



© Unsplash

La flexibilité, solution pour équilibrer le système électrique

Introduction

L'expression « flexibilité électrique » s'est répandue ces dernières années. Mais de quoi parle-t-on ? Que signifie « la flexibilité électrique » ? Ce dossier a l'ambition de vous apporter un éclairage grâce aux témoignages d'acteurs majeurs en France.

Gérald Sanchis

Secrétaire général SEE

Définition de la flexibilité électrique

La flexibilité du réseau électrique se réfère à la capacité de moduler volontairement la puissance d'un moyen de production ou de consommation pour éviter un déséquilibre du réseau.

La flexibilité de la production correspond à la capacité des centrales à moduler leur production en réponse aux besoins du réseau ou aux signaux du marché. Elle concerne donc les centrales pilotables (thermiques à flamme et nucléaires, hydroélectriques). Elle exclut la production intermittente, photovoltaïque et éolienne.

La flexibilité de la demande correspond à la modification intentionnelle de la consommation en réponse à des signaux tarifaires ou à des sollicitations de l'opérateur du réseau.

La flexibilité pour la stabilité du système électrique

L'emploi du terme flexibilité électrique est assez récent. Toutefois ces concepts de flexibilité ne sont pas vraiment nouveaux. Le levier « ajustement de la production » a quasiment toujours été utilisé par le gestionnaire de réseau de transport d'électricité en France, EDF puis RTE à partir de 2000. Cette solution est applicable avec des moyens de production pilotables. Actuellement RTE fait appel aux centrales thermiques (gaz, fioul, charbon), en complément aux centrales nucléaires et aux hydroélectriques pour moduler la production en fonction des besoins. Les moyens de production pho-

tovoltaïques et éoliens, eux, ne sont pas pilotables car la production dépend des conditions climatiques.

La stabilité du système électrique est assurée, en permanence, grâce à l'équilibre entre production et consommation d'électricité. En cas de déséquilibre, la fréquence du réseau s'éloigne de la valeur nominale, soit 50 Hz pour l'Europe, pouvant créer des ruptures d'alimentation électriques, voire des black-outs.

Le gestionnaire français RTE veille au respect de cet équilibre offre-demande et fait appel à des solutions palliatives en cas de besoin. Les ajustements nécessaires pour assurer l'équilibre relèvent de la notion de flexibilité.

La décarbonation de l'économie décidée par les états, et notamment la France, conduit à un fort développement des énergies re-

nouvelables, plus particulièrement l'énergie photovoltaïque et l'énergie éolienne. Le raccordement de sources intermittentes au système électrique va fortement augmenter le besoin de faire appel à des solutions innovantes pour assurer l'équilibre électrique.

Historique de la flexibilité de la demande en France

La flexibilité de la demande a été déployée en France en 1965 avec la mise en place des tarifications heures pleines/heures creuses, puis en 1982 avec les contrats dits EJP (Effacement jour de pointe).

Le tarif EJP permet de bénéficier d'une réduction tarifaire importante en contrepartie de tarifs très élevés pendant 22 jours dans l'année, décidés par EDF. Ce tarif n'est plus commercialisé depuis 1998, mais reste en vigueur pour les clients historiques. Il est remplacé par le tarif « Tempo ». 22 jours sont rouges, 43 jours blancs et le reste de l'année jours bleus à un tarif avantageux. Cette tarification variable incite les clients à adapter leur consommation en baissant le chauffage ou en limitant drastiquement l'usage d'appareils électriques comme les machines à laver ou lave-vaisselles

Pour les gros consommateurs d'électricité, industriels et regroupements de clients via des agrégateurs, RTE a développé des offres d'effacement.

La société Voltalis, créée en 2006, est un des premiers acteurs d'effacement diffus. Elle a développé une offre permettant aux consommateurs d'économiser de l'électricité. En contrepartie, Voltalis pilote des interruptions d'alimentation du chauffage et de l'eau chaude en fonction des besoins exprimés par RTE. Cette solution s'est avérée nécessaire pour garantir l'équilibre du système électrique, particulièrement pour une région en déficit de production d'électricité comme la Bretagne.

Evolution du besoin de flexibilité en France

Si l'on analyse la situation actuelle de la production électrique en France (figure 1), on constate que la production d'électricité est majoritairement issue des centrales nucléaires (70 %), quel que soit le moment de la journée. De façon plus précise, le lundi 16 octobre à 14h00, le mix électrique français se compose selon le détail indiqué dans la figure 1 : nucléaire (67 %), solaire (15 %), éolien (10 %), hydraulique (4 %). A ce moment précis, la France exporta 9774 MW soit près de 17 % de sa production totale. La production carbonée (charbon, fioul, gaz) était très faible, de l'ordre de 2 %.

