

Connaître les usages électriques résidentiels : un enjeu majeur

Guillaume Binet*, Jean-Michel Cayla*

@ 30501

Les usages domestiques spécifiques de l'électricité représentent aujourd'hui plus de la moitié de la consommation électrique du secteur résidentiel français. L'enjeu est important ; pourtant ils sont mal connus. Des estimations statistiques existent pour certains usages identifiés comme étant les plus consommateurs. Cependant, c'est insuffisant à la fois pour décrire correctement le présent, mais aussi pour pouvoir faire des scénarisations long terme. Depuis plusieurs années, EDF R&D conduit des études qui allient enquêtes et modélisations énergétiques des usages afin de reconstituer explicitement et finement leurs consommations. Nous proposons d'en partager les grands résultats.

Quel est l'enjeu de la connaissance des consommations d'électricité spécifique ?

Le terme électricité spécifique regroupe l'ensemble des usages dont le service rendu ne peut être satisfait qu'à partir de l'énergie électrique. Ainsi, contribuent aux consommations spécifiques, l'éclairage, tous les appareils électroménagers (lave-linge, sèche-linge, lave-vaisselle, réfrigérateurs, congélateurs, fours micro-ondes...), les appareils destinés aux loisirs (postes de télévision, chaînes hi-fi, consoles de jeux...), la micro-informatique et les télécommunications (ordinateurs, smartphones, tablettes, téléphones sans fil, box Internet...), ainsi que tous les équipements moins répandus et qui nécessitent à un moment ou à un autre, pour fonctionner, d'avoir recours à l'énergie électrique tirée du réseau de distribution (équipements de bricolage, jardinage, aquariums, piscines chauffées filtrées, robots de préparation culinaire, cuiseurs vapeur, aspirateurs...).

Ce périmètre n'inclut donc pas les consommations des fours encastrables, des plaques de cuisson ni celles des cuisinières. En effet, ce service de cuisson peut également être assuré par le gaz naturel ou le GPL.

En 2016, la consommation finale toutes énergies, tous usages et à climat normal du secteur résidentiel était de 425 TWh dont 139 TWh pour l'électricité selon le CEREN (Centre d'Études et de Recherches Économiques sur l'Énergie).

La connaissance du poste spécifique est un enjeu majeur. En effet, avec un peu plus de 70 TWh en 2016 (CEREN), il est, de loin, le premier poste de consommation électrique des ménages français. Tous les ménages sont concernés et il représente plus de la moitié de la consommation d'électricité du secteur résidentiel. Il pèse donc plus lourd énergétiquement que l'ensemble des usages thermiques électriques réunis : chauffage, eau chaude sanitaire et cuisson (Figure 1).

Depuis que les statistiques sur les consommations d'énergie et en particulier d'électricité ont commencé à être établies, le poste dédié

* EDF R&D (cf. biographies p. 72).

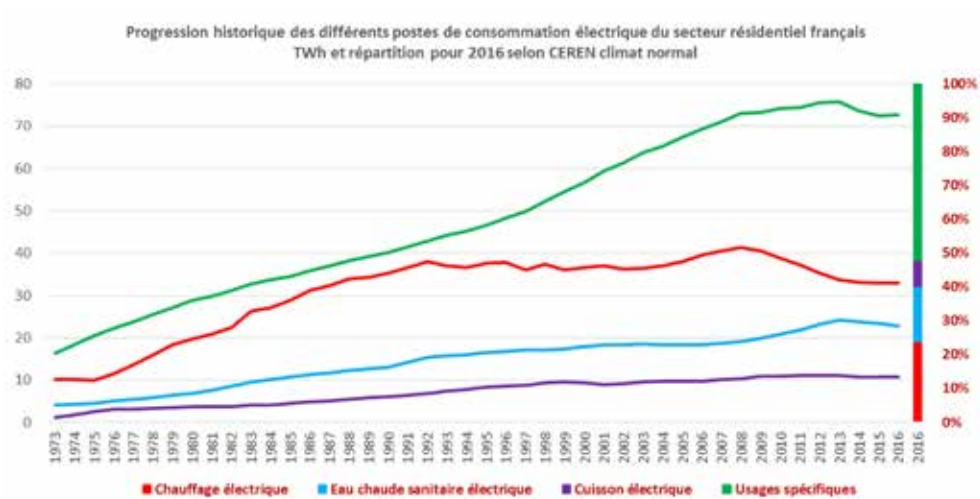


Figure 1. Progression historique des consommations des usages du secteur résidentiel français

Source : CEREN

aux usages spécifiques a connu une croissance soutenue et constante pendant quarante ans (Figure 1 et Figure 2). Les deux leviers de cette croissance furent la démographie (augmentation du nombre de ménages) et l'augmentation de la consommation unitaire de chaque ménage. En effet, la progression forte de l'équipement des ménages en appareils électroménagers notamment (Figure 3) a eu pour

conséquence de faire décoller les consommations unitaires (kWh/ménage) du poste spécifique.

Depuis quelques années, le poste spécifique tout comme la consommation par ménage tendraient à stagner voire à s'émousser légèrement (Figure 2). Ceci n'est pas surprenant, car nous assistons à une saturation pour

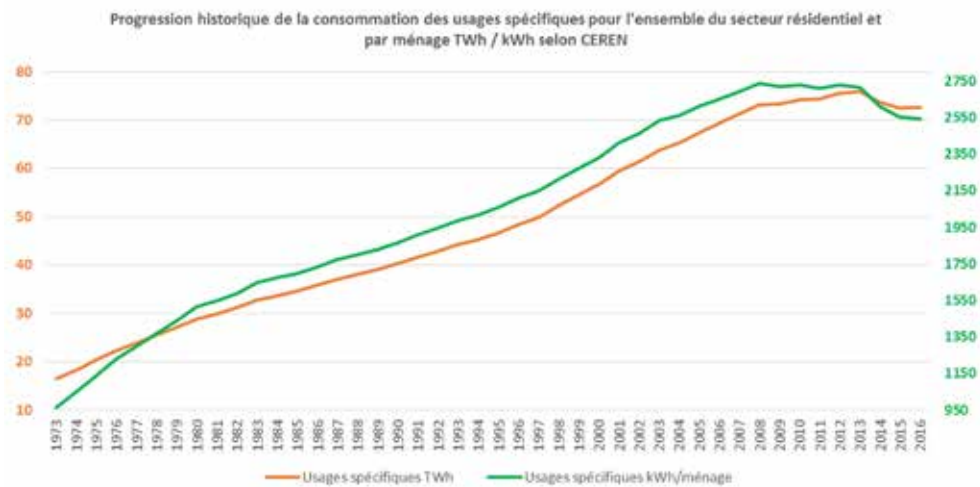


Figure 2. Progression historique du poste électricité spécifique et de la consommation par ménage des usages spécifiques

