Groupe de travail
« consommation d'électricité »

●

Les usages spécifiques
dans le secteur résidentiel

Appel à contributions dans le cadre du groupe de travail « Consommation d'électricité » de la Commission « Perspectives système et réseau »

Date de publication : 21 mai 2019

Date limite de réponse : 7 juin 2019 inclus

Contact : rte-concerte-bp@rte-france.com

Table des matières

1 Contexte 4

2 Objectifs et éléments de méthodologie 8

2.1 Objectifs 8

2.2 Eléments de méthodologie 8

3 La consommation des produits blancs 12

3.1 Froid 12

3.2 Lavage 22

4 La consommation des produits des technologies de l'information et de la communication 32

4.1 Téléviseurs 32

4.2 Autres appareils audiovisuels 36

4.3 Récapitulatif des consommations des produits audiovisuels et déterminants de l'évolution de la consommation 39

4.4 Equipements informatiques 42

5 La consommation de l'usage cuisson 48

5.1 Plaques 48

5.2 Fours 49

5.3 Fours à micro-ondes 52

5.4 Hottes et petit électroménager 53

5.5 Récapitulatif des consommations de l'usage cuisson 54

5.6 Déterminants de la consommation 55

6 La consommation de l'éclairage 57

6.1 Méthodologie de calcul 57

6.2 Estimation des paramètres 57

6.3 Estimation du parc et de la consommation 60

6.4 Déterminants d'évolution de la consommation 62

7 Autres usages 63

7.1 Auxiliaires des systèmes de chauffage 63

7.2 Piscine 64

7.3 Appareils électroménagers 65

7.4 Terme de bouclage 66

8 Synthèse 67

1 Contexte

Cadre général

Dans le cadre de ses missions et conformément au Code de l'énergie, RTE établit périodiquement un Bilan prévisionnel pluriannuel de l'équilibre entre l'offre et la demande d'électricité en France. Celui-ci contribue à l'élaboration de la politique énergétique, en éclairant le paysage du système électrique à long terme.

Le prochain Bilan prévisionnel à long terme intégrera un volet portant sur l'horizon 2050 et proposera des scénarios d'évolution possibles du mix électrique français, dans un contexte de transition énergétique et d'ambition de l'atteinte de la neutralité carbone de la France à ce même horizon, portée par la Stratégie nationale bas carbone (SNBC).

La **Stratégie nationale bas carbone (SNBC)** est une feuille de route pour la France portant sur l'ensemble des filières énergétiques et visant à une économie bas carbone, conformément aux objectifs européens et internationaux (paquet énergie-climat européen, accord international de Paris à la COP21, etc.). La dernière révision, dont le projet a été rendu public fin 2018, a pour objectif d'atteindre une neutralité carbone de la France en 2050 et fournit les grandes lignes en matière de transformation de la mobilité, des logements, de l'industrie, de l'agriculture, etc. L'atteinte de l'objectif passe notamment par une électrification massive des usages assortie d'une décarbonation complète de la production électrique.

La **Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)** est une déclinaison opérationnelle de la Stratégie nationale bas carbone pour le secteur de l'énergie et fixe la trajectoire énergétique de la France pour les périodes 2019-2023 et 2024-2028. Elle est donc définie en cohérence avec la SNBC. En particulier, les hypothèses de demande sont communes entre les deux exercices.

Pour ce faire, le Bilan prévisionnel est adossé à une modélisation détaillée des deux volets offre et demande, requérant un volume important de données produites par RTE ou provenant de multiples acteurs du secteur (estimations sectorielles sur les réseaux de distribution transmises par Enedis, bases de données CEREN…). En outre, RTE dispose, d'une part, d'informations qui lui sont communiquées sous couvert de confidentialité lors de consultations bilatérales avec des acteurs du secteur de l'énergie, d'autre part, des retours obtenus lors des consultations collégiales en Commission « Perspectives système et réseau ».

Dans la continuité de sa démarche de transparence et d'alimentation du débat public sur l'énergie, RTE anime, sous forme de groupes de travail, des consultations collégiales sur certaines thématiques à fort enjeu pour l'évolution du système électrique : par exemple, le développement de nouveaux usages tels l'électromobilité. A la demande de plusieurs parties prenantes, la décision a été adoptée, lors de réunion plénière de la Commission « Perspectives système et réseau » du 28 septembre 2018, de lancer un groupe de travail sur l'élaboration des trajectoires de consommation à long terme.

En effet, la consommation d'électricité[1], de par ses disparités sectorielles, présente une complexité qui appelle à un partage approfondi des hypothèses et de la méthodologie de modélisation avec les acteurs.

Etant donné l'ampleur des travaux menés par RTE sur la consommation électrique, le choix a été fait de scinder ce sujet en différentes thématiques clés, abordées tour à tour lors des consultations collégiales à venir.

