



L'effacement diffus

En résumé

- **L'effacement des consommations électriques des ménages** ou effacement diffus contribue à l'équilibre du réseau électrique et apporte potentiellement de nombreux bénéfices : diminution de la demande d'électricité en période de pointe, diminution du recours à la production d'électricité par centrales thermiques, diminution des contraintes d'acheminement sur le réseau électrique, meilleure insertion des énergies renouvelables sur le réseau.
- L'effacement diffus peut également permettre aux consommateurs de réaliser des économies d'électricité. Ainsi, des coupures d'alimentation du chauffage et de l'eau chaude électrique pendant 15 à 20 minutes par heure permettraient de réaliser les jours où elles sont pratiquées, une économie moyenne de l'ordre de 5 à 8 % de la consommation totale journalière d'électricité.¹
- Lors des effacements, la baisse de la température intérieure (de l'ordre de 0,4°C) est faible par rapport à la variation naturelle de la température dans ces logements.

Enjeux

L'électricité étant difficilement stockable, le réseau électrique doit en permanence être en équilibre entre l'offre (l'électricité injectée sur le réseau par les producteurs) et la demande (l'électricité prélevée par les consommateurs). RTE, gestionnaire de transport de l'électricité, est responsable de planifier cet équilibre et de supprimer les écarts entre la production et la demande.

Pour faire face aux situations où la consommation dépasse la production, RTE peut commander à certains producteurs d'augmenter leurs productions ou d'activer des centrales de pointe (par exemple au gaz ou fioul), souvent fortement émettrices de CO₂. Une autre solution consiste à baisser le niveau de la consommation en commandant à un opérateur dit « d'effacement » la coupure immédiate et coordonnée de certains postes de consommation. L'effacement des postes de consommation

peut concerner le secteur résidentiel, le secteur tertiaire, ou encore l'industrie.

Cette solution est notamment mise en avant pour la gestion de la pointe d'électricité, c'est-à-dire les moments où la demande en électricité est très forte (par exemple, en soirée en hiver, lors des périodes de grand froid, alors que les chauffages électriques s'ajoutent aux consommations liées aux loisirs et à la vie quotidienne). L'enjeu n'est pas négligeable : entre 2007 et 2012, la puissance appelée en période de pointe a crû de 14% ; cette croissance devrait se poursuivre dans les années qui viennent. Selon RTE, un degré Celsius de moins en hiver augmente aujourd'hui la puissance appelée lors de la pointe à 19h de 2 400 MW² (soit le double de la consommation instantanée d'une agglomération comme Marseille).

Description

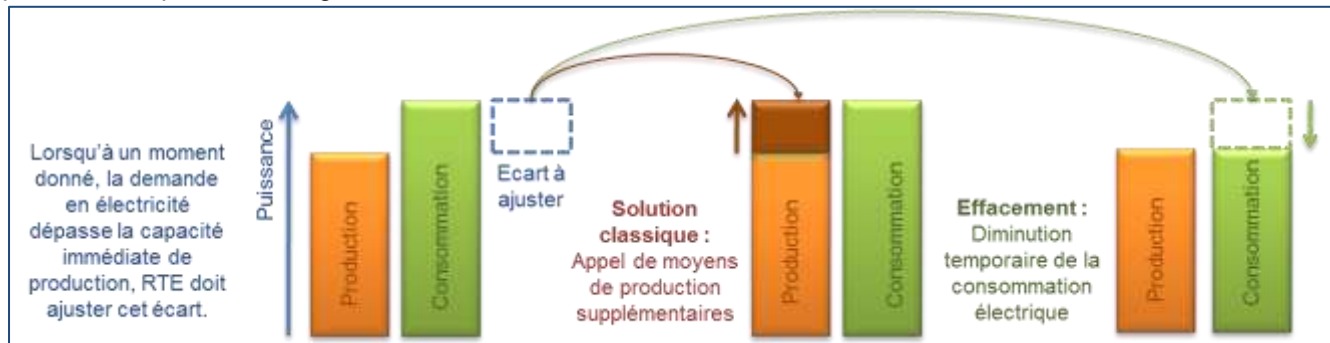
L'effacement résidentiel, ou effacement diffus, consiste à réduire temporairement la consommation d'électricité d'un grand nombre de petits sites, en particulier de logements. Il s'agit, par exemple, d'interrompre brièvement (au maximum 30 minutes), mais de façon coordonnée, l'alimentation de radiateurs, ballons d'eau chaude sanitaire ou climatiseurs à l'intérieur de ces logements afin de réduire la demande totale d'une région ou du pays.

