

Flexibilité Energétique et Maitrise de l'Energie dans les bâtiments tertiaires

Complémentarité ou opposition ?

Synthèse d'étude



Avec le soutien de :



4 octobre 2021

Edito

Pourquoi cette étude ?

Objectifs de l'étude réalisée

La flexibilité électrique permet d'aider et de soulager le réseau électrique. Elle peut être rémunérée par différents biais, alors que les opérations de maîtrise de l'énergie ne sont rémunérées qu'avec les économies d'énergies réalisées (et les aides et autres subventions de l'Etat). Etant donné que la flexibilité peut être réalisée à la hausse comme à la baisse, et que la rémunération de ces opérations dépend des consommations et puissances effaçables, il est légitime de penser que plus un bâtiment est énergivore et plus il peut obtenir des rémunérations via les mécanismes de flexibilité. La maîtrise de l'énergie (MDE) ayant comme but premier de réduire les consommations d'énergie, elle semble entrer en contradiction avec la flexibilité électrique. Un bâtiment énergivore est susceptible d'avoir un très grand gisement de flexibilité, et l'inverse se produit pour un bâtiment très performant. Il est donc légitime de se poser certaines questions.

Quel lien entre la flexibilité énergétique et la Maitrise de l'Energie ?

La flexibilité est-elle susceptible de nuire à la MDE ?

La flexibilité engendre-t-elle des externalités positives favorables à la MDE ?

De manière plus générale, existe-il des liens entre les deux démarches et comment se manifestent-elles ?



Le but de cette étude est de bien définir ce qu'est la flexibilité électrique et d'explorer et caractériser les liens existants entre celle-ci et la MDE.

Remarque importante : cette étude ne prend pas en compte l'apparition future d'énergies renouvelables décentralisées, d'autoconsommation ou de véhicules électriques (et leurs bornes de recharge). Avec ces variables en plus, il sera d'autant plus important que les bâtiments puissent maîtriser leurs consommations et appels de puissance, et offrir de la flexibilité. Il serait même plus judicieux que ceux-ci puissent conjuguer stockage, production sur site, consommation et flexibilité pour répondre à tous les besoins nécessaires du site tout en impactant le moins le réseau national, et en participant à l'équilibre offre/demande.

Flexibilité & MDE

Livrables

Commanditaires de l'étude :

Cette étude a été réalisée à la demande des membres du Comité de Pilotage du Programme ACTEE sous le pilotage de la FNCCR



Structuration de l'étude

Afin de répondre à ces interrogations, nous avons axé nos travaux sur 4 axes :

- **Enquête terrain** : des interviews auprès d'acteurs (agrégateurs, MOA, exploitants...) ont été faites pour avoir leur vision sur le sujet,
- **Etude de cas sur des bâtiments performants récents** pour confirmer ou non les intuitions dans le cas de bâtiments tertiaires optimisés,
- **Approche théorique du sujet**, en se basant sur des études et publications,
- **Simulation sur des bâtiments peu performants**, représentatifs du parc tertiaire français, avec différents scénarios prospectifs.

L'étude se décompose en 4 livrables :



Annexe 1 : explication des marchés de flexibilité explicite

Annexe 2 : compte rendu des interviews

Annexe 3 : simulations énergétiques



Les enjeux de la flexibilité électrique

Futurs Energétiques 2050

La flexibilité électrique au service de la neutralité carbone

La France a bâti une stratégie Energie-Climat reposant notamment sur la PPE (Programmation Pluri annuelle de l'énergie) et la SNBC (Stratégie Nationale Bas Carbone) pour atteindre la neutralité carbone en 2050. La PPE prévoit de doubler la production électrique nationale d'énergies Renouvelables (ENR) à l'horizon 2028. Elles sont par essence « non pilotables » ce qui peut impacter la gestion de l'équilibre offre demande au niveau national. De surcroit, l'électrification croissante des usages renforcera le phénomène. Les besoins en « flexibilité » deviendront croissants dans le futur pour assurer la **sécurité d'approvisionnement** électrique et avancer sereinement sur le **chemin vers la neutralité carbone**. Le bâtiment pourrait avoir un rôle à jouer dans ce défi national.