La première réunion du groupe de travail s'est consacrée aux usages thermiques dans le secteur résidentiel : chauffage, production d'eau chaude sanitaire, climatisation et ventilation.

Le présent document porte quant à lui sur les usages spécifiques de l'électricité dans le secteur résidentiel, en particulier le lavage, le froid, les technologies de l'information et de la communication (TIC), la cuisson et l'éclairage.

Seule la demande en énergie est ici abordée, la modélisation des appels de puissance horaire fera l'objet d'une réunion ultérieure du groupe de travail, dans une approche transverse (ensemble des secteurs et des usages).

Usages spécifiques dans le secteur résidentiel

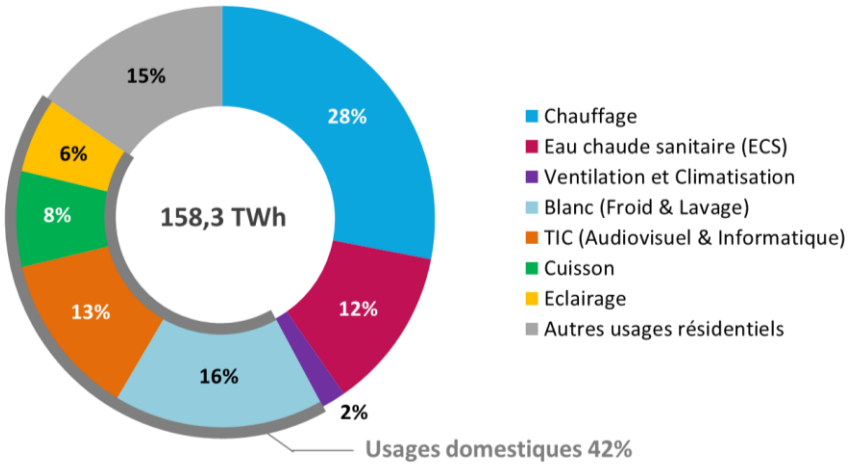


Figure 1 : Répartition par usage de la demande électrique résidentielle pour l'année 2017

Alors que la structure du parc du gros électroménager évolue peu du fait que les besoins de froid et de lavage demeurent relativement stables, les usages liés à l'audiovisuel et à l'informatique subissent une révolution avec la multiplication des appareils et l'apparition de nouveaux équipements représentant un enjeu certain en termes d'efficacité énergétique.

La quasi-totalité de ces équipements électriques sont soumis aux directives européennes sur l'écoconception (qui impose des normes de plus en plus contraignantes en matière de performance énergétique) et sur l'affichage énergétique, qui catalysent la diffusion du progrès technique selon le rythme de remplacement des équipements et donc de leur durée de vie.

[1] *La consommation électrique considérée dans ce document concerne la France continentale. Elle en outre est corrigée de différents aléas conjoncturels (températures, effacements, années bissextiles) afin de révéler ses évolutions structurelles.*

Un constat : une hétérogénéité des estimations de la consommation actuelle associée à chaque usage

Le point de passage 2017 apparaît comme un des points cruciaux dans la comparaison des trajectoires de consommation élaborées par les différents acteurs.

RTE dispose du découpage sectoriel de la consommation réalisée et mesurée année par année.

La décomposition fine par usages est un résultat de modélisation, qui s'appuie sur différentes études et mesures, et en particulier sur les études approfondies de la Commission européenne, elles-mêmes généralement étayées par des enquêtes à large échelle (ex : pour les lave-linge, le panel utilisé compte 5100 unités sur les pays analysés, dont 600 en France).

Cette modélisation, dont la méthodologie est détaillée dans la suite du document, consiste globalement à attribuer aux usages étudiés une consommation unitaire annuelle, qui sera alors appliquée au nombre de ménages concernés par l'usage. Des modèles de parc, permettant de reconstituer l'âge moyen et les caractéristiques des principaux équipements, sont notamment utilisés afin de déterminer la consommation unitaire moyenne pour chaque usage.

Le tableau ci-après propose une comparaison des valeurs issues de la reconstitution par usages calculée par RTE et des valeurs issues de publications d'autres acteurs. Ceci permet d'appréhender les écarts existants entre les différentes sources.

Les données EDF présentées figurent dans l'article « Connaître les usages électriques résidentiels : un enjeu majeur » publié dans la Revue de l'énergie de novembre-décembre 2018 (n°641). Cet article reprend les résultats d'une campagne de mesures réalisée en 2016 par EDF, et compare notamment ces résultats à la campagne de mesures de l'ADEME de 2015, dont les résultats ont été publiés en juin 2016[2], et à certaines valeurs issues du CEREN.

Les valeurs pour l'association négaWatt sont extraites du document « Hypothèses et résultats » de leur scénario 2017-2050[3]. Ce document fournit notamment les niveaux de consommation par usages en 2010 et les visions prospectives du scénario en 2020, 2030, 2040 et 2050. Seules les valeurs 2010 et 2020 sont présentées dans le tableau ci-dessous.