Source : CEREN

Connaître les usages électriques résidentiels : un enjeu majeur

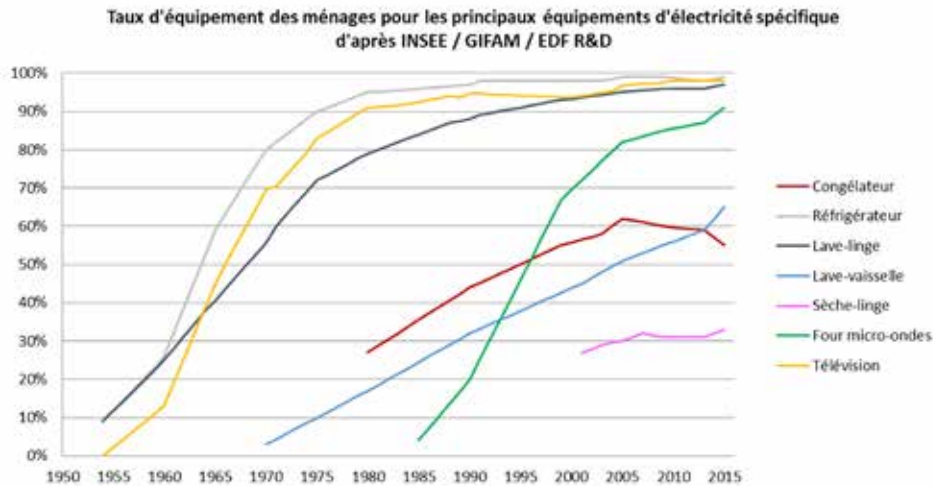


Figure 3. Évolution historique des taux d'équipement des appareils

Source : INSEE/GIFAM/EDF R&D

les équipements les plus consommateurs au sein des foyers français : les taux d'équipement ne progressent plus ou bien faiblement (Figure 3).

Ce premier effet contribue à une stagnation de la consommation dédiée à ces équipements. D'autre part, les équipements les plus répandus et les plus énergivores sont soumis depuis plus de vingt ans pour les premiers aux exigences de performance énergétique imposées par la législation (directives européennes sur l'efficacité énergétique, l'écoconception et le règlement sur l'étiquetage énergétique : 2012/27/UE, 2009/125/CE, 2017/1369...). L'impact concret de ces exigences se traduit par une progression sensible de l'efficacité énergétique. De manière quasiment automatique et avec un seuil minimal, à chaque renouvellement d'un équipement, le matériel remplacé le sera par un autre nettement plus performant (durée d'utilisation moyenne de 10 ans environ pour les réfrigérateurs, lave-linge, lave-vaisselle d'après « Durabilité des appareils de GEM » TNS pour GIFAM 2010/2011).

Si l'effet d'efficacité énergétique est réel au périmètre de ces usages, entraînant ainsi des

baisses de consommation, celui-ci est fortement contrebalancé par deux phénomènes :

- le renouvellement de l'ancien équipement n'est pas fait à l'identique. Le nouvel appareil, certes plus efficace, peut être de capacité supérieure (donc au final éventuellement plus consommateur), peut posséder une fonctionnalité supplémentaire (réfrigérateur combiné au lieu d'un réfrigérateur simple), l'utilisateur peut modifier son intensité d'utilisation (réglage différent d'une consigne...);
- l'apparition de nouveaux équipements (multiéquipement informatique, box Internet, smartphones, tablettes...).

Les statistiques habituelles (CEREN) se situent toujours à une échelle assez macroscopique ne détaillant que certains équipements historiques agrégés. Ces postes représentent certes toujours une part importante du poste de consommation d'électricité spécifique, mais, comme ils ont tendance à diminuer (sous le fait des gains d'efficacité énergétique), la part des consommations non explicitées et/ou mal connues est croissante. Certaines études ou campagnes de mesures (REMODECE 2006 par exemple) ont bien permis d'apporter des éléments, mais, outre le fait qu'elles sont maintenant datées : leur âge correspond à la durée de vie moyenne d'une génération d'appareils,

celles-ci ont toujours échoué à reconstituer les consommations de chaque poste de manière fiable, ces campagnes n'instrumentent en effet au mieux que quelques dizaines d'appareils seulement, alors même que la taille, l'efficacité et l'usage de ces équipements peuvent fortement varier d'un ménage à l'autre.

Enfin, si la connaissance du poste spécifique n'est pas satisfaisante malgré l'enjeu qu'il représente, cela est en grande partie dû au fait que ce poste est très difficile à cerner. La multitude des appareils et la très grande variété dans la façon de s'en servir contribuent grandement à en complexifier l'estimation.

Bilan actuel : un vide à combler

Comme nous l'avons évoqué précédemment, capter de manière détaillée et explicite les consommations énergétiques d'une variété toujours croissante d'équipements n'est pas une chose aisée, mais est rendue nécessaire pour comprendre le poste des usages spécifiques.

Historiquement, les études du CEREN font référence et établissent un volume total d'électricité attribué aux usages spécifiques. Ce volume total est lui-même réparti en quatre macro-postes : lavage, froid, éclairage et autres usages. Ces résultats sont le fruit d'un travail purement statistique. Cette voie méthodologique n'explique cependant pas les consommations énergétiques : qu'est-ce qui fait la consommation de tel ou tel type d'équipement : le taux d'équipement ? L'efficacité énergétique ? L'intensité d'utilisation ? De plus, le niveau de détail par poste n'est pas suffisant pour les besoins de scénarisation. En particulier, l'existence d'un solde (le solde correspond à toutes les consommations qui ne sont pas explicitées) représentant environ une trentaine de TWh selon le CEREN, et en constante augmentation, ne nous permet pas de proposer de projections fines et étayées sur ce poste toujours plus conséquent.