Une part de la production d'ENR croissante...

La variabilité de la production d'ENR tend à augmenter davantage dans les années à venir avec les objectifs de notre Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE, objectif de 36% ENR pour 2028 en fourchette haute). Les ENR sont par essence « non pilotables » et donc impactent la gestion de l'équilibre offre – demande.

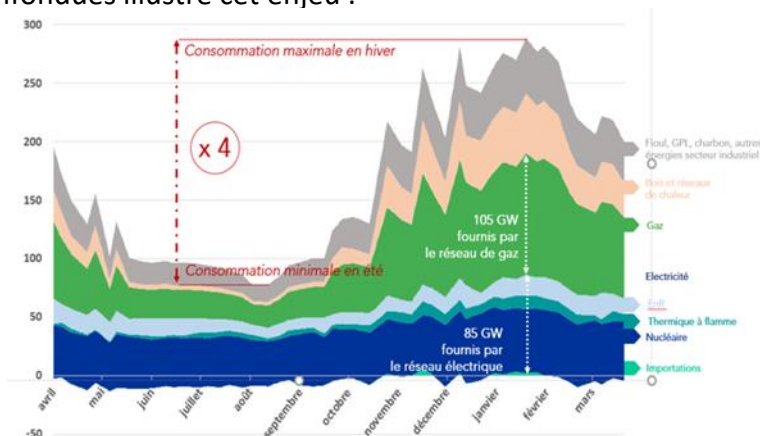


X 2

Augmentation de la part d'ENR dans la production électrique en France horizon 2028 (PPE)

...et une électrification des usages

Comme l'illustre RTE dans son étude « Futurs Energétiques 2050 », nous sommes susceptibles de constater une forte électrification des usages y compris dans le secteur du bâtiment. Cette hypothèse renforcera les enjeux liés à la gestion de l'équilibre offre-demande, notamment pour la pointe d'hiver. Une analyse des appels de puissance nationaux toutes énergies confondues illustre cet enjeu :



X 4

Rapport entre les appels de puissance en hiver et en été en France, toutes énergies confondues

Pointe de puissance hebdomadaire à 8h du matin sur la période du 1er avril 2018 au 31 mars 2019, en GW (Source : GRDF à partir de données de RTE, GRTgaz, TIGF et CEREN)

La flexibilité énergétique

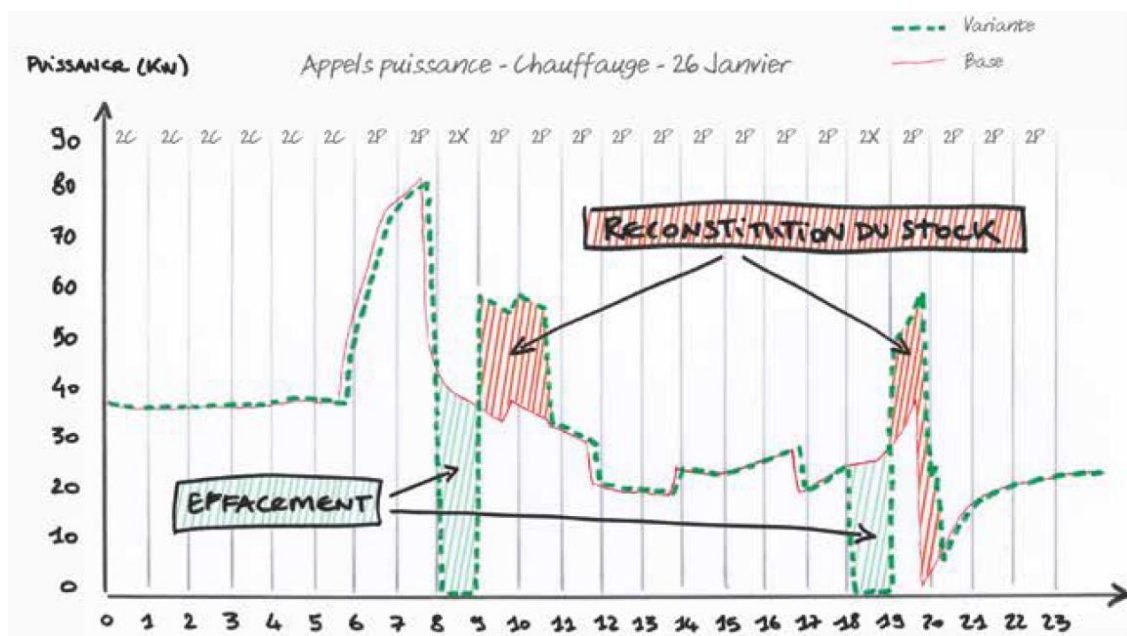
Que signifie flexibilité électrique ?