La comparaison proposée n'est pas exhaustive. RTE invite les participants au groupe de travail à la compléter et/ou à la mettre à jour si besoin.

Par ailleurs, les années de référence ne sont pas les mêmes pour l'ensemble des publications, et le découpage par usage peut également différer d'une publication à l'autre. La comparaison directe des résultats n'est donc pas immédiate.

Un des objectifs des échanges qui auront lieu dans le cadre de ce GT est de comprendre l'origine des écarts observés, en particulier sur le point de départ des trajectoires, et d'en percevoir les paramètres déterminants.

Il s'agira également de discuter de l'évolution envisagée à long terme pour l'ensemble des usages décrits.

[2] https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/campagne-mesures-appareils-froid-lavage-clim_2016-rapport.pdf
[3] https://negawatt.org/IMG/pdf/scenario-negawatt_2017-2050_hypotheses-et-resultats.pdf

Tableau 1 : Eléments de comparaison sur les consommations des usages spécifiques historiques

			ADEME 2015	CEREN 2016	EDF 2016	négaWatt 2010 / 2020	RTE 2017
Blanc	Froid	Réfrigérateurs			8,2	11 / 9,4	8,6
		Congélateurs indépendants			4,9	6,6 / 4,9	5,6
		Caves à vin			0,3	-	0,3
		Sous-total		**16,7**	**13,4**	**17,6 / 14,3**	**14,5**
	Lavage	Lave-linge	2,3		2,2	3,5 / 3,1	4,4
		Sèche-linge	1,7		1,8	3,2 / 2,8	3,5
		Lave-vaisselle	2,7		2,2	4 / 3,9	3,6
		Sous-total	**6,7**	**15,3**	**6,2**	**10,7 / 9,8**	**11,5**
	Total blanc			**32**	**19,6**	**-**	**26**
TIC	Audiovisuel	Téléviseurs			6,3	9,7 / 8,1	6,6
		Boîtiers TV			-	-	3,2
		Consoles de jeux de salon			-	0,6 / 0,7	1,2
		Lecteurs vidéo			-	-	0,2
		Hifi / home cinéma			-	-	1
		Audio/loisirs			1,6	0,4 / 0,6	-
		Sous-total			**-**	**-**	**12,2**
	Informatique	Ordinateurs			3,9	2,4 / 2,9	3,6
		Box internet			-	-	2,4
		Box internet et boîtiers TV			-	4 / 6	-
		Imprimantes			-	-	0,3
		Téléphones / tablettes			-	-	0,7
		Autres			2,4	1,4 / 3,2	1,1
		Sous-total			**-**	**-**	**8,1**
	Total TIC				**14,2**	**18,5 / 21,5**	**20,3**
Cuisson		Plaques			-	4,8 / 6,8	2,9
		Fours			-	4,5 / 4,9	3,3
		Fours à micro-ondes			-	-	1,8
		Hottes			-	-	0,6
		Cafetières			-	-	1,2
		Bouilloires			-	-	0,8
		Autre petit électroménager			-	-	1,4
	TOTAL cuisson				**-**	**14,1 / 16,7**	**12**
Eclairage				**8**	**9,6**	**10,7 / 6,8**	**9,3**
Autres usages		Auxiliaires de chauffage			-	1,8 / 1,8	2,2
		Piscines			-	-	2,6
		Aspirateurs			-	1,2 / 1,2	1,4
		Fers à repasser			-	2,4 / 2,5	1,6
		Autres (terme de bouclage)			-	-	16,8
	Total autres				**-**	**-**	**24,6**

2 Objectifs et éléments de méthodologie

2.1 Objectifs

La présentation de la modélisation et des hypothèses retenues proposée dans ce document, et leur mise en consultation dans le cadre du groupe de travail, a pour objectif de consolider la méthodologie adoptée et d'aboutir à des ordres de grandeur partagés par l'ensemble des acteurs.

La présentation de la modélisation des différents usages suit globalement un déroulé similaire, à savoir une présentation générale de la méthodologie, puis des hypothèses et paramètres pris en compte, avant de s'intéresser plus particulièrement à l'estimation de la consommation unitaire puis de la consommation totale de l'usage considéré.

Comme c'était le cas pour le premier volet du groupe de travail, consacré aux usages thermiques dans le secteur résidentiel, ce document de présentation fait également office d'appel à contributions. Les acteurs prenant part à ce GT seront ainsi invités à partager leur avis sur la méthodologie et les hypothèses adoptées, les valeurs retenues de leur côté, notamment en termes de consommation unitaire, et leur vision des évolutions à long terme.

2.2 Eléments de méthodologie

Selon les usages et les appareils considérés, différents types de modélisation sont utilisés afin de déterminer la consommation des usages spécifiques dans le secteur résidentiel. Dans tous les cas, il s'agit d'appliquer une consommation unitaire à un nombre de ménages concernés par l'usage, en se basant sur un taux d'équipement pour cet usage.

