif du signal de la rareté, *Valérie Lesgards, Edouard Rossat (n° 665, novembre-décembre 2022)*

À retrouver sur www.larevuedelenergie.com.