Dans les années à venir, ce mix électrique va progressivement changer. Les scénarios de RTE prévoient une augmentation de 30 % de la consommation électrique à

l'horizon 2030. Sachant que les centrales nucléaires, dont la construction a été décidée par l'état français, ne seront pas mises en service avant 2035, la production pour satisfaire l'augmentation de la demande devra provenir d'autres sources d'énergie, de préférence décarbonées, l'éolien et le photovoltaïque principalement.

Ces sources de production sont par nature intermittentes. Elles dépendent de conditions climatiques, non maîtrisables. Pour garantir en permanence l'équilibre entre production et consommation, condition essentielle pour l'équilibre du système électrique, différents moyens sont à disposition. Tout d'abord des centrales pilotables (centrales au gaz notamment), mais cette solution n'est pas vraiment décarbonée. Les batteries électriques peuvent aussi être utilisées, mais le coût élevé actuel de cette solution en limite son déploiement. L'utilisation des interconnexions entre pays peut aussi être une solution pour réaliser l'équilibre. Enfin, l'adaptation de la demande, à la hausse comme à la baisse, constitue une autre piste. On parle alors de flexibilité de la demande.

L'effacement a pris une importance nouvelle d'une part avec la perspective de la transition énergétique vers les énergies propres, sûres et renouvelables, d'autre part dans la transition vers un marché de l'électricité plus libéralisé et dérégulé. Dans ces deux

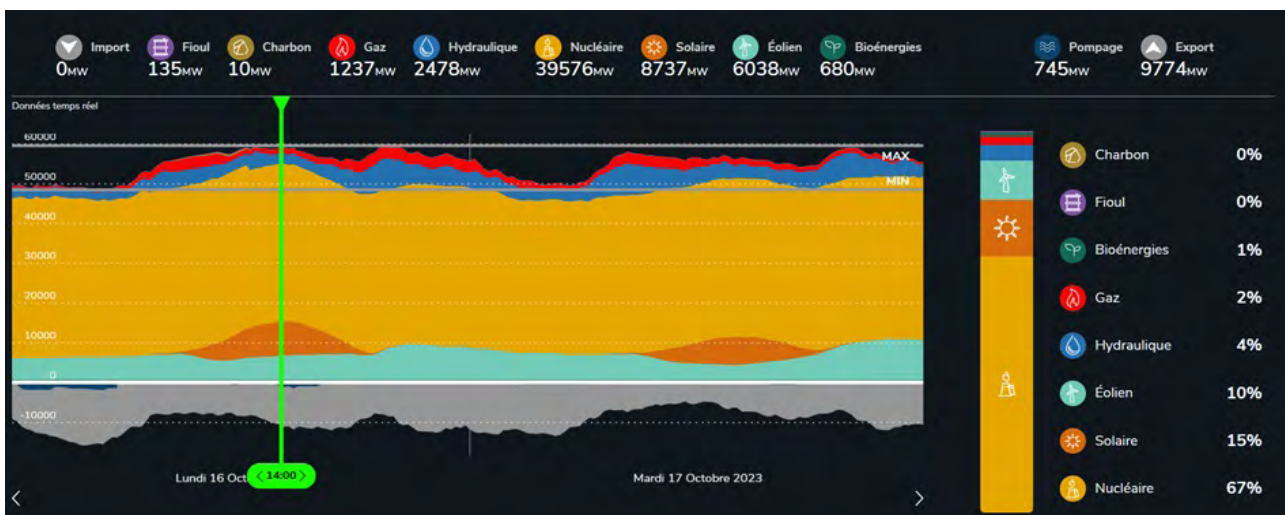


Figure 1 : Evolution de la production d'électricité en France, lundi 16 et mardi 17 octobre 2023 (source eco2mix RTE).

- cas, il y a une volonté de décentraliser le dispatching et de le rendre optimal pour les individus et collectivités. Pour cela, des règles de quantification et de rémunération des droits des consommateurs et des producteurs participant aux marchés de l'électricité doivent être établies.

