



Baromètre des flexibilités

de consommation d'électricité

Suivi du plan de passage à l'échelle des flexibilités

16 octobre 2024

*Optimiser nos
consommations
d'électricité :
les acteurs du système
électrique français
passent à l'action*

Baromètre des flexibilités

de consommation d'électricité

1^{re} édition - 2024

Edito

1. Développer les flexibilités de la consommation au quotidien : un air de déjà vu, qui cache un véritable changement de fond.

La gestion d'un système électrique suppose un équilibre à chaque instant entre production et consommation. Cela ne peut se faire qu'en modifiant soit la production, soit la consommation ; c'est ce que l'on dénomme flexibilités dans le système électrique. Il y en a toujours eu, mais avec la transition énergétique en cours, tant du point de vue de l'évolution de la consommation que du mix de production, les besoins évoluent.

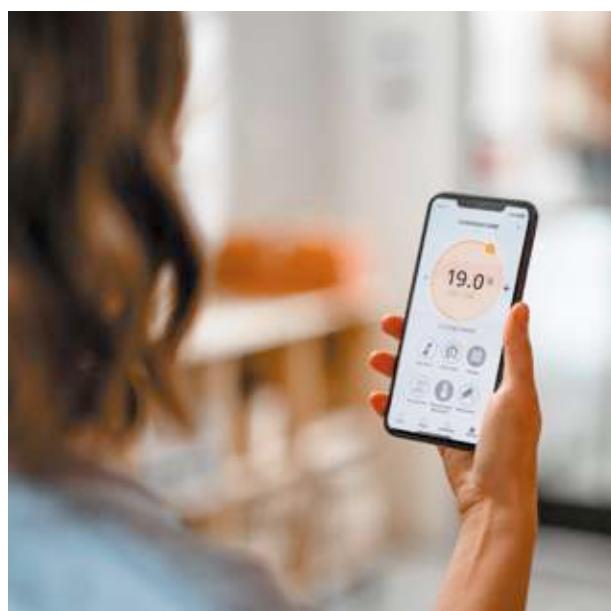
Ces quinze dernières années, le sujet de la flexibilité de la consommation s'est principalement concentré sur le développement de l'effacement dit « explicite », pour l'équilibrage en temps réel du système électrique d'une part et pour réduire les pointes de consommation et assurer la sécurité d'approvisionnement en électricité d'autre part.

Il est désormais question de se concentrer sur la flexibilité du quotidien, de décalage et de modulation de consommation tous les jours de l'année, et pas seulement d'effacement lors des pointes annuelles. C'est en effet l'un des défis à relever pour répondre à l'enjeu d'optimiser l'utilisation de la production d'électricité bas-carbone, dans un contexte de transformation majeure du système électrique européen sous l'effet de la progression de l'éolien et du solaire.

2. C'est une démarche « gagnant-gagnant », qui se traduit concrètement pour les consommateurs par une diminution de la facture d'électricité et un meilleur bilan carbone, tout en facilitant globalement le transfert de consommations d'énergies fossiles vers l'électricité.

Tous les consommateurs sont concernés : les industriels, mais aussi les entreprises et les collectivités dans le secteur tertiaire ainsi que les particuliers. De plus en plus d'usages électriques se prêtent en effet bien à des décalages ou à des modulations au quotidien sans impact sur le confort ou le service rendu.

Il s'agit d'enclencher une démarche complémentaire de la sobriété, qui vise à consommer moins d'énergie, en consommant mieux, c'est-à-dire en consommant aux bons moments de la journée, lorsque l'électricité est presque totalement décarbonée : la nuit et l'après-midi. Pendant des décennies, ces décalages de consommation ont été programmés pour consommer en heures creuses la nuit, en particulier pour les ballons d'eau chaude : il s'agit à présent de profiter des avantages apportés par la production solaire photovoltaïque pour revoir ces moments où consommer l'électricité peut coûter moins cher.



© rh2010 - Adobe Stock

Edito

Cette démarche peut ainsi apporter deux bénéfices pour le consommateur. Un bénéfice économique d'abord, en consommant davantage pendant les heures de la journée durant lesquelles la production d'électricité est moins coûteuse, pour faire des économies sur sa facture d'électricité. Mais aussi un bénéfice sur le plan environnemental, car ce sont les heures pendant lesquelles l'électricité est presque totalement décarbonée.

Elle conduit également à un bénéfice collectif : adopter l'habitude de consommer aux bons moments favorise l'accélération de la transition énergétique de la France. En effet, déplacer sa consommation au bon moment permet d'éviter des périodes tendues pour le système électrique et celui-ci, moins contraint, peut donc accueillir plus rapidement davantage d'usages transférés depuis des énergies fossiles : plus de véhicules électriques, plus de pompes à chaleur et plus de processus industriels décarbonés.

3. Cette démarche n'entraîne ni perte de confort ni d'autre effort que de bien programmer une partie de sa consommation électrique.

De moins en moins d'usages électriques sont instantanés. Il est bien sûr attendu de l'éclairage, de la cuisson, des moteurs ou encore des équipements internet et audiovisuels qu'ils démarrent dès que l'on appuie sur un interrupteur. Par définition, ces usages ne sont ni décalables, ni modulables. Ils peuvent éventuellement être exceptionnellement évités durant les jours de très forte tension pour le système électrique – par exemple, en cas d'alerte EcoWatt – mais cette action ne saurait être associée à une flexibilité du quotidien.

Néanmoins, de plus en plus d'appareils fonctionnent ou disposent aujourd'hui de batteries, donc d'une possibilité de stockage qui permet de décaler la consommation. Ils peuvent en effet être chargés à

différents moments : c'est le cas notamment des véhicules électriques. En parallèle, une très grande partie de la consommation d'électricité sert à produire de la chaleur ou du froid, par exemple pour chauffer ou refroidir un bâtiment ou pour chauffer de l'eau. C'est alors l'inertie thermique du bâtiment ou du ballon d'eau chaude qui peut naturellement jouer le rôle de stockage d'énergie. Ces usages peuvent ainsi être décalés ou modulés sur des périodes courtes de deux à trois heures afin d'éviter les heures de pointe et d'optimiser sa consommation d'électricité.

4. Au cœur de la démarche : la programmation des équipements pour piloter simplement sa consommation d'électricité.

Ces décalages et modulations d'usages peuvent être programmés à la main tous les jours, mais peuvent surtout être automatisés grâce à des technologies et équipements désormais matures et accessibles à tous, entreprises comme particuliers. Il s'agit de nos smartphones, du WiFi, des objets connectés et des technologies de transmission d'informations et de pilotage à distance et d'optimisation des consommations électriques qui se sont largement développées ces vingt dernières années.

Le pré-requis essentiel à la flexibilité de la consommation est donc l'équipement des bâtiments et des processus industriels avec ces appareils de pilotage et d'optimisation des usages électriques, pour que le *smart building* communique avec le *smart grid*. C'est pourquoi ce Baromètre suivra de près la trajectoire de déploiement des systèmes de Gestion Technique du Bâtiment (GTB, ou BACS en anglais) dans les grands bâtiments tertiaires ainsi que celle des équipements domotiques dans le secteur résidentiel.

Cette démarche ne suppose pas que les consommateurs réagissent à des signaux en temps réel du système électrique. Les moments de la journée propices ou défavorables à une consommation

d'électricité moins chère et moins carbonée sont connus et peuvent donc être anticipés et programmés de manière fixe plusieurs mois voire plusieurs années à l'avance et être optimisés jusqu'à la veille pour le lendemain pour l'essentiel des cas.

5. Le passage à l'échelle réel de cette démarche requerra enfin que les consommateurs accèdent à des offres de prix leur permettant de tirer profit de leurs décalages de consommation.

Les prix spots sur les marchés de gros de l'électricité – là où producteurs et fournisseurs s'échangent l'électricité la veille pour le lendemain – indiquent aujourd'hui clairement les différences de coûts de production entre les heures de la journée et le week-end par rapport à la semaine. Mais ce signal n'est pas celui qui se retrouve dans la majorité des offres des consommateurs, qu'ils soient industriels, tertiaires ou particuliers.

C'est pourquoi la CRE s'emploie à agir sur les éléments régulés qui composent la facture d'électricité pour qu'ils reflètent ces différences : tarifs de réseau et tarifs réglementés de vente d'électricité. RTE travaille aussi à aligner les signaux dont il a la maîtrise avec cette nouvelle donne : le mécanisme de capacité sera revu en 2026 en tenant compte de ces éléments.

Mais il est aussi nécessaire que ces différences de prix soient également reflétées dans offres de marché. Un prix unique de l'électricité toute l'année, sans différence au sein de la journée entre périodes de pointe et de creux, gomme toute incitation à décaler ses consommations et empêche de voir émerger les offres de service de gestion intelligente des usages électriques. C'est un changement culturel important qu'il convient de conduire, pour lequel les fournisseurs et les agrégateurs de flexibilités ont un rôle majeur à jouer.

6. Conclusion

Le système électrique va se transformer en profondeur au cours des prochaines années, sous l'effet notamment de l'électrification des usages et de la transformation du mix de production. Afin de coupler harmonieusement ces deux dynamiques et de profiter au mieux des avantages qu'elles apportent (une énergie décarbonée à prix maîtrisé et basée sur le territoire national), il convient de réussir à programmer une grande part de nos consommations d'électricité pour la placer lors des périodes propices à ces énergies, sans perte de confort et avec un gain direct sur la facture.

Cette démarche nécessite de valider certains pré-requis : une prise de conscience collective, une adaptation de certaines programmations d'appareils, le déploiement de certains équipements de pilotage et d'offres de fourniture adaptées. Mais elle demeure une mesure à faible coût et pouvant être enclenchée très rapidement, au cours des deux à trois prochaines années.

Ce Baromètre des flexibilités de la consommation a ainsi pour objectif, année après année, de suivre cette trajectoire. Il suit l'efficacité des flexibilités de la consommation pour répondre au besoin d'optimisation du système électrique ainsi que l'évolution des pré-requis techniques et économiques à la généralisation de la flexibilité du quotidien.

Destiné à un public large, il présente à la fois des éléments de compréhension du sujet pour les consommateurs et le grand public et un suivi de la trajectoire ainsi que des éléments techniques pour les décideurs publics et l'ensemble des acteurs de la filière des flexibilités électriques. Cette première édition a donc vocation à s'améliorer et s'enrichir au fil du temps pour s'adapter continuellement à l'évolution du débat public en la matière.

Bonne lecture !

Les partenaires



Think Smartgrids est l'association qui fédère et développe la filière des réseaux électriques intelligents en France et à l'international au bénéfice des consommateurs, de l'attractivité des territoires et de la transition énergétique.

Les technologies et infrastructures smartgrids sont un prérequis essentiel au développement de la flexibilité, et c'est donc au sein de Think Smartgrids que les acteurs de l'écosystème travaillent à la rédaction de recommandations techniques pour le déploiement de systèmes Flex Ready dans les bâtiments tertiaires.

www.thinksmartgrids.fr



RTE, gestionnaire du réseau de transport d'électricité français, assure une mission de service public : garantir l'alimentation en électricité à tout moment et avec la même qualité de service sur le territoire national grâce à la mobilisation de ses 9 500 salariés. RTE gère en temps réel les flux électriques et l'équilibre entre la production et la consommation. RTE maintient et développe le réseau à haute et très haute tension (de 63 000 à 400 000 volts) qui compte près de 100 000 kilomètres de lignes aériennes, 7 000 kilomètres de lignes souterraines, 2 900 postes électriques en exploitation ou co-exploitation et une cinquantaine de lignes transfrontalières. Le réseau français, qui est le plus étendu d'Europe, est interconnecté avec 33 pays. En tant qu'opérateur industriel de la transition énergétique neutre et indépendant, RTE optimise et transforme son réseau pour raccorder les installations de production d'électricité quels que soient les choix énergétiques futurs. RTE, par son expertise et ses rapports, éclaire les choix des pouvoirs publics.

www.rte-france.com



Enedis est le gestionnaire du réseau public de distribution d'électricité sur 95 % du territoire français continental. Sur cette partie du territoire, il exploite 2 200 postes source qui relient les réseaux de distribution au réseau de transport de RTE, 1,4 million de kilomètres de lignes électriques, et plus de 700 000 postes de distribution publics qui relient les réseaux exploités en moyenne et basse tension. À ce titre, Enedis réalise des interventions techniques pour ses 36 millions de clients (raccordement, dépannage, relevé de compteur...).

www.enedis.fr



Le GIMELEC est l'organisation référente de la filière electronumérique. Il fédère les entreprises qui conçoivent et déplacent les technologies électriques et numériques pour l'électrification et le pilotage optimisé des infrastructures, des bâtiments, de l'industrie et de la mobilité.

Le GIMELEC c'est 210 entreprises, employant 130 000 personnes.

210 entreprises engagées qui se mobilisent collectivement pour que l'intelligence énergétique, l'automatisation et la digitalisation rendent possible l'atteinte des objectifs nationaux de transition énergétique et de décarbonation.

www.gimelec.fr



IGNES est l'Alliance des industriels qui proposent des solutions électriques et numériques pour le bâtiment. Réponses clés aux grands défis climatiques et sociétaux, ces solutions permettent de piloter les équipements techniques pour consommer moins et mieux, d'améliorer le confort d'été, d'adapter les logements au vieillissement, d'assurer la sécurité électrique, de sécuriser les accès, de disposer d'un très haut débit effectif... L'Alliance est constituée de 50 entreprises implantées dans les territoires français, PME, ETI et grands groupes internationaux et représentent plus de 300 familles de produits. L'ensemble de ses membres partage les valeurs d'innovation et d'entrepreneuriat. IGNES travaille au quotidien avec les filières électriques, du bâtiment et de la sécurité.

www.ignes.fr

Sommaire

1. Un outil de pilotage pour une trajectoire de passage à l'échelle

p. 10 à 19

Développer les flexibilités de la consommation d'électricité, une trajectoire gagnante pour les consommateurs

p. 12 et 13

Le baromètre des flexibilités de consommation

p. 14 et 15

La filière française des flexibilités de la consommation d'électricité passe à l'action
et se dote d'une trajectoire d'accélération en vue de l'horizon 2030

p. 16 et p17

Trajectoire de passage à l'échelle des flexibilités de consommation

p. 18

2. Besoins et effets attendus des flexibilités de la consommation d'électricité

p. 20 à 33

Fiche 1 La consommation résiduelle est la grandeur dimensionnante pour évaluer les besoins de flexibilités du système électrique

p. 22 et 23

Fiche 2 Les moments propices à la flexibilité varient selon la saison et le type de jour

p. 24 et 25

Fiche 3 Les « moments de flexibilité » correspondent principalement aux moments de forte production solaire

p. 26

Fiche 4 Ces rythmes réguliers de la production et de la consommation peuvent être modifiés par des variations plus dynamiques

p. 27

Fiche 5 Le baromètre propose deux nouveaux indicateurs de suivi de la flexibilité de consommation

p. 28 et 29

Fiche 6 Les marchés de l'électricité reflètent dès aujourd'hui le besoin de flexibilité la veille pour le lendemain

p. 30 et 31

Fiche 7 L'apparition d'épisodes de prix spot négatifs et d'écrêtement EnR : un révélateur du besoin de flexibilité

p. 32 et 33

3. Les prérequis techniques à la flexibilité de la consommation électrique

p. 34 à 51

Fiche 1 Des systèmes de pilotage global existent pour décaler et moduler les consommations électriques des bâtiments

p. 36

Fiche 2 Dans le bâtiment tertiaire, piloter l'énergie de son bâtiment est une obligation

p. 37

Fiche 3 Pour permettre aux bâtiments de profiter de leur flexibilité, la communication entre BACS et système électrique doit être établie

p. 38

Fiche 4 État des lieux du déploiement des BACS et trajectoire de passage à l'échelle à l'horizon 2030

p. 40 et 41

Fiche 5 Sur le terrain, ils expérimentent et nous en parlent

p. 42 à 45

Fiche 6 Sur le secteur résidentiel : une action « je décale » encore partielle

p. 46 et 47

Fiche 7 Le HEMS, la solution globale et intelligente de pilotage

p. 48 et 49

Fiche 8 Zoom sur l'usage des véhicules électriques

p. 50 et 51

4. Les prérequis économiques à la flexibilité de consommation électrique

p. 52 à 63

Fiche 1 Les indicateurs de suivi des prérequis économiques

p. 54 et 55

Fiche 2 Les consommations des clients résidentiels selon leur profil à différentes saisons

p. 56 et 57

Fiche 3 La consommation des clients tertiaires à différentes saisons

p. 58 et 59

Fiche 4 Consommation des bâtiments moyens/grands tertiaires (BT > 36 kVA et HTA)

p. 60

Fiche 5 Zoom sur la consommation du secteur tertiaire : les bureaux, les commerces et les bâtiments d'enseignement

p. 61

Fiche 6 Efficacité des flexibilités dynamiques « assurantielles » (les jours de pointe)

p. 62 et 63

5. Les fiches sectorielles

p. 64 à 74

Fiche 1 Les Bureaux

p. 66 et 67

Fiche 2 Les commerces

p. 68 et 69

Fiche 3 Les bâtiments d'enseignement

p. 70 et 71

Fiche 4 Le secteur résidentiel

p. 72 à 74





1

Le baromètre des flexibilités de la consommation d'électricité : un outil de pilotage pour une trajectoire de passage à l'échelle

1.1



Développer les flexibilités de la consommation d'électricité, une trajectoire gagnante pour les consommateurs

Historiquement, les flexibilités de consommation correspondaient au pilotage des ballons d'eau chaude pour qu'ils s'enclenchent la nuit en heures creuses aux décalages réalisés manuellement par certains consommateurs (machine à laver...) et à l'effacement de sa consommation les jours de pointe. Il s'agit aussi désormais de programmer certains usages quotidiens comme la recharge de son véhicule, le lavage ou encore le chauffage, pour décaler et moduler sa consommation tous les jours vers les bons moments. Il est ainsi possible de profiter des moments où l'électricité est la plus décarbonée et bon marché, tout en aidant l'équilibre du système électrique.

Développer les flexibilités : une priorité pour un système électrique en pleine transformation

Assurer l'équilibre entre la production et la consommation d'électricité représente un impératif physique pour garantir la sécurité d'alimentation des consommateurs à chaque instant. À cela s'ajoute un enjeu d'optimisation économique et environnementale : il s'agit d'utiliser les moyens de production les moins coûteux et les moins carbonés pour satisfaire la demande.

Le système électrique va se transformer en profondeur au cours des prochaines années, sous l'effet notamment de la transformation du mix de production et de l'électrification des usages. Dans ce contexte, RTE a montré la nécessité de développer plusieurs GW de nouvelles flexibilités pour assurer la sécurité d'approvisionnement et optimiser le fonctionnement du système électrique à l'horizon 2030.

Le Bilan prévisionnel de RTE³ détaille les différents bouquets de flexibilités à même de répondre à ces besoins. Il conclut ainsi au rôle essentiel des flexibilités de la consommation d'électricité, qui représentent un levier accessible rapidement, à moindre coût et avec un meilleur bilan environnemental par rapport à d'autres leviers de flexibilité tels que des batteries ou des moyens de production thermique.

Il s'agit ainsi de poursuivre rapidement et sans regret le développement des moyens d'effacer ou de réduire la consommation pendant les périodes de pointe, notamment en hiver, mais surtout de mettre en

place une flexibilité du quotidien, pour tous les jours moduler et décaler les consommations qui peuvent l'être, en consommant de préférence aux moments où l'électricité renouvelable et nucléaire est la plus abondante et où les prix sont bas : la nuit et de plus en plus en journée.



© dusanpetkovic1 - Adobe Stock

La flexibilité, qu'est-ce que c'est ?

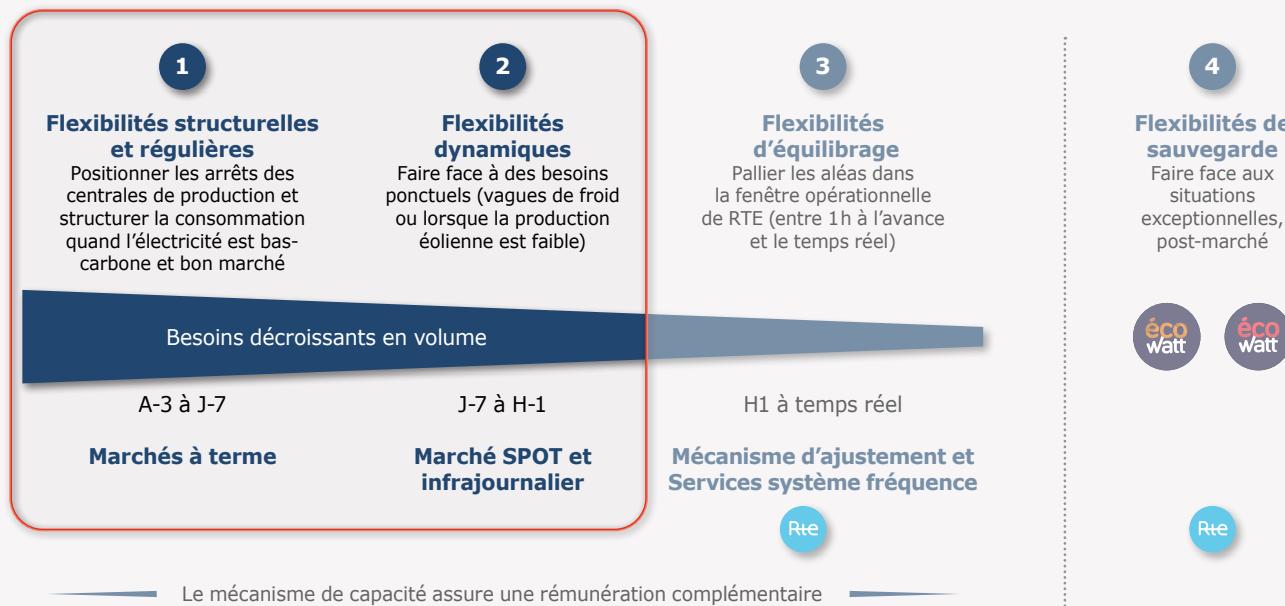
Elle se définit comme la capacité d'un moyen de production, de consommation ou de stockage à moduler à la hausse ou à la baisse son injection ou son soutirage sur le réseau.

Quatre types de flexibilités peuvent être décrits au regard des besoins auxquels elles permettent de répondre.

Ce baromètre se concentre sur les deux premiers types de besoins de flexibilités car ce sont les plus importants

en volume et ceux qui concentrent l'essentiel des besoins de nouvelles flexibilités à l'horizon 2030 :

- ▶ les flexibilités structurelles et régulières, liées à la structure de la consommation et de la production ;
- ▶ les flexibilités dynamiques, nécessaires pour pallier la variabilité de la consommation et de la production renouvelable (notamment éolienne) prévisibles de quelques jours à quelques heures à l'avance.



Le triple bénéfice des flexibilités de la consommation électrique au quotidien

Ces habitudes nouvelles peuvent être prises sans perte de confort pour les consommateurs. Elles consistent par exemple à décaler la recharge des véhicules électriques ou à moduler la consommation d'une pompe à chaleur pendant quelques heures, sans gêne dans l'utilisation de leur véhicule ou de la température dans le logement.

Pour les consommateurs qui le peuvent, le décalage, la modulation et l'effacement de consommation électrique sont synonymes d'un triple bénéfice : réduire leur facture d'énergie, réduire leur empreinte carbone et contribuer à accélérer la transition énergétique en aidant le système électrique à fonctionner de manière optimale.

À l'horizon 2030, si elles se développent conformément au scénario « A - référence » du Bilan Prévisionnel 2023³ de RTE, les flexibilités de la consommation d'électricité pourraient ainsi assurer près de la moitié du besoin de modulation en journée pour l'optimisation du système. En faisant correspondre au mieux consommation et production d'électricité bas-carbone, elles permettraient de diviser par quatre l'écrêtement de production renouvelable⁴. En évitant le déploiement d'autres leviers de flexibilité plus coûteux, elles permettraient à la collectivité d'économiser jusqu'à 3 Md€/an (lorsque ce développement se fait en substitution de batteries).

3. Pour aller plus loin, voir : [RTE, Bilan prévisionnel 2023, Chapitre 6](#)

4. Par rapport à un scénario dans lequel les flexibilités de la consommation ne se développeraient pas davantage par rapport à aujourd'hui et où les plages actuelles d'heures creuses/heures pleines ne seraient pas ré-optimisées.

1.2



Un baromètre pour piloter la trajectoire de passage à l'échelle des flexibilités de la consommation

Toute la filière française des flexibilités de la consommation d'électricité passe à l'action pour assurer cette trajectoire.

Pour rendre concrète cette trajectoire, l'ensemble des acteurs intervenant dans la mise en œuvre des flexibilités de la consommation d'électricité doit passer à l'action de manière coordonnée : pouvoirs publics gestionnaires de réseaux, fournisseurs d'électricité et de services énergétiques, équipementiers, gestionnaires de bâtiments et consommateurs.

Afin que cette ambition ne demeure pas une déclaration d'intention, il s'agit ainsi d'agir à la fois :

- ▶ sur le **cadre économique**, pour renforcer l'incitation à consommer aux bons moments et pour que les fournisseurs et opérateurs de services valorisent efficacement la capacité des consommateurs à décaler, moduler et effacer leurs consommations ;
- ▶ sur le **cadre technique**, afin de définir des modalités efficaces de mise en œuvre et des principes communs pour la conception des équipements et solutions de pilotage ;
- ▶ sur le **cadre opérationnel**, pour assurer l'adoption de la flexibilité dans les pratiques opérationnelles normales d'exploitation des bâtiments tertiaires et dans les habitudes des consommateurs résidentiels.

Ainsi à condition d'agir à tous les niveaux de la mise en œuvre des flexibilités de la consommation d'électricité, **une nouvelle gymnastique visant à « consommer au bon moment » tous les jours pourra se généraliser**.

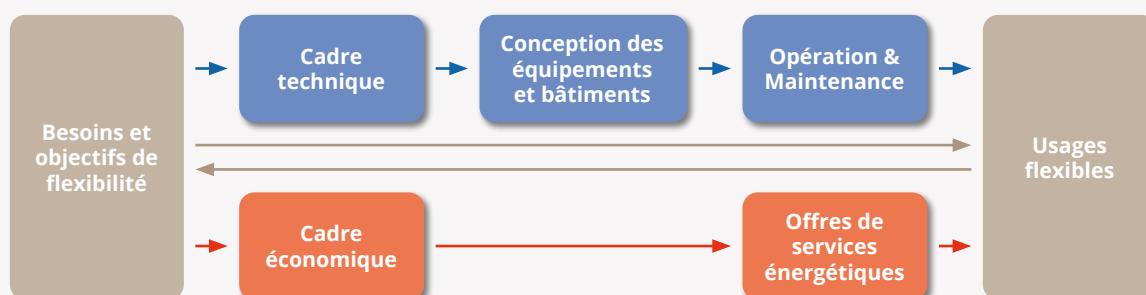
Le baromètre des flexibilités de la consommation d'électricité permettra de piloter cette trajectoire de développement, afin qu'elle ne reste pas une déclaration d'intention.