Proposition d'une décomposition fine du poste usages spécifiques : méthodologie

Partant du constat que les données à notre disposition ne répondaient pas à notre besoin de connaissance en termes de variété des équipements et de finesse de description des usages, EDF R&D a, en 2013 puis en 2016, réalisé deux études ad hoc.

Ces études innovantes croisant des données d'enquête et des savoir-faire en termes de modélisation avaient pour objectif d'explicitier ce solde toujours plus grand pour les usages spécifiques.

Ainsi, en 2013, un questionnaire très détaillé a été élaboré afin de recueillir auprès d'un panel représentatif des ménages français métropolitains suivant les quotas classiques (âge et catégorie socioprofessionnelle de la personne référente du ménage, 9 régions selon le découpage de l'union des annonceurs, catégorie d'agglomération, type de logement, statut d'occupation), les informations nécessaires à l'estimation de leur consommation d'électricité dédiée aux usages spécifiques.

Ces informations permettent de déterminer si un ménage possède un voire plusieurs appareils du même type dans certains cas. Les caractéristiques techniques de certains équipements sont renseignées, par exemple : TV LCD, TV LED, sèche-linge classique, sèche-linge pompe à chaleur, type de points lumineux (incandescents, LFC, LED, halogènes...) etc., tout comme l'âge de l'appareil, sa classe d'efficacité énergétique, sa capacité et/ou ses dimensions (volume des réfrigérateurs, capacité des lave-linge, diagonales des postes TV par exemple). Ensuite, le questionnaire comprend un volet où les ménages décrivent leur utilisation de ces appareils : occurrences, durées, périodes d'utilisation, gestion des veilles, ainsi que le type d'utilisation le cas échéant (température de cycle de lavage et mode utilisé : éco/court pour les lave-linge par exemple).

Connaître les usages électriques résidentiels : un enjeu majeur

Au total, ce sont environ 100 appareils distincts qui ont été enquêtés auprès de 2 000 ménages en 2013 et de 4 000 ménages en 2016.

À l'issue du questionnaire, nous disposons ainsi de suffisamment d'informations pour estimer les consommations électriques détaillées dédiées aux usages spécifiques.

Nous demandons de plus aux ménages leurs factures d'électricité. Elles nous permettent de calculer le volume total d'énergie correspondant aux usages spécifiques. Nous contrôlons ainsi que l'empilement des usages que nous obtenons ne dépasse pas le total du poste spécifique et nous en déduisons le solde.

L'ensemble des informations recueillies nous permet donc de calculer, pour chaque ménage, appareil par appareil, la consommation énergétique annuelle correspondante. Nous scindons en deux catégories les équipements.

Première catégorie : les équipements les plus importants pour lesquels la connaissance des classes d'efficacité, des caractéristiques techniques permet de déterminer la consommation électrique. C'est le cas par exemple des réfrigérateurs, congélateurs, des lave-linge,

lave-vaisselle... Cette catégorie nécessite d'être en capacité d'établir pour chaque type d'appareil une fonction f de consommation qui dépend de plusieurs paramètres.

Ainsi :

$C = f$ (technologie, efficacité, intensité d'utilisation...)

Où :

C (kWh) = consommation électrique

Seconde catégorie : les équipements pour lesquels la consommation est proportionnelle au temps de fonctionnement.

Dans ce cas de figure, la consommation électrique peut s'écrire :

$$C = P_{\text{fonc}} * t_{\text{fonc}} + P_{\text{veille}} * t_{\text{veille}}$$

Où :