Pour faire face à ces enjeux, les acteurs du système électrique doivent par conséquent développer des moyens tels que la flexibilité au sens large (effacement et stimulation), le stockage et les interconnexions, en fonction de la demande résiduelle (qui correspond à la demande brute diminuée de la production fatale produite par les énergies renouvelables).

La Flexibilité électrique est l'instrument de sécurisation et de régulation du réseau de premier ordre, avant le stockage, afin de favoriser l'intégration des énergies renouvelables dans le mix français.

Cette flexibilité électrique repose alors sur trois principaux mécanismes :

- L'**effacement** (modulation à la baisse) consistant à diminuer temporairement sur sollicitation ponctuelle, la puissance appelée sur le réseau par rapport à la normale. Les actions possibles sont le décalage de consommation, la modulation de puissance appelée par certains usages (chauffage, ECS par exemple). Dans ce cas on diminue la demande lorsque la production n'est pas assez importante.
- La **modulation** à la hausse, par augmentation temporaire du soutirage en anticipant certains usages ou en ayant recours au chargement de solutions de stockage qui permettront par la suite de déstocker en période de pointe de consommation.
- L'**injection** dans le réseau de distribution, d'une autoproduction locale d'électricité verte sur sollicitation du gestionnaire de réseau de distribution.



La flexibilité énergétique

Que signifie flexibilité énergétique ?

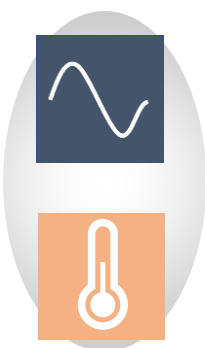
La flexibilité énergétique concerne plus largement d'autres vecteurs énergétiques.

On distinguera alors quatre type de flexibilités énergétiques dans les bâtiments :



La flexibilité électrique : celle principalement étudiée ici. Il s'agit de la capacité du bâtiment à s'effacer, moduler ses appels de puissance voire injecter de l'électricité sur le réseau.

La flexibilité thermique : en s'appuyant par exemple sur l'inertie du bâtiment (intrinsèque ou via stockage dans la structure) ou sur des systèmes dédiés (ballons de stockage d'eau chaude, d'eau glacée ou de glace, stockage géothermique...). Dans ce cas, la flexibilité thermique peut jouer le même rôle que pour le réseau électrique mais pour un réseau thermique : par exemple pour augmenter le taux d'Energie Renouvelable et de Récupération d'un Réseau de Chaleur Urbain.



Convergence thermique & électrique : lorsque la production énergétique (Chauffage, Eau Chaude Sanitaire, Rafraîchissement) d'un bâtiment est réalisée par des équipements s'appuyant sur le vecteur électrique (ex : pompes à chaleur), toute flexibilité thermique est donc de façon implicite une potentielle flexibilité électrique. Ainsi, par exemple le couplage d'un ballon de stockage à une pompe à chaleur est une flexibilité thermique (possibilité de stocker et déstocker de l'eau chaude et/ou glacée) mais aussi potentiellement une flexibilité électrique (possibilité de couper ou « forcer » le fonctionnement de la pompe à chaleur).