À l'inverse des moyens de production, dont les indicateurs de développement sont connus (productible nucléaire, rythme d'installation des nouvelles capacités renouvelables, etc.) et dont la performance peut être mesurée facilement, le développement de la flexibilité repose sur des gestes diffus, réalisés par une multitude d'acteurs différents et dont seule une partie (certains types d'effacements) fait aujourd'hui l'objet d'un pilotage public.

Il s'agit donc, dans ce baromètre des flexibilités de la consommation d'électricité, de définir de nouveaux indicateurs, visant à mesurer l'impact agrégé des actions de décalage et de modulation de la consommation sur le système électrique et à suivre ainsi le besoin de flexibilités de la consommation et leur développement, année après année.

Il est ainsi proposé dans ce panorama de suivre trois familles d'indicateurs visant d'une part à mesurer l'évolution de l'efficacité de la flexibilité (matérialisée au travers d'indicateurs portant sur la consommation, la production non pilotable et la déformation résultante de la courbe de charge résiduelle) et d'autre part à suivre le déploiement de ses prérequis (moyens techniques et incitations économiques), en tant que variables explicatives de l'efficacité de la flexibilité de la consommation.

Chaîne de valeur des flexibilités de la consommation d'électricité

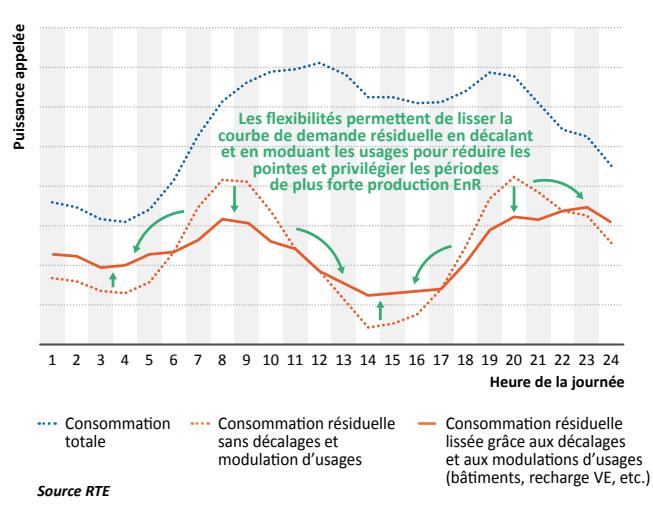


Un suivi du développement des flexibilités de la consommation au travers de trois catégories d'indicateurs

Le suivi du besoin de flexibilités et de la contribution des actions agrégées des consommateurs pour y répondre

Le besoin de flexibilité sera mesuré à travers l'analyse de l'évolution de la courbe de consommation résiduelle, c'est-à-dire la différence entre la consommation nationale et les renouvelables à la production fatale non décalable (photovoltaïque, éolien et hydraulique au fil de l'eau). C'est cette courbe de consommation résiduelle qui doit être alimentée par les moyens pilotables et c'est donc elle qui dicte les besoins de flexibilités réguliers et structurels ainsi que les besoins de flexibilités dynamiques du système électrique.

L'indicateur clef de ce baromètre consistera ainsi en l'évaluation du besoin moyen de modulation au sein de la journée (*i.e.* à la moyenne des écarts journaliers entre pointe et creux de consommation résiduelle), c'est-à-dire au besoin de « lissage » nécessitant de décaler certaines consommations électriques, des pointes vers les creux de consommation résiduelle (voir schéma ci-dessous).



En parallèle, l'analyse de la déformation de la courbe de consommation nationale permettra de suivre la manière dont les actions de décalage et de modulation d'usages évoluent pour répondre à ce besoin de flexibilité.

Ce baromètre présentera des indicateurs complémentaires permettant de préciser les besoins de flexibilité et

d'en révéler les effets sur le système électrique. Ces indicateurs porteront ainsi sur les prix de marchés de gros de l'électricité (dynamique d'évolution des prix *spot*, nombre d'heures à prix *spot* négatif), sur la quantité d'énergie renouvelable écrétée en cas de prix *spot* négatifs et sur l'évolution des besoins de flexibilité pour couvrir les pointes de consommation résiduelle.

Le suivi des pré-requis nécessaires au développement des flexibilités de la consommation d'électricité

Enfin, il s'agit aussi de suivre les conditions pré-requises au développement des flexibilités de la consommation au travers d'indicateurs, portant sur :

- ▶ **le suivi du déploiement des prérequis techniques à cette flexibilité, *i.e.* des équipements permettant de programmer et de piloter les usages**, tels que par exemple, les systèmes de gestion technique des bâtiments (GTB) dans le secteur tertiaire ou les thermostats connectés et les gestionnaires intelligents de l'énergie du logement dans le secteur résidentiel ;
- ▶ **le suivi du développement des prérequis économiques à cette flexibilité, *i.e.* les offres de fourniture et de service énergétique permettant aux consommateurs de tirer un bénéfice de leur flexibilité** en décalant, modulant ou effaçant leurs usages électriques.



Zoom méthodologique

Cette première édition du baromètre vise à dresser un état des lieux à date des indicateurs qui constitueront la trajectoire de passage à l'échelle des flexibilités de la consommation d'électricité et qui seront mis à jour annuellement dans les prochaines publications.

Pour les indicateurs portant sur le système électrique (consommation, production, prix, etc.) la plupart des analyses porteront sur la période récente, de 2014 à 2023, et présenteront un point « cible » en 2030.

Par la suite, sauf mention contraire, le scénario retenu pour cette cible à 2030 correspond au scénario « A - référence » du Bilan prévisionnel de RTE, assorti du bouquet de flexibilités de référence.



Pour aller plus loin : [BP2023 - chapitre 6](#)

1.3



La filière française des flexibilités de la consommation d'électricité passe à l'action et se dote d'une trajectoire d'accélération en vue de l'horizon 2030

Ce baromètre des flexibilités de la consommation d'électricité s'inscrit dans une démarche de filière. À ce titre, il vise à décrire l'évolution et la trajectoire envisageable pour les flexibilités de la consommation et à mobiliser l'ensemble des acteurs français : pouvoirs publics, régulateur, gestionnaires de réseaux, équipementiers, gestionnaires de bâtiments, fournisseurs d'électricité et opérateurs de services énergétiques et consommateurs.

Le « plan de passage à l'échelle des flexibilités de la consommation », proposé par RTE dans le Bilan prévi-

sionnel 2023 a ainsi commencé à s'organiser autour des acteurs à l'origine du rapport sur le « Pilotage des bâtiments tertiaires » publié par la Commission de Régulation de l'Énergie en 2023.

Cette initiative repose ainsi aujourd'hui sur un cœur de filière animé par RTE. Elle s'élargit progressivement pour regrouper l'ensemble des acteurs majeurs de la filière française des flexibilités de la consommation d'électricité.





Le plan de passage à l'échelle des flexibilités en quelques chiffres clefs

Plus de **40 acteurs** de la filière des flexibilités engagés dans la démarche, contribuant activement à la création du cadre technique, économique et opérationnel favorable à la généralisation des flexibilités de la consommation d'électricité.

À ce jour, plus de **30 actions** collectives et groupes de travail pour agir à tous les niveaux de la chaîne de valeur des flexibilités de la consommation d'électricité.

Par exemple :

Cadre technique

Définir des principes et référentiels de données communs pour le pilotage des usages

Cadre économique

Adapter les plages d'heures creuses pour que les consommateurs profitent d'heures creuses « solaires » en journée

Cadre opérationnel

Définir des référentiels communs aux exploitants pour intégrer les décalages et modulations d'usages dans la gestion technique des bâtiments tertiaires

1.4



Trajectoire de passage à l'échelle des flexibilités de consommation

		2015	2019	2023	Projection 2030 *
Besoins de Flexibilité	Amplitude intra-journalière de la consommation résiduelle corrigée	~ 14 GW	~ 13 GW	~ 12 GW	~ 15 GW
	Indice de flexibilité de la consommation	3 %	3 %	3 %	20 %
	Volume d'EnR écrété	-	-	~ 0,5 TWh	~ 0,4 TWh
Tertiaire	Consommation évitée à 19 h	0	0	0	~ 2,5 GW
	Consommation déplacée à 14 h	0	0	0	
	Nombre de BACS installés	-	-	25 500	100 000
	% BACS Flex Ready	-	-	0	> 50 %
	Nombre de bâtiments GOFlex	-	-	70	10 000
Résidentiel	ECS Consommation évitée à 19 h	3,3 GW	3,3 GW	3,3 GW	3,3 GW
	Consommation déplacée à 14 h	2 GW	2 GW	2 GW	7 GW
	Taux d'équipements des ménages en HEMS actifs	0 %	0,5 %	3 %	17 %
	% de ménages réalisant plus de deux consignes de température par jour **	-	-	13 %	25 %
	HP/HC	~14 millions	~14 millions	~14 millions	-
	Pointe mobile	500 000	500 000	~1 million	-
	Agrégation	Quelques milliers	Quelques milliers	250 000	-
Véhicule électrique	Consommation évitée à 19 h	0	0	1 GW	3,8 GW
	Consommation déplacée à 14 h	0	0	0	4,5 GW
	% recharge VE pilotée	-	-	32 %	> 70 %

* Projection issue du scénario « A - référence » du Bilan prévisionnel 2023 et des hypothèses par secteur issues de travaux complémentaires avec les partenaires à l'origine de ce Baromètre
** déclarant le piloter en fonction des signaux tarifaires





2

Besoins et effets attendus des flexibilités de la consommation d'électricité

2.1



La consommation résiduelle est la grandeur dimensionnante pour évaluer les besoins de flexibilités du système électrique

Qu'est-ce que la consommation résiduelle ?

La **consommation résiduelle** est la consommation qu'il reste à satisfaire par les moyens de production pilotables, une fois prises en compte les productions renouvelables non pilotables : hydraulique au fil de l'eau, solaire et éolienne. Elle se distingue donc de plus en plus de la consommation totale à mesure que les énergies renouvelables se développent. Le [Bilan électrique \(chapitre « Flexibilité »\)](#) publié régulièrement par RTE présente une analyse détaillée de son évolution au cours des dernières années.

La correction des effets météorologiques permet l'analyse des tendances de long terme.

Les analyses présentées dans ce chapitre s'appuient sur des données corrigées des effets météorologiques. Elles lisent les variations de la consommation résiduelle, de la consommation totale et des productions éolienne, solaire et hydraulique, dues aux conditions météorologiques (températures, ensoleillement, vent et hydraulicité).

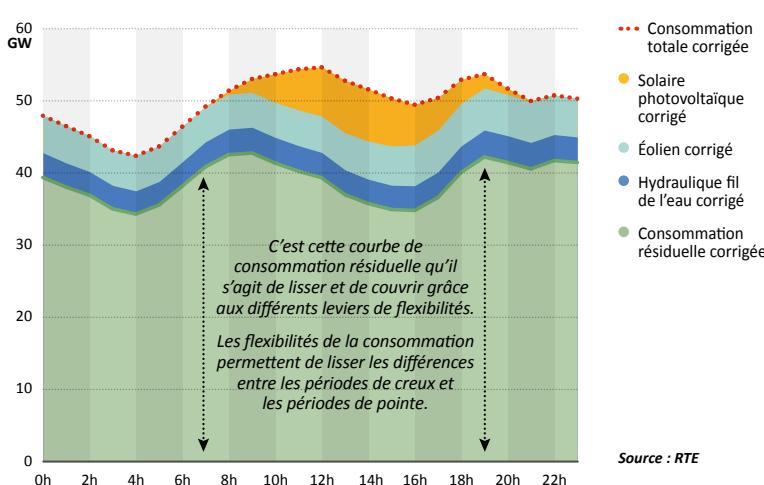
Si les données présentées ainsi ne reflètent donc pas les valeurs effectives de consommation et de production année par année, **cette correction permet de mieux identifier des tendances de long cours**,

dépendant principalement de l'évolution des parcs installés, de l'électrification des usages et du développement des flexibilités.

La correction des effets météorologiques permet ainsi de faciliter la comparaison d'une année à l'autre, en gommant par exemple la différence entre une année particulièrement venteuse et une année moins venteuse, ou une année très froide et une année plus chaude. Ceci permet également la comparaison entre les valeurs actuelles et celles projetées à l'horizon 2030 à température et conditions météorologiques de référence.

Courbe de consommation résiduelle corrigée des aléas météorologiques en 2023

Courbe journalière moyenne au pas horaire de la consommation totale et de la consommation résiduelle corrigée des effets météorologiques et empilement des productions renouvelables fatales permettant de passer de l'une à l'autre.



L'indicateur clef pour dimensionner et exploiter le système électrique est la consommation résiduelle (brute, c'est-à-dire non corrigée des effets météorologiques).

Auparavant, sa forme était très proche de celle de la consommation totale (brute) : un plateau le matin, un pic le soir et un creux de nuit. Le développement des énergies renouvelables non pilotables fait évoluer significativement la consommation résiduelle, qui devient d'autant plus la grande dimensionnante du système électrique.

À mesure que les énergies renouvelables se développent, la courbe de consommation résiduelle adopte une forme caractéristique avec deux pointes courtes le matin et le soir



Le développement de la production photovoltaïque crée des moments opportuns à la flexibilité tous les jours : des périodes propices au décalage des consommations électriques la nuit et en journée, intercalées entre les deux pointes courtes du matin et du soir.

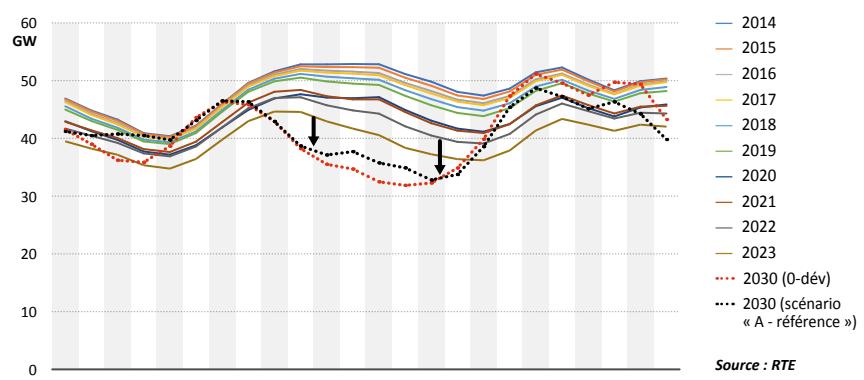
En quelques années, le niveau moyen de la consommation résiduelle a progressivement décru, sous l'effet conjoint de l'augmentation de la production renouvelable (solaire et éolienne principalement) et plus récemment sous l'effet de la baisse de la consommation (sobriété et contraction de la demande par effet prix).

En plus de décroître en niveau, la courbe journalière de consommation résiduelle s'est déformée, principalement sous l'effet d'une production solaire photovoltaïque de plus en plus importante. Le plateau du matin disparaît et elle se retrouve désormais marquée par deux pointes courtes de quelques heures (le matin et le soir) et deux périodes de creux (la nuit et l'après-midi).

Évolution de la courbe de consommation résiduelle corrigée des aléas météorologiques

Courbe journalière moyenne au pas horaire de la consommation résiduelle corrigée des effets météorologiques, de 2014 à 2023 et en projection pour 2030 (BP 2023, scénario « A - référence ») et contrepartie sans développement des flexibilités « 0-dev »).

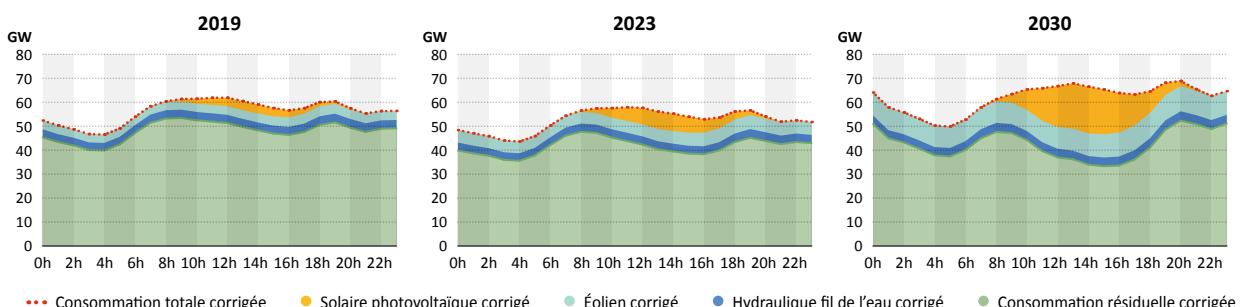
En 2030, les déformations de la courbe de consommation résiduelle reflètent ici les hypothèses présentées dans le scénario « A - référence » du Bilan prévisionnel en termes de développement des énergies renouvelables solaire et éolienne, d'augmentation de la consommation totale et de développement des flexibilités. La variante « 0-dév » illustre la courbe de consommation résiduelle 2030 si les flexibilités de consommation ne se développaient pas.



Zoom sur

L'évolution du profil horaire moyen de la consommation résiduelle corrigée les jours ouvrés en 2019, 2023 et 2030

Courbes journalières moyennes au pas horaire de la consommation résiduelle corrigée des effets météorologiques, pour les jours ouvrés en 2019, 2023 et en projection pour 2030 (scénario « 0-déflex », d'absence de développement des flexibilités et d'absence de modification des heures pleines/heures creuses actuelles).



Cette déformation est rapide : encore peu perceptible il y a cinq ans, elle est désormais bien marquée et va continuer de s'accélérer dans les années à venir.

Source : RTE

2.2



Les moments propices à la flexibilité varient selon la saison et le type de jour

Aux variations usuelles de la consommation (plus importante en hiver et les jours ouvrés) se conjuguent les variations des productions non pilotables, notamment solaire photovoltaïque, pour définir les rythmes réguliers qui structurent le fonctionnement du système électrique.

Trois saisons (hiver, été et intersaison) et deux types de jours (ouvrés et non ouvrés) se dessinent ainsi et sont caractérisés par des niveaux de consommation résiduelle et des horaires de plages de pointes et de creux différentes.



Zoom méthodologique

Entre 2025 et 2030, l'analyse des variations projetées de la consommation résiduelle, donc des variations combinées de la consommation totale d'électricité et de la production renouvelable permet d'identifier des motifs réguliers correspondant à trois types de saison :

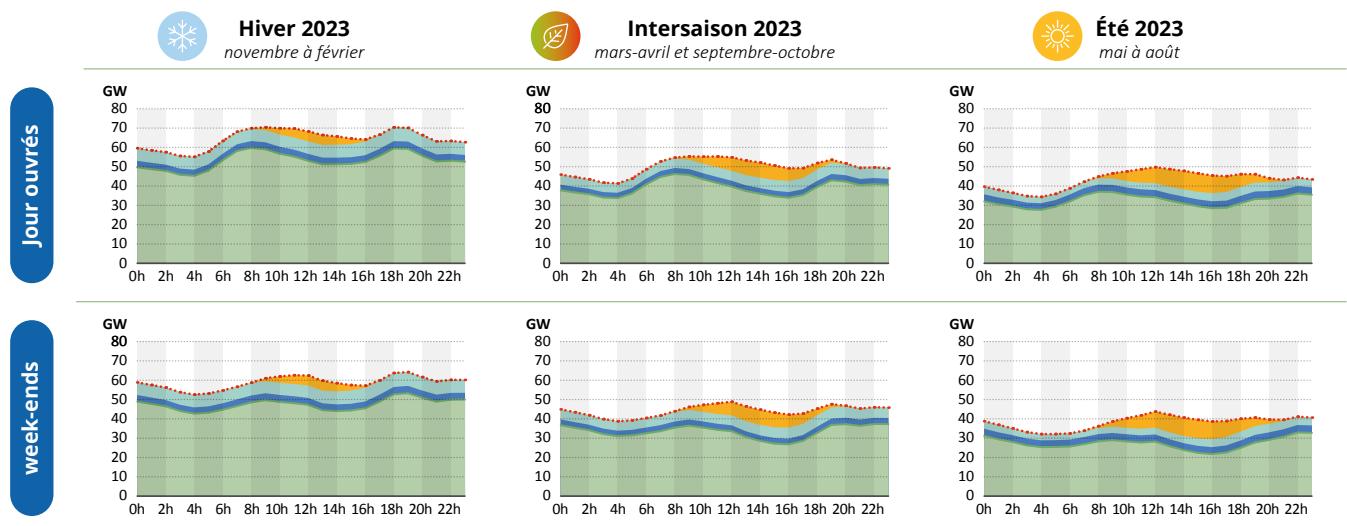
- ▶ l'hiver, de novembre à février
- ▶ l'été, de mai à août
- ▶ une intersaison, décomposée en deux sous-périodes, de mars-avril et septembre-octobre

Pour ce baromètre,
c'est ce découpage
des saisons qui
a donc été retenu.

Ces motifs différents s'observent dès aujourd'hui...

Courbes de consommation résiduelle corrigées, par saison et par type de jour en 2023

Courbe journalière moyenne au pas horaire de la consommation résiduelle corrigée des effets météorologiques, pour l'année 2023 en distinguant les saisons (hiver, intersaison et été) et les types de jour (jours ouvrés ou week-ends)



Source RTE

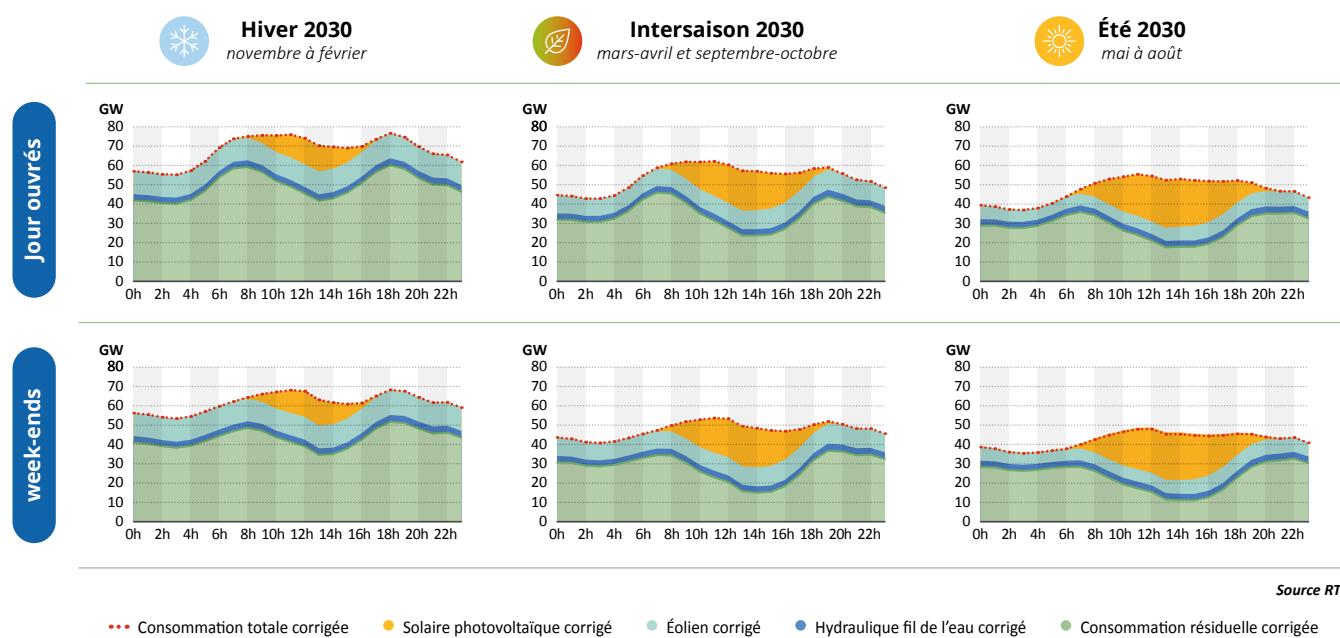
Cette décomposition par saisons et type de jour met en évidence les différences de valeurs moyennes des productions éoliennes (plus importante en hiver et en intersaison qu'en été) et solaires (plus importante l'été et relativement plus en intersaison qu'en hiver) ainsi que les différences de niveau de consommation (plus importante en hiver et les jours ouvrés qu'en été et le week-end) et de forme de la courbe de consommation (pointe du matin très peu marquée le week-end, pointe du soir très peu marquée l'été).

Remarque : ces courbes intègrent l'effet de la mesure prise par Enedis durant l'hiver 2022-2023 consistant à empêcher l'enclenchement des chauffe-eaux le midi pour les 4,5 millions de consommateurs disposant d'heures creuses sur cette plage horaire.

... et leurs différences s'accentuent à l'horizon 2030

Courbes de consommation résiduelle corrigées, par saison et par type de jour en 2030 (scénario « A - référence » du Bilan Prévisionnel)

Courbe journalière moyenne au pas horaire de la consommation résiduelle corrigée des effets météorologiques, en projection pour 2030 en distinguant les saisons (hiver, intersaison et été) et les types de jour (jours ouvrés ou week-ends)



Source RTE

••• Consommation totale corrigée ● Solaire photovoltaïque corrigé ● Éolien corrigé ● Hydraulique fil de l'eau corrigé ● Consommation résiduelle corrigée

À l'horizon 2030, dans le scénario « A - référence » du Bilan Prévisionnel 2023, le développement des énergies renouvelables éolienne et solaire photovoltaïque conduit à des différences clairement marquées entre la consommation et la consommation résiduelle. En hiver, la production éolienne conduit à un décalage vers le bas de l'ensemble de la courbe, contribuant ainsi à diminuer les besoins de pointe en moyenne. En intersaison et en été, l'importance de la « cloche » de production solaire entraîne une déformation très nette de la courbe de charge résiduelle.



La saison et le type de jour (ouvré ou non ouvré) influent sur le niveau et sur la forme de la consommation résiduelle à couvrir.

Les plages horaires vers lesquelles décaler les consommations sont ainsi légèrement différentes selon que l'on considère les mois d'été, d'hiver ou d'intersaison et selon qu'il s'agit d'un jour ouvré ou non.