Cette solution se matérialise le plus souvent par la mise en place d'un boîtier qui s'installe dans le tableau électrique et qui permet de mesurer et commander certains usages en temps réel (par exemple, chauffe-eau et radiateurs). Un système d'information complète le tout en recueillant les données et générant les ordres de modulation. Le pilotage est opéré à distance par un opérateur et ne requiert aucune action directe des utilisateurs qui souscrivent à ce service. Les clients peuvent s'ils le souhaitent et à tout moment choisir de débrayer le système, selon le contrat signé avec

¹ D'après une étude menée par le CSTB et l'ADEME en collaboration avec la société Voltalis. Les résultats détaillés et la méthodologie sont présentés en pages 3 et 4 de cet avis. Ces résultats ne sont représentatifs que des 2 scénarios d'effacement étudiés. Toute extrapolation à d'autres scénarios pratiqués par les opérateurs d'effacement peut donc s'avérer erronée.

² D'après le bilan électrique 2013 de RTE

l'opérateur : on parle de dérogation à l'ordre d'effacement.



La technique de l'effacement existe depuis longtemps pour les sites industriels. Ce type d'effacement portant sur un petit nombre de sites ayant des consommations très importantes, on ne parle donc pas d'effacement diffus. De même, les incitations tarifaires (par exemple tarifs EJP ou tempo), peuvent répondre à un besoin similaire à celui de l'effacement, mais, dépendant plus fortement de facteurs comportementaux, elles sortent du cadre de cet avis.

Marché

En arrêtant de façon synchronisée un grand nombre d'appareils de faible puissance, l'opérateur permet d'éviter un appel de puissance important, qu'il peut valoriser selon 3 modalités principales.

Depuis décembre 2013, grâce au dispositif du **NEBEF**³, les effacements peuvent s'échanger au même titre que de la production sur le marché de l'énergie.

L'opérateur peut également valoriser, depuis fin 2007, cette « capacité d'effacement » via le **mécanisme d'ajustement** mis en place par RTE en 2003⁴. En février 2013, la puissance liée à l'effacement diffus activée sur ce mécanisme a atteint le cap des 100MW.

Enfin, la **loi NOME** (Nouvelle Organisation des Marchés de l'Electricité), adoptée en 2010, prévoit la mise en place d'un **marché de capacité**, permettant d'échanger des garanties de capacité d'effacement ou de production. Les modalités de mise en place de ce marché doivent encore être définies, mais il pourrait permettre d'accélérer le développement de cette nouvelle activité économique.

Un des enjeux majeurs de la valorisation des effacements sur le marché reste cependant l'objectivité du processus de contrôle et de fiabilité des actions réalisées. En effet, par nature, un effacement n'est pas une grandeur

mesurable et repose sur la reconstitution nécessairement théorique de ce qu'aurait été la consommation des mêmes utilisateurs en l'absence d'effacement. Cette reconstitution doit donc être réalisée selon une méthode transparente.

Au niveau international, l'effacement diffus a déjà été déployé commercialement dans plusieurs pays, en particulier en Amérique du Nord. Cependant, les caractéristiques spécifiques des marchés (organisation du système électrique, réglementations sur le prix de l'énergie, mix énergétique, habitudes des consommateurs...) ne permettent pas de répliquer directement les modèles économiques et techniques existants au contexte français.

Avantages/limites

Points forts

L'effacement diffus présente potentiellement de nombreux bénéfices.

Bénéfices sur la gestion du réseau, l'intégration des énergies renouvelables, et les émissions de CO₂

La diminution des appels de puissance lors des pointes de consommation peut permettre d'éviter la mise en route de centrales thermiques à combustibles fossiles pour produire de l'électricité supplémentaire. La technique d'effacement diffus pourrait donc participer à la réduction des émissions de CO₂ à condition toutefois que les éventuels reports de consommation liés à l'effacement soient maîtrisés.