2.2.1 *Equipements soumis aux directives européennes d'écoconception et d'étiquetage énergétique*

Pour les usages soumis aux directives européennes d'écoconception et d'étiquetage énergétique, la modélisation repose sur des modèles de parc permettant de déterminer, pour une année donnée, la répartition du parc par classes énergétiques. Une consommation unitaire est associée à chaque classe énergétique, en se basant sur les formules théoriques données dans différents documents de la Commission européenne. Bien que théoriques, ces formules font l'objet d'études poussées à l'échelle européenne, notamment d'analyses de marché et de campagnes auprès d'utilisateurs afin de connaître au mieux leur comportement vis-à-vis des équipements, permettant ainsi la révision régulière des standards utilisés.

Les paramètres entrant en considération dans ces formules sont pris de manière normative, en s'appuyant notamment sur les observations du marché actuel. Ces informations peuvent être fournies par des études externes, par exemple de l'institut Topten.

D'autre part, il semble parfois pertinent d'amender les paramètres retenus pour établir les formules de calcul utilisées, afin de se rapprocher au mieux des comportements des utilisateurs en France. C'est par exemple le cas pour le nombre de cycles d'utilisation considérés pour les appareils de lavage, point qui sera détaillé par la suite dans le corps du texte.

Par ailleurs, pour aller dans le sens d'une amélioration continue des performances énergétiques des équipements, de nouvelles classes énergétiques sont prises en compte dans la modélisation. Les indices d'efficacité énergétique retenus pour ces classes A4+ et A5+ sont définis de manière à prolonger les tendances d'évolution entre les classes existantes.

On notera que le nom des classes énergétiques sera potentiellement amené à évoluer. En effet, le Parlement européen a adopté en juin 2017 le projet de révision d'étiquetage énergie afin de proposer aux consommateurs une nouvelle plage d'étiquettes de A à G dont le niveau de performance minimal sera régulièrement mis à jour.

Deux niveaux d'efficacité énergétique sont envisagés dans l'ensemble de la modélisation : le médian, qui correspond au prolongement des tendances actuelles, et le haut, qui correspond à une accélération des efforts en matière d'efficacité, qui se traduit notamment par une pénétration plus rapide des classes énergétiques les plus performantes sur le marché.

Les usages concernés par une telle modélisation sont :

- Produits blancs : froid et lavage
- Technologies de l'information et de la communication : téléviseurs et écrans d'ordinateurs
- Cuisson : fours

2.2.2 *Autres équipements*

Pour les équipements non soumis aux directives européennes, plusieurs méthodes sont utilisées, selon l'importance de l'usage et la présence ou non de sources fiables d'information.

Des modèles de parc sont par exemple utilisés afin de déterminer la puissance moyenne d'un appareil du parc, en distinguant fonctionnement et veille. La consommation unitaire est alors déduite de cette puissance en la multipliant par une durée d'utilisation moyenne.

On considère en entrée de ces modèles de parc des puissances, en veille et en fonctionnement, des appareils existants sur le marché à la vente, par fabricants si ces données sont disponibles. Dans ce cas, le modèle permet d'établir une répartition du parc par modèles/fabricants et d'en déduire la puissance d'un appareil moyen pour une année donnée. Autrement, les puissances moyennes sont directement issues du modèle de parc en tenant compte des flux entrants et sortants et des puissances à la vente.

Dans tous les cas, les puissances présentées dans le document sont des résultats de calcul issus de notre modélisation, et ne correspondent pas directement aux valeurs que l'on peut trouver dans des publications externes.

Pour certains équipements, de faible poids sur la consommation ou dont l'utilisation est peu répandue ou vouée à disparaître, la modélisation est plus succincte et associe simplement une puissance moyenne à une durée d'utilisation.

Enfin, le modèle n'étant pas intégralement technico-explicite, un terme de bouclage est pris en compte dans la modélisation, afin de faire coïncider la modélisation à la consommation sectorielle réalisée. Cette consommation correspond aux usages d'électricité non pris en compte par ailleurs dans la modélisation, par exemple : équipements pour le bricolage, jardinage, hygiène-beauté…

2.2.3 *Déterminants de l'évolution de la consommation*

L'ensemble des méthodes et hypothèses utilisées dans la modélisation sont présentées dans ce rapport, par catégorie d'usages. Pour les usages les plus importants, un graphique permettant d'appréhender les déterminants de l'évolution de la consommation est proposé en fin de partie, pour les trajectoires de consommation intermédiaires 2 et 3. Ces trajectoires correspondent à une évolution médiane de démographie et de taux d'équipement, et se différencient au niveau de l'efficacité énergétique : médiane pour la 3 et haute pour la 2.

Parmi les paramètres étudiés, se trouvent notamment la démographie et le taux d'équipement. L'effet démographique est porté par l'augmentation tendancielle du nombre de ménages, dans l'ensemble des trajectoires. L'évolution liée aux taux d'équipement dépend quant à elle des usages : à la hausse pour certains mais à la baisse pour d'autres.