À court terme, cette évolution amène à s'interroger sur les consommations qui peuvent être décalées afin que tous les consommateurs puissent contribuer à optimiser le système électrique tout en bénéficiant d'heures creuses « solaires ».

2.3



Les « moments de flexibilité » correspondent principalement aux moments de forte production solaire

Au cours des dernières années, la courbe de consommation totale d'électricité s'est légèrement décalée vers le bas, sans changer de forme. Cela s'explique notamment par les baisses de consommation constatées depuis fin 2022 du fait des actions de sobriété et des contraintes induites par les prix de l'électricité.

À l'horizon 2030, les projections d'électrification des usages conduisent à une hausse de la consommation.

La courbe journalière moyenne de la production solaire corrigée des aléas météorologiques se caractérise par un profil en « cloche » centré en début d'après-midi.

Son amplitude est directement liée au développement du parc solaire photovoltaïque en France.

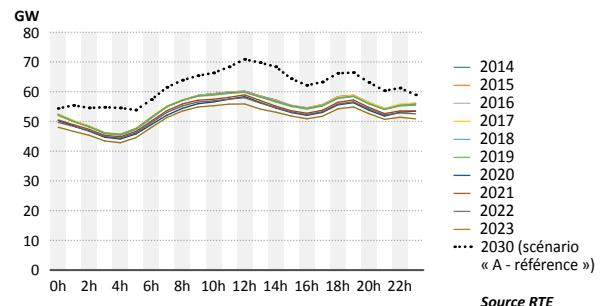
La courbe journalière moyenne de la production éolienne corrigée des aléas météorologiques présente un profil relativement plat, même si cette production est marquée par une grande variabilité intra-journalière et intra-hebdomadaire que masque la vision en moyenne.

Son niveau est directement lié au développement du parc éolien en France.

La courbe journalière moyenne de la production hydraulique au fil de l'eau corrigée des aléas météorologiques présente un profil constant, car le parc installé ne varie pas et que la correction des effets météorologiques gomme les différences d'hydraulicité d'une année à l'autre.

Évolution de la courbe de consommation totale, corrigée des aléas météorologiques

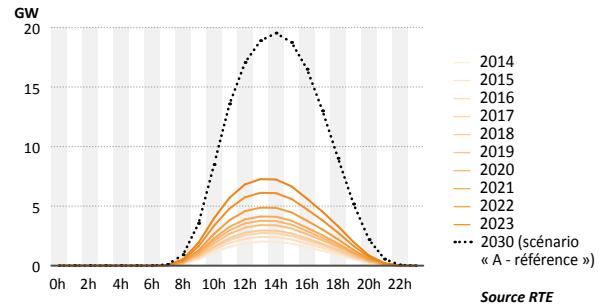
Courbes journalières moyennes au pas horaire de la consommation totale corrigée, de 2014 à 2023 et en projection pour 2030 (scénario « A-référence » du Bilan Prévisionnel)



Source RTE

Évolution de la courbe de production solaire photovoltaïque, corrigée des aléas météorologiques

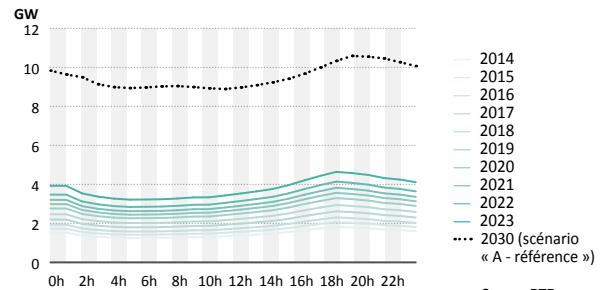
Courbes journalières moyennes au pas horaire de la production solaire photovoltaïque corrigée, de 2014 à 2023 et en projection pour 2030 (scénario « A-référence » du Bilan Prévisionnel)



Source RTE

Évolution de la courbe de production éolienne, corrigée des aléas météorologiques

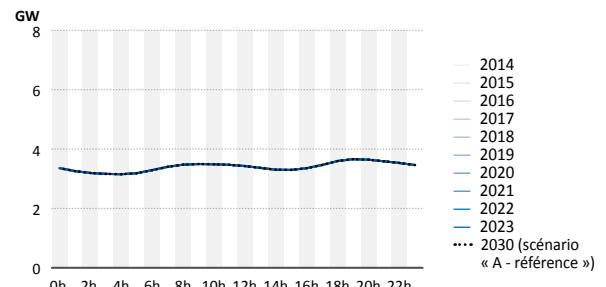
Courbes journalières moyennes au pas horaire de la production éolienne corrigée, de 2014 à 2023 et en projection pour 2030 (scénario « A-référence » du Bilan Prévisionnel)



Source RTE

Évolution de la courbe de production hydraulique au fil de l'eau, corrigée des aléas météorologiques

Courbes journalières moyennes au pas horaire de la production hydraulique au fil de l'eau corrigée, de 2014 à 2023 et en projection pour 2030 (scénario « A-référence » du Bilan Prévisionnel)



Source RTE



Ces rythmes réguliers de la production et de la consommation peuvent être modifiés par des variations plus dynamiques

Les variations régulières de la consommation résiduelle, qui correspondent aux besoins de flexibilités structurelles et régulières sont directement liées aux rythmes des activités humaines et économiques (plus de consommation l'hiver que l'été, la semaine que le week-end, le jour que la nuit) et des rythmes prévisibles de certains types de production (plus de production éolienne l'hiver, de production photovoltaïque l'été, absence de production photovoltaïque la nuit).

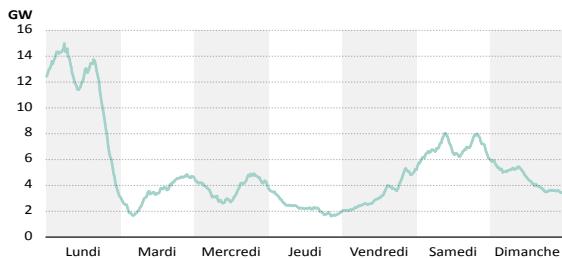
Au-delà, le système électrique connaît également des besoins de flexibilités dynamiques, prévisibles de quelques jours à quelques heures à l'avance, pour pallier la variabilité à court terme de la consommation thermosensible et de la production renouvelable – notamment éolienne. Deux modes de mobilisation peuvent être attendus de ces flexibilités dynamiques :

- ▶ au quotidien, en optimisant les usages dans une plage de confort et de préférences donnée, pour adapter plus finement sa consommation qu'avec un placement régulier plus classique ;
- ▶ les jours de pointe, en « effaçant », i.e. en réduisant très fortement sa consommation pendant quelques heures, en échange d'une contrepartie financière. C'est « l'effacement des jours de pointe », utile certains jours mais différent de la flexibilité du quotidien.

Ces besoins dynamiques sont particulièrement visibles à l'examen de courbes de production éolienne et de consommation totale. Des variations importantes de la production éolienne sont observées d'un jour à l'autre et au sein de la journée. Pour ce qui concerne la consommation, outre les variations régulières liées aux activités humaines et économiques, des variations du niveau de consommation d'un jour à l'autre sont également constatées.

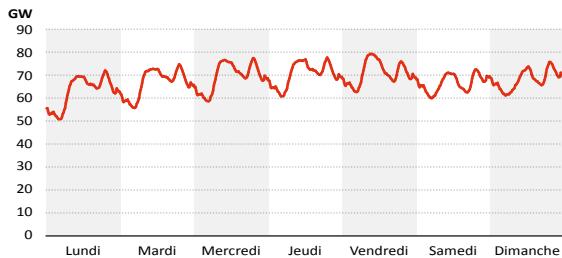
Production éolienne brute (non corrigée) au cours de la semaine du 16 janvier 2023

Production éolienne au pas 15 minutes la semaine du 16 janvier 2023



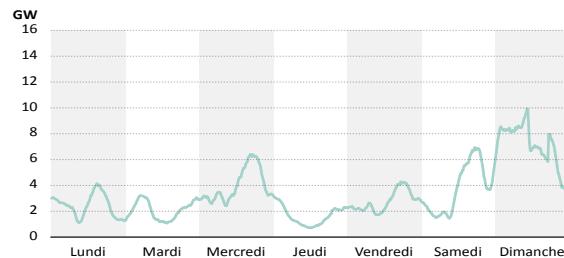
Consommation totale brute (non corrigée) au cours de la semaine du 16 janvier 2023

Consommation brute au pas 15 minutes la semaine du 16 janvier 2023



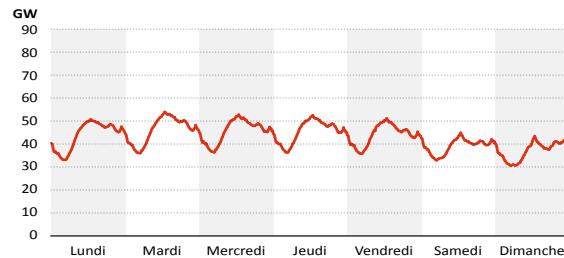
Production éolienne brute (non corrigée) au cours de la semaine du 17 juillet 2023

Production éolienne au pas 15 minutes la semaine du 17 juillet 2023



Consommation totale brute (non corrigée) au cours de la semaine du 17 juillet 2023

Consommation brute au pas 15 minutes la semaine du 17 juillet 2023



2.5



Le baromètre propose deux nouveaux indicateurs de suivi de la flexibilité de consommation

Ce baromètre propose de suivre deux nouveaux indicateurs pour évaluer les progrès des flexibilités de la consommation et mesurer leur effet concret sur le système électrique.

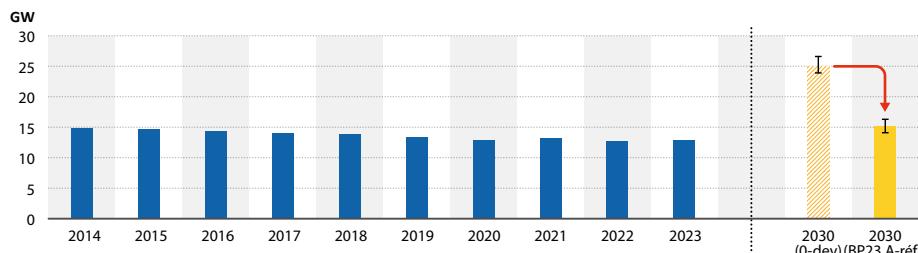


Un indicateur sur l'effet agrégé des flexibilités de la consommation et du stockage d'électricité, mesurant l'amplitude intra-journalière moyenne de la consommation résiduelle corrigée.

La différence entre la valeur maximale et la valeur minimale de la consommation résiduelle corrigée des effets météorologiques est calculée pour chaque jour. L'indicateur correspond à la moyenne de ces écarts sur tous les jours de l'année.

Il synthétise le besoin moyen de modulation entre les pointes et les creux de consommation résiduelle, qu'il reste à satisfaire une fois que les flexibilités de la consommation et le stockage ont déjàagi. En d'autres termes, cet indicateur met en évidence l'amplitude moyenne des variations nécessaires du côté de la production piloteable (nucléaire, hydraulique et thermique).

Plus sa valeur est faible, plus la production couvrira aisément les fluctuations au sein de la journée. Au contraire, plus cette valeur est élevée, plus l'effort de modulation à fournir par la production est important.



En 2030, le changement des plages d'heures creuses et le développement de nouvelles flexibilités de la consommation d'électricité et du stockage permettent de contenir l'augmentation de l'amplitude journalière de la consommation résiduelle.

Source : RTE

Moyenne sur l'ensemble des jours de l'année des différences entre maximum et minimum de consommation résiduelle corrigée des aléas météorologiques, de 2014 à 2023 et en projection pour 2030 dans le scénario « 0-déflex » (absence de nouvelles flexibilités et pas de modification des plages d'heures creuses) et dans le scénario « A - référence » du Bilan Prévisionnel 2023.

Au cours de la période de 2014 à 2020, la déformation de la consommation résiduelle due notamment à la production solaire photovoltaïque est restée limitée. Le minimum de consommation résiduelle est ainsi resté défini par le creux de consommation la nuit. La pointe de consommation journalière ayant diminué plus rapidement que ce creux de nuit grâce aux gains d'efficacité énergétique, l'indicateur a donc progressivement baissé de 2 GW.

La période récente traduit un point de bascule du système électrique, avec un nombre croissant de situations où le minimum journalier de consommation résiduelle se trouve l'après-midi, sous l'effet du développement du parc solaire photovoltaïque. Ce creux d'après-midi s'approfondit désormais plus vite que la pointe ne baisse et conduit à date à une stagnation de l'indicateur et à moyen terme à son augmentation.

Cela conduit à rester à l'horizon 2030 dans un intervalle de niveaux moyens d'amplitude résiduelle atteint par le passé, à condition que se développent de nouveaux gisements de flexibilité de la consommation (bâtiments, recharge des véhicules électriques, électrolyseurs...) et de stockage sur batteries, et que le placement des heures creuses soit modifié. Dans le cas contraire, l'amplitude journalière de consommation résiduelle atteint des niveaux élevés posant des défis pour la modulation du parc de production piloteable.



À mesure que se développent les énergies renouvelables et notamment la production solaire photovoltaïque, le minimum de consommation résiduelle est de plus en plus souvent défini par le pic de production solaire.

Cela conduira à moyen terme à une augmentation maîtrisée de l'amplitude intra-journalière moyenne de la consommation résiduelle corrigée, notamment grâce aux nouvelles flexibilités de consommation. Plus les flexibilités de la consommation se développeront, moins l'effort de modulation à fournir par la production piloteable sera important.

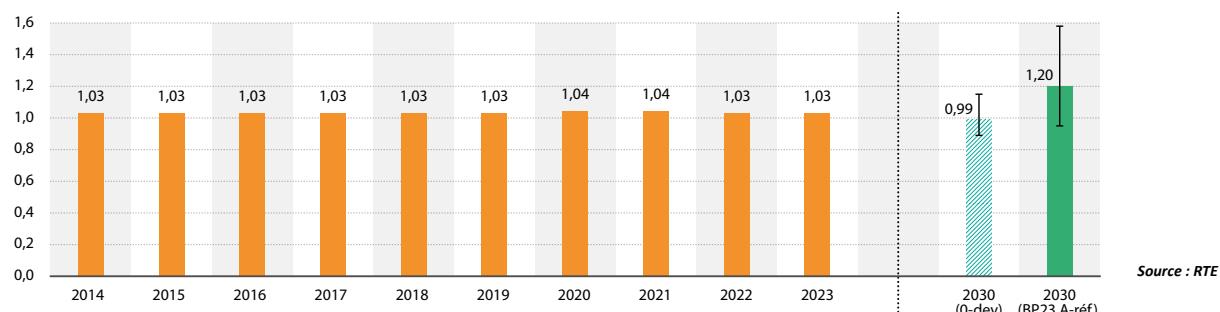


L'indice de flexibilité de la consommation d'électricité : la mesure du décalage de la consommation de la pointe du soir vers le creux méridien.

Le rapport entre le maximum de consommation de la plage méridienne (entre 11 h et 17 h) et le maximum de consommation de la pointe du soir (entre 18 h et 20 h) est calculé pour chaque jour. L'indice de flexibilité de la consommation est défini comme étant la moyenne de ces valeurs sur l'ensemble des jours de l'année.

Cet indicateur permet de synthétiser la manière dont les décalages et modulations d'usages permettent de déplacer une partie de la consommation d'électricité de la pointe du soir vers la plage méridienne et contribuent ainsi au lissage de la consommation résiduelle.

Une valeur proche de 1 indique ainsi que la pointe méridienne et celle du soir atteignent des niveaux équivalents, tandis qu'une valeur supérieure à 1 traduit le fait que les consommations électriques se déplacent vers la plage méridienne correspondant au pic de production solaire.



Moyenne sur l'ensemble des jours de l'année des ratios journaliers entre le maximum de consommation méridien et le maximum du soir de consommation, à données corrigées des aléas météorologiques, de 2014 à 2023 et en projection pour 2030 dans le scénario du Bilan Prévisionnel 2023 de référence (« A - référence »).

Au cours de la période de 2014 à 2023, la valeur de l'indice de flexibilité de la consommation d'électricité est restée stable. Cela reflète un niveau équivalent, en moyenne sur l'ensemble des jours de l'année, entre la pointe du soir et le maximum de consommation de la plage méridienne (correspondant à la pointe de consommation en fin de matinée).

Dès les prochaines années, il sera avantageux pour les consommateurs qui le peuvent de programmer l'après-midi leurs usages décalables ou modulables tels que la production d'eau chaude sanitaire grâce aux ballons d'eau chaude, la production de chaleur et de froid grâce aux pompes à chaleur, la recharge des véhicules électriques et les usages de lavage. Ceci témoigne d'un changement important par rapport aux pratiques usuelles consistant à programmer au maximum ses usages électriques décalables la nuit (par ex. ballon d'eau chaude, lavage du linge et de la vaisselle).



S'ils se concrétisent grâce aux gestes des entreprises, des collectivités et des particuliers, ces décalages de consommations électriques vers la plage méridienne permettront d'optimiser le fonctionnement du système électrique.
Ce besoin d'optimisation est traduit par l'indice de flexibilité de la consommation cible pour 2030, de 1,20.

2.6



Les marchés de l'électricité reflètent dès aujourd'hui le besoin de flexibilité la veille pour le lendemain

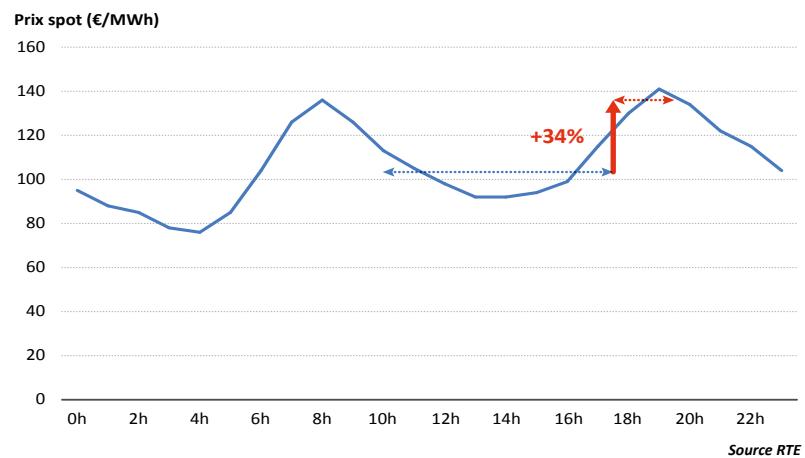
Les prix spot reflètent désormais le rôle majeur que joue la production solaire photovoltaïque en journée : les prix à la pointe du soir sont bien plus élevés que pendant l'ensemble de la plage méridienne.

Le prix *spot* de l'électricité reflète, pour chaque heure de la journée du lendemain, les conditions d'équilibre entre l'offre et la demande d'électricité. À l'instar de la consommation résiduelle, l'évolution de la forme et du niveau des prix *spot* met ainsi en évidence le niveau de tension entre l'offre et la demande d'électricité ainsi que l'espace économique pour les besoins de flexibilités du système électrique.

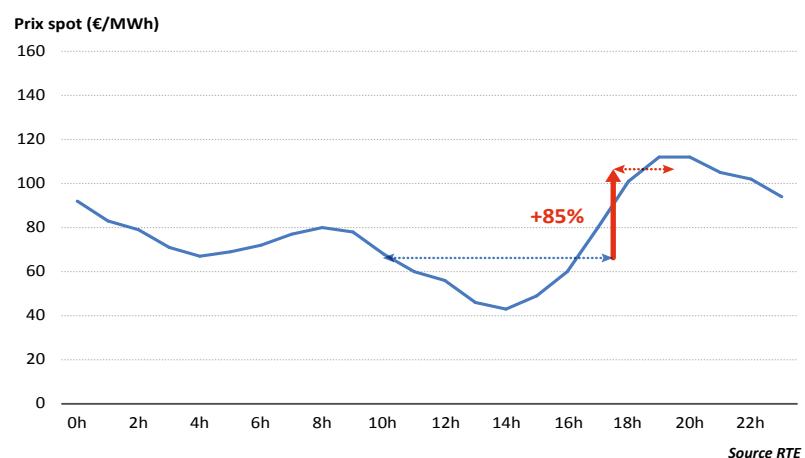
A mesure que se développe le solaire photovoltaïque en France et en Europe, un « creux » désormais bien visible apparaît, correspondant à des niveaux de prix faibles similaires aux niveaux de prix des heures nocturnes. Corrélativement, deux pointes de prix courtes se forment, le matin et le soir.

En 2023, en moyenne, le prix à la pointe du soir a ainsi été plus élevé de 34 % par rapport à la plage méridienne les jours ouvrés et de 85 % les jours de week-end.

Courbe moyenne horaire du prix spot de l'électricité en France en 2023 (€/MWh), les jours ouvrés



Courbe moyenne horaire du prix spot de l'électricité en France en 2023 (€/MWh), les week-end



Une forme de prix caractéristique des systèmes électriques en transition vers la décarbonation

Ce creux observé en 2023 sur les heures méridiennes s'est rapidement formé ces dernières années et pourrait aller croissant à court terme.

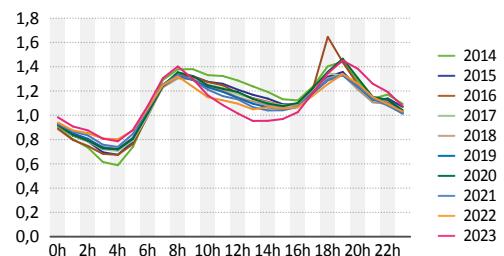
Ce phénomène, désigné sous l'appellation de « duck curve » en raison de la forme de la courbe de prix qui rappelle le profil d'un canard, reflète ainsi une évolution structurelle des mix électriques dans tous les pays où se développe la production solaire photovoltaïque. La France n'est pas un cas isolé : la même forme de prix se retrouve ainsi dans de nombreux états en Europe et dans le monde.

Cette forme caractéristique pourrait conduire à des réflexions sur la structure des produits proposés sur les marchés à terme, de façon à ce qu'ils reflètent davantage la forme de la consommation résiduelle et du signal prix associé.

Pour aller plus loin :
BP2023 - chapitre 6. Équilibre offre demande et flexibilités

Évolution des prix spot horaires normalisés de 2014 à 2023, les jours ouvrés

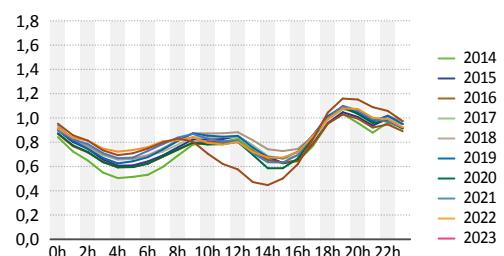
Courbes journalières moyenne des prix spot horaire normalisés, de 2014 à 2023, les jours ouvrés. Les prix normalisés sont obtenus en prenant, pour chaque heure, la valeur moyenne des prix spot les jours ouvrés, rapportée à la valeur du prix spot moyen de l'année concernée.



Auparavant, la courbe des prix spot moyens montrait un creux en fin d'après-midi correspondant au creux de consommation totale les jours ouvrés. Depuis 2021, ce creux se déplace et s'amplifie pour correspondre au creux de consommation résiduelle. Il reste à ce stade moins profond que le creux de nuit en moyenne annuelle.

Évolution des prix spot horaires normalisés de 2014 à 2023, les week-end

Courbes journalières moyenne des prix spot horaire normalisés, de 2014 à 2023, les jours de week-end. Les prix normalisés sont obtenus en prenant, pour chaque heure, la valeur moyenne des prix spot les jours de week-end, rapportée à la valeur du prix spot moyen de l'année concernée.



À l'instar des jours ouvrés, la courbe de prix spot des jours de week-end se déforme progressivement : le creux de nuit, plus fortement marqué au début de la période 2014-2023 a désormais été « rattrapé » par le creux de prix l'après-midi. De plus, la plage de prix bas l'après-midi s'élargit rapidement.



La « duck curve »

Le cas français n'est pas isolé. La « duck curve » se retrouve dans tous les pays où la production solaire photovoltaïque se développe fortement.

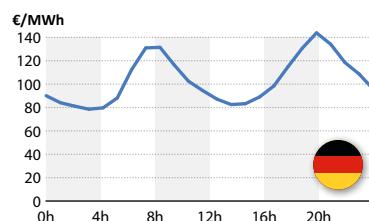
Zoom sur quelques exemples.

Source RTE

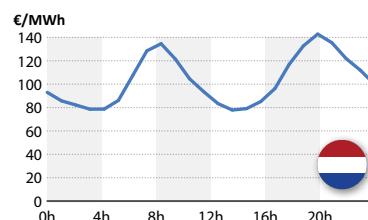
Moyenne des prix SPOT horaires en Espagne (jours ouvrés, 2023)



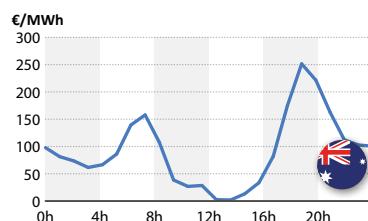
Moyenne des prix SPOT horaires en Allemagne (jours ouvrés, 2023)



Moyenne des prix SPOT horaires au Pays-Bas (jours ouvrés, 2023)



Moyenne des prix SPOT horaires en Australie du sud (jours ouvrés, 2023)



2.7



L'apparition d'épisodes de prix spot négatifs et d'écrêttement EnR : un révélateur du besoin de flexibilité

Évolution du nombre d'heures à prix spot négatif, de 2014 à 2024, par année et par mois

Nombre d'occurrence de prix spot négatifs de 2014 à 2024, par mois.

Plus la couleur d'une case est foncée, plus le nombre d'heures à prix spot négatif correspondant a été important.

Source RTE

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
2014	0	0	0	1	3	0	4	0	0	0	0	0	8
2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2016	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
2017	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	4
2018	8	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	11
2019	0	0	9	2	5	10	0	0	0	0	0	1	27
2020	0	4	8	31	27	5	12	0	0	3	6	6	102
2021	0	2	3	2	18	8	5	23	0	3	0	0	64
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4
2023	8	0	4	2	25	14	47	0	15	3	0	29	147
2024	8	0	5	84	60	69	50	46					322

Cumul du nombre d'heures à prix spot négatif, de 2014 à 2024, par jour de la semaine et par heure

Cumul du nombre d'heures à prix spot négatifs de 2014 à 2024 par jour et par heure du jour. Plus la couleur d'une case est foncée, plus le nombre d'heures à prix spot négatif correspondant a été important.