La diminution du besoin d'électricité supplémentaire peut également éviter les contraintes d'acheminement et pertes inhérentes à la production des installations centralisées. A terme, ceci pourrait permettre, si les opérateurs prennent convenablement en compte les contraintes locales, de diminuer certains investissements nécessaires pour le renforcement des réseaux électriques. Dans les zones géographiques contraintes, l'effacement peut également éviter des

³ Notification d'Echange de Blocs d'Effacement

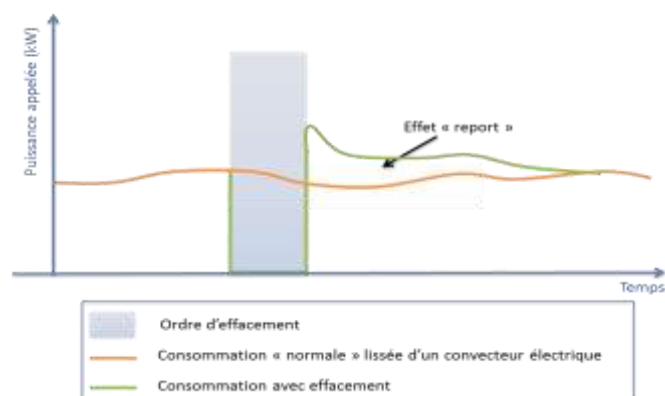
⁴ Dans le cadre du mécanisme d'ajustement, RTE demande aux producteurs et aux consommateurs connectés au réseau de modifier à la baisse ou à la hausse leur programme de fonctionnement contre rémunération afin de rétablir l'équilibre entre l'offre et la demande

situations de saturation du réseau qui peuvent entraîner chutes de tensions ou coupure totale de certains usagers. C'est notamment le cas en Bretagne qui, de par sa « péninsularité électrique », est régulièrement confrontée à des situations critiques. Pour cette raison, RTE a souhaité y expérimenter plusieurs options dont l'effacement diffus localisé qui consiste à cibler la zone géographique de provenance des effacements.

Enfin, la flexibilité complémentaire apportée par l'effacement diffus en fait également un complément pertinent aux injections de productions d'énergie renouvelables variables, car elle permet de mieux adapter la consommation aux périodes de production. Par exemple, l'effacement peut être utilisé pour abaisser la consommation temporairement et ainsi combler un déficit momentané de production d'éoliennes en cas de baisse de vent. Certains usages s'adaptent particulièrement bien à ces objectifs. C'est le cas des chauffe-eau dont il a pu être observé que les plages horaires de consommation avaient peu d'impact sur le confort des clients ou sur leur consommation électrique globale.

Economies d'électricité pour le chauffage

La consommation effacée engendre des économies d'électricité qui peuvent toutefois être en partie annulées par un surplus de consommation à l'issue de la période d'effacement. Par exemple, pour remettre le logement à la température souhaitée à la suite d'un effacement, on peut assister, dans les minutes suivant l'effacement, à un surplus de consommation : c'est l'effet report.



Afin de déterminer la part de l'effacement qui constitue une économie d'électricité pour les consommateurs, l'ADEME et le CSTB se sont associés pour conduire une étude alliant une modélisation thermique à des observations statistiques en période de chauffe sur un panel de 2800 adhérents à l'offre de la société VOLTALIS⁵

⁵ VOLTALIS, opérateur d'effacement diffus ayant équipé plus de 100 000 sites, a mis à disposition deux groupes de 1 400 foyers adhérents situés dans l'ouest de la France entre janvier 2012 et avril 2013. Les économies

dans l'ouest de la France. Les résultats de ces campagnes de tests menées de janvier 2012 à avril 2013 font apparaître des économies d'énergie pour les effacements de chauffage, mais pas pour les effacements des ballons d'eau chaude sanitaire⁶. L'incertitude statistique des résultats, ou marge d'erreur, a été évaluée. On peut conclure que ces résultats sont significatifs pour les scénarios d'effacement testés dans le cadre de cette étude.

En complément de ces observations statistiques, une modélisation thermique a permis de quantifier les économies d'électricité ainsi que les baisses de températures à l'intérieur des logements en fonction de différents paramètres⁷. Les résultats de ces deux approches sont répertoriés dans le tableau de la page suivante. L'approche par modélisation confirme l'ordre de grandeur des économies d'énergie estimées par l'approche statistique.