Couplage des vecteurs énergétiques : lorsqu'une production s'appuyant sur un vecteur électrique est couplée à une ou plusieurs solutions s'appuyant sur d'autres vecteurs, la possibilité de coupler les vecteurs énergétiques est alors un levier de flexibilité électrique. Par exemple si une pompe à chaleur assure la climatisation d'un bâtiment, le pilotage efficace d'une production photovoltaïque est susceptible de constituer un levier de flexibilité électrique. Un autre exemple : si le chauffage d'un bâtiment est assuré par une pompe à chaleur est que l'appoint/secours ou l'Eau Chaude Sanitaire sont assurés par un autre vecteur énergétique, à nouveau le couplage des vecteurs constitue une forme de flexibilité électrique.



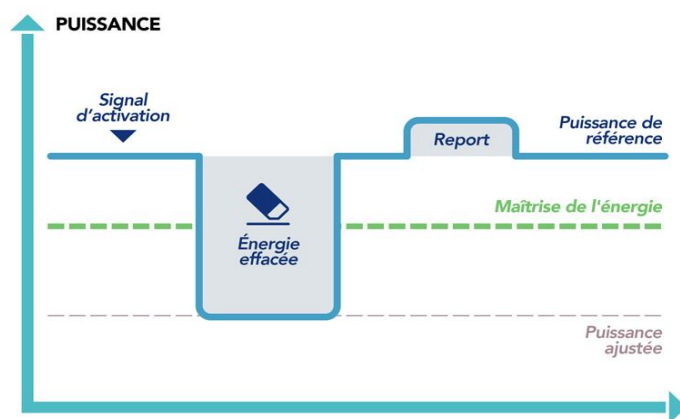
La flexibilité électrique

Leviers & gisements

Valorisation économique de la flexibilité électrique

Deux principaux types de flexibilités électriques sont valorisables pour les producteurs, consommateurs et fournisseurs de flexibilité :

- **La flexibilité implicite** : le client est incité à moduler sa puissance pour optimiser sa facture via une tarification électrique dynamique, avec plusieurs plages tarifaires de coût du kWh et de puissance souscrite (type tarif EJP/TEMPO). La contractualisation et rémunération ne se font qu'avec le fournisseur d'électricité.
- **La flexibilité explicite** : le client reçoit directement une demande de modulation de sa puissance sur des créneaux donnés, le plus souvent par un **agrégateur de flexibilité** qui fait l'interface avec les différents mécanismes/marchés du réseau électrique. Le client s'engage auprès de l'agrégateur à mettre en œuvre des flexibilités, et est rémunéré par celui-ci. Ceci se fait indépendamment du fournisseur d'électricité et de la facture d'électricité du client.



Quel gisement potentiel pour le tertiaire ?

D'après l'ADEME, le gisement technique pour des effacements 30 min dans le secteur tertiaire serait estimé entre 1,5 et 2,5 GW

- Les usages thermiques représentent 40% du gisement technique
- Le gisement dans les bureaux est évalué à 0,8 GW



Effacement de consommation électrique en France, Ademe, CEREN, E-CUBE – Sept 2017



Les enseignements de l'étude menée

Nota : l'ensemble des enseignements suivants se nourrissent des enquêtes terrains qui ont été menées ainsi que des simulations énergétiques réalisées. Les résultats obtenus sont donc fondés sur un échantillon de bâtiments et de cas pratiques non généralisables mais certaines tendances se dessinent et ont été mises en lumière. Nous les synthétisons dans ce rapport.

Lien entre Flexibilité & MDE

Enseignements

Enseignement n°1 : la flexibilité énergétique peut permettre de réaliser des économies d'énergie en se nourrissant de « gisements » de MDE non valorisés et sans nuire au confort.

5 à 7 %

Economies sur la facture énergétique moyenne constatées dans l'étude suite à l'activation de leviers de flexibilité énergétique

Ces gisements sont considérés comme de la « flexibilité implicite ». Ils sont liés à des gains réalisés par l'optimisation des puissances appelées mais aussi des économies d'énergies liées à l'exploitation de tunnels de confort existants sur le site grâce aux apports internes et à l'inertie (avec comme limite l'étanchéité des bâtiments). Il s'agit donc de gains de MDE obtenus grâce à des opérations de flexibilité, la flexibilité se « nourrit » de gisements de MDE et offre ainsi des bénéfices immédiats.