Source RTE

Jour / Heures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	TOTAL
Lundi	0	0	2	4	4	1	0	0	0	0	0	0	2	3	3	2	4	1	0	0	0	0	0	0
Mardi	0	2	3	5	6	3	0	0	0	0	3	3	2	4	7	5	4	2	0	0	0	0	0	0
Mercredi	0	0	1	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	2	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Jeudi	0	0	2	3	4	2	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Vendredi	0	0	1	3	3	2	1	0	0	0	0	0	1	3	6	7	2	1	0	0	0	0	0	0
Samedi	0	0	0	2	4	2	2	0	0	1	6	10	13	17	22	20	14	6	1	0	0	0	0	0
Dimanche	0	1	1	9	12	13	10	7	9	13	18	24	27	40	52	54	40	10	2	0	1	1	1	1
Jour férié	1	2	2	3	4	5	5	5	4	2	5	5	4	6	9	11	7	2	0	0	0	0	0	0

Les épisodes de prix spot négatifs se produisent principalement au cours des mois à plus fort ensoleillement (avril à septembre). Ils ont désormais lieu pour la plus grande partie en journée, pendant le pic de production photovoltaïque (10 h à 17 h). Bien qu'ils se concentrent sur les week-ends et les jours fériés, ils commencent également à apparaître les jours ouvrés.

Les prix négatifs ou nuls se produisent dans des situations de forte production à faible coût variable (énergies renouvelables, nucléaire) alors que la consommation n'est

pas particulièrement importante. Ils traduisent l'atteinte des limites de flexibilité de certains moyens de production, qui préfèrent payer pour continuer à produire plutôt que de s'arrêter (pour des raisons technico-économiques).

Le nombre d'heures de prix spot négatifs est en forte augmentation en France depuis 2023, en lien avec la forte baisse de consommation observée en France et en Europe combinée à une production renouvelable et nucléaire en augmentation et une consommation encore peu flexible.

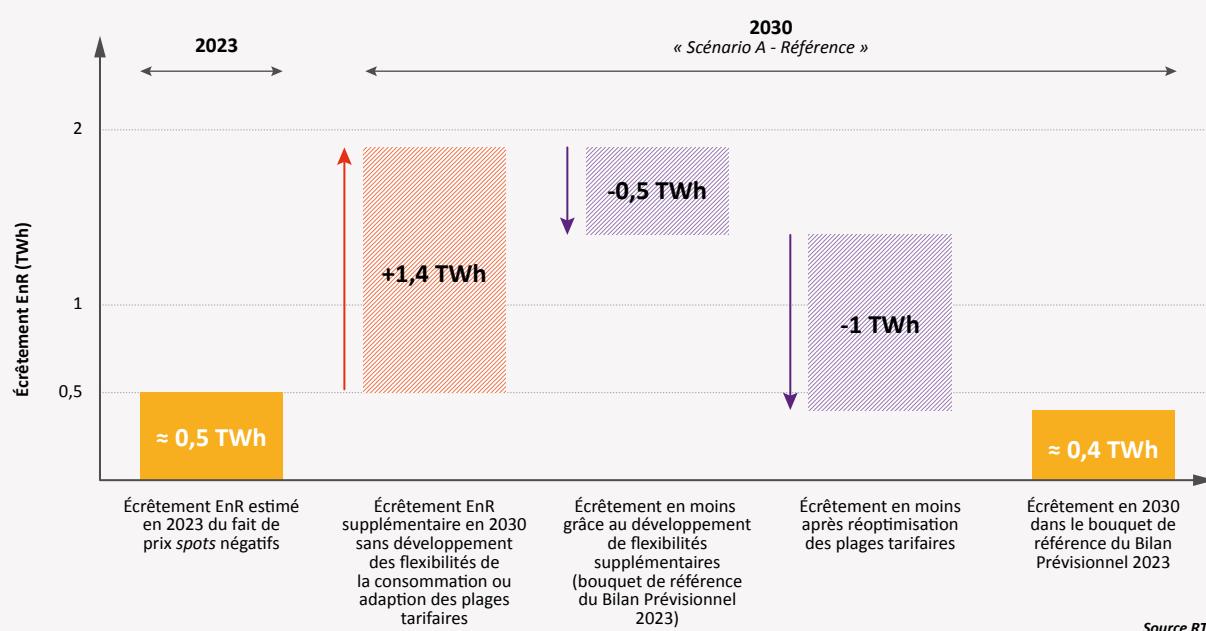
La réponse à ces situations est aujourd'hui essentiellement apportée par les moyens de production. C'est le cas notamment du parc nucléaire français, manœuvrable et donc capable d'abaisser sa production pendant ces épisodes, mais aussi d'une part grandissante des installations de production d'énergie renouvelable (à l'exception des installations sous obligation d'achat), qui écrètent leur production plutôt que de continuer à l'injecter sur le réseau.



Pour aller plus loin : Bilan du premier semestre 2024.

Écrêttement EnR en 2023 et en projection en 2030

Estimation du volume d'énergie renouvelable écrêté en France en 2023 et en projection à l'horizon 2030 dans le scénario de référence du Bilan Prévisionnel 2023 («A - référence»), dans la configuration d'un bouquet de flexibilités de référence. L'estimation de l'écrêttement supplémentaire en 2030 si les flexibilités existantes n'étaient pas réoptimisées et si de nouvelles flexibilités n'étaient pas développées en France se base également sur une configuration de flexibilités faiblement développées en Europe.



Développer les flexibilités de la consommation pour éviter de gâcher l'électricité renouvelable :

Le fait de placer des heures creuses en saison basse (avril à octobre) lors du pic de production photovoltaïque serait de nature à diminuer considérablement le nombre d'heures à prix spot négatifs et par conséquent le volume d'EnR écrêté. À très court terme ce sont les consommations placées le soir qui peuvent être décalées à l'après-midi et permettre d'utiliser toute l'électricité décarbonée disponible à ces moments là. D'ici quelques années, ces volumes pourront être complétés par de nouveaux gisements de flexibilité, au premier rang desquels devrait se trouver la recharge des véhicules électriques.

SMART GRID





3

Les prérequis techniques à la flexibilité de la consommation électrique

3.1



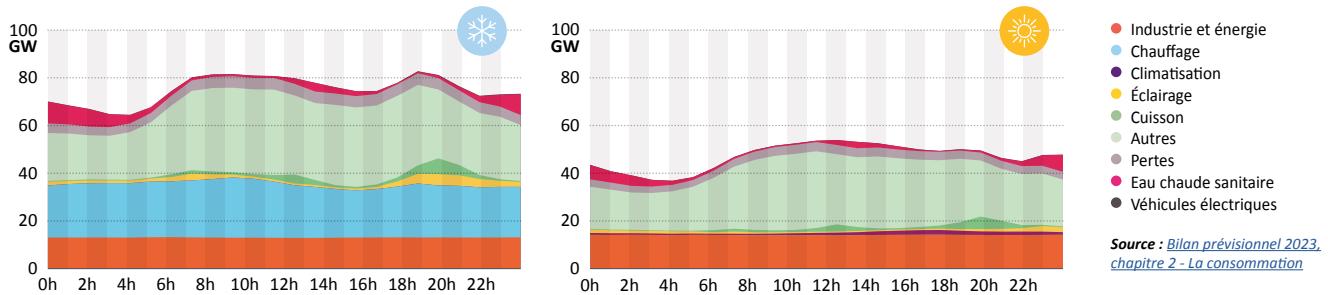
Des systèmes de pilotage global existent pour décaler et moduler les consommations électriques des bâtiments

Pourquoi suivre le déploiement des solutions techniques de pilotage des usages ?

- ▶ L'activation concrète de la flexibilité des bâtiments repose sur des systèmes de pilotage centralisés, des capteurs, des actionneurs et sur des équipements énergétiques pilotables (chaudière, ventilation, climatisation, borne VE...) permettant une optimisation globale de la consommation énergétique des bâtiments tout en tenant compte des besoins des occupants et de leurs préférences de confort.
- ▶ S'il peut être difficile d'établir un lien précis entre un niveau d'équipement et un volume de capacité flexible (étant donné la diversité des bâtiments, de leurs usages et de leurs configurations), le rythme de déploiement de ces systèmes peut être considéré comme un indicateur de la capacité à mieux programmer les consommations électriques en fonction des signaux économiques.

Les systèmes à cibler en priorité sont ceux qui permettent un pilotage consolidé des différents usages décalables et modulables du bâtiment

Profil journalier de puissance de la consommation par usages aujourd'hui (à température de référence)



Usages décalables

	Résidentiel
	Tertiaire

- ▶ Eau chaude sanitaire
- ▶ Recharge véhicule électrique
- ▶ Lavage (lave-linge, lave-vaisselle)
- ▶ Chauffage - Ventilation - Climatisation (CVC)
- ▶ Eau chaude sanitaire
- ▶ Production de froid (dans certains cas)
- ▶ Recharge véhicule électrique

Usages modulables

- ▶ Chauffage (hiver)
- ▶ Climatisation (été)
- ▶ Recharge véhicule électrique
- ▶ Chauffage - Ventilation - Climatisation (CVC)
- ▶ Éclairage
- ▶ Recharge véhicule électrique

On parle de GTB* ou de BACS** dans le secteur tertiaire et de gestionnaire intelligent de l'énergie ou HEMS*** dans le résidentiel. La diffusion de ces systèmes dans les bâtiments de France est un levier majeur à la fois de la sobriété et de la flexibilité.

3.2



Suivi des prérequis techniques
dans le tertiaire

Dans le bâtiment tertiaire, piloter l'énergie de son bâtiment est une obligation

Visant les objectifs de sobriété énergétique de la France, **le décret BACS, impose aux propriétaires ou gestionnaires de bâtiments tertiaires, l'installation d'un système d'automatisation et de contrôle des consommations d'énergie (BACS en anglais) d'ici au 1^{er} janvier 2027 au plus tard.**

Ce décret donne aux bâtiments les moyens d'atteindre les objectifs ambitieux de réduction des consommations énergétiques du Dispositif ÉcoÉnergie Tertiaire (DEET) et d'intégrer de manière optimisée les nouveaux usages électriques (recharge des véhicules électriques, pompes à chaleur, autoconsommation).

Le BACS est le levier technique privilégié pour consommer moins d'énergie dans le bâtiment. Grâce à une gestion intelligente en temps réel, il permet de consommer ce qui est nécessaire au confort d'usage des occupants, en évitant tout gaspillage.

Il régule automatiquement, selon les consignes de l'occupant, le chauffage, la ventilation, la climatisation, l'eau chaude sanitaire ou encore la recharge des véhicules

électriques, en ajustant selon l'activité réelle (occupation réelle des locaux, météo, etc.).

Réduire les consommations d'énergie dans un bâtiment repose sur deux actions principales dictées par le Décret BACS :

- ▶ Mesurer les consommations par zone fonctionnelle
- ▶ Piloter de manière centralisée les usages énergétiques

Toutes les catégories de bâtiments tertiaires sont concernées par le décret : bureaux, commerces, écoles, hôpitaux, EHPAD, centres culturels, etc., neufs ou déjà existants, dès lors qu'ils sont dotés d'installations CVC (chauffage, ventilation et climatisation) d'une puissance thermique supérieure à 70 kW.

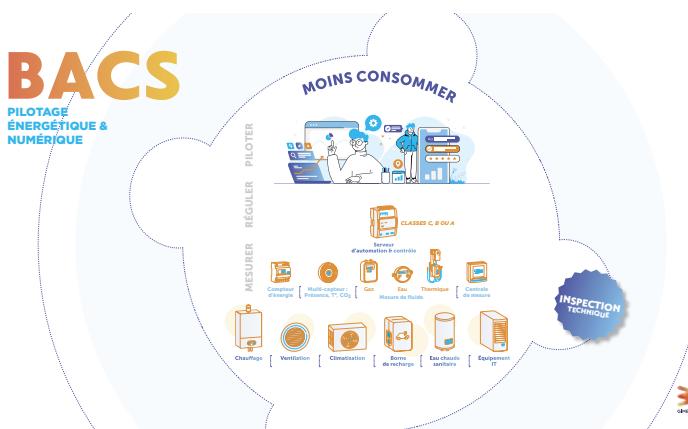
Le décret détaille les quatre fonctionnalités imposées du BACS :

- ▶ **Suivi, enregistrement et analyse des données en continu** de consommation et de production énergétiques du site
- ▶ **Situer l'efficacité énergétique du bâtiment** en fonction de valeurs de référence pour détecter d'éventuelles dérives et informer l'exploitant du bâtiment des possibilités d'amélioration
- ▶ **Interopérabilité** avec les autres systèmes techniques présents dans le bâtiment
- ▶ **Arrêt manuel et gestion autonome**

Il prévoit par ailleurs **une inspection technique régulière** pour assurer l'efficacité du système dans la durée.

De la sobriété et la flexibilité, à la performance globale du bâtiment

Au-delà d'économiser l'énergie, l'intégration d'un BACS performant dans un bâtiment ouvre la porte à bien d'autres services aux occupant et exploitants : amélioration du confort des occupants, de la qualité de l'air, planification et facilitation de la maintenance, gestion sécurisée des accès, optimisation des espaces etc. Le BACS est ainsi un levier de valorisation du bâtiment.



Les échéances du Décret BACS



8 avril 2024

Bâtiments neufs dont les équipements ont une puissance nominale cumulée > **70kW**



1^{er} janvier 2025

Bâtiments existants dont les équipements ont une puissance nominale cumulée > **290 kW**



1^{er} janvier 2027

Bâtiments existants dont les équipements ont une puissance nominale cumulée > **70 kW**

3.3



Pour permettre aux bâtiments de profiter de leur flexibilité, la communication entre BACS et système électrique doit être établie

Avec l'enjeu d'équipement, celle de l'interopérabilité des chaînes d'activation de la flexibilité est majeur.

L'ouverture d'interfaces cybersécurisées entre gestionnaires de bâtiments, gestionnaires de réseaux et acteurs de la flexibilité, d'une part, et la standardisation des données échangées, d'autre part, sont centrales.

Les solutions de pilotage à déployer doivent aujourd'hui être en mesure de recevoir et d'interpréter les signaux standardisés de flexibilité émis par les fournisseurs

d'électricité (incitation tarifaire), par les agrégateurs (requête de modulation) ou lors d'une alerte EcoWatt, pour optimiser en conséquence les usages énergétiques à l'échelle du bâtiment et de parcs immobiliers, en tenant compte bien sûr des besoins des occupants.

Un travail concerté est aujourd'hui mené pour définir les standards techniques et opérationnels de cette interopérabilité, qui doit désormais relier système électrique et bâtiments.



La filière se mobilise et lance la marque collective flex ready

Flex Ready : la marque collective pour identifier les solutions de pilotage capables d'optimiser la consommation d'énergie des bâtiments tertiaires, en lien avec le système électrique

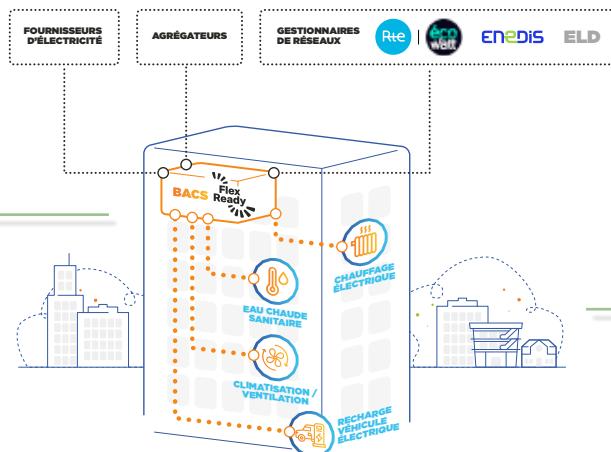
Le référentiel BACS «Flex Ready» pour décrire les modes standardisés de communication entre BACS et acteurs du système électrique.

Ce 1^{er} référentiel sera bientôt enrichi par d'autres visant la mise en œuvre des bonnes pratiques associées (Cadre numérique bâtimentaire, Missions et Responsabilités pour garantir la bonne performance du BACS dans la durée), formant ainsi le Cadre de référence Flex Ready

Une communication standardisée

Une communication par API standardisées, pour permettre au BACS de recevoir et d'interpréter des signaux de flexibilité émis par les opérateurs du système électrique.

À la réception des signaux standardisés, le BACS «Flex Ready» est en mesure de moduler ou décaler des usages de la manière automatisée, selon les scénarios programmés par le gestionnaire du bâtiment.



Des données à échanger

Des données et formats utiles à la mise en œuvre de la flexibilité par le BACS et à la bonne adoption par le gestionnaire du bâtiment :

- 1. L'horloge** : pour l'adaptation des consignes selon le pas de temps standardisé (15 mn minimum), échangeant des données en bidirectionnel.
- 2. La puissance maximum instantanée (kW)** : le calcul de la puissance instantanée.
- 3. Le prix (en €/kWh)** : la réception et interprétation des prix de l'électricité émis par le fournisseur d'énergie en fonction des périodes de la journée.
- 4. La puissance souscrite (kVA)** : la réception et interprétation de la puissance souscrite reçue du fournisseur d'énergie.
- 5. Empreinte carbone (tonne équivalent CO₂)** : la réception et interprétation des informations CO₂ en fonction des périodes de la journée.

Le BACS Flex ready, l'option à intégrer systématiquement dans les cahiers des charges !

Alors que les objectifs nationaux de sobriété s'enrichissent de ceux de décarbonation des usages et de souveraineté énergétique, **le BACS devient Flex Ready** et révèle aujourd'hui une nouvelle vertu. **En étant connecté à un opérateur de flexibilité, il permet aussi au gestionnaire de bâtiment et aux occupants de consommer l'énergie « au bon moment », quand l'électricité est abondante, moins chère et décarbonée.**

L'option Flex Ready donne la possibilité au gestionnaire du bâtiment, à réception d'un signal, de moduler ou décaler automatiquement certains usages électriques pour tirer profit d'incitations tarifaires.

Trois modes sont possibles :

- ▶ **le mode régulier** : il s'agit de planifier les consommations quotidiennes en fonction des heures creuses et pleines définies par le contrat de fourniture d'électricité.
- ▶ **le mode dynamique** : c'est déclencher de manière ponctuelle un scénario de réduction supplémentaire de la consommation pendant quelques heures, sur demande et contre rémunération. Cette demande peut venir du fournisseur d'électricité dans un abonnement type « Tempo » ou d'un agrégateur dans le cadre d'un contrat d'effacement.
- ▶ **le mode sauvegarde** : c'est enclencher selon un scénario d'urgence programmé, une réduction drastique de la consommation en cas d'alerte EcoWatt rouge.

Le saviez-vous ?

Le BACS Flex Ready n'est pas imposé par le décret BACS. Il est pourtant pour le gestionnaire de bâtiment un « trois-en-un gagnant » à ne pas manquer pour :

1. consommer moins,
2. tirer parti d'offres tarifaires intéressantes,
3. et consommer une électricité bas-carbone.



Du point de vue du système électrique, la généralisation des BACS Flex ready est le prérequis technique indispensable du passage à l'échelle des flexibilités des bâtiments tertiaires en France.

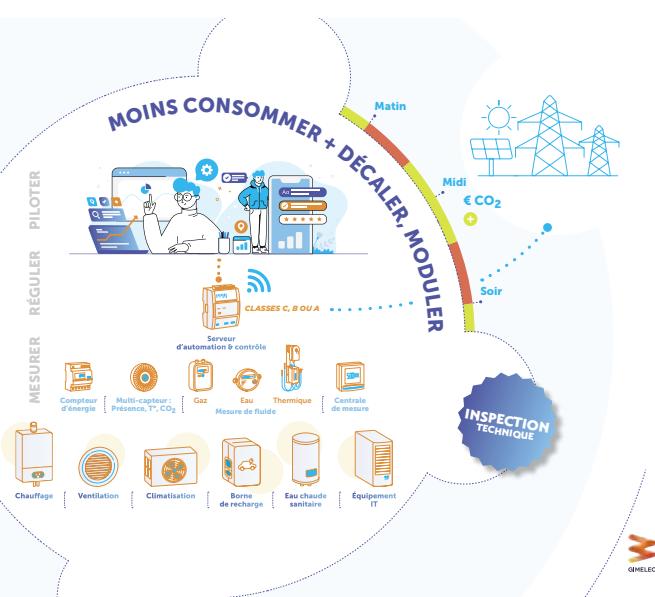
Il permet d'assurer la bonne communication entre le système et le gestionnaire de bâtiment.

Celui-ci peut alors être informé en temps presque réel d'éventuels besoins de modération de la consommation des acteurs du système électrique et décider, en fonction de ses propres besoins, d'apporter ce service : **une interaction précieuse à l'échelle du pays, gage de résilience et de souveraineté énergétique !**

C'est pourquoi la filière professionnelle crée aujourd'hui la marque collective Flex Ready

Ce travail de standardisation des interfaces informatiques est mené conjointement entre industriels, fournisseurs, agrégateurs et gestionnaires de réseaux. Il est décrit dans le livre blanc sur le passage à l'échelle des flexibilités publié par Think Smartgrids.

Une marque rassurante qui permettra aux gestionnaires de bâtiments de faire les bons choix d'investissement et de s'équiper de solutions BACS les dotant à la fois d'une conformité au décret BACS mais aussi d'une capacité à tirer profit des incitations économiques à consommer quand l'électricité décarbonée est abondante.



Le BACS FLEX READY, l'option à ne pas manquer !

3.4



État des lieux du déploiement des BACS et trajectoire de passage à l'échelle à l'horizon 2030

Le rythme de déploiement des BACS n'est pas à la hauteur des objectifs nationaux de sobriété et de flexibilité

Si les installations en France de BACS se sont inscrites en hausse de +9 % en 2023, leur rythme de déploiement reste bien en deçà des objectifs fixés par la réglementation.

À ce rythme en 2027, toutes choses égales par ailleurs, seuls 18 % des sites concernés seront équipés de BACS.

La dynamique se décline selon les secteurs d'activité

1. Les bâtiments de bureaux, de commerce et d'enseignement représentent 70 % des surfaces tertiaires et deux tiers des BACS installés. Ils constituent donc des acteurs majeurs de sobriété et de flexibilité à l'échelle nationale.

2. Précurseurs, les bâtiments de santé (notamment les hôpitaux) et les bâtiments de transport (comme les gares) se sont dotés de BACS sans attendre la réglementation, motivés par leurs impératifs de continuité de service et de confort. Ils présentent les taux d'équipement les plus élevés de respectivement 37 % et 26 %.

3. L'hôtellerie, les sport-culture-loisirs, restent à la traîne pour raisons diverses : petits bâtiments avec peu de compétences techniques internalisées, moindre sensibilisation, manque d'incitations, etc.

Les BACS sont déjà une évidence pour les grandes surfaces

Les bâtiments de plus de 20 000 m² sont déjà équipés à plus de 84 %, l'automatisation s'imposant à eux pour une gestion énergétique et de confort « à grande échelle ».

Le phénomène est encore plus marqué dans le secteur des bureaux (96 % des bâtiments de plus de 20 000 m² et 54 % des plus de 10 000 m²). En revanche, pour les petits et moyens bâtiments, le potentiel d'amélioration demeure considérable.

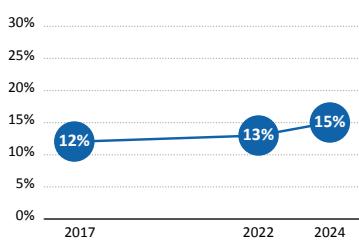
La technique oui, l'incitation et l'organisation aussi !

L'enquête réalisée auprès des gestionnaires de parcs indique qu'à peine 55 % des systèmes BACS installés sont réellement exploités. Ceci s'explique le plus souvent par un défaut d'organisation définie pour suivre leur bon fonctionnement dans la durée : absence de commissionnement du système, de re-paramétrage au fil du temps selon les réaménagements, ou changements d'activité dans le bâtiment, maintien en condition opérationnelle au quotidien, dont les mises à jour des logiciels...

Principaux indicateurs de l'Observatoire national du déploiement des BACS

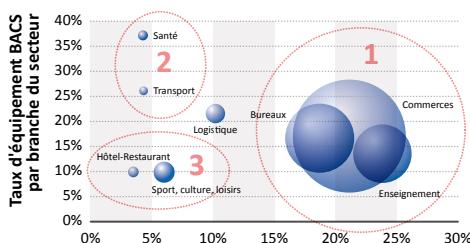
Déploiement des BACS dans les sites tertiaires en France

% des sites > 1000 m²



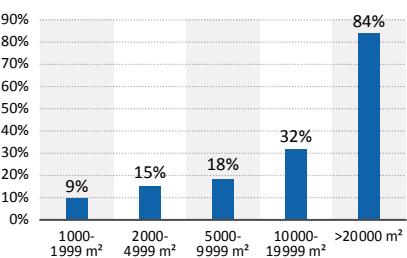
Les BACS : Dynamique sectorielle en 2024

Taille du cercle proportionnelle au nombre total de BACS installés



Les BACS selon les surfaces en 2024

Taux d'équipement des BACS par tranche de surface (en % des sites)



 **L'observatoire national du déploiement des BACS met ainsi en évidence la faible diffusion des BACS au regard des objectifs nationaux.** Il montre que très peu de BACS sont à ce jour connectés et met par ailleurs en avant l'enjeu que représente la bonne appropriation technique et organisationnelle des BACS par les acteurs de l'immobilier. L'enjeu collectif est donc aujourd'hui d'accélérer le déploiement des BACS, tout en généralisant l'option Flex Ready et en y associant systématiquement une chaîne de missions et responsabilités pour le bon suivi dans la durée des systèmes.

Un Plan 100 000 BACS en 2030 : le prérequis technique pour le passage à l'échelle des flexibilités de consommation dans les bâtiments tertiaires.

Le scénario d'accélération proposé par la filière mise sur un déploiement de 100 000 BACS d'ici 2030. Un plan volontariste mais atteignable pour équiper la moitié des bâtiments de France, générer 15 % (jusqu'à 15 TWh) d'économies d'énergie et accéder à :

- ▶ 2,5 GW de flexibilité au quotidien les matins d'hiver
- ▶ 4,5 GW les jours de pointe (jours froids ou d'absence de vent)
- ▶ et jusqu'à 6,3 GW en cas d'alerte EcoWatt rouge.