C (kWh) = consommation électrique

P_{fonc} (W) = puissance moyenne en fonctionnement

t_{fonc} (h) = durée de fonctionnement

P_{veille} (W) = puissance moyenne en veille

t_{veille} (h) = durée en veille

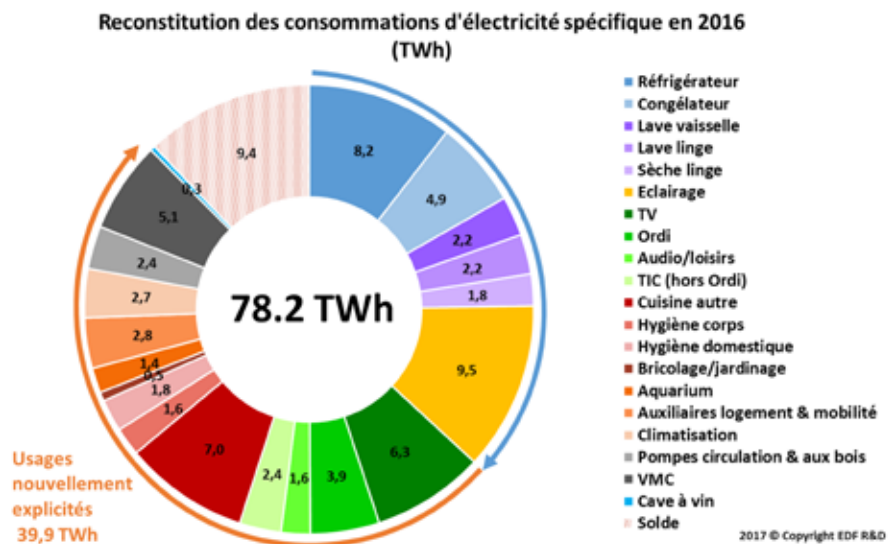


Figure 4. Estimation et décomposition du poste électricité spécifique en 2016

Source : EDF R&D

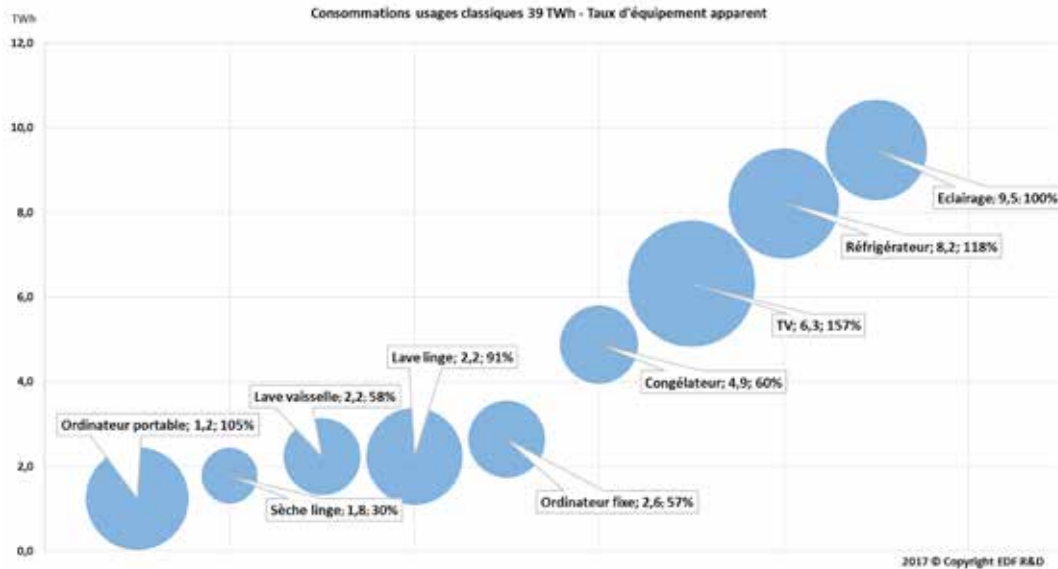


Figure 5. Usages les plus consommateurs du poste usages spécifiques

Source : EDF R&D

Résultats

La mise en œuvre de la méthodologie précédemment décrite sur les résultats de notre enquête de 2016 permet d'obtenir une estimation du total du poste spécifique ainsi qu'une décomposition fine par poste (Figure 4).

Avec 13,1 TWh, le froid domestique (réfrigérateurs et congélateurs) reste la première composante du poste spécifique suivi de l'éclairage (9,5 TWh). Avec 6,2 TWh, le lavage pèse moins que la télévision ou la préparation culinaire (respectivement 6,3 TWh et 7 TWh). Si le solde (partie non explicitée du poste spécifique) reste conséquent (9,4 TWh), ce sont 39,9 TWh soit la moitié du total du spécifique que nos travaux ont permis de quantifier finement.

À titre d'exemple, nous pouvons aller plus loin dans le détail pour les usages dits « classiques » qui recouvrent notamment ceux du périmètre « historique » du CEREN : froid domestique, lavage, éclairage (Figure 5).

Sur la Figure 5, la position en ordonnée indique la consommation énergétique du poste

tandis que la taille de la bulle est proportionnelle au taux d'équipement apparent. Le taux d'équipement apparent correspond au taux d'équipement, c'est-à-dire le pourcentage des ménages possédant au moins un appareil de la catégorie considérée, multiplié par le nombre d'appareils possédés de cette même catégorie. De ce périmètre que nous avons baptisé « classique » se dégagent deux groupes :

- Les postes les plus consommateurs qui dépassent chacun 4 TWh. Ils sont très présents chez les ménages et leur utilisation est intensive.
- Les postes qui se situent entre 1 TWh et 3 TWh. Bien qu'ils nécessitent pour certains des puissances fortes (environ 2 000 W en P_{max} pour les appareils de lavage dans certaines phases de leurs cycles de fonctionnement), leur utilisation plus épisodique tire vers le bas leur consommation totale. Les micro-ordinateurs, qu'ils soient fixes ou portables, bien que maintenant largement répandus au sein des foyers, restent utilisés à des rythmes moins soutenus que la télévision et s'ils s'en approchent, cela sera surtout vrai pour les ordinateurs portables qui sont plus sobres énergétiquement.

Connaître les usages électriques résidentiels : un enjeu majeur

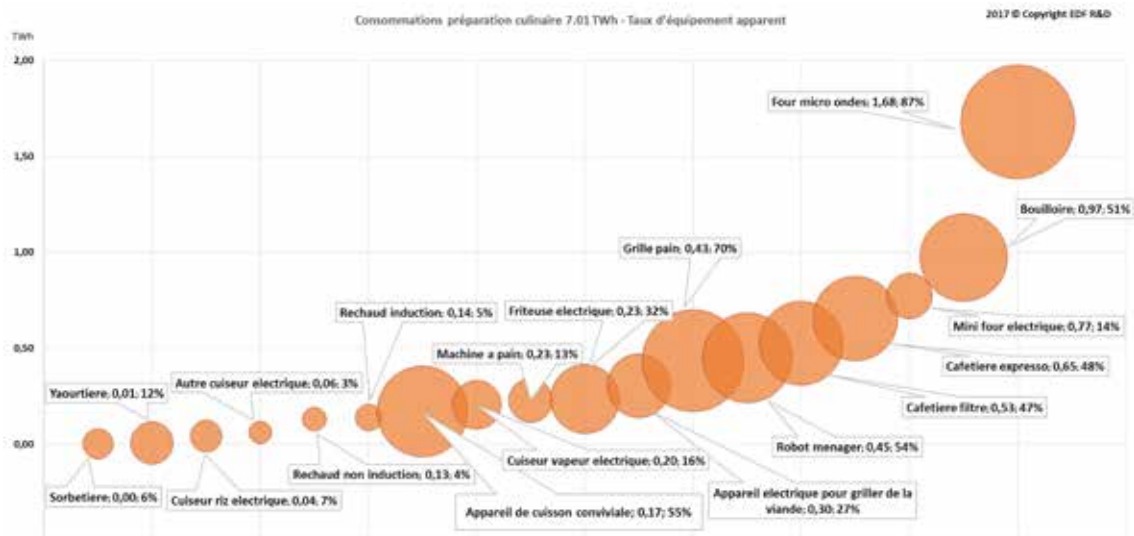


Figure 6. Consommations des appareils de préparation culinaire

Source : EDF R&D

Au final, ce poste des usages « classiques » avec 39,3 TWh totalise, selon nos estimations, environ la moitié du total du poste spécifique.

L'autre poste intéressant à détailler est celui de la préparation culinaire (Figure 6) qui représente 10 % du total du poste spécifique. Ce poste regroupe tous les équipements qui vont être nécessaires à la préparation des repas en incluant un certain nombre d'appareils de cuisson (four micro-ondes, appareils de cuisson conviviale... mais hors fours encastrables, cuisinière et plaques de cuisson). Ces appareils nécessitent de fortes puissances à chaque utilisation (pour cuire, il faut plusieurs centaines de W) et la fréquence de leur utilisation peut être quotidienne, mais le plus souvent relativement brève. Au final, un équipement se détache nettement de l'ensemble : le four à micro-ondes. Largement répandue (87 % de taux d'équipement apparent), et nécessitant une puissance importante, son utilisation conduit à 1,7 TWh en consommation électrique. Les 75 % restants pour ce poste se répartissent entre une multitude d'appareils (Figure 6).