De manière générale, la plus importante source d'évolution de la consommation provient du renouvellement du parc, à savoir le remplacement tendanciel d'équipements existants par des appareils plus performants. A cela s'ajoute, pour les appareils bénéficiant de l'étiquetage énergétique, l'effet des nouvelles classes énergétiques envisagées, mais à moindre mesure en termes de térawattheures.

Enfin, pour certains équipements de cuisson ou les appareils des technologies du numérique, les effets des améliorations technologiques envisagées sont spécifiquement identifiés. En particulier, un des principaux leviers pour l'amélioration des équipements est la baisse de puissance en veille des appareils, qui tend vers des valeurs quasi nulles en fin d'horizon. Un règlement européen d'écoconception spécifiquement dédié à la veille des appareils ménagers et de bureau est d'ailleurs en vigueur, limitant la puissance en veille des équipements[4] à des valeurs comprises entre 0,5 et 1 W selon les cas. Topten fournit également des recommandations[5] concernant la révision du règlement sur la veille, visant à étendre le périmètre auquel il est appliqué et abaisser la limite à 0,2 W.

A titre d'exemple, en 2015, la puissance moyenne en veille des machines à café à capsule était, selon Topten[6], de 0,22 W tandis que la machine la plus performante ne consomme rien en veille (0,0 W).

2.2.4 *Références*

Dans la mesure du possible, les sources utilisées dans la modélisation sont citées au fil du texte ou en note de bas de page dans le document. La liste ci-dessous propose un récapitulatif des principales sources de données.

- **Sources des formules de calcul**

Les directives européennes d'écoconception et d'étiquetage énergétique, sur lesquelles s'appuient une grande partie de la modélisation, comme évoqué précédemment, sont disponibles sur les ressources de la Commission européenne. Des liens vers les publications au Journal officiel de la Commission sont référencés en note de bas de page.

[4] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1275&from=EN
un calendrier d'entrée en vigueur est disponible dans ce document :
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0801&from=EN

[5] http://www.topten.eu/uploads/File/ECOS-EEB-Coolproducts-Topten-Ifixit_position_on_standby_networked_standby_proposal(Jan2018).pdf

[6] http://www.topten.eu/uploads/File/Topten-Standby-Recommendations-Nov-15.pdf

Le site Ecodesign suivant répertorie d'autre part différents documents de travail, notamment sur la révision des différents règlements d'écoconception.

https://www.eceee.org/ecodesign/

- **Sources utilisées pour les paramètres de calcul**

Pour établir la consommation par usages, de nombreux paramètres sont pris en considération, par exemple les taux d'équipements par ménage, la répartition des ventes, la durée de vie des équipements, etc.

Topten, outil en ligne à destination des consommateurs, présente les meilleurs modèles d'équipements de différentes catégories, notamment sur des critères d'efficacité et de consommation d'énergie, mais aussi d'aspects qualitatifs comme l'efficacité des ressources ou la santé. Il publie notamment des données concernant la vente de produits électroménagers en Europe. Ainsi, la plupart des hypothèses de répartition des ventes utilisées dans la modélisation s'appuient sur ces données.

L'institut participe également régulièrement aux travaux de révision des directives européennes d'écoconception et d'étiquetage énergétique. Dans ce but, il publie des recommandations, basées notamment sur des analyses du marché européen.

Liens utiles :

- http://www.topten.eu/
- http://www.topten.eu/documentation/

Le GIFAM, Groupement des marques d'appareils pour la maison, fournit par ailleurs des données de taux d'équipement, de ventes d'appareils ou de durées de vie des appareils. Ces dernières sont notamment reprises en entrée des modèles de parc utilisés par RTE, qui permettent par exemple d'établir des répartitions du parc par classes énergétiques.

Liens utiles :

- https://www.gifam.fr/
- Historique 2001-2011 : http://www.fo-metaux.org/content/cms_medias/pdf/BILAN_ECO_GIFAM_2011.pdf

Les hypothèses retenues peuvent également s'appuyer sur les données de GfK, plus grand institut d'études de marché et d'audit marketing d'Allemagne. Ces données ne sont pas publiques mais RTE disposait des études commandées auprès de l'institut et certains de leurs résultats étaient repris par d'autres documents, de Topten par exemple.

- **Autres sources**

Outre les organismes cités précédemment, certaines données peuvent s'appuyer sur des études spécifiques, publiques ou commanditées par RTE. Dans ce cas, ces études sont mentionnées dans le texte au niveau de l'usage concerné.

L'absence de document de référence sur le sujet complexifie l'exercice de modélisation réalisé. Il peut arriver que plusieurs sources fournissent des valeurs largement différentes. Des choix ont donc été opérés pour les paramètres concernés, en retenant la valeur qui semblait la plus cohérente.