Cette accélération de trajectoire doit se faire au travers d'impulsions sectorielles ciblées, parmi lesquelles :

- ▶ des feuilles de route spécifiques et prioritaires pour les bureaux, les commerces et l'enseignement qui représentent deux tiers des surfaces à équiper en BACS et constituent donc une cible prépondérante
- ▶ la réactivation et la mise à jour à court terme des systèmes déjà installés dans les grands bâtiments
- ▶ la disponibilité d'une offre simplifiée, adaptée aux surfaces petites et moyennes

Un tel plan ambitieux jouera son rôle efficacement si il repose sur la mise en œuvre d'un scénario de rupture, adopté collectivement et soutenu par les pouvoirs publics.

Un scénario qui se situe en effet à la croisée des mondes du système électrique, de l'industrie et de l'immobilier pour conjuguer dès 2025 le triptyque gagnant :

1. Appropriation technologique
2. Organisation performante
3. Motivation économique

1. L'appropriation par tous des solutions technologiques que sont les BACS via la diffusion massive de formations et la généralisation des nouvelles pratiques de référence telles que :

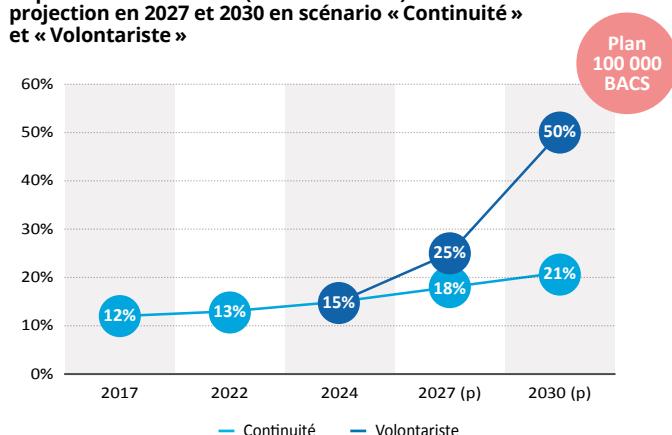
- ▶ le calcul de l'étiquette GOFLEX des bâtiments, levier de pédagogie permettant à chaque bâtiment de faire ses 1ers pas en matière de flexibilité (cf. page 40)
- ▶ la prescription systématique des standards Flex Ready dans les appels d'offres et les contrats de rénovation et de capacité d'effacement en s'appuyant sur un cadre de référence bâtiementaire.

2. L'organisation des acteurs de l'immobilier autour des nouvelles missions et responsabilités pour assurer la meilleure performance dans le temps des BACS

- ▶ la systématisation du commissionnement à l'installation des systèmes et du recommissionnement régulier pendant leur vie

Un plan de passage à l'échelle volontariste d'ici 2030 !

Déploiements des BACS (sites > 1.000 m²) avec projection en 2027 et 2030 en scénario « Continuité » et « Volontariste »



En 2030, les BACS pourraient permettre l'émergence d'un gisement de 2,5 GW de modulation de consommation tous les jours

	Économies d'énergie annuelles	Flexibilité du quotidien	Flexibilité « Jour de pointe » (froid ou sans vent)	Mode EcoWatt Mode « ÉcoWatt rouge »
Sobriété et Flexibilité Optimum 100% Décret BACS 2035	De 15 à 25 TWh	~3,8 GW	~6,3 GW	~7,9 GW
Scénario Volontariste « Plan 100 000 BACS » 2030	De 9 à 15 TWh	~2,5 GW	~4,5 GW	~6,3 GW
Scénario Continuité 25 % de BACS 2030	De 5 à 9 TWh	~1,6 GW	~2,6 GW	~4 GW

- ▶ la mise en œuvre d'un référentiel bâtiementaire cadrant les sujets d'interopérabilité, de cybersécurité et de gouvernance des données
- ▶ la transcription de ces nouvelles missions et responsabilités dans les contrats actuellement en vigueur reliant les différentes parties prenantes de chaque bâtiment

3. La motivation économique, qui reste le principal déclencheur du passage à l'action avec par exemple :

- ▶ l'aide à l'acquisition d'un BACS Flex Ready (via la révision ou le boost de la Fiche BAT-TH-116 par exemple)
- ▶ la multiplication d'offres de fourniture d'électricité incitatrices intégrant des plages d'heures creuses « solaires » permettant une relance des usages en mi-journée.
- ▶ la diffusion des offres incitant à la flexibilité dynamique ponctuelle, les jours de pointe de consommation résiduelle (jours froids ou sans vent).

3.5



Sur le terrain, ils expérimentent et nous en parlent

Le Concours CUBE Flex

Le terrain d'expérimentation des flexibilités électriques pour les bâtiments tertiaires

Lancé en 2022 par RTE et organisé par A4MT, ce challenge constitue un vaste terrain d'expérimentation à grande échelle des flexibilités de consommation.

Son objectif : tester les possibilités de décalage et de modulation de la consommation dans les bâtiments tertiaires.

Les deux premières saisons ont permis aux bâtiments de tester les actions à mettre en place en hiver :

- ▶ **En cas d'urgence** : en réponse à une simulation d'alerte EcoWatt rouge
- ▶ **Au quotidien** : pour consommer aux bons moments en évitant les heures de pointe (7 h-10 h et 18 h-20 h), sans rogner sur le confort des usagers



Les enseignements tirés du challenge CUBE Flex

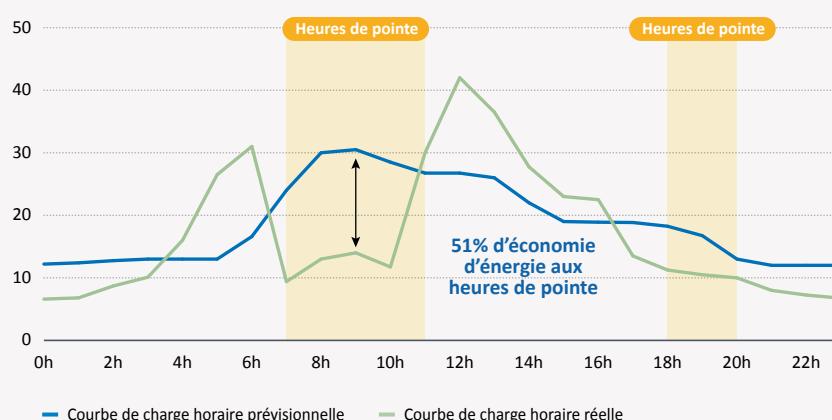
Le retour d'expérience du concours, sur près de 150 bâtiments, a démontré que les bâtiments tertiaires étaient capables :

- ▶ **au quotidien, de décaler et moduler en moyenne 7 % de leur consommation pour éviter les pointes du matin et du soir ;**
- ▶ **lors de journées de test « EcoWatt rouge », de réduire de 20 % en moyenne leur consommation pendant ces pointes.**

Ainsi, la flexibilité de la demande dans les bâtiments tertiaires est un modèle qui peut être mis en œuvre rapidement, en moins de trois ans, et permettant de libérer un gisement jusqu'à 2 à 3 GW tous les jours en hiver, et jusqu'à 6 GW lors des alertes EcoWatt.



RETOUR D'EXPÉRIENCE CUBE FLEX : ORANO - Bâtiment « Prisme »



Actions mises en place :

- ▶ Anticipation du chauffage
- ▶ Baisse du chauffage et alternance des centrales de traitement d'air
- ▶ Passage en « réduit de nuit » du chauffage et de la ventilation



La mobilisation de la filière immobilière dans l'AICN avec ses membres

La mobilisation du secteur de l'immobilier privé pour la mise en œuvre du pilotage énergétique dans les bâtiments implique de multiples acteurs liés par des contrats : propriétaires, gestionnaires d'actifs, locataires, exploitants, fournisseurs et intégrateurs de systèmes et d'équipements, etc. Leur coordination est nécessaire et l'ambition partagée par tous de désormais consommer moins et mieux l'énergie au quotidien doit se traduire par une restructuration de la chaîne contractuelle, incluant l'adoption collective :

- ▶ de nomenclatures standards de missions, rôles et responsabilités,
- ▶ de référentiels d'interopérabilité métiers et inter-métiers pour automatiser les échanges,

▶ d'expressions de besoins standards en matière de continuité numérique, pour une pérennité des systèmes sur l'ensemble du cycle de vie des actifs.

C'est pourquoi ces acteurs se réunissent aujourd'hui au sein de l'AICN (Alliance immobilière pour la convergence numérique) pour produire les référentiels nécessaires et développer leur adoption. Depuis 2 ans, ses membres sont mobilisés et ont entamé un travail de convergence, notamment pour expérimenter la répartition des rôles dans le cadre des alertes Ecowatt.

AICN

Alliance immobilière
pour la Convergence Numérique

« La faisabilité économique reste au cœur de nos préoccupations dans la conjoncture particulière difficile du secteur de l'immobilier. Mais cela n'enlève rien à notre ambition partagée de conjuguer nos compétences afin de consommer moins et mieux »

Csongor Csukas
Président de l'AICN



3.5



Sur le terrain, ils expérimentent et nous en parlent

Des syndicats d'énergie pionniers, mais une accélération nécessaire

Soucieux de profiter de leur production locale renouvelable, de favoriser le développement d'opérations d'autoconsommation collective et de fournir aux nouveaux usages électriques (VE en tête) une source d'électricité décarbonée, les syndicats d'énergies cherchent à collecter les données nécessaires à la flexibilité des bâtiments tertiaires et à en faciliter l'activation pour leurs adhérents.

Dans un premier temps, se développent des initiatives de collecte de données énergétiques (données de consommation bâtimentaire, éclairage public, parcs de véhicules électriques) via l'installation de capteurs et dans une moindre mesure par la remontée des données dis-

ponibles via les BACS et agrégées au sein d'hyperviseurs à l'échelle départementale, par exemple par Morbihan Energies et le Sydev.

Dans un second temps, le recours à des actionneurs pour piloter les usages de façon flexible est envisagé, via les BACS installées mais bien souvent aussi via des communications directes du type SMS ou mail, compte tenu des difficultés à assurer la connectivité des installations BACS par les exploitants et gestionnaires. Certains syndicats d'énergie, comme l'USEDÉA, développent leurs propres outils de pilotage, à destination des élus de territoires très diffus (dans le cadre de l'USEDÉA, basé dans l'Aisne, les utilisateurs sont 550 mairies de village de l'ordre de 400 habitants).

L'application USEDÉA ROC permet ainsi de contrôler via des standards interopérables certains usages en direct ou à travers les solutions BACS connectés et peut interroger les API à disposition (comme EcoWatt). Cette stratégie permet de garantir la pérennité et l'évolutivité tout en maîtrisant les coûts.

Les syndicats d'énergie s'accordent sur le manque de personnel et de formation des agents publics et à la nécessaire interopérabilité et mise à jour des solutions de pilotage pour la bonne réception et le traitement des données. Les contrats obligeant les parties (maîtres d'ouvrages, maîtres d'œuvre, équipementiers, agents publics, etc.) sont en effet lacunaires sur ces points.

Eff'ACTEE : un programme d'accompagnement aux flexibilités pour les collectivités

Depuis fin 2022, le sous-programme Eff'ACTEE issu du programme ACTEE porté par la FNCCR accompagne les collectivités territoriales et en particulier les syndicats d'énergie dans la mise en place d'une démarche de flexibilité électrique. Ce programme vise à pallier le manque de temps et d'ingénierie que les collectivités peuvent aujourd'hui dédier à cette question. Il subventionne des ressources humaines, des outils de

suivi et de mesure de la consommation, des études et des prestations d'AMO à destination des maîtres d'ouvrage publics pour développer la flexibilité électrique de leur parc de bâtiments tertiaires.

Eff'ACTEE a déjà permis d'accompagner une vingtaine de collectivités territoriales dans cette démarche, dont une douzaine de syndicats d'énergie et de sensibiliser plus

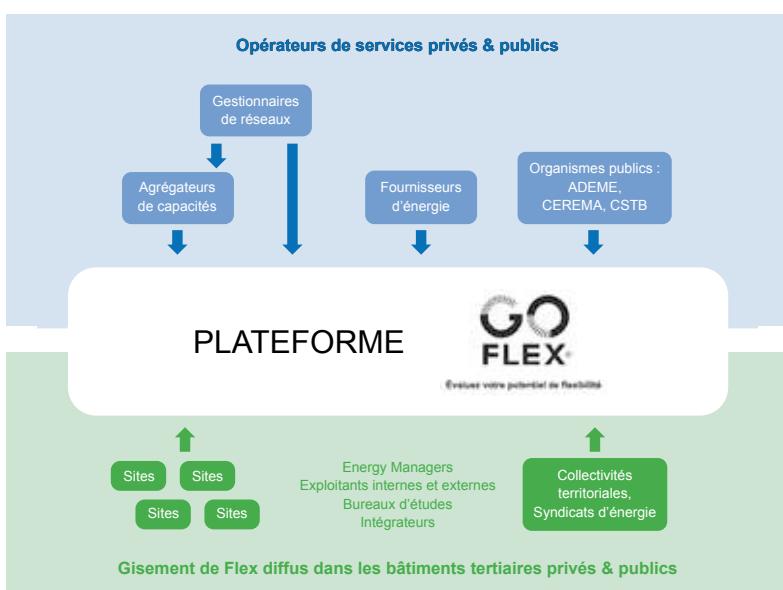


d'une centaine de collectivités territoriales via un programme d'animation dédié. Couplé à la plate-forme GoFlex co-développée par le programme ACTEE (cf. encadré p. 45), il permet d'aider les maîtres d'ouvrages à aller jusqu'à une valorisation économique de leur flexibilité, via leur contrat de fourniture ou via des contrats passés avec des agrégateurs.

GOFLEX c'est l'étiquette de flexibilité du bâtiment

Une notation qui permet aux bâtiments de calculer leur potentiel de flexibilité selon une méthode de référence :

- ▶ une lettre (de A à D) traduisant la pilotabilité du bâtiment
- ▶ une estimation de la puissance modulable du site en valeur absolue (kW)
- ▶ une estimation traduisant l'effort du site, en % : puissance modulable rapportée à la puissance souscrite.



AVIS RECRUTEMENT

RTE, ACTEE, l'IFPEB et le GIMELEC invitent tous les bâtiments publics et privés de France à faire leurs premiers pas en matière de flexibilité sur la plateforme en ligne pour calculer gratuitement leur étiquette GOFLEX. La plateforme permet aussi de communiquer cette étiquette aux opérateurs d'effacement pour envisager la mise en place d'un service de flexibilité dynamique rémunéré.

« 32 bâtiments pionniers ont rejoint la plateforme pour calculer leur étiquette GO FLEX révélant une capacité moyenne de 24 % de modulation de leur consommation électrique »



En savoir + : goflex.fr



12 ans d'expérience de la SBA au service des acteurs du numérique responsable dans les bâtiments

Les réseaux électriques intelligents requièrent des bâtiments intelligents : atteindre les objectifs de ces nouvelles flexibilités demande une très grande coordination entre l'ensemble des acteurs et une approche d'interopérabilité totale et de décloisonnement des systèmes pilotables. Pour cela, **un Cadre numérique bâtimenteraire de référence** s'impose afin de fixer les définitions, les périmètres, et les exigences vérifiables par tous les acteurs intervenant à l'intérieur et depuis l'extérieur du bâtiment.

L'interopérabilité, la cybersécurité et la gouvernance des données sont les trois piliers de ce cadre de référence dont les acteurs de la flexibilité et de l'immobilier vont pouvoir s'emparer afin de définir les contrats, les nomenclatures de missions et de responsabilités. Ce cadre de référence pourrait annexer les référentiels nécessaires, par exemple les spécifications des API, l'indicateur GOFLEX, les spécifications minimales pour le BACS, le HEMS ainsi que les règles de maintenance et d'exploitation.

La SBA, regroupant plus de 200 entreprises du secteur du bâtiment intelligent, propose de définir ce cadre de référence pour les bâtiments tertiaires et résidentiels, intégrant les bonnes pratiques et REX issus de R2S et de ses déclinaisons sur les réseaux d'énergie intelligents, la mobilité électrique et l'interopérabilité des systèmes. Les bâtiments certifiés R2S, R2S4grid, ont déjà le socle technique nécessaire pour jouer leur rôle dans ces flexibilités.

3.6



Sur le secteur résidentiel : une action « je décale » encore partielle

Face à la crise énergétique, les Français ont démontré leur capacité à réduire leur consommation d'électricité. Cette démarche de sobriété incarnée par la formule « je baisse, j'éteins » doit désormais s'accompagner massivement d'une autre action : « je décale ».

Le résidentiel est historiquement engagé dans la flexibilité quotidienne des Heures Pleines et des Heures Creuses notamment. Le ballon d'eau-chaude qui s'enclenche automatiquement pendant les heures creuses en est le témoin. La collaboration historique entre les acteurs de

la filière (industriels, gestionnaires de réseau, énergéticiens et électriciens) a permis l'adoption de la flexibilité à grande échelle. Il faut la renouveler aujourd'hui et l'élargir à d'autres usages pour décaler la recharge des véhicules électriques, moduler le chauffage (radiateurs électriques, pompes à chaleur), etc.

Le déploiement des solutions techniques de pilotage est donc un pré-requis pour une consommation optimisée c'est-à-dire au bon moment et à coup sûr, sans que le consommateur ait besoin d'y penser et surtout sans perte de confort.

Vers une obligation réglementaire découlant de la Directive EPBD

La démarche de sobriété énergétique et de flexibilité est ancrée dans la nouvelle définition des bâtiments à émissions nulles, introduite par la dernière version de la directive « EPBD » (Directive sur la performance énergétique des bâtiments). Celle-ci met l'accent sur la **capacité des bâtiments à réagir aux signaux extérieurs et à adapter leur consommation, leur production, ou encore le stockage d'énergie**, favorisant ainsi une utilisation plus intelligente et durable des ressources énergétiques.

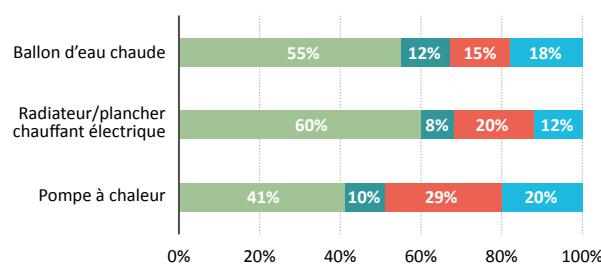


Des équipements électriques encore insuffisamment pilotés

Que ce soient les ballons d'eau chaude, les radiateurs électriques ou les pompes à chaleur, globalement, **seul un équipement sur deux est piloté**. Cela s'explique à la fois parce que les Français sont encore très nombreux à disposer de tarifs « base », qu'ils ne perçoivent pas l'intérêt du pilotage ou encore qu'ils n'ont pas connaissance de ce sujet.

Les équipements qui ressortent comme les plus pilotés sont le ballon d'eau chaude électrique et les radiateurs électriques/planchers chauffants. Pour le ballon d'eau chaude, ce résultat est lié à l'activation automatique historique pendant les heures creuses grâce signal du compteur (« contact sec ») ou par programmation de l'occupant. Concernant les radiateurs électriques/planchers chauffants, la politique de sobriété promue ces dernières années avec la recommandation d'une consigne à 19°C et la mise en avant des thermostats connectés explique sans doute en partie ces chiffres.

% de Français possédant cet équipement déclarant piloter et ne pas piloter selon les signaux tarifaires



Source : sondage BVA IGNEs septembre 2024

● Pilote ● Ne sais pas ● Ne pilote pas ● Ne pilote pas car contrat base



Pour consommer « mieux », il faut « plus » de pilotage

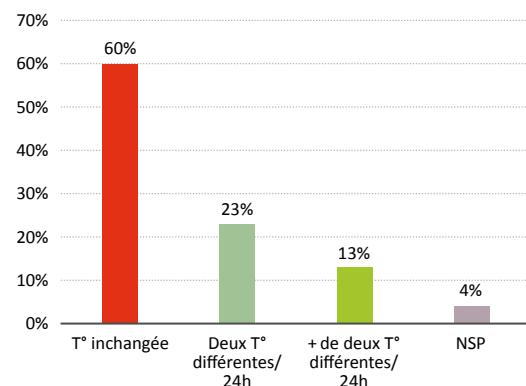
Une fréquence de changement de consignes de température à augmenter

Seuls 13 % des Français possédant un chauffage électrique (PAC, radiateurs électriques, planchers chauffants) déclarent appliquer plus de deux consignes de température par jour.

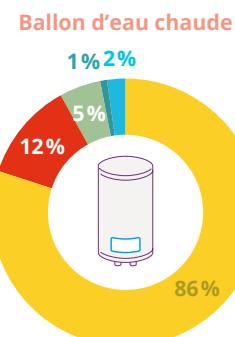
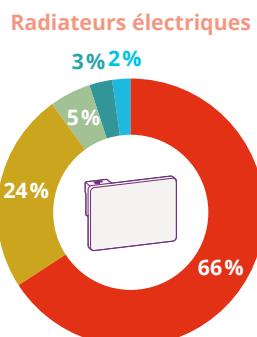
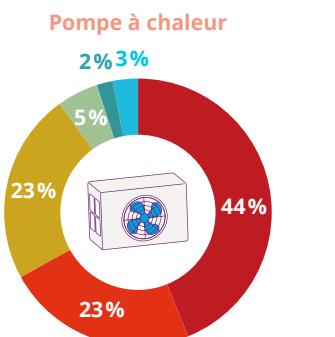
Des gains significatifs de flexibilité pourraient être dégagés en appliquant d'avantage de consignes quotidiennes pour moduler la température du chauffage par pièce pendant les pics de consommation (7 h-11 h et 18 h-20 h).

Nombre de consignes de température par jour pour les utilisateurs de radiateurs électriques / pompe à chaleur

Source: sondage BVA IGNES



Les modes de pilotage des équipements lorsqu'ils sont pilotés



Commande manuelle sur l'installation :

- Sur PAC ou Ballon d'eau chaude
- Sur chaque radiateur ou thermostat
- Commande centralisée murale

Commande automatisée et/ou à distance :

- HEMS
- Application mobile mono usage
- Automatiquement sur tableau électrique

Autre

Source, sondage BVA IGNES septembre 2024



Focus sur les modes de pilotage

Pilotage manuel sur l'équipement

L'occupant indique sur l'équipement (ou sur un système ajouté) le mode de fonctionnement souhaité (ex. mode Éco) et peut éventuellement réaliser la programmation horaire et par pièce. **Il s'agit du mode de pilotage le plus répandu (2/3 sur le pilotage du chauffage électrique), mais limité** en raison d'une faible ergonomie, de la non-mise à jour automatique des signaux tarifaires et l'absence d'optimisation globale notamment au regard de la puissance appelée.

Pilotage manuel centralisé mono-usage

Avec une commande centrale murale ou une application mobile connectée aux équipements (d'origine ou par un système ajouté) plus ergonomique, **le pilotage est plus facile**. L'occupant peut programmer manuellement un type d'équipement, par exemple le chauffage électrique, mais dans les limites d'un pilotage non-automatisé. Dans le cas d'une solution connectée, il n'a pas besoin d'être dans son logement pour piloter.

Asservissement de l'équipement

Déclenché automatiquement par le signal du compteur, le ballon d'eau chaude ou la borne de recharge s'active lors du passage en heures creuses grâce aux contacteurs souvent présents dans le tableau électrique. L'asservissement est compatible classiquement avec des équipements supportant un pilotage ON-OFF et dont la consommation peut être décalée (IRVE et ballon d'eau chaude).

Pilotage global automatisé

Le HEMS (gestionnaire intelligent de l'énergie du logement) automatise **la programmation des équipements selon les préférences de l'occupant et en fonction de plusieurs paramètres (tarifs, météo, présence/absence...)**. L'occupant est ainsi assisté par un système intelligent qui pilote à l'échelle du logement pour optimiser la facture d'électricité (kWh et KVA) et son confort. L'occupant peut reprendre la main à tout moment sur le pilotage automatique.

Bien que récentes, les solutions connectées (incluant les HEMS) ont déjà été adoptées par 6 % à 8 % des français pour piloter leur chauffage ou ballon d'eau chaude.

3.7

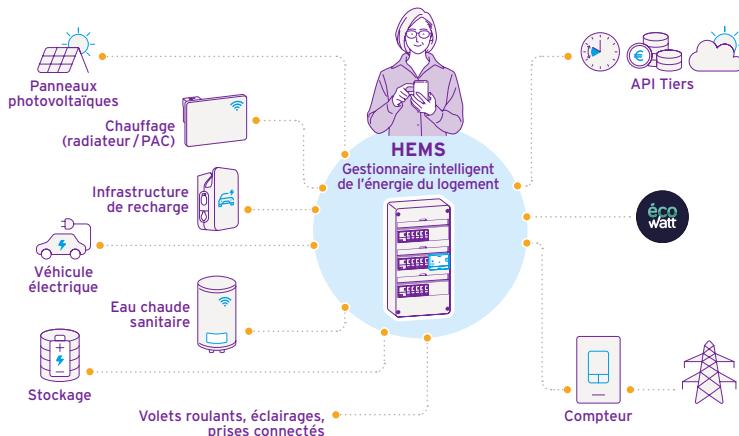


Le HEMS, la solution globale et intelligente de pilotage

Panneaux photovoltaïques et autoconsommation, un accélérateur du consommer mieux

Au 1^{er} juillet 2024, parmi les 3 % des Français équipés de panneaux photovoltaïques, **61 % autoconsomment** l'électricité qu'ils produisent (Source Open Data ENEDIS). Afin de profiter au maximum de l'énergie produite, il est nécessaire de moduler ou décaler ses charges au quotidien. Cela explique que **les Français équipés de panneaux photovoltaïques sont trois fois plus nombreux à être équipés en HEMS que l'ensemble de la population** (source sondage BVA IGNES, septembre 2024).

Pour un occupant au cœur du pilotage



Encore peu connu des Français, le HEMS est une nouvelle technologie sur le marché qui répond aux défis du consommer moins et mieux.

Le taux d'équipements en HEMS du parc français de logements occupés à fin décembre 2023 est de 3 %.

(Source sondage BVA IGNES septembre 2024)

Pour consommer « mieux », il faut piloter « mieux »

Le HEMS est l'équipement intelligent qui permet à l'occupant de gérer l'énergie de son logement afin de consommer moins et mieux

Ce gestionnaire intelligent de l'énergie du logement (et des locaux professionnels), dont le sigle HEMS provient de l'acronyme anglais de « Home Energy Management System » optimise la facture énergétique en pilotant les appareils connectés du logement (chauffage, ballon d'eau chaude, recharge du véhicule électrique...).

Il tient compte des différents signaux tarifaires de flexibilité, des préférences des occupants, de la puissance disponible et de la production locale d'énergie le cas échéant.