Retour d'expérience :



Ayant conscience des enjeux environnementaux et des futures contraintes qui vont apparaître sur le réseau électrique, Carrefour Property a initié depuis quelques années des expérimentations de flexibilité électrique. La démarche a été réalisée pas à pas en se focalisant sur les usages CVC (Chauffage et rafraîchissement), sur des périodes courtes et en éteignant une petite partie des appareils (jusqu'à 50% des appareils à l'arrêt). Ayant vu des résultats positifs sans aucune perte de confort, une expérimentation plus approfondie a été réalisée à partir de décembre 2020.

1 000

C'est le nombre d'effacements réalisés par mois par Carrefour Property

C'est l'économie d'énergie réalisée grâce aux effacements

8%

Plus de 1000 ordres d'effacements ont été effectués tous les mois sur 25 galeries marchandes, avec une en moyenne un effacement global de 500 kW jusqu'à même 1 MW en été.

Aucun effet « rebond » n'a été constaté. Aucune perte de confort n'a été constatée. Une économie moyenne de 8 % a été réalisée grâce aux effacements.

Lien entre Flexibilité & MDE

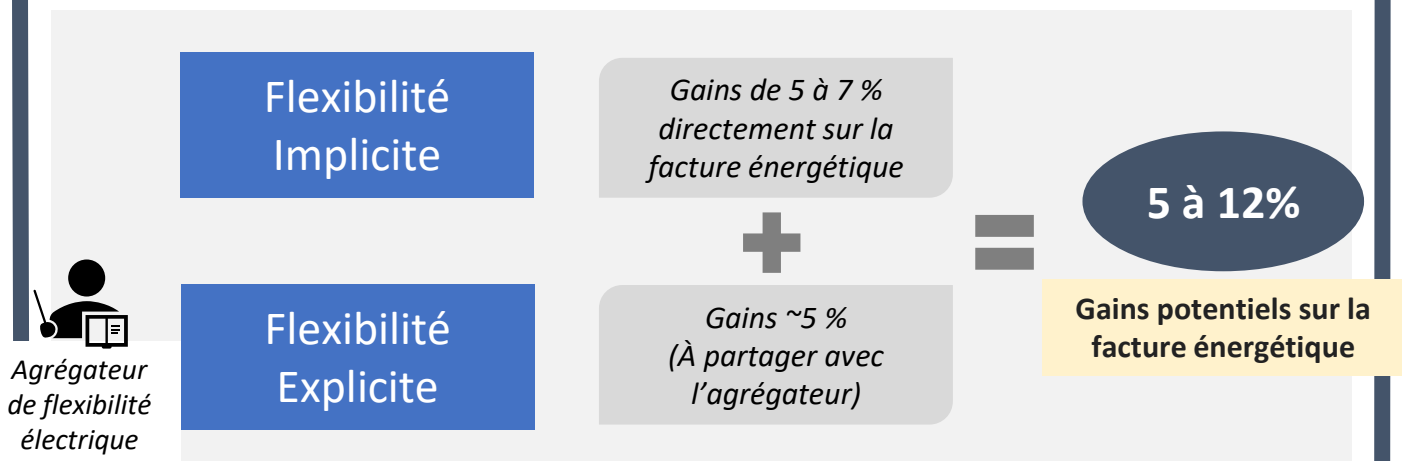
Enseignements

Enseignement n°2 : pour un bâtiment tertiaire peu performant, la flexibilité énergétique peut permettre de réaliser des économies annuelles totales de l'ordre de 5 à 12 % (sur la base de la facture énergétique annuelle).

En plus du gisement implicite précédent, s'ajoute un gisement de « flexibilité explicite » complémentaire permettant une économie moyenne de 5% par rapport à la facture énergétique du site. Il est important d'avoir en tête que les prix des garanties de capacités sont très volatiles. Ce résultat ici peut être différent si nous nous basons sur une année où les prix étaient bien plus élevés.

Autre point à noter, ces gains sont à répartir entre l'agrégateur et le client, le revenu spécifique lié à la flexibilité explicite reste donc assez faible.