Par ailleurs, pour limiter le nombre de variantes possibles des trajectoires de consommation envisagées, certains des paramètres et hypothèses sont pris identiques dans l'ensemble des scénarios étudiés. Ce parti pris pourra être amendé pour les paramètres qui apparaîtront comme les plus déterminants suite à la réunion du GT consommation.

3 La consommation des produits blancs

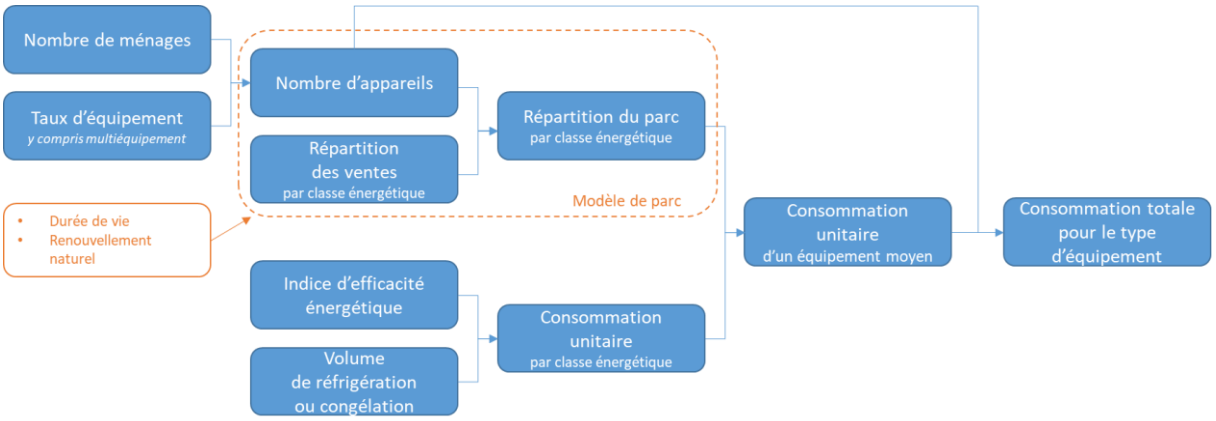
Les produits blancs correspondent, dans la modélisation par usages de la consommation, aux appareils électroménagers relatifs au froid, tels que réfrigérateurs, congélateurs ou caves à vin, et ceux de lavage, à savoir lave-linge, sèche-linge et lave-vaisselle. L'ensemble de ces usages représente en 2017 une consommation de 25,8 TWh, soit 16% de la consommation résidentielle de la France continentale.

La modélisation de ces différents usages repose principalement sur deux hypothèses : le taux d'équipement des ménages et la consommation unitaire des équipements. Cette consommation unitaire pouvant fortement varier, en fonction notamment de l'ancienneté de l'appareil et son étiquette énergétique, un modèle de parc est utilisé afin de déterminer la consommation unitaire d'un appareil moyen.

On notera par ailleurs que le taux d'équipement utilisé s'applique à l'ensemble des ménages à l'échelle de la France continentale, sans distinction de type ou de classe d'âge.

3.1 Froid

3.1.1 *Méthodologie de calcul*



3.1.2 *Hypothèses d'évolution des taux d'équipement*

Les taux d'équipement utilisés dans la modélisation reposent sur les données du Groupement des marques d'appareils pour la maison (GIFAM), les réponses à une étude menée par WattGo pour le compte de RTE et des études statistiques de l'INSEE. Ils tiennent compte du suréquipement dans certains ménages, expliquant des taux d'équipement supérieurs à 100% pour les réfrigérateurs notamment (le suréquipement est de l'ordre de 10%).

Les modes d'utilisation tendent à évoluer : les appareils combinés sont préférés aux appareils multiples, ce qui se traduit notamment par la baisse des ventes de congélateurs indépendants, et donc à terme une baisse du taux d'équipement pour ceux-ci. On constate notamment un recul des ventes de congélateurs indépendants, inférieures à 700 000 en 2017 alors qu'elles étaient de 730 000 en 2007 et même de 800 000 en 2003 (GIFAM), et ce malgré une augmentation du nombre de ménages.

Tableau 2 : Taux d'équipement des appareils de froid selon les trajectoires

	GIFAM					2017	2035		
	1990	1999	2003	2011	2013		Basse	Int. 2 et 3	Haute
Réfrigérateurs hors suréquipement pour l'historique	97%	-	98%	99%	98%	110%	105%	107%	110%
Congélateurs indépendants	-	55%	58%	60%	59%	58%	40%	47%	51%
Caves à vin	-	-	-	-	6%	6%	6%	7%	8%

3.1.3 *Hypothèses de durée de vie des équipements*

Tableau 3 : Durées de vie des équipements de froid utilisées dans la modélisation

	Durée de vie
Réfrigérateurs	13 ans
Congélateurs indépendants	20 ans
Caves à vin	11 ans

Les durées de vie retenues dans la modélisation s'appuient en partie sur les données du GIFAM et sont d'autre part confortées par le modèle de parc utilisé. En effet, avec les paramètres utilisés dont la durée de vie, la reconstitution du nombre de ventes annuelles issue du modèle de parc est cohérente avec les statistiques existantes, notamment des publications Topten.