Toutefois, l'effacement ne peut répondre aux défaillances de production (production inférieure aux besoins), ni aux défaillances graves du réseau (incapacité du réseau à conduire l'électricité jusqu'au consommateur final). En particulier, dans les pays pauvres ou en guerre, les effacements n'empêchent pas des délestages massifs, des coupures tournantes ou des délestages sélectifs qui contribuent à la précarité énergétique et aux inégalités face à l'énergie.

Contenu du dossier

Ce dossier contient des témoignages d'industriels, opérateurs de réseau et fournisseurs de services, montrant comment la flexibilité électrique peut accompagner la transition énergétique en France.

Le premier article, rédigé par **Yannick Jacquemart** directeur flexibilités chez RTE, **Louise Oriol**, experte chez RTE et **Thibault Janvier**, consultant chez Yélé Consulting, nous aide à comprendre comment RTE intègre les besoins en flexibilité pour ses études prévisionnelles. Cet article présente les différents types de flexibilité nécessaires à l'horizon 2030-2035 pour assurer l'équilibre offre-demande en France. La flexibilité de la production est utilisée depuis longtemps pour les études prospectives. La flexibilité de la demande est pour sa part un nouveau concept. L'article détaille les besoins en flexibilité de la demande pris en compte par RTE pour sa vision de la situation électrique en France à l'horizon 2030.

Dans le deuxième article, **Hubert Dupin**, **Sandrine Chevalier** et **Frédéric Trogneux**, chefs de département chez Enedis, montrent comment l'opérateur national du réseau de distribution a inté-

gré les flexibilités locales dans son modèle industriel. A ce jour, près de 100 000 sites raccordés au réseau de distribution participent aux mécanismes de flexibilités pour l'équilibrage production-consommation. Ils représentent une puissance totale de plus de 3 GW (soit l'équivalent de 3 centrales nucléaires). Mais de nouveaux besoins apparaissent avec le développement accéléré des énergies renouvelables. Avec l'appui d'études technico-économiques et d'expérimentations, l'article présente des nouvelles fonctionnalités qu'Enedis envisage d'industrialiser. L'objectif notamment est d'accélérer l'intégration des nouveaux moyens de production sans attendre le renforcement des réseaux parfois nécessaire en application des règles actuelles.

Marguerite Beucler et **Mathilde Tournoux**, auteures du troisième article, présentent l'approche d'un nouveau fournisseur d'électricité en France : Octopus Energy. Cette entreprise s'est d'abord développée au Royaume Uni à partir de 2016. En quelques années, elle est devenue un acteur majeur des énergies renouvelables. Fort de son expérience britannique, Octopus Energy souhaite accélérer le développement de la flexibilité de la demande en France. L'article présente les offres en application ou en projet. Il mentionne également les freins à lever en France et en Europe ainsi que l'information nécessaire à communiquer aux clients pour une meilleure appropriation des solutions de flexibilité.

Nadia Mouawad, **Azeddine Gati**, **Roberto Kung** et **Anéta Mélanik** nous aident à comprendre comment un opérateur d'infrastructures de télécommunication, tel qu'Orange, répond aux marchés de flexibilité électrique. L'expérience d'Orange en France et en Pologne montre que les possibilités de flexibilité dépendent des moyens d'approvisionnement en énergie, des prix du marché et de la réglementation nationale. A l'avenir les entreprises de télécommunication pourraient devenir des acteurs importants pour le marché de la flexibilité énergétique contribuant ainsi au développement de la transition énergétique en France et en Europe.

Dans le cinquième article, **Jean-Christophe Kerdelhué** et **Mathis Avril** de NW, présentent la solution du stockage réparti, proposée par la licorne française NW. Fort de son expérience dans l'installation et l'exploitation d'énergies renouvelables dans les zones outre-mer, le groupe NW développe depuis 2018 des solutions de stockage électrique de petite puissance. L'article détaille comment l'offre de stockage réparti peut répondre aux marchés libres d'électricité pour satisfaire les besoins de réserves (primaire, secondaire, tertiaire). L'article insiste sur l'avantage du stockage réparti, plus facile à déployer que le stockage centralisé pour accompagner rapidement le développement des énergies renouvelables. Un déploiement à l'international est en préparation. ■

Les articles

Les flexibilités nécessaires au fonctionnement du système électrique	p.29
Les flexibilités locales, un outil d'optimisation du réseau public de distribution	p.37
La flexibilité de la demande est essentielle pour réussir la transition énergétique	p.44
Le marché de la flexibilité énergétique, une opportunité pour les opérateurs d'infrastructure	p.50
Le stockage réparti au service de la transition énergétique	p.59