L'ensemble de ces gains sont réalisables à très faibles investissements, sans aucun achat de système de régulation complexe. Ils nécessitent juste d'avoir la connaissance et compréhension du sujet, d'être capable d'identifier ces gisements et d'appliquer la démarche adaptée pour ces opérations de flexibilité (on/off, changement de la programmation horaire) et de prévoir un système basique de coupure. Les investissements financiers sont donc très faibles.



Synthèse des gains potentiels liés à la flexibilité électrique d'un bâtiment tertiaire peu performant

Lien entre Flexibilité & MDE

Enseignements

Témoignage sur les marchés de flexibilité explicite :



Voltalis est un agrégateur de flexibilités. Interviewé dans le cadre de cette étude, Voltalis nous a partagé sa vision des marchés dits « explicites » qui peuvent être passés avec des acteurs du bâtiments.

« Il y a deux types de flexibilité explicite, associées à deux pas de temps différents, répondant à deux besoins différents :

Le besoin capacitaire : *Le marché de capacité pour assurer que le pays dispose des capacités (de production ou d'effacement) dont il a besoin pour couvrir des situations extrêmes (vagues de froid).*

La flexibilité « au quotidien » : *cette flexibilité peut être proposée tous les jours sur le marché de l'ajustement ou sur NEBEF, et sert en alternative au recours à des moyens de productions plus chers (généralement, des centrales thermiques) pour la gestion des aléas à plus court terme (au sein d'une journée, du fait de l'intermittence des renouvelables ou d'aléas ou erreurs de prévision sur la consommation ou la production). »*

Mathieu Bineau, CEO Voltalis

« La principale source de revenu d'effacement sur un bâtiment tertiaire, dans le cadre réglementaire actuel, est le marché de capacité. »

« Sur un bâtiment tertiaire donné, on parle d'un revenu d'effacement sur les marchés de l'ajustement de quelques milliers d'euros, bien trop faible pour motiver des stratégies de « gaming ». »

Lien entre Flexibilité & MDE

Enseignements de l'étude

Enseignement n°3 : un bâtiment tertiaire très performant présentera un gisement de flexibilité énergétique faible voire nul sauf dans certains cas : surdimensionnement des infrastructures énergétiques, production ENR, stockage thermique ou électrique...

Dans le cas des de bâtiments performants, ou très performants (scénarios projetés « Eco-Energie Tertiaire »), les constats sont les suivants :

- **Le gisement de flexibilité peut devenir faible voire nul sauf dans certains cas** : soit à cause d'un gisement de MDE encore inexploité, soit en travaillant dans des tunnels de confort grâce aux apports, soit à cause du surdimensionnement des équipements, soit parce qu'il y a présence d'une énergie renouvelable sur site ou d'un système de stockage utilisés à ces fins.
- **La mise en place d'un stockage** (même simple et à moindre coût, comme un stockage thermique type ballon d'eau chaude) permet de nombreux bénéfices. En plus de pouvoir mieux dimensionner la puissance installée des systèmes de chauffage et climatisation (et donc optimiser les CAPEX), il permet de **réduire les coûts d'opérations** et de **profiter éventuellement de gisement de flexibilité explicite**.

Etude de cas sur un bâtiment tertiaire très performant :



Le WOOPA à Villeurbanne est un bâtiment BEPOS (à énergie positive). Il a été programmé en 2007 et a été inauguré en 2012. Il cumule une surface de 11 000 m². C'est donc un bâtiment très performant.

Il est équipé d'une micro-cogénération de 63 kW thermiques et 30 kWe avec un ballon de stockage de 1 900 litres, de trois chaudières à granulés de 32 kW chacune, d'une chaudière d'appoint en gaz à condensation de 600 kW, et d'un rafraîchissement directement fait via une nappe phréatique. L'étude s'est concentrée sur la partie bureaux du bâtiment (de 8 800 m²) et avait pour but d'étudier la flexibilité via une simulation thermique dynamique.