3.1.4 *Hypothèses d'évolution des classes énergétiques*

Les classes énergétiques sont définies par leur indice d'efficacité énergétique. Les directives européennes définissent cet indice comme le ratio entre la consommation annuelle de l'appareil, issue de mesures de test, et sa consommation annuelle standard calculée de manière théorique.

Les classes énergétiques A à G pour les appareils de réfrigération ont été introduites par les directives européennes en 1995. Dès 1999, les classes D et inférieures ont été interdites à la vente sur le marché européen. Les classes B et C ont quant à elles été interdites à la vente en 2010. Entre temps, de nouvelles classes énergétiques, A+ et A++, ont été ajoutées en 2004. La classe A3+ a été introduite en 2011, et la classe A a été interdite progressivement entre 2012 et 2014[7]. Ces évolutions dénotent une volonté au niveau européen d'amélioration continue des performances énergétiques des équipements, qui est transcrite dans la modélisation utilisée par RTE.

Les classes énergétiques A4+ et A5+ présentées dans la figure ci-après n'existent pas encore actuellement. Les indices d'efficacité énergétique envisagés pour ces classes sont hypothétiques. Les valeurs retenues restent prudentes par rapport aux écarts constatés entre deux classes existantes.

[7] *Cf. table 1 du document suivant : http://www.topten.eu/uploads/File/20180124_Domestic_refrigeration_PolicyRecommendations.pdf*

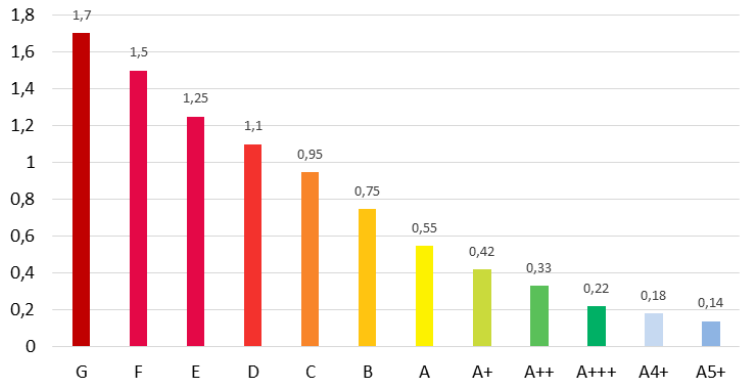


Figure 2 : Indices d'efficacité énergétique par classe pour les équipements de froid

On constate par exemple que le passage de la classe A++ à la classe A3+ traduit une baisse de 33%, tandis que les hypothèses retenues tablent sur baisse de 18% de l'indice d'efficacité pour passer de la classe A3+ à la classe A4+, et de 22% pour passer de la classe A4+ à la classe A5+.

Suivant le principe des trajectoires de consommation, l'efficacité énergétique est graduée sur deux niveaux d'intensité : médian et haut. Le niveau médian poursuit les tendances passées avec l'application des règlements actuels et l'apparition progressive d'exigences de plus en plus forte en matière d'efficacité énergétique. Le niveau haut se traduit par une accélération des efforts dans le domaine avec une prise en compte plus rapide de règlements encore plus restrictifs.

Les rythmes envisagés d'apparition des nouvelles classes énergétiques sont également prudents au vu de l'historique. Dans le cas de l'efficacité médiane, les classes A4+ et A5+ apparaissent respectivement en 2023 et 2030, tandis que dans le cas de l'efficacité haute, elles apparaissent en 2021 et 2027.

3.1.5 *Hypothèses d'évolution de la répartition des ventes*

En ce qui concerne la répartition annuelle des ventes, les données historiques sont estimées à partir de celles de Topten, reposant elles-mêmes sur des données de GfK.

On notera en particulier les évolutions suivantes en matière de classes énergétiques pour les réfrigérateurs:

- la classe C, interdite à la vente en Europe en 2010, n'était déjà plus vendue sur le marché français en 2008
- les derniers appareils de classe A, qui représentait plus de la moitié des ventes en 2004, ont été vendus en 2014
- la classe A+ représente la grande majorité des ventes en 2015 avec près de 85%
- la classe A3+, bien qu'introduite en 2011, n'apparaît dans les ventes sur le marché français qu'en 2015.