Évolution entre les études de 2013 et 2016

Après avoir détaillé les postes des usages « classiques » et ceux de la préparation culinaire, comparons certains résultats avec l'étude similaire conduite fin 2013. Cette étude, également statistiquement représentative, portait sur 2 000 ménages.

La comparaison porte sur les deux millésimes de l'enquête en version papier pour les appareils pouvant être comparés (même nombre de ménages, 2 000, même protocole de sondage). La Figure 7 met en évidence les écarts des consommations par ménage pour les principaux appareils. Nous constatons trois cas de figure :

- Statu quo avec légère augmentation ou diminution : ordinateurs, TV, lave-linge ;
- Augmentations sensibles pour des postes dynamiques : climatisation, VMC ;
- Baisse franche pour tous les équipements de froid domestique (les baisses fortes constatées sont cohérentes avec nos projections de parcs d'équipements), l'éclairage, les lave-vaisselle et le total.

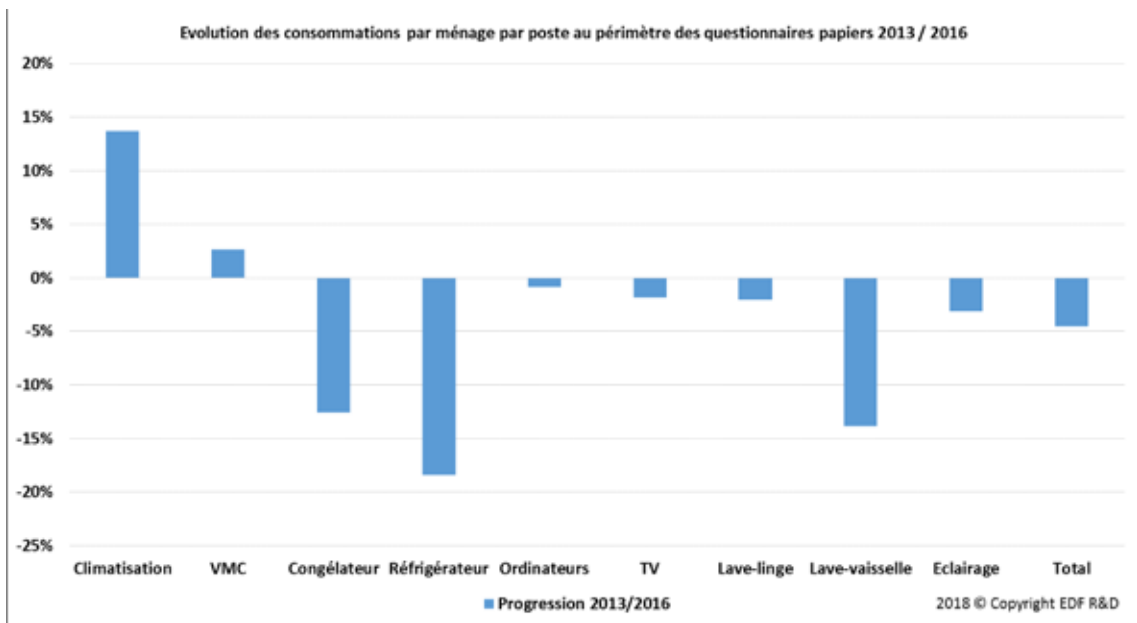


Figure 7. Comparaison étude 2013 vs. étude 2016 ajustée du nombre de ménages

Source : EDF R&D

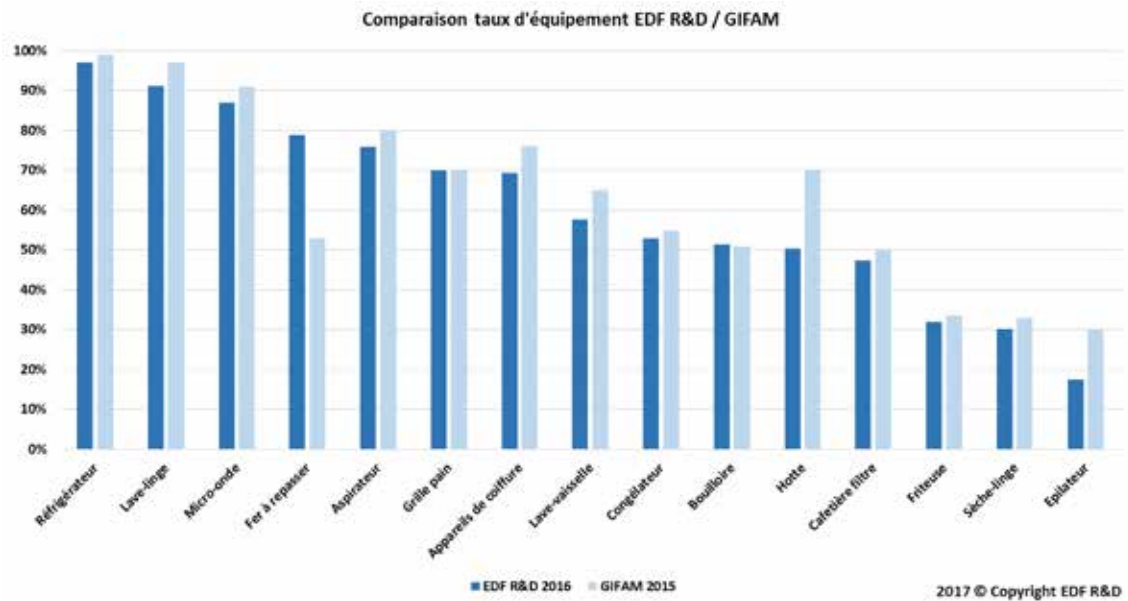


Figure 8. Comparaison taux d'équipement étude EDF R&D / GIFAM

Source : EDF R&D/GIFAM

Connaître les usages électriques résidentiels : un enjeu majeur

La mise en regard de ces deux études séparées de trois années traduit de manière cohérente l'évolution des habitudes des ménages (taux d'équipement + intensités d'utilisation) ainsi que l'impact du renouvellement des appareils soumis à l'étiquetage énergétique qui tire les parcs d'équipements vers plus d'efficacité énergétique.