Sur ce bâtiment performant ont été constatés des leviers de flexibilité liés à des probables pistes complémentaires de MDE encore non exploités ou à une surpuissance des systèmes de production (tunnels de confort), mais surtout à la **présence d'ENR (biomasse) et d'une solution de production locale d'électricité (micro cogénération)**.

8,5%

C'est l'économie réalisée grâce aux flexibilités

Lien entre Flex' & MDE

Enseignements de l'étude

Enseignement n°4 : Plus un bâtiment est performant, plus le « juste » dimensionnement des infrastructures énergétiques devient crucial.

Les opérations de MDE et l'optimisation de la puissance installée diminuent voire réduit à zéro le potentiel de flexibilité. **Néanmoins, tandis que la MDE est réglementée, il n'existe aucun cadre réglementaire limitant les puissances installées.**

Les infrastructures énergétiques trop souvent « sur dimensionnées » :

La conception des productions énergétiques est souvent réalisée de façon conventionnelle. C'est le cas par exemple pour le calcul des puissance de chauffage qui ne tient pas compte des apports internes (norme NF EN 12831), mais c'est aussi le cas pour les puissances électriques qui ne tiennent pas compte des retours des réels taux de foisonnement (NFC 15-100). Ainsi, les systèmes énergétiques sont très souvent surdimensionnés et cela pose certaines contraintes.

- **Des Capex non optimisés** : le surdimensionnement engendre souvent des investissements importants/
- **Des Opex non optimisés** :
 - o Puissance souscrite trop importante
 - o Fonctionnement en charge partielle générant une baisse des rendements de productions, voire des coûts de maintenance plus élevés (exemple de courts cycles pour une PAC surdimensionnée)

Un retour d'expérience obtenu par EDF sur 14 bâtiments réels illustre par ailleurs l'enjeu du surdimensionnement des puissances électriques : la puissance électrique installée moyenne est de 167 VA/m², la puissance appelée réelle mesurée est de 66 VA/m².

Le scénario 2030 optimum semble donc d'avoir une puissance installée optimisée et un système de stockage couplé. Sous cette configuration, le bâtiment aura un faible impact sur les besoins de flexibilité nationaux, et pourra tout de même offrir de la flexibilité à celui-ci et participer à l'équilibre national.



Résumé exécutif

Lien entre Flex' & MDE

Messages clés

Message clé n°1 :

La Flexibilité électrique ne nuit en aucun cas à la Maitrise de l'Énergie (MDE)

Au travers des interviews et des simulations réalisées, un constat est clair : il est bien plus intéressant d'économiser de l'énergie que de chercher à réaliser des opérations de flexibilité (quitte à surconsommer).

Les opérations de MDE sont bien plus intéressantes financièrement (à court, moyen et long terme) que les opérations de flexibilité. De plus, le cadre réglementaire impose des réductions de consommation d'énergie aux bâtiments tandis que la maîtrise de la puissance n'est pas réglementée.

Se concentrer sur la flexibilité électrique au détriment de la MDE est un non-sens.

Message clé n°2 :

La Flexibilité électrique apporte des externalités positives à la MDE

Réaliser des opérations de flexibilité permet de s'intéresser à ses consommations électriques et de mieux les comprendre en vue de les optimiser. La flexibilité permet d'introduire la notion de « maîtrise de la puissance », et permet des gains économiques immédiats à très faible capex. Ces gains sont susceptibles de permettre la mise en œuvre de moyens pour mesurer et contrôler ses appels de puissances (ce qui est moins faisable via la maîtrise de l'énergie), éléments essentiels pour mener des actions de MDE. **S'équiper pour faire de la flexibilité permet à moindre coût de s'équiper pour faire de la maîtrise de l'énergie.**

Par ailleurs, sur un bâtiment peu performant la flexibilité se « nourrit » de gisements de MDE non exploités. L'activation d'un gisement de flexibilité permet donc de faire de la MDE intrinsèquement et est un excellent moyen de mettre le « pied à l'étrier » pour aller plus loin par la suite.