L'utilisateur dispose d'une application qui lui permet de suivre ses données de consommation/production, les économies générées ainsi que les programmations des différents équipements.

Digital et évolutif, le HEMS peut s'enrichir régulièrement de nouvelles fonctionnalités et de services tiers.

Bien choisir la solution de pilotage dès le premier équipement pour anticiper l'électrification des usages

Il est important d'anticiper l'électrification des usages et l'ajout ultérieur d'équipements à intégrer au système de pilotage. C'est pourquoi, il est pertinent de choisir un HEMS dès le premier usage que ce soit pour une recherche de sobriété ou de flexibilité.

On activera alors une première brique, par exemple pilotage du chauffage, de ce système. Il pourra facilement ensuite être complété par d'autres usages comme la recharge de véhicule électrique, le ballon d'eau chaude...

Les équipements doivent être connectés (d'origine ou par un système ajouté) et compatibles avec un HEMS pour être pilotables.

À l'horizon 2030, le secteur résidentiel représente des gisements de flexibilité de l'ordre de :

► **Eau chaude sanitaire :**
3 GW évités à la pointe de 19 h et 7 GW déplaçables au moment du pic de production solaire

► **Chaudage :**
plusieurs GW modulables en automatisant la programmation de consignes de température différentes entre les heures de pointe et les heures creuses.

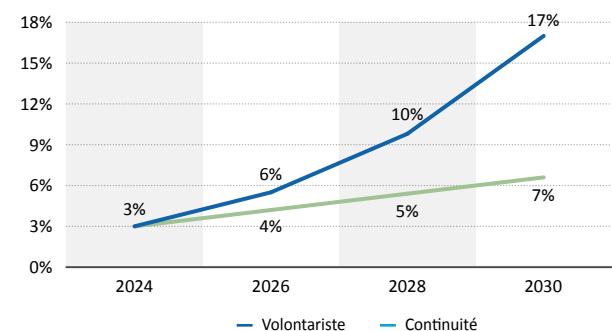
Trajectoire à l'horizon 2030

Les scénarios de « continuité », c'est-à-dire le déploiement des solutions sur la base des tendances actuelles, dessinent des trajectoires insuffisantes par rapport aux besoins en flexibilité.

Un scénario volontariste consisterait à une **multiplication par 5 du taux d'équipement en HEMS** avec une accélération à compter de 2026 à ne pas manquer (date à laquelle les conditions de marchés devraient être plus incitatives).

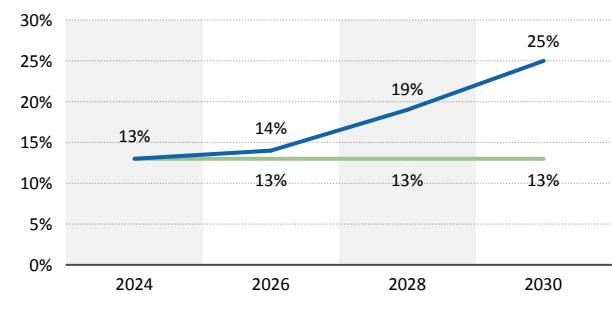
Le chauffage étant le premier poste de consommation d'électricité en résidentiel, il représente un enjeu tout particulier. L'augmentation du nombre de consignes de températures par jour est donc un indicateur clé pour le suivi des flexibilités quotidiennes. Si une dynamique a été initiée via les actions de sobriété, il convient d'aller encore plus loin dans l'adoption systématique des bons réflexes par les occupants.

Taux d'équipement des Français en HEMS en 2024 et projection jusqu'à 2030 en scénario « Continuité » et « Volontariste »



Source étude IGNES septembre 2024

% de logements équipés de chauffage électrique réalisant plus de deux consignes de température par jour



Source étude IGNES septembre 2024

Les leviers du passage à l'échelle

Améliorer la connaissance et l'intérêt sur les solutions disponibles

- Engagement de la filière dans la promotion des enjeux du consommer mieux et des solutions qui s'y rattachent auprès du grand public.
- Montée en compétence des professionnels installateurs sur ces nouvelles technologies.
- Faire connaître les aides existantes.

Faciliter le parcours clients

- Une mise en service simple et intuitive, en « 1 clic », pour l'utilisateur des HEMS implique que celui-ci puisse facilement autoriser l'accès aux données clés de la gestion de l'énergie dans le logement (ex. tarifs, puissances sous-critiques...) nécessaires à la mise en place d'un pilotage automatique.
- Pour ce faire, à l'image du Flex Ready dans le tertiaire, les HEMS doivent pouvoir recevoir et interpréter des signaux économiques standardisés (API) émis par des tiers notamment les fournisseurs d'électricité et gestionnaires de réseaux.
- Un repère de qualité pour les HEMS afin de faciliter l'identification de produits performants, fiables et souverains.

3.8



Zoom sur l'usage des véhicules électriques



Sur le secteur résidentiel

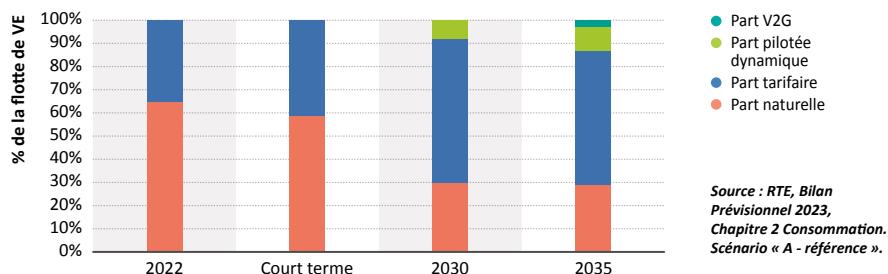


© Halfpoint - Adobe Stock

- ▶ À fin juin 2024, **1,8 millions de véhicules électriques (VE) ou hybrides rechargeables (VHR)** sont comptabilisés sur le parc roulant français.
- ▶ 85 % des propriétaires particuliers vivent en maison individuelle, **la recharge a lieu à domicile dans 86 % des cas, en majorité via une prise classique (2 kW)**.
- ▶ **61 % des recharges ont lieu entre 21 h et 7 h.** Seulement **32 % des clients déclarent piloter la recharge de leur VE**, le plus souvent manuellement (50 % des cas).
- ▶ Plus des deux tiers des propriétaires de véhicules électriques déclarent recharger leur véhicule à domicile, [d'après une enquête IPSOS réalisée en 2024 pour l'AVERE France](#).

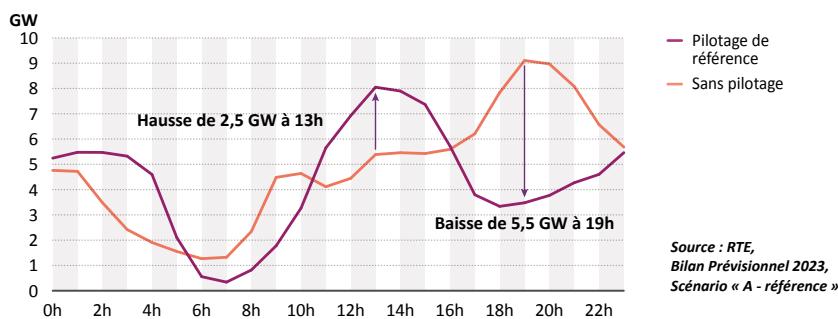
Source: Enquête Enedis 2024, Particuliers

Évolution des parts des modes de pilotage de la recharge des véhicules électriques légers



Le pilotage tarifaire est aujourd'hui utilisé pour la recharge **d'environ un tiers des véhicules électriques en France**.

Profils de recharge pour l'ensemble des véhicules électriques, pour un jour ouvré moyen à l'horizon 2035, dans une situation sans pilotage de la recharge et sous les hypothèses de pilotage de référence



En résidentiel, le pilotage tarifaire (signaux HP/HC, offres de fourniture adaptées...) représente un gisement de flexibilité de la consommation majeur et doit se généraliser.



Pour les entreprises



© Ivanbaranov - Adobe Stock

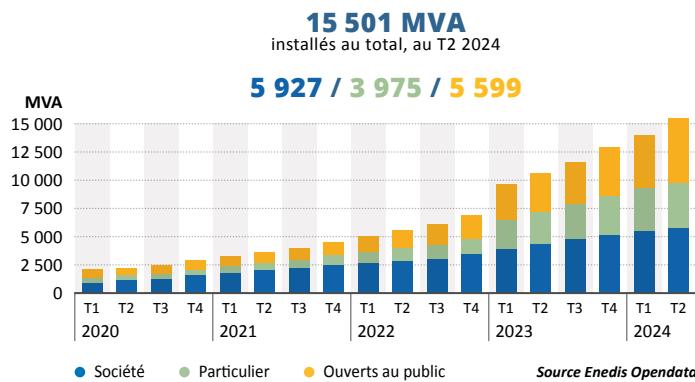
- En 2024, les véhicules de société représentent 15 % du parc roulant mais 42 % des véhicules électriques en France.
- De plus en plus d'entreprises s'équipent en VE ou VHR, principalement pour des raisons économiques : 55 % des flottes d'entreprises sont électrifiées.
- Dans 84 % des cas, la recharge a lieu sur le parking de l'entreprise, en majorité avec un point de charge par véhicule électrique et hybrides rechargeables.
- 1/3 des entreprises donnent accès à leurs salariés aux points de charge en entreprise.

Source: Enquête Enedis 2024, Entreprises



À fin juin 2024 :

Plus de 800 000 points de charge installés en société (véhicules salariés + flottes entreprises)
Représentant une puissance totale installée de **5,9 GW**

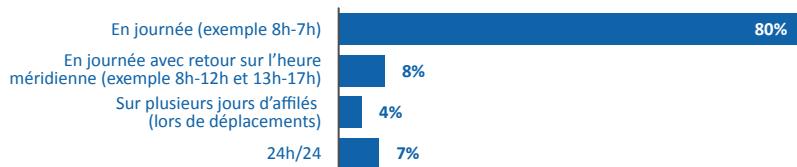


Sachant que seulement 21 % des entreprises déclarent piloter leur recharge, il y a une vraie opportunité pour ces clients et le réseau à piloter la recharge et décaler la consommation pendant les heures creuses au moyen d'un dispositif de pilotage centralisé (BACS, gestionnaire d'IRVE, connexion au compteur...).

Les conditions d'utilisation des véhicules de société étant en général incompatibles avec une recharge en journée, la recharge en horaires de nuit est alors à privilégier.

Sur quelles plages horaires sont généralement utilisés les véhicules électriques (100 % ou hybrides rechargeables) de votre flotte ?

Source Enquête Enedis 2024, Entreprises







4

Les prérequis économiques à la flexibilité de la consommation électrique

4.1



Les indicateurs de suivi des prérequis économiques

Pourquoi suivre le déploiement des offres incitant à la flexibilité ?

Pour faire des flexibilités de la consommation une pratique généralisée, les consommateurs doivent pouvoir tirer un bénéfice économique du décalage et de la modulation de

leurs usages au quotidien. Ils doivent donc pouvoir disposer d'offres distinguant les prix suivant les périodes de la journée ou de la semaine.



Les offres à suivre sont celles incitant les consommateurs résidentiels et tertiaires à décaler et moduler leurs usages au quotidien et les jours de forte consommation ou de faible production renouvelable, de manière régulière et de manière dynamique.

Flexibilité structurelle et régulière

Offres de fourniture à différenciation temporelle
(HP/HC, été/hiver, jo/we, pointe fixe)

Flexibilité dynamique

Offres implicites d'effacement indissociable de la fourniture (EIF)

Offres explicites de flexibilité via un agrégateur



Focus sur les signaux tarifaires Heures Pleines-Heures Creuses (HP/HC)

Pour tout consommateur résidentiel et tertiaire, **le tarif d'acheminement sur les réseaux électriques (TURPE) intègre des plages temporales d'Heures Creuses, fixées localement par le gestionnaire de réseau public de distribution (GRD)** en fonction des conditions d'exploitation et de la capacité des réseaux.

Les consommateurs bénéficient de 8 heures creuses (HC) et de 16 heures pleines (HP) par jour, avec des tarifs plus intéressants en heures creuses. Leur répartition actuelle est la suivante :

- ▶ pour environ 60 % des consommateurs, les HC sont concentrées pendant les heures de nuit, entre 20 h et 8 h ;
- ▶ pour environ 40 % des consommateurs, elles sont réparties entre 12 h et 17 h d'une part et 20 h et 8 h d'autre part.

L'impact des Heures Creuses du TURPE diffère selon la nature de l'offre de fourniture souscrite :

- ▶ **Pour une offre de fourniture de type Base**, le consommateur est insensible au signal HC, le prix de l'énergie facturé étant le même quels que soient l'heure de la journée, le jour de la semaine et le mois de l'année.
- ▶ **Pour une offre de fourniture profilée*** selon la structure de comptage HPHC, le signal HC du TURPE est répercuté sur la facture du consommateur, qui est alors incité à déplacer ses consommations en HC, moins chères que les HP.
- ▶ **Pour une offre de fourniture non profilée***, le fournisseur définit lui-même les plages horaires de comptage, indépendamment des plages horaires TURPE définies par le GRD. Si ce contrat de fourniture inclut des périodes d'heures creuses, celles-ci peuvent être identiques ou non aux plages d'heures creuses définies par le GRD.

* Profils au sens de la Reconstitution des Flux. Le profil d'une catégorie de clients est un jeu de coefficients demi-horaire, construit pour refléter la façon dont un client « moyen » de cette catégorie consomme (ou produit) l'électricité au cours du temps.

Plus de 35 millions de clients résidentiels et petits professionnels bénéficient des heures creuses du TURPE, mais à date seulement 15 millions sont en mesure de réagir

► Le placement des Heures Creuses par le GRD permet de répondre aux besoins d'équilibre offre-demande au niveau national, tout en garantissant la compatibilité avec les contraintes locales des réseaux de distribution. Ainsi, la variété et les règles d'affectation des plages d'Heures Creuses de manière aléatoire et non-discriminatoire (quels que soient le client, le fournisseur ou le type d'offre de fourniture) permettent de lisser les effets de l'enclenchement des usages asservis au signal HPHC, tel que les ballons

d'eau chaude aujourd'hui et demain la recharge des véhicules électriques.

► Les Heures Creuses se sont historiquement concentrées sur les plages nocturnes, de faible demande et de production excédentaire. Au fil du temps, de nouvelles plages d'heures creuses méridiennes (entre 12 h et 17 h) ont été déployées pour les nouveaux consommateurs. À l'avenir, les plages d'heures creuses sont amenées à évoluer pour répondre à l'augmentation de la production solaire, notamment en été.

► Pour être pleinement efficace, le signal heures pleines/heures creuses doit être directement transmis au consommateur dans son offre de fourniture (qu'elle soit au tarif réglementé de vente ou en offre de marché). A date, 15 millions de consommateurs résidentiels et petits professionnels ($BT \leq 36 \text{ kVA}$) sont concernés. L'attractivité économique de ces offres de fourniture structurées autour du signal heures pleines / heures creuses est un prérequis pour généraliser leur diffusion auprès de l'ensemble des consommateurs.



2,4 GW : c'est la baisse de puissance mesurée à 12 h 30 au cours des hivers 2022/23 et 2023/24, suite aux opérations temporaires menées par Enedis, à la demande des pouvoirs publics, pour inhiber l'enclenchement des usages asservis des 4,3 millions de clients résidentiels concernés par des heures creuses entre 12 h et 14 h.



La saisonnalisation des heures creuses, une opportunité pour répondre aux évolutions du mix de production, en conformité avec les enjeux des réseaux

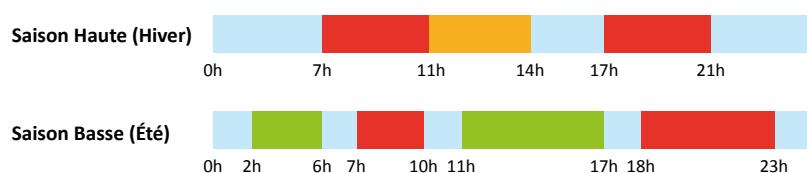
Dans le cadre de l'instruction de l'exercice tarifaire TURPE 7, des orientations pour le placement des heures creuses sont à l'étude en vue de :

- **introduire une différenciation des heures creuses** entre l'été et l'hiver (saisonnalisation) ;
- **exclure certaines plages d'heures creuses** mettant en contrainte l'EOD en hiver ou en été à court terme ;
- **favoriser les plages d'heures creuses « solaires »** en été (entre 11 h et 17 h) et dans le creux de nuit (2 h-6 h).

Si elles sont confirmées, ces évolutions nécessiteraient la reprogrammation d'une large majorité des compteurs Linky et Marché d'Affaires ($BT > 36 \text{ kVA} \& HTA$) à partir de 2025.

Ci-contre, les nouvelles plages d'heures creuses demandées par la CRE pour le TURPE 7

- Plages à favoriser
- Plages à ne pas développer
- Plages à exclure



4.2



Les consommations des clients résidentiels selon leur profil à différentes saisons

À la fin du T1 2024, sur le périmètre d'Enedis, 33,3 millions de clients résidentiels avec un contrat de fourniture actif, dont :

Type de contrat de fourniture	Nombre de consommateurs
Offre type base	18 millions
Offre type heures pleines / heures creuses	14 millions
Offres type « Période mobile » <i>(Exemple : options Tempo / EJP du tarif réglementé de vente, nouvelle offre EIF*)</i>	1 million

* EIF : Effacement Indissociable de la Fourniture au sens de l'article L271-4 du Code de l'énergie



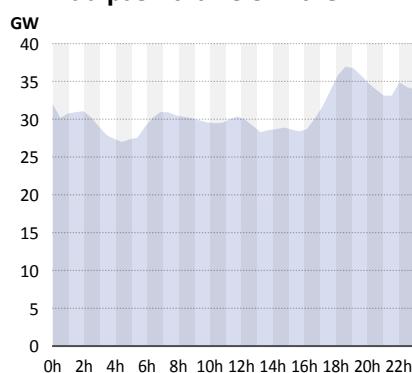
Les clients avec une offre de fourniture à différenciation temporelle représentent plus de 60 % des consommations résidentielles totales.

Pour une journée d'hiver, le rapport entre la consommation maximum d'un consommateur résidentiel avec une puissance souscrite supérieure ou égale à 6 kVA et sa consommation minimum varie de 1,7 pour un consommateur base à 2 pour un consommateur heures pleines / heures creuses (et jusqu'à 3,2 pour un consommateur avec une offre à pointe mobile**.

** 3 types de jour (Bleu, Blanc, Rouge), 2 périodes horaires par jour (Heures Pleines, Heures Creuses)



Consommation totale des clients résidentiels pour une journée froide d'hiver au pas horaire en 2023

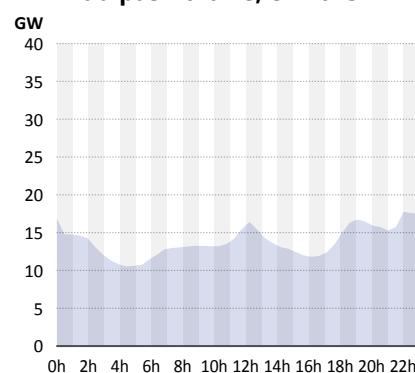


Source : ENEDIS

En hiver, la pointe de consommation se concentre le soir autour de 19 h 00 : Par ex. 35,8 GW le 09/01/2024 à 19 h 00



Consommation totale des clients résidentiels pour une journée type d'intersaison, au pas horaire, en 2023

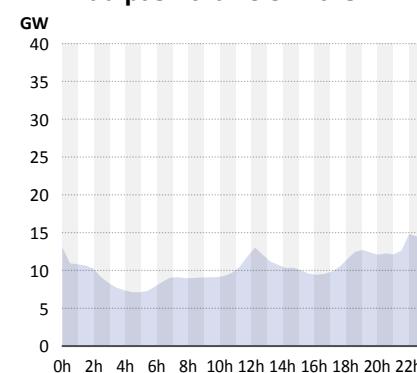


Source : ENEDIS

En intersaisons, la consommation se répartit plus uniformément en journée, avec deux pics modérés en début de matinée et le midi, ainsi qu'un pic toujours prononcé en début de soirée. Un pic également entre 22 h-23 h.



Consommation totale des clients résidentiels pour une journée chaude d'été, au pas horaire en 2023

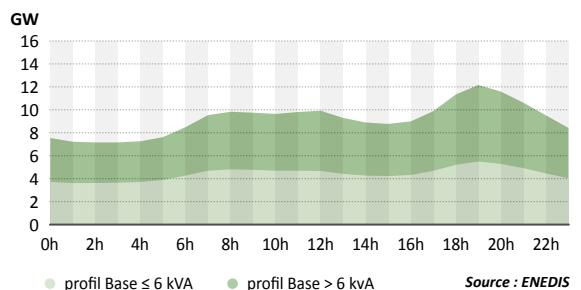


Source : ENEDIS

En été, le pic de consommation se décale après 22 h 00, la consommation est plus modérée le reste de la journée.

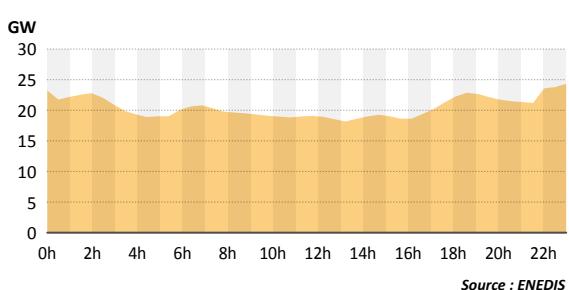
Le décalage des usages les plus énergivores en dehors des périodes de pointe est possible et à encourager

Consommation des clients résidentiels en profil base pour un jour ouvré froid d'hiver au pas horaire, en 2023



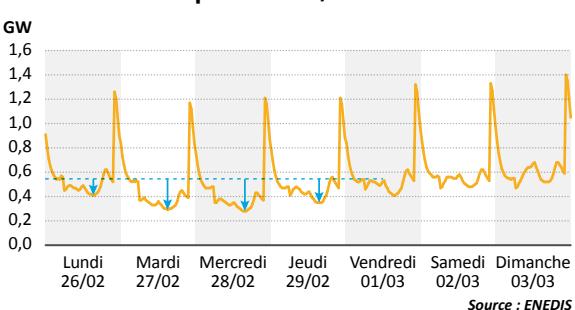
Les consommations restent élevées en période de forte demande hivernale.

Consommation des clients résidentiels en profil HP/HC pour un jour ouvré froid d'hiver, au pas horaire en 2023



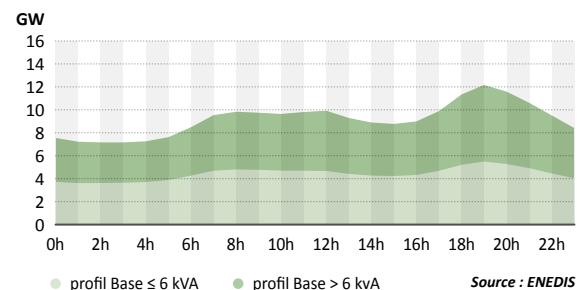
En hiver, les consommations sont lissées, y compris lors des jours de forte tension pour l'EOD et les réseaux. Toute l'année, une partie des consommations est placée en heures creuses, la nuit ou en milieu de journée.

Consommation des clients résidentiels profilés avec une offre à période mobile (6 cadrans) pour une semaine d'hiver de forte tension pour l'EOD, en 2023



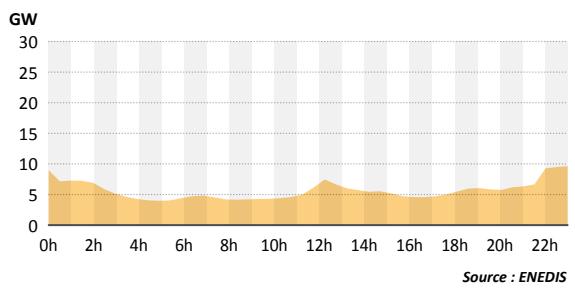
Exemple ci-dessus de la semaine du 26/02 au 01/03/2024, avec 2 jours Rouge de forte tension (27/02, 28/02), 2 jours Blanc de moyenne tension (26/02, 29/02) et 1 jour Bleu sans tension (01/03). Durant les jours de tension, les consommations baissent en journée par rapport à un jour normal, pour se reporter en partie la nuit ou le week-end.

Consommation des clients résidentiels en profil base pour un jour ouvré chaud d'été au pas horaire en 2023



En été, les pics de consommation du matin et du soir sont légèrement retardés. Le différentiel de consommation par niveau de puissance souscrite se réduit.

Consommation des clients résidentiels en profil HP/HC pour un jour ouvré chaud d'été, au pas horaire en 2023



À date, plus d'1 million de ménages souscrivent une offre de fourniture à période mobile avec une incitation à moins consommer lors des périodes de tension pour le système électrique.

En moyenne, un client résidentiel avec un profil de type 6 cadrans baisse sa consommation de 20 % à 30 % en période de pointe.

Demain, les signaux prix associés à ces offres à période mobile pourraient inciter les clients à décaler leurs consommations en période d'excédent de production EnR.

4.3



La consommation des clients tertiaires à différentes saisons

Les chiffres clés du secteur

393 701
bâtiments tertiaires
avec une puissance
souscrite à supérieure
à 36 kVA

2/3
concernent les activités
de Bureaux, Commerces,
Enseignement*

4,3
millions de bâtiments
pour une consommation
électrique de **114 TWh/an**
(périmètre Enedis, année 2023)

74%
de la consommation
du secteur tertiaire
est représenté par
ces bâtiments

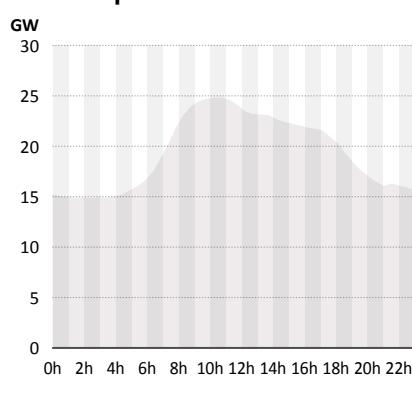
1
milliard de m²
de surfaces chauffées
ou climatisées

91%
des sites tertiaires
sont des « clients
professionnels »
(de puissance souscrite
inférieur ou égale à 36 kVA)

* (source CEREN 2020)



**Consommation totale
des clients tertiaires pour
un jour ouvré froid en hiver,
au pas horaire en 2023**

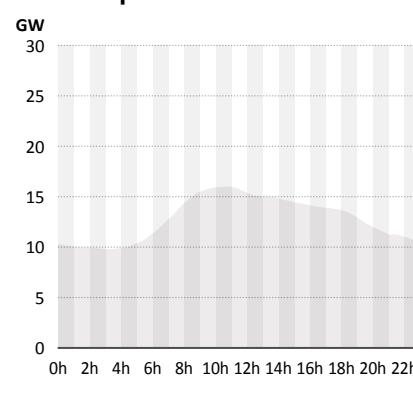


Source : ENEDIS

En hiver, les consommations augmentent fortement sur la plage du matin (7 h-11 h) et restent élevées en journée



**Consommation totale
des clients tertiaires pour
un jour ouvré en intersaison
au pas horaire en 2024**

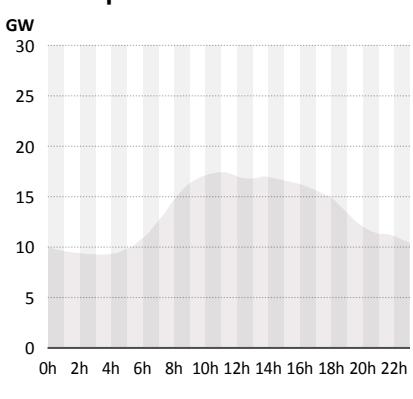


Source : ENEDIS

En intersaisons, l'amplitude des consommations varie moins fortement au sein d'une même journée.