Comparaison avec d'autres sources

Le GIFAM (Groupement Interprofessionnel des Fabricants d'Appareils d'équipement ménager) publie les taux d'équipement des ménages français pour certains appareils.

La comparaison montre des valeurs dans l'ensemble proches (Figure 8). Ce constat conforte la confiance sur la robustesse de nos résultats et la qualité de réponse obtenue.

Sur le total du poste spécifique en TWh, notre estimation se situe environ à mi-chemin entre celles du CEREN et du Bilan Prévisionnel du RTE (Figure 9).

Pour les composantes du poste spécifique explicitées, nous pouvons aussi comparer nos résultats avec respectivement le CEREN (Figure 10) et le Bilan Prévisionnel du RTE (Figure 11).

Le lavage inclut les lave-linge, lave-vaisselle et sèche-linge. Le froid alimentaire comprend les réfrigérateurs et les congélateurs. Notre étude se positionne au-dessus pour l'éclairage, mais en dessous pour le froid alimentaire et très en dessous (moins de la moitié) pour le lavage. La méthode utilisée par le CEREN pour estimer ses macro-postes n'étant pas physique (techno-explicite) ou d'ingénieur, mais statistique, nous ne pouvons pas dépasser le stade du constat (les techniques statistiques n'explicitent pas, contrairement aux méthodes de type physique ou d'ingénieur, les déterminants de la demande).

La comparaison avec le Bilan Prévisionnel du RTE révèle un certain nombre d'usages pour lesquels les résultats sont proches (éclairage, ordinateurs, auxiliaires de chauffage, aspirateurs), d'autres pour lesquels l'écart est plus marqué sans toutefois atteindre des niveaux conséquents en relatif ou en absolu (TV, froid domestique, fers). Enfin, il y a les postes pour lesquels l'écart est franc et marqué. Cette catégorie peut elle-même être scindée en deux avec d'un côté les usages difficiles à cerner (ventilation, climatisation, piscine) et d'un autre côté tous les usages du poste lavage dont la connaissance a priori devrait être robuste.

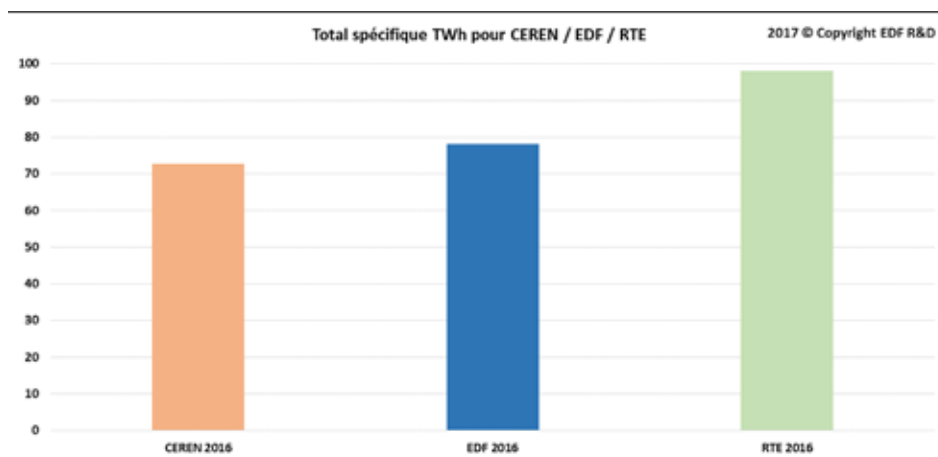


Figure 9. Total en TWh du poste spécifique

Source : EDF R&D/CEREN/RTE

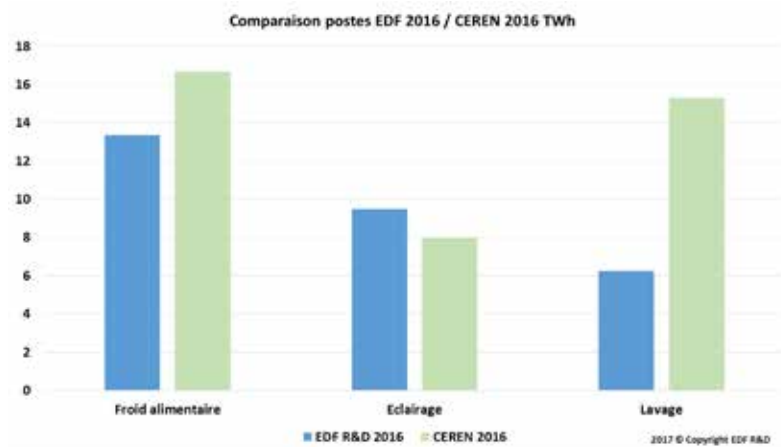


Figure 10. Comparaison avec les postes explicités du CEREN

Source : EDF R&D/CEREN

Zoom sur le lavage

L'écart important à la baisse sur le lavage à la fois avec le CEREN, mais aussi avec le RTE pose question. L'ADEME a conduit, en 2015, une campagne de mesures sur plus de cent ménages. Cette étude, construite avec un souci

de représentativité, donne le détail du nombre de cycles réalisés par type d'appareil ainsi que la consommation unitaire relevée. Notre enquête captant ces données ainsi que les éléments nous permettant d'estimer les consommations énergétiques, il nous a donc été possible de comparer nos résultats par rapport