L'étude a par ailleurs montré que ces économies d'électricité sont d'autant plus importantes que le pourcentage d'effacement est élevé.

Ce taux d'économie d'électricité dépend également de la consommation électrique de ses occupants (économies ou gros consommateurs). Il ne se traduit pas nécessairement par une réduction proportionnelle en euros sur la facture des consommateurs, car celle-ci dépend aussi de modalités liées à la tarification de l'électricité (abonnement, coût du kWh, taxes).

d'énergies ont été mesurées entre un groupe sur lequel des effacements étaient réalisés et l'autre groupe « témoin ».

⁶ Le ballon étant un système fermé, la résistance aura besoin de plus fonctionner ensuite pour compenser le manque d'apport énergétique résultant de l'effacement.

⁷ Zone climatique, type de logement (maison ou appartement), période de construction, niveau de surdimensionnement de l'installation de chauffage par rapport aux besoins, température de consigne du chauffage et taux d'effacement

Taux d'économie constaté sur le chauffage pour une seule journée d'effacement		
		Marge d'erreur
Observations statistiques	12,1% ⁸	+/- 6,8 points
Modélisation	8% ⁹	/
Taux d'économie constaté sur l'eau chaude sanitaire pour une seule journée d'effacement		
Observations statistiques	0%	+/- 0,5 points
Taux d'économie d'électricité obtenu les jours d'effacement rapporté à la consommation moyenne journalière totale d'un foyer ¹⁰		
5% à 7,6% selon le scénario		

Rémunération et services offerts aux adhérents

Quels que soient les modèles d'affaires des opérateurs d'effacement, une partie du bénéfice économique a vocation à revenir au consommateur. Par exemple, même si d'autres modèles d'affaire sont possibles, les dispositifs existants actuellement en France sont installés gratuitement chez les consommateurs, qui ne sont pas rémunérés directement pour les services rendus au système électrique, mais qui peuvent voir leurs factures électriques baisser du fait des économies d'électricité effectivement réalisées.

Par ailleurs, la souscription à une offre d'effacement permet souvent aux adhérents de bénéficier de services supplémentaires : ils peuvent par exemple recevoir des informations leur permettant de mieux gérer leur consommation électrique et donc de réaliser des économies sur leur facture.

⁸ Moyenne entre un scénario d'effacement de 20 minutes par heure en moyenne durant 24h, et un scénario d'effacement de 15 minutes par heure en moyenne durant 24h.

⁹ Moyenne sur un panel de bâtiments diversifiés (variété d'enveloppe, de température extérieure...)

¹⁰ Extrapolation du taux d'économie d'électricité obtenu en rapportant le taux d'économie sur le chauffage à la part du chauffage dans la consommation annuelle d'un foyer (62,7% d'après le CEREN). Cette extrapolation, représentative du scénario étudié, n'est pas forcément représentative des pratiques commerciales actuelles de tout opérateur d'effacement diffus, ni même de celles de Voltalis.

Impact de l'effacement sur le confort thermique

La notion de confort thermique est une notion complexe incluant de nombreux paramètres tels que la température de l'air dans le logement, celle des parois, la vêture ou encore le taux d'humidité.

Lors d'un effacement, seul l'impact sur la température a été étudié. **Une baisse de température de l'ordre de 0,4°C a pu être observée dans le cadre de l'étude ADEME-CSTB¹¹.** On retrouve cet ordre de grandeur à travers l'expérimentation [Greenlys¹²](#) où plus de 10 000 effacements, à raison de 9 effacements en moyenne par site et par semaine, ont été réalisés chez des particuliers.

Cependant, dans certains cas, selon le type de logement ou de régulation du chauffage, l'effacement pourrait entraîner des durées d'inconfort significatives. Certains équipementiers travaillent à des solutions d'effacement avec un engagement de baisse maximale de la température inférieure à 1°C. Si cette limite est atteinte, l'effacement cesse et le chauffage est remis en route. Dans tous les cas, les ménages peuvent garder la main et faire cesser l'effacement à tout moment.