**Consommation totale
des clients tertiaires pour
un jour ouvré chaud d'été,
au pas horaire en 2023**

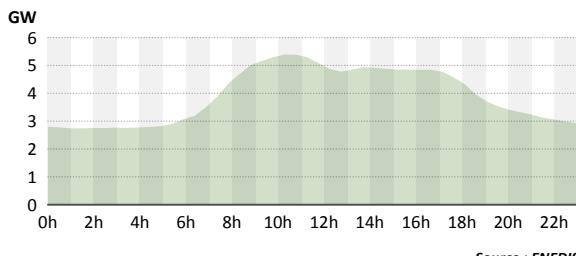


Source : ENEDIS

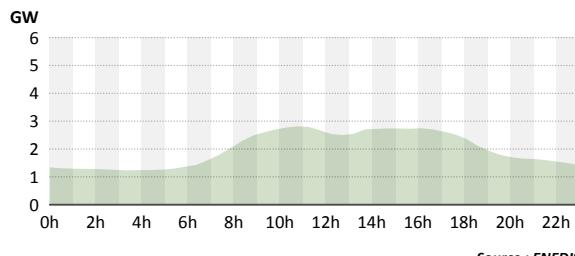
En été, les consommations s'étalement davantage sur la journée (7 h-18 h). Lors des pics de chaleur, la consommation est tirée par la climatisation.

Zoom sur la consommation des clients professionnels ($BT \leq 36 \text{ kVA}$)

Consommation des clients professionnels en profil Base pour un jour ouvré froid d'hiver, au pas horaire en 2023

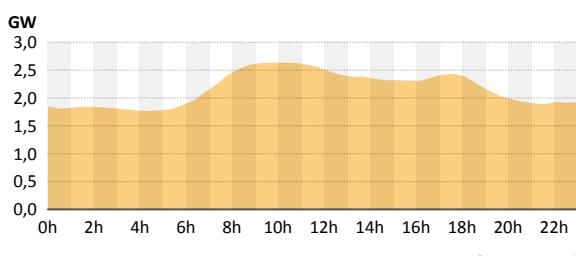


Consommation des clients professionnels en profil base pour un jour ouvré chaud d'été au pas horaire en 2023

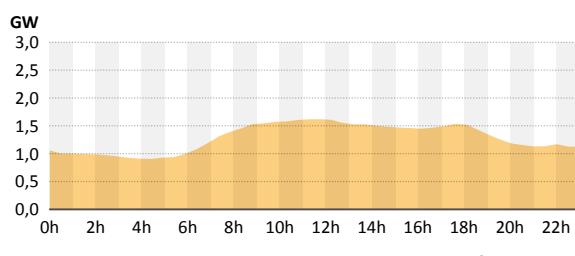


Environ 3,1 millions de clients (70% du segment «clients professionnels») ont un profil de consommation de type Base, sans différenciation temporelle. Les consommations sont concernées en journée, avec un pic en fin de matinée (créneau 10h-11h).

Consommation des clients professionnels en profil HP/HC pour un jour ouvré froid d'hiver, au pas horaire en 2023

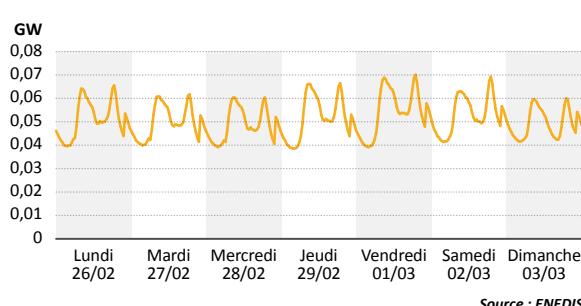


Consommation des clients professionnels en profil HP/HC pour un jour ouvré chaud d'été, au pas horaire en 2023



Les consommations s'étalent plus uniformément sur la journée. Une légère augmentation de la consommation est visible au démarrage des heures creuses autour de 22h30.

Consommation des clients professionnels en profil 6 cadrans pour une semaine d'hiver de forte tension pour l'équilibre offre-demande



Exemple ci-dessus de la semaine du 26/02 au 01/03/2024, avec 2 jours Rouge de forte tension (27/02, 28/02), 2 jours Blanc de moyenne tension (26/02, 29/02) et 1 jour Bleu sans tension (01/03).



Lors des jours les plus tendus pour l'équilibre offre demande, le profil de consommation varie peu par rapport à un jour ouvré classique. Les consommations restent concentrées sur le plateau du matin (pic autour de 8 h 30), et en début de soirée (18 h-19 h).

Une part des consommations est néanmoins décalée tous les jours en heures creuses à partir de 22 h 00.

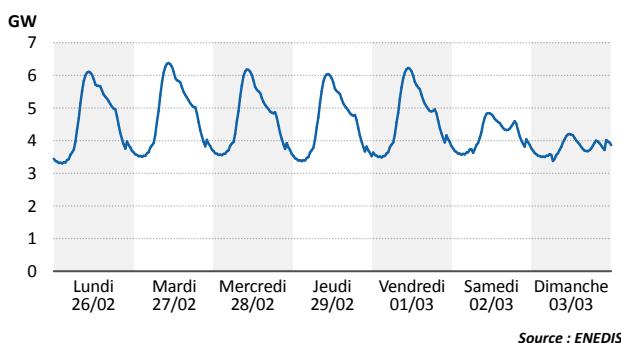
4.4



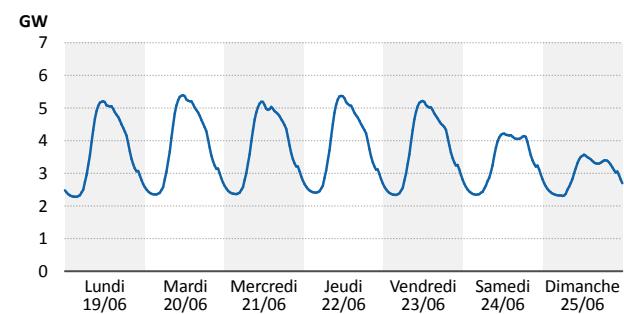
Consommation des bâtiments moyens/grands tertiaires (BT > 36 kVA et HTA)

Zoom sur la consommation des bâtiments moyens/grands tertiaires (BT > 36 kVA et HTA)

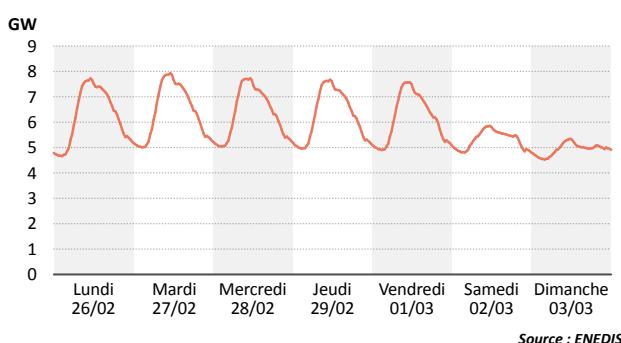
Consommation d'entreprises tertiaires de moyenne puissance (> 36 kVA et ≤ 250 kVA) pour une semaine froide en hiver



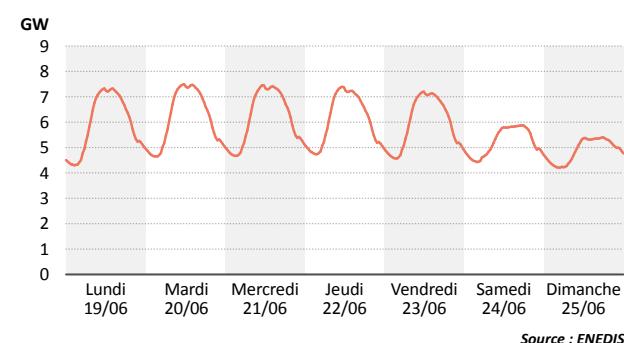
Consommation d'entreprises tertiaires de moyenne puissance (> 36 kVA et ≤ 250 kVA) pour une semaine chaude d'été



Consommation d'entreprises tertiaires de forte puissance (> 250 kVA) pour une semaine froide d'hiver



Consommation d'entreprises tertiaires de forte puissance (> 250 kVA) pour une semaine chaude d'été



Au périmètre Enedis à fin mars 2024, 393 701 bâtiments tertiaires avec une puissance souscrite > 36 kVA sont en service, tous secteurs confondus.

Bien qu'ils soient associés à des profils horosaisonnalisés (Heures Pleines/Creuses + Été/Hiver), la courbe de charge de ces sites varie peu selon les horaires de journée ou les saisons.

Les consommations se concentrent en journée et en semaine, avec un pic en fin de matinée en hiver (~ 10 h 30) et plus diffus sur la pause méridienne en été (~ 11 h 00-14 h 00). Au moins 2/3 des consommations subsistent le week-end.



Zoom sur la consommation du secteur tertiaire : les bureaux, les commerces et les bâtiments d'enseignement

À la maille sous-sectorielle* (bureaux, commerces, enseignement), la variabilité des consommations moyennes est élevée. Les valeurs moyennes indiquées ci-dessous permettent d'évaluer l'impact des bâtiments en termes d'appels de puissance cumulée lors des périodes de pointe ou creux de la demande. Elles sont tirées vers le haut par les 1 % à 5 % des clients ayant les consommations les plus importantes. Les valeurs médianes, figurant dans les graphiques, représentent la puissance soutirée par un client type pour le secteur d'activités étudié.

En 2023, la branche Bureaux a compté environ 220 000 clients HTA/BT SUP 36.

En moyenne, la consommation d'un bureau pour un jour ouvré varie entre 14 kW et 22 kW de minuit à 5 h puis de 20 h à 23 h 30 indépendamment de la saison. La puissance maximale à 10 h s'élève à 30 kW en jour froid d'hiver et 23 kW en été.

En médiane, un bâtiment type de bureaux consomme 12 kW à 10 h en jour ouvré d'hiver et 6,5 kW en été.

En 2023, la branche Commerces a compté environ 110 000 clients HTA/BT SUP 36.

En moyenne, la consommation d'un commerce pour un jour ouvré varie entre 16 kW et 19 kW de minuit à 5 h puis de 20 h à 23 h 30 indépendamment de la saison. La puissance maximale à 10 h s'élève à 37 kW en jour froid d'hiver et 33 kW en été.

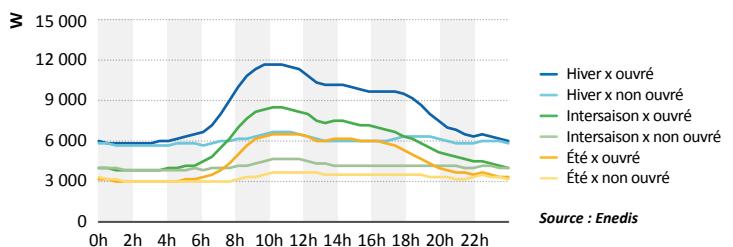
En médiane, un bâtiment type de commerces consomme 18 kW à 10 h en jour ouvré d'hiver et 14 kW en été.

En 2023, la branche Enseignement a compté environ 16 000 clients HTA/BT SUP 36 (de l'enseignement primaire au supérieur).

En moyenne, la consommation d'un bâtiment d'enseignement pour un jour ouvré varie entre 24 kW et 31 kW de minuit à 5 h puis de 20 h à 23 h 30 indépendamment de la saison. La puissance maximale à 10 h s'élève à 66 kW en jour froid d'hiver et 43 kW en été.

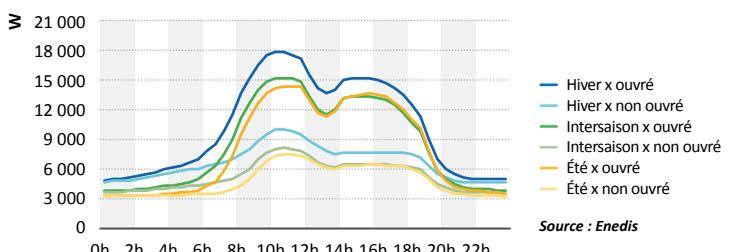
En médiane, un bâtiment type d'enseignement consomme 33 kW à 10 h en jour ouvré d'hiver et 15 kW en été.

Courbe de charge médiane des bureaux par saison et type de jour au pas horaire en 2023 (en W)



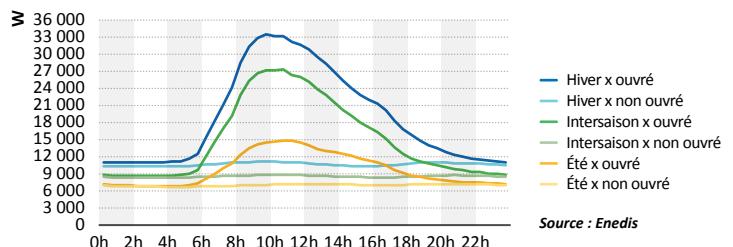
Source : Enedis

Courbe de charge médiane des commerces par saison et type de jour au pas horaire en 2023 (en W)



Source : Enedis

Courbe de charge médiane des bâtiments d'enseignement par saison et type de jour au pas horaire en 2023 (en W)



Source : Enedis

* classification des sites tertiaires selon la nomenclature CEREN des codes NAF

4.6



Efficacité des flexibilités dynamiques « assurantielles » (les jours de pointe)



Les offres implicites d'« Effacement Indissociable de la Fourniture » (EIF)

En souscrivant auprès de son fournisseur une offre de fourniture à période mobile, le client est incité financièrement à baisser sa consommation en période de pointe correspondant à des prix élevés. *A contrario*, il peut bénéficier d'un prix du kWh plus bas le reste de l'année. La structure de comptage reflète la grille tarifaire du fournisseur, notamment les consommations affectées aux périodes de pointe mobile, ces dernières étant déclenchées par le fournisseur la veille pour le lendemain (délai minimal de 8 heures pour les clients équipés d'un compteur Linky). Les périodes mobiles correspondent aux jours de tension signalés

par RTE (calendrier des jours Tempo, jours EIF) ou à des jours à l'entière main des fournisseurs (optimisation marché).

Jusqu'alors, ces offres ont été développées exclusivement pour développer des capacités d'effacement en réponse à des pics de consommation. Demain, ces offres pourraient évoluer vers des grilles tarifaires incluant des périodes mobiles favorables à la consommation (prix nuls ou négatifs, excédent de production EnR) en s'appuyant notamment sur les fonctionnalités des compteurs communicants des GRD.



Offres explicites de flexibilité via un agrégateur

En contractualisant avec un agrégateur de marché, indépendamment de son contrat de fourniture d'électricité, un consommateur résidentiel ou tertiaire peut contribuer aux besoins de flexibilité dynamique pour l'EOD. Pour cela, il s'engage auprès de son agrégateur à activer, la veille pour le lendemain voire en infra-journalier, une modulation de puissance sur tout ou partie de ses usages.

Les avantages économiques sont multiples :

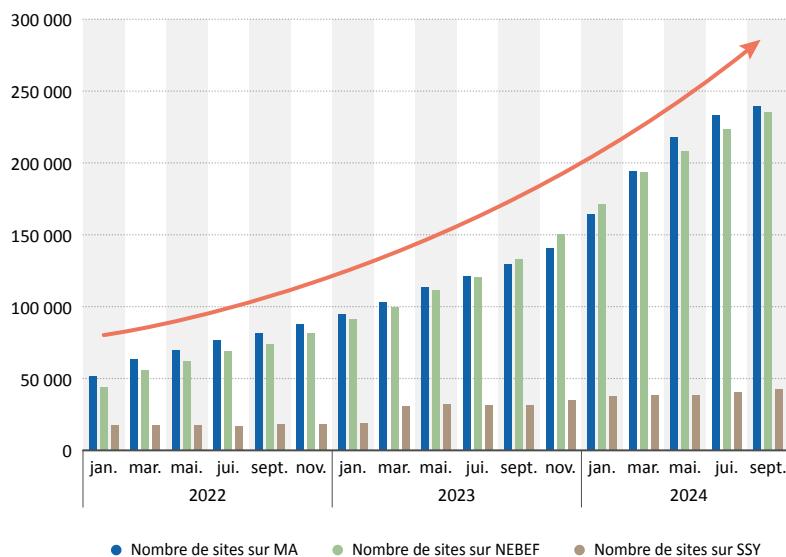
- ▶ **Pour l'agréicateur** qui valorise les offres d'équilibrage auprès de RTE (Mécanisme d'Ajustement, Services Système Fréquence) ou les volumes d'énergie effacés sur le marché de gros de l'électricité (NEBEF).
- ▶ **Pour le client final** qui perçoit une rémunération de son agrégateur et/ou un service technique rendu pour maîtriser la consommation énergétique de ses usages.
- ▶ **Pour le système électrique** qui peut limiter le recours à des moyens de production de pointe oné-

reux et potentiellement carbonés, voire éviter des coupures ciblées en dernier recours (délestage).

Jusqu'alors, seules les consommations effacées sont rémunérées dans les mécanismes de marché, en réponse à des périodes de tension pour le système électrique et pour les marchés (forte demande, prix élevés). Demain, avec la production EnR croissante, notamment le PV, combinée à des épisodes de prix négatifs de plus en plus fréquents, les modulations de consommation à la hausse seront également à valoriser dans les dispositifs de flexibilité.

Jusqu'alors, ces offres ont été développées exclusivement pour développer des capacités d'effacement en réponse à des pics de consommation. Demain, ces offres pourraient évoluer vers des grilles tarifaires incluant des périodes mobiles favorables à la consommation (prix nuls ou négatifs, excédent de production EnR) en s'appuyant notamment sur les fonctionnalités des compteurs communicants des GRD.

Nombre de sites participant aux mécanismes de marché pour les flexibilités explicites, périmètre Enedis



~ x4

c'est le facteur de croissance depuis début 2022 du nombre de sites raccordés au réseau Enedis et participant à au moins un mécanisme de marché.

~ 97 %

c'est le ratio de sites en basse tension ≤ 36 kVA parmi ceux qui participent à ces mécanismes, la grande majorité d'entre eux étant des clients résidentiels.



© LIGHTFIELD STUDIOS, zhu difeng, Vasyi, ah_fotofoto, ODIN Daniel - Adobe Stock



Fiches sectorielles



Les Bureaux

Chiffres clés du parc



35 000
bâtiments
de bureaux
en France
 $> 1 000 \text{ m}^2$



20 % de
bâtiments
publics

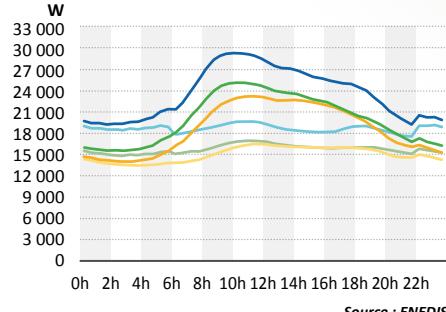


16 % détenant
un système
de pilotage



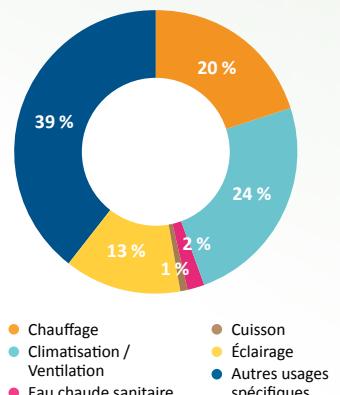
130 millions
de m^2

Courbe de charge d'un bâtiment de bureau
une journée type d'hiver en 2023



Source : ENEDIS

Répartition de la consommation annuelle par usage



Comment optimiser sa consommation d'électricité dans son bâtiment ?

Quels usages dans mon bâtiment ?	Décalable	Modulable	Systématiquement	Ponctuellement	Sur commande
Chauffage	✓	✓	✓	✓	✓
Climatisation	✓		✓	✓	✓
Ventilation	✓	✓	✓	✓	✓
Eau chaude sanitaire	✓		✓	✓	✓
IRVE	✓	✓	✓	✓	✓
Éclairage, Cuisson	✓				✓



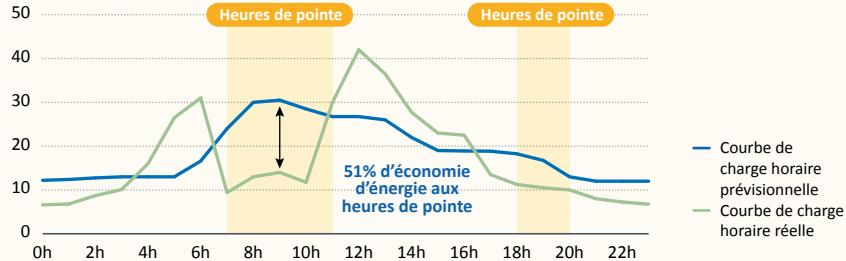
Concrètement, comment ça marche ?

Actions mises en place :

1. Anticipation du chauffage
2. Baisse du chauffage et alternance des centrales de traitement d'air
3. Passage en « réduit de nuit » du chauffage et de la ventilation

RETOUR D'EXPÉRIENCE CUBE FLEX : ORANO - Bâtiment « Prisme »

Bureaux – 15 400 m^2 - 100 % électrique



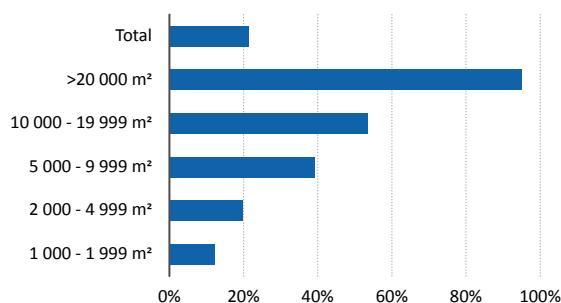
Équipement en BACS 2024 : 16 % des sites et 37 % des surfaces



Mode d'exploitation

- ▶ Les **BACS** sont principalement exploités par des **facility managers (FM)** directement ou avec une **sous-traitance** du fournisseur de BACS à l'initiative du gestionnaire de l'immeuble en multi-occupants ou de l'occupant en cas de mono utilisateur.
- ▶ Les systèmes font rarement l'objet de **commissioning**. Des retrocommissionings ont été ou sont en cours de réalisation chez certains grands gestionnaires de parcs, en parallèle à des audits énergétiques.
- ▶ Sur les petits et moyens sites, les **IRVE** font en général l'objet d'une **gestion directe par l'occupant** avec la puissance électrique disponible sur le site.
- ▶ Sur les grands sites et les sites multi-occupants, la **gestion par un tiers** est courante avec le plus souvent une alimentation électrique dédiée aux IRVE.

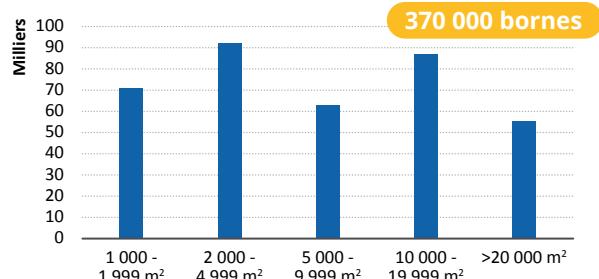
Équipements BACS en % de sites



Contribution actuelle à la flexibilité

- ▶ Certains gestionnaires ont prévu des **opérations EcoWatt**, peu activés avec le maintien du signal vert.
- ▶ Des opérations mettant en œuvre des politiques d'effacement ou de report de consommation ne sont pas pratiquées en **l'absence d'incitation financière** sur le long terme.
- ▶ Des opérations pilotes ont été réalisées ou sont projetées sur différents lots électriques comme l'éclairage, les ascenseurs... Les BACS sont à ce stade considérés comme **un élément pouvant concourir à la flexibilité mais non exclusivement**.
- ▶ Les **IRVE** paraissent néanmoins le poste de consommation qui est de fait le plus activable dans le cadre d'une **flexibilité** et celui qui est déjà le **plus utilisé** dans le cadre de procédure de balancement d'appel de puissance sur un site donné.

Équipements IRVE en nombre



Freins

- ▶ Un BACS sans commissionning et inspection régulière **ne délivre pas les performances attendues**, selon certains gestionnaires.
- ▶ Indépendamment des fonctionnalités techniques, le manque de **compétence** et de ressources ainsi que **l'absence de priorité** sur le poste BACS dans la conception du site ne contribuent pas à la valorisation des solutions qui sont encore perçues comme **onéreuses et complexes** à gérer.
- ▶ Les **difficultés d'interprétation** de la norme EN ISO 52120-1 avec les conséquences en termes de **subventions CEE** peuvent conduire à limiter les engagements au strict respect de l'obligation du décret BACS.
- ▶ La multiplicité des **intervenants** dans l'immobilier de bureaux explique des **intérêts divergents** quant à la mise en œuvre de solutions BACS.



Facteurs clés de succès

- ▶ Le **confort pour les occupants** est perçu comme le premier gain, puis la contribution à la maîtrise des consommations énergétiques.
- ▶ La réalisation systématique de **commissioning** est largement plébiscitée, comme le point incontournable pour enclencher des investissements bénéfiques en BACS.
- ▶ **L'interopérabilité** devrait être mieux démontrée pour garantir des investissements pérennes.
- ▶ Le manque de ressources pour les gestionnaires pourrait être surmonté à la fois par une **simplification** des opérations techniques de gestion et l'introduction d'**intelligence** dans l'automatisation.
- ▶ Les solutions BACS proposées doivent démontrer leur capacité à intégrer facilement les **fonctionnalités de flexibilité** face à des solutions moins intégrées dans la gestion du bâtiment.