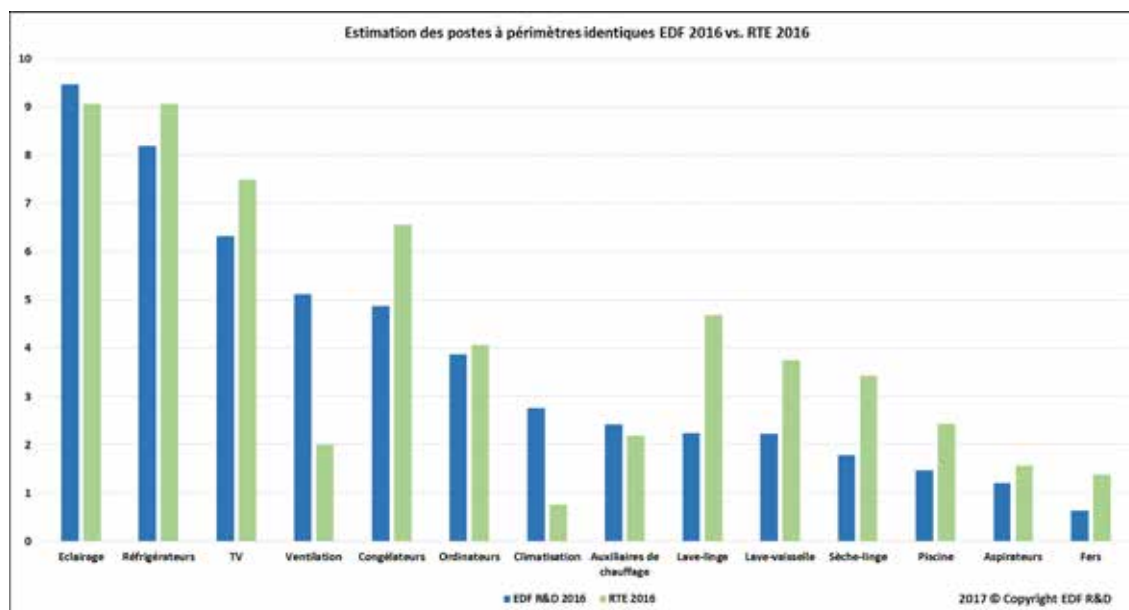


Figure 11. Comparaison avec les postes explicités du RTE

Source : EDF R&D/RTE

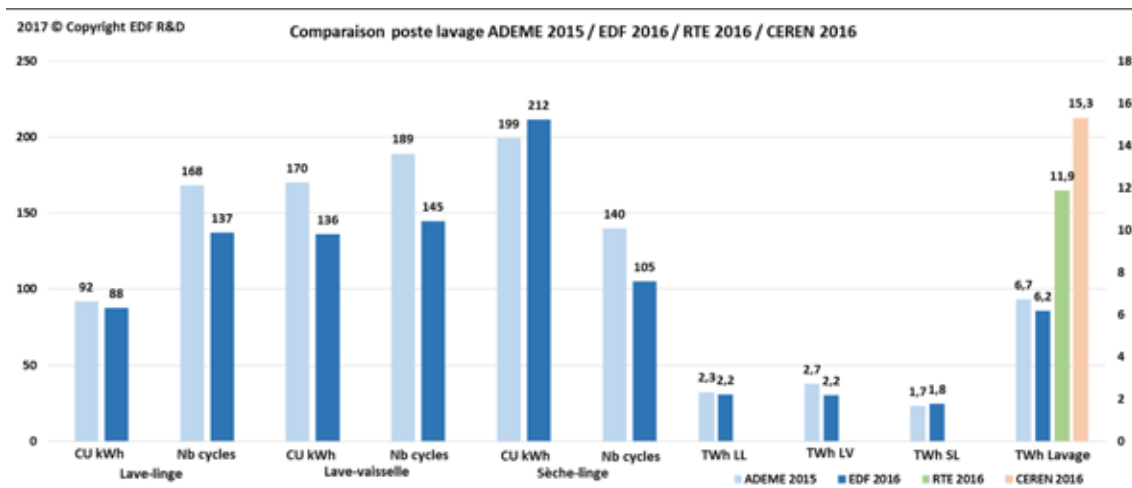


Figure 12. Comparaison détaillée du poste lavage

Source : EDF R&D/ADEME/RTE/CEREN

à ceux de l'ADEME (Figure 12). Dans le détail, les consommations unitaires ont des ordres de grandeur comparables, les nombres de cycles sont systématiquement inférieurs dans quasiment la même proportion pour chaque usage dans notre étude qui intègre un taux de présence annuel au domicile. Au global, les chiffres de l'ADEME conduisent à un total de 6,7 TWh pour le poste lavage contre 6,2 TWh pour l'étude EDF R&D. Ceci nous conforte face aux 11,9 TWh et 15,3 TWh respectivement annoncés par le RTE et le CEREN.

Importance du point de départ pour les projections long terme des consommations

Si la connaissance fine des consommations des usages spécifiques et de ce qui les constitue est indispensable pour décrire correctement le présent, elle l'est tout autant pour construire des scénarios de projections long terme de consommations réalistes et cohérents.

En effet, un point de départ erroné (trop haut ou trop bas par rapport à la réalité) aura des conséquences sur les gains d'efficacité potentiels relatifs ou absolus réalisables.

D'autre part, si la connaissance n'est pas assez fine (état du parc d'équipements, intensités d'utilisation – nombre et types de cycles par exemple...), les gisements d'efficacité ne pourront pas être suffisamment étayés et risquent d'être faussés. Savoir que les équipements constituant un parc sont récents, efficaces en énergie et que les ménages s'en servent déjà raisonnablement (nombre d'utilisations par an, programmes éco...) amoindrit de fait les gains énergétiques envisageables.

Comme le montre la Figure 13, il est possible de raisonner de plusieurs façons pour projeter de manière globale les consommations d'un usage : en relatif, en absolu, en tenant compte du point de départ dans la modulation du gain énergétique. Dans tous les cas, la valeur du point de départ influera fortement sur le scénario et sur la nature du message émis. De plus, un point de départ élevé