Lien entre Flex' & MDE

Messages clés

Message clé n°3 :

La maîtrise de la puissance installée deviendra un enjeu crucial dans le futur

Ce point est très largement développé dans cette étude. La MDE est réglementée contrairement à la maîtrise de la puissance. Les infrastructures énergétiques sont couramment surdimensionnées. En plus de générer des CAPEX et OPEX importants, ces surdimensionnements sont susceptibles de contribuer à la « pointe » (et donc potentiellement au besoin de flexibilité nationale). La maîtrise des puissances installées et les leviers associés (exemple du stockage thermique) sera donc un point crucial horizon 2030.

Message clé n°4 :

La MDE et la flexibilité sont complémentaires

Les deux peuvent être réalisées en même temps ou de façon séparée, et dans ce cas l'une peut servir à l'autre (et inversement). Il est même possible de voir la flexibilité comme un accélérateur de la MDE et la transition énergétique. En effet, le MDE étant une variable imposée, profiter des bâtiments non-optimisés pour faire de la flexibilité permettra de les équiper plus rapidement et apporte un revenu supplémentaire aux opérations de MDE (qui sont bien plus intéressantes financièrement dans tous les cas). Et dans un futur où les opérations de MDE sont bien avancées, la flexibilité permet de rationaliser ses appels de puissance, et d'utiliser au mieux le site pour cela (via du stockage ou l'inertie thermique du site).

Conclusion :

Cette étude met donc en lumière une complémentarité entre Flexibilité et MDE.

La flexibilité permet des bénéfices immédiats (économiques, techniques) à faible capex. Elle peut donc accélérer les démarches de MDE sur le long terme tout en permettant de contribuer à d'éventuels enjeux futurs d'équilibre offre demande nationale.

Il y a donc un réel intérêt pour réaliser les opérations de MDE et de flexibilité de façon conjointe.

Remerciements

Nous souhaitons tout d'abord mentionner que cette étude a été financée par le **programme ACTEE**, sous le pilotage de la **FNCCR**, nous remercions à ce titre :



Guillaume Perrin Coordinateur national du programme ACTEE

Lionel Guy Chef de service ENR & MDE



L'IFPEB remercie les acteurs ayant fourni les données nécessaires pour réaliser l'étude, à savoir :



Le **SyDEV**, en la personne de Yann DANDEVILLE, chef de service Développement Innovation à la direction pour la transition énergétique,



Morbihan Energies, en la personne d'Edouard CEREUIL, responsable du pôle énergie.

Ensuite, l'IFPEB remercie l'ensemble des participants présents aux COPILs, qui ont apportés leurs connaissances et remarques pour l'élaboration de cette étude, à savoir :

Le **GIMELEC**, en la personne de :



- Delphine EYRAUD-GALANT, Déléguée Smart Up bâtiments,
- Joël Vormus, Directeur des affaires publiques et délégué Smart UP IT Power.
- Thierry DJAHEL, Directeur du développement et de la prospection Schneider Electric,
- Sébastien Meunier, VP relations institutionnelles ABB France.

Remerciements

Nous remercions l'ensemble des acteurs du domaine qui ont accepté de nous accorder du temps pour réaliser des interviews sur le sujet :



Eqinov, en la personne de Natacha HAKWIK,
Co-fondatrice et Directrice Générale,



Voltalis, en la personne de Mathieu BINEAU, CEO,



Dalkia, en la personne de Romain DROUART,
Ingénieur études/chef de projets,



Carrefour Property, en la personne de Lionel GEORGES,
Expert en gestion immobilière et technique,



Agregio, en la personne de Geoffroy TURLAIS,
Directeur Optimisation et Marchés.

L'IFPEB remercie également l'ensemble de son équipe et de ses membres pour leur contribution.

Merci également aux relecteurs qui ont apporté leurs remarques pour cette étude, à savoir :

- Thierry DJAHEL Schneider Electric
- Jean-Baptiste PAQUIEN IFPEB
- Siham GHALEM TANI IFPEB

Rédacteurs

Christophe Rodriguez – Directeur Général Adjoint – IFPEB

Mehdi Miftah – Consultant Energie et Carbone – IFPEB

Christian Gérard – Expert Energie – EDF (réalisation des simulations énergétiques)