Les commerces

Chiffres clés du parc



60 000
bâtiments
de commerce
en France
 $> 1 000 \text{ m}^2$



23 % de
commerces
alimentaires ;
78 % de
spécialisés

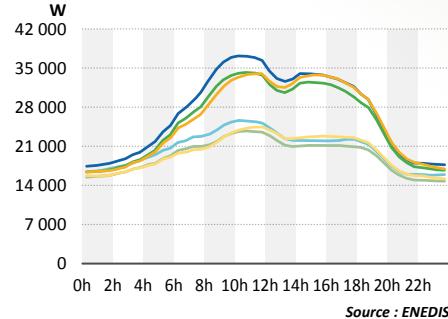


17 % détenant
un système
de pilotage



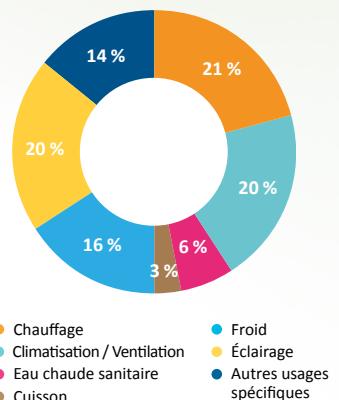
150 millions
de m^2

Courbe de charge médiane des commerces par saison et type de jour au pas horaire en 2023



Source : ENEDIS

Répartition de la consommation annuelle par usage



Comment optimiser sa consommation d'électricité dans son bâtiment ?

Quels usages dans mon bâtiment ?	Décalable	Modulable	Systématiquement	Ponctuellement	Sur commande
	Suivant les tarifs fixés aux différentes plages horaires de la journée (tarifs heures pleines/ heures creuses...)				
Chauffage	✓	✓	✓	✓	✓
Climatisation, congélation	✓		✓	✓	✓
Ventilation	✓	✓	✓	✓	✓
Eau chaude sanitaire	✓		✓	✓	✓
IRVE	✓	✓	✓	✓	✓
Éclairage, Restauration	✓				✓

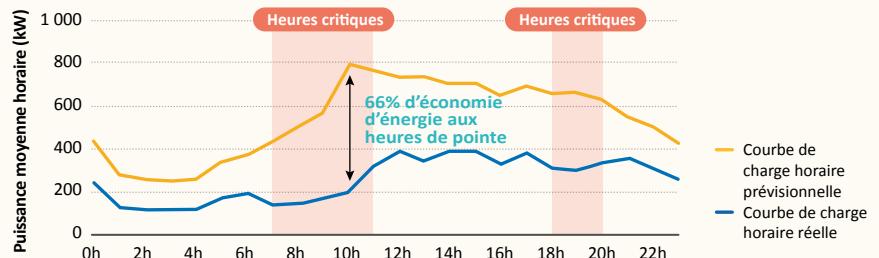


Concrètement, comment ça marche ?

Actions mises en place :

1. Ablaissement de la consigne à 19 °C
2. Fermeture des portes automatiques en hiver
3. Coupure du rideau d'air chaud
4. Couper l'éclairage via GTB et réduction intensité

RETOUR D'EXPÉRIENCE CUBE FLEX : Centre Commercial « Crétel Soleil »
96 000 m^2 - 220 enseignes



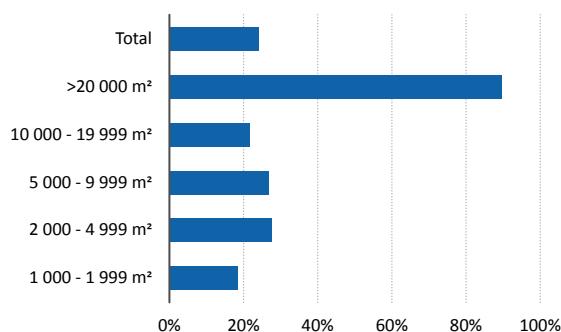
Équipement en BACS 2024 : 17 % des sites et 30 % des surfaces



Mode d'exploitation

- ▶ Les grands réseaux commerciaux disposent sur leur site d'un **personnel** apte à gérer les équipements principaux à savoir les systèmes frigorifiques et les centrales de traitement de l'air (CTA).
- ▶ Ce sont ces mêmes réseaux qui mettront **en œuvre des solutions d'hypervision** qui permettent d'harmoniser les gestions techniques et de consolider les potentiels d'effacement.
- ▶ Pour les enseignes ayant des sites commerciaux de taille plus limitée, l'orientation vers des **BACS supervisés se généraliser**.
- ▶ Le modèle économique des sites logistiques encourage les investissements BACS de la part des propriétaires, alors que leur **exploitation est à la charge des occupants**.

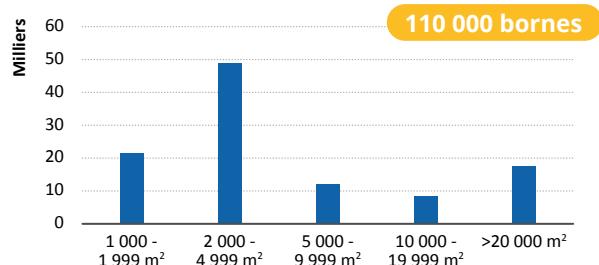
Équipements BACS en % de sites



Contribution actuelle à la flexibilité

- ▶ Les exploitants des réseaux commerciaux et des centres commerciaux ont mis en œuvre très tôt des **accords avec des agrégateurs**. Le report des périodes de chauffage, la gestion fine des centrales de traitement de l'air (CTA) apportent déjà **des avantages économiques** aux exploitants en profitant d'une valorisation consolidée au niveau national.
- ▶ La flexibilité n'est pas nécessairement associée à la gestion des BACS, d'autres solutions permettant d'intervenir directement sur les équipements ciblés.
- ▶ Le **potentiel des entrepôts frigorifiques** est identifié comme particulièrement porteur, ce process métier étant une cible privilégiée.
- ▶ Les IRVE étant généralement concédées à des tiers intervenants avec un statut d'IRVE ouvert au public, **la flexibilité se situe du côté du tiers concédant** et non de l'exploitant du site. Il devrait en être de même pour les EnR déployés sur les sites commerciaux.

Équipements IRVE en nombre



Freins

- ▶ Peu de freins partagés par le secteur commerce **enclin au pilotage**.
- ▶ Cependant, les réseaux avec des parcs de magasins de taille limitée ont des **difficultés pour convaincre** les responsables de site d'adopter les solutions BACS. L'équipement passe par des logiques d'exemplarité nécessairement plus longues.
- ▶ Pour les entrepôts qui ont bénéficié d'un effet d'aubaine pour les investissements en BACS, leur exploitation optimale requiert des solutions d'hypervision surmontant **l'absence d'exploitant sur site**. Par ailleurs, une partie non négligeable des sites tendrait vers un statut dérogatoire au décret BACS (pas de taux de retour sur investissement satisfaisant).



Facteurs clés de succès

- ▶ Le commerce est un secteur porteur car il bénéficie d'une **conjonction de besoins** (RSE, confort des clients, suivi de la consommation) qui permet de surmonter rapidement les contraintes budgétaires.
- ▶ Les niveaux définis par la norme NF pourraient faire l'objet d'adaptation pour tenir compte des spécificités des surfaces commerciales hétérogènes avec des espaces unifiés pour le cœur de métier et des espaces techniques accessoires. Cela permettrait de dynamiser les investissements sur des **systèmes potentiellement de classe A**.
- ▶ Les incertitudes réglementaires sur les possibilités de modularité du fonctionnement des centrales de traitement de l'air (CTA) en établissement recevant du public pourraient être levées afin de sécuriser les investissements éventuellement à réaliser dans le contexte de la flexibilité.

Source : VERBATIM extraite des entretiens lors de l'étude GIMELEC / CODA Stratégies mai-juillet 2024



Les bâtiments d'enseignements

Chiffres clés du parc



37 000
bâtiments
d'enseignement
en France
 $> 1 000 \text{ m}^2$



55 % d'écoles
primaires
29 % de
collèges
15 % de lycées

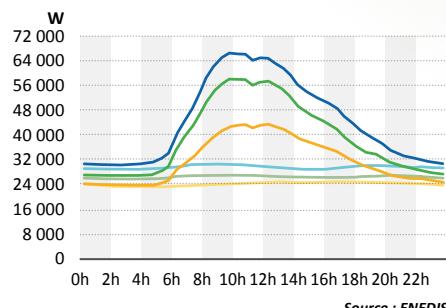


13 % détenant
un système
de pilotage



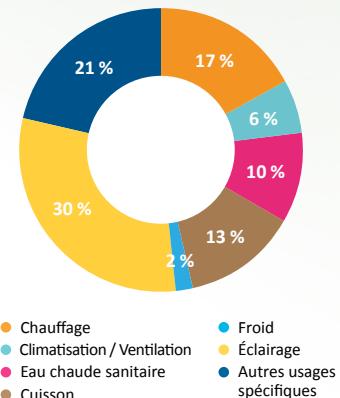
166 millions
de m^2

Courbe de charge médiane des bâtiments d'enseignement par saison et type de jour au pas horaire en 2023



Source : ENEDIS

Répartition de la consommation annuelle par usage



Comment optimiser sa consommation d'électricité dans son bâtiment ?

Quels usages dans mon bâtiment ?	Décalable	Modulable	Systématiquement	Ponctuellement	Sur commande
Chauffage	✓	✓	✓		
Climatisation	✓		✓		✓
Ventilation	✓	✓	✓		✓
Eau chaude sanitaire	✓		✓	✓	✓
Éclairage	✓	✓	✓	✓	✓
Restauration	✓				✓



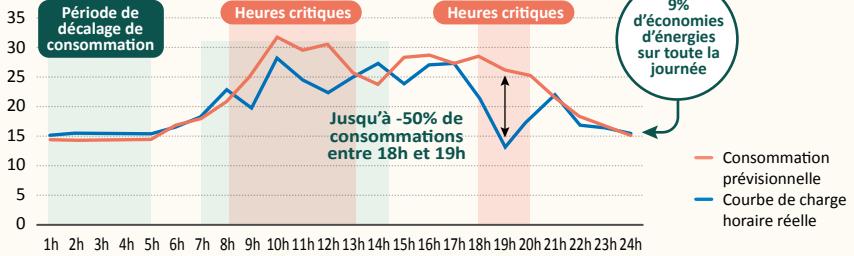
Concrètement, comment ça marche ?

Actions mises en place :

1. Relais des bonnes pratiques par le responsable de maintenance du bâtiment
2. Pilotage et régulation plus fin des CTA via GTC
3. Modification température de consigne froid (y compris locaux serveur)

RETOUR D'EXPÉRIENCE CUBE FLEX : Bâtiment Odontologie – Université de Bordeaux

3 459 m^2



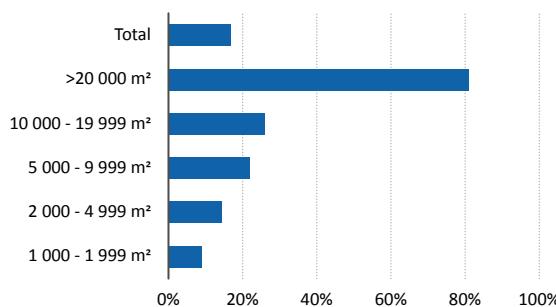
Équipement en BACS 2024 : 13 % des sites et 28 % des surfaces



Mode d'exploitation

- Selon les destinations d'enseignement, **les structures exploitantes diffèrent** (services technique municipaux, entité énergie des départements, services dédiés des régions, équipes sur sites).
- Le recours à un **exploitant multi technique** est fréquent et celui-ci prend souvent en charge le pilotage des équipements de chauffage, dans une logique BACS mais intègre peu, pour, l'instant le pilotage des autres lots.
- La tension sur les ressources financières, l'attractivité limitée des postes proposés par le secteur public, le fort changement des collaborateurs **ne favorisent pas la mise en place de structures performantes de pilotage dans la durée**.
- Les incitations publiques (économies des flux, conseillers en économies d'énergie...) sont des **leviers intéressants** mais restent sous utilisés. Des postes sont non pourvus.

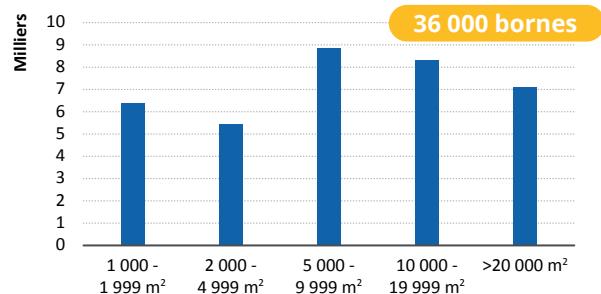
Équipements BACS en % de sites



Contribution actuelle à la flexibilité

- Le potentiel de **contribution à la flexibilité régulière est important** (gestion des intermittences, effacement des consommations de locaux non occupés).
- La prédominance du chauffage eau chaude **réduit le potentiel** de flexibilité des consommations électriques.
- La mise en place d'action de flexibilité doit prendre en compte les **modalités d'occupation et les planning complexes** (mise à disposition de locaux pour des associations, centre de loisirs).
- Une **connaissance temps réel de l'occupation** effectives des différents locaux (par exemple dans le supérieur) permettrait la mise en place d'action de flexibilité transparentes pour les utilisateurs, mais est loin d'être acquise à ce stade.

Équipements IRVE en nombre



Freins

- Le **déficit de ressources humaines** constitue pour les écoles et les collèges des freins à l'utilisation des systèmes de pilotage, pouvant générer des contre-références.
- Pour les **écoles élémentaires, l'absence d'équipe technique** locale limite le potentiel de pilotage.
- Pour les niveaux secondaires et supérieurs, les situations sont **hétérogènes** avec des établissements, départements ou régions « pilotes » et une majorité de structures attentistes voire réticentes à s'engager.
- Si dans les établissements et collectivités les plus avancés, des ressources humaines dédiées peuvent être consacrées au pilotage des systèmes, les équipes techniques ou les prestataires locaux restent en majorité empreints d'une culture « thermicien » **encore peu familière avec la prise en charge des BACS**.



Facteurs clés de succès

- Les solutions mises en place par les collectivités reposent sur la **mutualisation des ressources**.
- Ainsi l'engagement des **syndicats départementaux d'énergie**, la mise en place de services énergie au niveau des régions, sont des leviers pour accompagner les établissements dans leurs investissements et diffuser les bonnes pratiques en termes de pilotage.
- La **consolidation des données** de consommation et de pilotage au niveau départemental ou régional peut restituer aux gestionnaires des établissements des tableaux de bord opérationnels sans prérequis techniques.
- Le **développement de contrats de performance énergétiques** est également un levier mobilisable pour dépasser les problématiques de rareté des ressources techniques.

Source : VERBATIM extraite des entretiens lors de l'étude GIMELEC / CODA
Stratégies mai-juillet 2024

Le secteur résidentiel

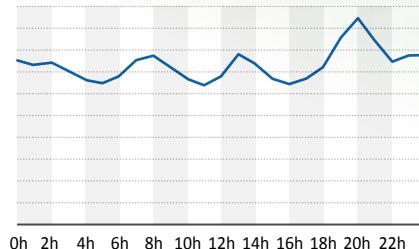
Chiffres clés du parc

37,8 millions
de logements

**45 % de
logements
collectifs**

55 % de maisons individuelles

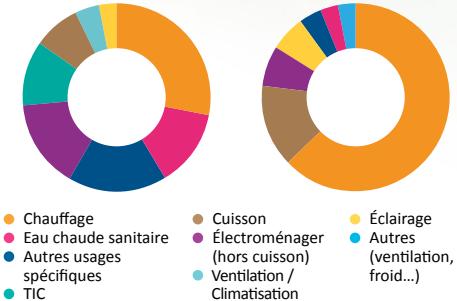
Courbe de charge médiane des bâtiments résidentiels par saison et type de jour au pas horaire en 2023 (en W)



Répartition de la consommation du résidentiel par usage

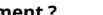
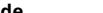
Sur l'année :

Au moment des pointes :



Comment optimiser sa consommation d'électricité dans son bâtiment ?

Afin de consommer moins et mieux, il est possible d'adapter l'utilisation de certains équipements électriques soit en décalant leur fonctionnement à un autre moment soit en les modulant pendant une période donnée, par exemple en réduisant leur intensité de fonctionnement. C'est ce que l'on nomme : pilotage.

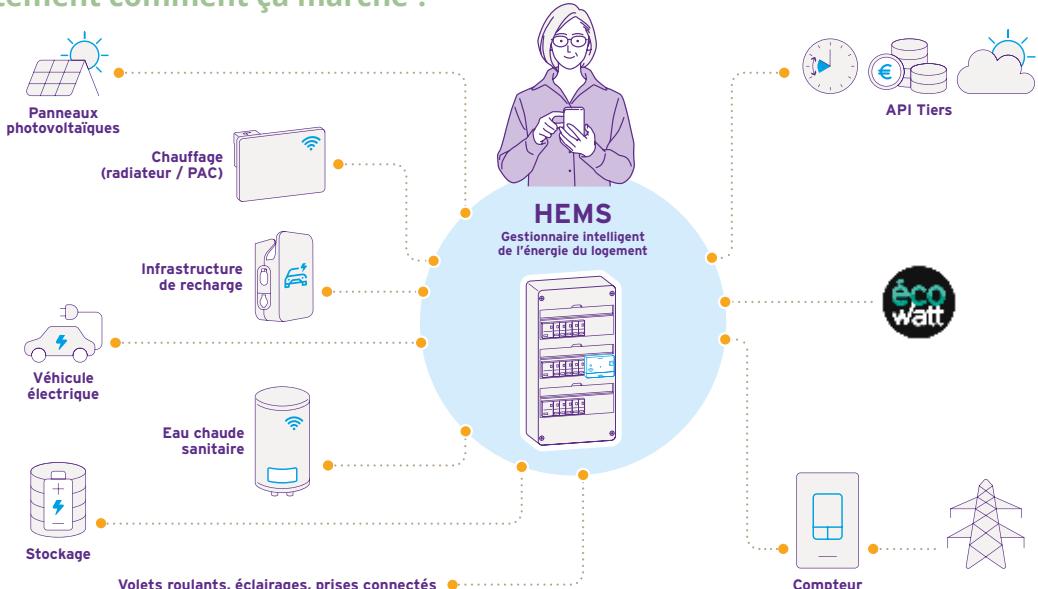
Quels usages dans mon bâtiment ?	Décalable	Modulable	Systématiquement	Ponctuellement	Sur commande
 Pilotage			À travers son interface de commande et de suivi des consommations, l'utilisateur fait part de ses consignes et renseigne les informations utiles au pilotage lorsqu'elles ne sont pas automatisées.		
 Chauffage*			Si le logement est bien isolé, chauffer un peu plus quand le prix de l'électricité est moins cher pour en profiter quand le prix devient plus cher Réflexes sobriété : chauffer pièce par pièce et baisser la consigne de température en période d'absence du logement	Occasionnellement, baisser/augmenter la température de consigne sur une période donnée et accepter de réduire le niveau de confort	Déroger automatiquement à la consigne de température pendant quelques dizaines de minutes
 Climatisation*			Si le logement est bien isolé, rafraîchir un peu plus les heures où le prix de l'électricité est moins cher pour en profiter pendant les heures les plus chères		
 Équipements ménagers : machine à laver, four			Démarrer les cycles de ses appareils ménagers aux heures les moins chères	éviter d'utiliser ses appareils sur les plages horaires sensibles	
 Eau chaude sanitaire			Chauder l'eau pendant les heures où l'électricité est la moins chère, l'eau restant chaude dans le ballon pendant plusieurs heures	éviter de faire fonctionner le ballon les heures les plus pénalisantes, quitte à avoir une eau moins chaude	Déclencher le cycle de désinfection (1 h) à un moment opportun pour un agrégateur
 IRVE			Recharger son véhicule quand l'électricité est moins chère	Anticiper la période de recharge ou décider de ne pas recharger	

* pour les équipements électriques : radiateurs, PAC, ballon d'eau électrique, ballon d'eau chaude thermodynamique

Quels sont les différentes solutions de pilotage de ma consommation pour optimiser ma facture?

	Pilotage manuel sur l'équipement	Pilotage manuel centralisé mono-usage	Asservissement sur l'équipement	Pilotage global automatisé
Énergie (kWh)	L'occupant indique sur l'équipement (ou sur un système déporté) le mode de fonctionnement souhaité et peut éventuellement faire de la programmation horaire et par pièce	Avec une commande centrale murale ou une application mobile connectée aux équipements (d'origine ou up-grade par un système déporté) plus ergonomique, le pilotage est plus facile.	Déclenché automatiquement par le signal du compteur, le ballon d'eau chaude ou l'IRVE s'activent lors du passage en heure creuse grâce aux contacteurs présents dans le tableau électrique notamment	L'occupant est ainsi assisté par un système intelligent qui pilote à l'échelle du logement pour optimiser la facture d'électricité (kWh et KVA) et son confort. L'occupant peut reprendre la main à tout moment sur le pilotage automatique.
Puissance à l'abonnement (3 kVA, 6 kVA, 9 kVA...)	Attention ! l'occupant risque de dépasser sa puissance souscrite (la puissance de son abonnement) et faire disjoncter son logement !	Avec un délesteur, le système peut se prémunir du risque de disjoncter	Le système optimise les consommations pour ne pas dépasser la puissance souscrite et éviter de disjoncter	

Concrètement comment ça marche ?



Quels étapes clés pour passer à l'action ?

1. Faire un état des lieux initial

Je demande à collecter les mesures de ma courbe de charge pour comprendre mes cycles de consommation. Je fais le bilan de mes équipements, de leur niveau de consommation énergétique ; chauffage, eau chaude, véhicule électrique. J'identifie comment je peux réduire ou décaler ma consommation et si je suis prêt à adapter certaines de mes habitudes, voire mes attentes en termes de confort sur de courtes périodes.

2. Se renseigner sur les différents contrats

Je me renseigne sur les différents types de contrats des fournisseurs et agrégateurs (effacement), notamment ceux avec des tarifs différenciés selon les heures de la journée, les jours de la semaine, et les périodes de l'année. J'identifie les opportunités de flexibilité dynamique.

3. S'équiper

Je me rapproche d'un installateur électrique pour étudier et poser des solutions de pilotage global automatisé pour consommer moins et consommer mieux sans y penser.





Le secteur résidentiel



MAISON INDIVIDUELLE

Exemple type de la famille Durand pour consommer moins et mieux

Janvier 2024 : Regrettant de ne pas avoir pris l'option de programmation connectée pour piloter sa pompe à chaleur, la famille Durand décide d'acquérir un système de pilotage connecté comprenant un HEMS et des thermostats connectés pour une gestion des températures pièce par pièce.

Janvier 2026 : La famille Durand reçoit sa facture annuelle d'électricité : la nouvelle installation a permis d'économiser plus de 15% d'énergie sur l'année 2025.

Mars 2026 : Monsieur Durand fait poser sur le toit de sa maison des panneaux solaires par un installateur qualifié. Il active la fonction de son HEMS permettant d'optimiser l'autoconsommation. Ainsi, quand l'ensoleillement est suffisant, grâce au HEMS, sa pompe à chaleur et ballon d'eau chaude électrique sont automatiquement alimentés par les panneaux solaires.

Juin 2026 : Madame Durand s'intéresse aux nouvelles offres des fournisseurs dont les tarifs varient selon les heures de la journée. La famille souscrit dans la foulée un contrat de ce type qui allège le coût de la facture d'électricité. Ainsi, le HEMS programme le fonctionnement des équipements afin de répondre aux attentes de confort au meilleur coût.

Janvier 2027 : Le décret du 8 juin 2023 dispose qu'à partir du 1er janvier 2027, tous les logements doivent être équipés de thermostats dans chaque pièce. La famille Durand n'a rien à faire, son logement est déjà en conformité.

Septembre 2027 : La famille fait l'acquisition d'un véhicule électrique et installe une borne de recharge à son domicile. Le HEMS optimise la recharge du véhicule en les programmant pendant les heures creuses, tout en veillant à ce qu'à l'échelle du bâtiment les consommations électriques de l'ensemble des équipements connectés ne dépassent pas la puissance souscrite.

Novembre 2028 : Afin de profiter du potentiel de flexibilité dont elle dispose, madame Durand souscrit un contrat d'effacement avec un agrégateur. L'opérateur envoie des ordres qui sont contrôlés puis exécutés par le HEMS de réduction ou de décalage des consommations d'énergie de courtes durées. En contrepartie, l'agrégeur rémunère la famille Durand.



APPARTEMENT

Exemple type de la famille Lafont pour consommer moins et mieux

Janvier 2025 : La famille Lafont emménage dans son nouvel appartement. L'immeuble vient tout juste d'être rénové et bénéficie d'une bonne isolation thermique. Le logement est chauffé par des radiateurs électriques. Elle installe des thermostats connectés dans chaque pièce et un HEMS. Ce dernier pilote automatiquement les usages énergétiques (chauffage électrique, chauffe-eau) afin d'optimiser la facture d'énergie. Il tient compte de la présence des occupants, de la météo, du niveau de confort attendu en journée/nuit. Il règle ainsi automatiquement la température de chaque pièce, la réduit la nuit et limite l'activité du chauffage selon la durée d'absence des occupants.

Mars 2026 : La famille souscrit à une offre d'un fournisseur d'électricité heures pleines / heures creuses, qui, associée à un pilotage efficace allège considérablement la facture d'électricité. Le HEMS programme l'activation du ballon d'eau chaude en tenant compte des tarifs horaires, mais aussi des habitudes de la famille Lafont. Le logement étant bien isolé, le HEMS augmente la consigne de température durant la dernière heure creuse, réduisant ainsi les besoins de chauffage en heures pleines.

Janvier 2027 : Le décret du 8 juin 2023 dispose qu'à partir du 1er janvier 2027, tous les logements doivent être équipés de thermostat dans chaque pièce. La famille Lafont n'a rien à faire, son logement est en conformité.

Mai 2028 : Le logement dispose déjà de volets roulants électriques. La famille Lafont fait installer des commandes connectées à ses volets roulants, pilotables depuis le HEMS. Grâce à un capteur de soleil, les volets s'ouvrent automatiquement en hiver pendant les périodes d'ensoleillement, et se ferment la nuit pour conserver la chaleur dans l'appartement.