La variation de température observée reste cependant faible par rapport aux variations naturelles de la température à l'intérieur d'un logement, celle-ci pouvant évoluer au cours d'une même journée au sein d'une plage de 5°C en fonction du système de régulation, de l'occupation, des habitudes de vie ou de l'ensoleillement. On peut ainsi supposer, en dehors de toute opération d'effacement, l'existence d'échanges de chaleur « naturels » entre des logements mitoyens dus au comportement et aux habitudes de vie. La contribution additionnelle de l'effacement au transfert de chaleur d'un logement à l'autre ne semble pas prépondérante.

Points de vigilance : acceptabilité, confidentialité des données, modèles d'affaires et stabilité du réseau

Le développement des offres d'effacement diffus doit s'envisager dans la durée afin d'assurer une **acceptabilité sociale** et une adhésion pérennes des utilisateurs de ces systèmes.

Si les expérimentations actuelles semblent montrer une bonne acceptabilité de ce type de solution, il faudra continuer d'apporter une attention particulière aux

¹¹ Ordre de grandeur observé lors du suivi de 15 logements diversifiés

¹² Retenu dans le cadre du programme d'Investissements d'avenir, GreenLys est un projet de développement du système électrique du futur visant à équiper les foyers des villes de Lyon et Grenoble. Voir <http://www.greenlys.fr/>

sources de motivation des utilisateurs, que ce soit en leur proposant des contrats avantageux, des services supplémentaires, ou bien en leur permettant d'évaluer l'implication des autres utilisateurs, et les conséquences positives sur la collectivité et l'environnement de l'effacement de leur consommation.

De plus, les solutions d'effacement devront continuer de garantir aux utilisateurs la **possibilité de pouvoir déroger aux ordres d'effacement**.

Par ailleurs, le **respect de la vie privée des consommateurs** et la confidentialité des données de leurs consommations personnelles sont des enjeux importants qui doivent être pris en compte.

Les **modèles d'affaires** entre les opérateurs d'effacement, les fournisseurs d'électricité et les adhérents font actuellement l'objet de débats au sein de la Commission de Régulation de l'Énergie.

Le mécanisme d'ajustement et le dispositif NEBEF qui rémunèrent les opérateurs d'effacement sont des mécanismes gérés au niveau national. S'ils n'étaient pas correctement opérés, l'effacement diffus pourrait entraîner

des déséquilibres au niveau local sur le **réseau de distribution** en particulier dans le cas d'un déploiement massif du dispositif. Les opérateurs d'effacement doivent donc travailler en coopération avec les gestionnaires des réseaux de distribution.

Des projets et initiatives en cours cherchent ainsi à quantifier et démontrer l'intérêt de l'effacement diffus pour le réseau local. C'est le cas des projets Greenlys et Smart Grid Vendée, soutenus par l'ADEME et financés dans le cadre des [Investissements d'Avenir](#)¹³. Egalement soutenu dans ce cadre, le projet Modelec s'intéresse aux conditions d'acceptabilité de l'effacement chez le client. L'ADEME soutient également des projets visant à améliorer la compatibilité technique des solutions d'effacement avec les différents équipements effacés¹⁴.

L'avis de l'Ademe

L'ADEME considère que l'effacement diffus présente un important potentiel en termes de gains environnemental, social et économique grâce aux diminutions des appels à la pointe, aux bénéfices d'une intégration des énergies renouvelables facilitée et aux économies d'électricité que cette technique est susceptible d'induire directement ou indirectement.

Pour le consommateur, **l'effacement diffus peut permettre des économies d'électricité sans perte notable de confort**. Il est toutefois utile de continuer les expérimentations locales menées en coopération entre opérateurs d'effacement et gestionnaires de réseaux afin de clarifier l'impact ou les apports que cette technologie peut apporter sur l'équilibre local des réseaux.

Plus généralement, le développement des smart-grids et des technologies de maîtrise de la demande d'énergie permettra de faire évoluer cette pratique.

¹³ <http://www.ademe.fr/entreprises-monde-agricole/innover-developper/projets-laureats>

¹⁴ Notamment avec certaines interfaces électroniques des équipements de chauffage ou d'eau chaude sanitaire et ceux utilisant une technologie de pompe à chaleur.