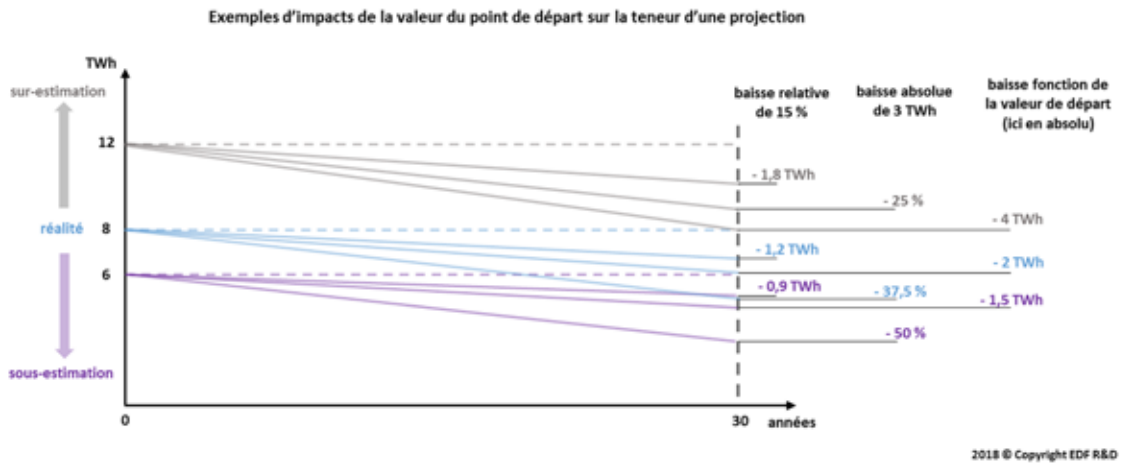


Figure 13. Exemples d'impacts de la valeur du point de départ sur la teneur d'une projection

Source : EDF R&D

(respectivement bas) induira des gains plus importants (respectivement faibles) et ne pas être en mesure de s'appuyer sur une reconstitution explicite d'un poste ne permettra pas de formuler des hypothèses d'évolution cohérentes et justifiables.

Enfin, au-delà de la valeur totale du poste des usages spécifiques, la répartition entre usages est également extrêmement importante. Par le jeu des vases communicants, il est en effet possible de se baser sur une valeur totale correcte, mais avec une mauvaise répartition. Les usages sous-estimés sont alors compensés par une surestimation d'autres usages.

Ainsi, la vision du présent sera erronée. Ces erreurs impacteront les projections et donc les points d'arrivée des scénarios. Ceci dans des proportions qui peuvent atteindre, en cumulé, plusieurs TWh notamment dans les cas les plus défavorables : surestimation de postes en baisse et sous-estimation de postes en croissance par exemple (Figure 14).

Conclusions et perspectives

Estimer dans le détail le poste spécifique des consommations électriques du secteur résidentiel est relativement complexe.

Dans une logique de modélisation *bottom-up* et techno-explicite, cela implique d'être capable de capter correctement à la fois des composantes techniques (nature des équipements, qualité des parcs), mais aussi des composantes comportementales (intensités, fréquences des utilisations). Il faut ensuite être en mesure de convertir les données récoltées en consommations énergétiques.

Les deux études conduites en 2013 et 2016 ont produit des données et des résultats robustes qui permettent une analyse fine du poste électricité spécifique pour la France métropolitaine.

Cette démarche d'enquête complétée par une connaissance des équipements et des usages est un moyen efficace pour expliciter

Connaître les usages électriques résidentiels : un enjeu majeur

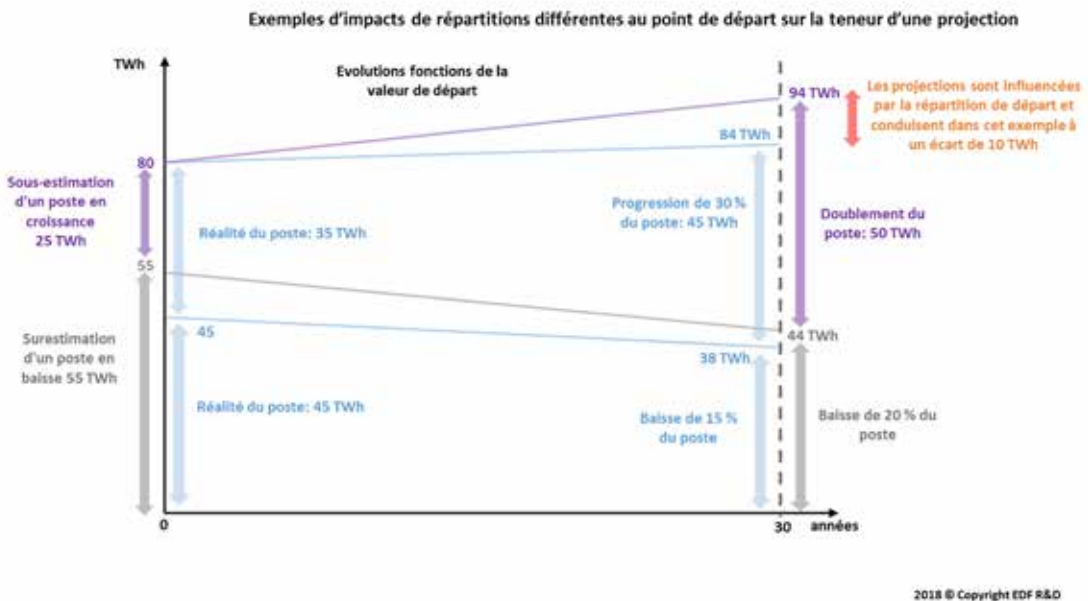


Figure 14. Exemples d'impacts de répartitions différentes au point de départ sur la teneur d'une projection

Source : EDF R&D

et expliquer les consommations des usages spécifiques.

Le poste des usages spécifiques est susceptible de prendre de plus en plus de poids dans les années à venir, au moins en relatif, si ce n'est en absolu. Ce poste doit donc être connu finement d'autant plus lorsqu'il est question de bâtir des scénarios de prévision ou de prospective au risque de proposer des visions biaisées issues d'un point de départ faussé.

Enfin, au-delà de la vision statique que représente la consommation énergétique, la vision dynamique, c'est-à-dire la demande en puissance (watts en fonction du temps) induite par les usages spécifiques est tout aussi importante. En effet, dans un contexte de développement des EnR, le pilotage deviendra une brique essentielle pour la gestion et l'optimisation aussi bien de la production que de la consommation d'électricité.

RÉFÉRENCES

- ADEME, Campagne de mesures des appareils de production de froid, des appareils de lavage et de la climatisation, Rapport final juin 2016.
- CEREN, Suivi du parc et des consommations d'énergie, 2016.
- GIFAM, www.gifam.fr, Chiffres clés.
- REMODECE, Residential Monitoring to Decrease Energy Use and Carbon Emissions in Europe Publishable report, November 2008.
- RTE, Bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France, édition 2016.