Tableau 4 : Répartition des ventes annuelles par classe énergétique et type d'équipement en 2017

	A3+	A++	A+	A	B	C	D
Réfrigérateurs	7%	22%	71%	0%	0%	0%	0%
Congélateurs indépendants	5%	35%	60%	0%	0%	0%	0%
Caves à vin	0%	7%	22%	71%	0%	0%	0%

Les prévisions à l'horizon 2035 tablent sur la pénétration d'équipements de plus en plus performants, en lien notamment avec les évolutions futures des directives européennes d'écoconception. Les équipements les moins performants seront peu à peu interdits à la vente et le renouvellement des équipements en fin de vie se fera par des appareils neufs nettement plus performants.

La différenciation des trajectoires d'efficacité énergétique, déjà évoquée précédemment, vaut également pour les hypothèses de répartition d'une année donnée. Les valeurs retenues pour les répartitions annuelles des ventes s'appuient sur les tendances historiques d'évolution des ventes par classe : la trajectoire d'efficacité médiane correspond à un prolongement des tendances actuelles, tandis que la haute correspond à une accélération des efforts en matière d'efficacité énergétique, qui se traduit par une part plus importante d'équipements plus performants.

Dans les deux cas, les trajectoires intègrent la disparition à la vente de tout réfrigérateur ou congélateur de classe inférieure à A3+ au plus tard en 2030. L'usage des caves à vin étant moins répandu, on considère une amélioration moins importante des performances.

Tableau 5 : Projections des ventes annuelles par classe énergétique et type d'équipement de froid en 2035

	Efficacité médiane				Efficacité haute			
	A5+	A4+	A3+	A++	A5+	A4+	A3+	A++
Réfrigérateurs	11%	45%	44%	0%	90%	10%	0%	0%
Congélateurs indépendants	11%	45%	44%	0%	90%	10%	0%	0%
Caves à vin	0%	11%	45%	44%	0%	25%	45%	20%

La trajectoire d'efficacité médiane correspond à un taux de pénétration tendanciel des nouvelles classes énergétiques. Suite à son apparition sur le marché, chaque classe suit ainsi un rythme d'évolution similaire à celui observé historiquement, pour la classe A++ notamment : augmentation progressive des parts de marché, puis diminution liée à l'apparition des classes supérieures.

Au contraire, la trajectoire d'efficacité haute table d'une part, comme évoqué précédemment, sur une arrivée plus tôt des classes énergétiques A4+ et A5+, et d'autre part sur une accélération de leur pénétration sur le marché. Quand, selon la trajectoire d'efficacité médiane, il faut une petite dizaine d'années pour qu'une classe atteigne les 20% de parts des ventes, il n'en faut que quatre à cinq dans la trajectoire d'efficacité haute. Cette accélération tend ainsi également à faire disparaître plus rapidement la classe A3+ au profit des classes A4+ et A5+.

Les figures suivantes présentent ainsi, à titre d'exemple, l'évolution de la répartition des ventes de réfrigérateurs par classe énergétique selon les trajectoires intermédiaires 2 et 3. Celles-ci sont basées sur les mêmes hypothèses démographiques et de taux d'équipement, mais diffèrent par leur niveau d'efficacité énergétique : haute pour la trajectoire intermédiaire 2 et médiane pour la trajectoire intermédiaire 3.

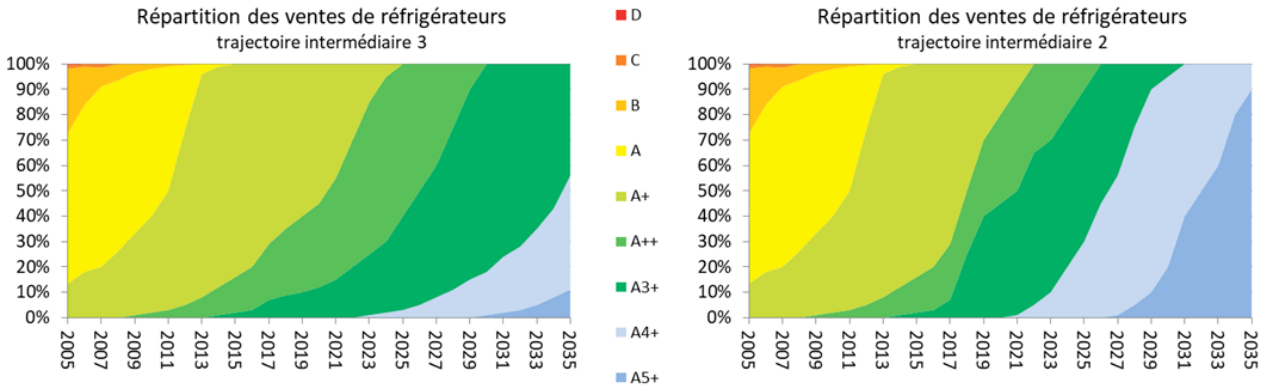


Figure 3 : Evolution de la répartition des ventes de réfrigérateurs par classe énergétique de 2005 à 2035

Les mêmes principes d'évolution sont appliqués pour les congélateurs indépendants et les caves à vin. Ainsi, la pénétration sur le marché des classes énergétiques les plus performantes suit un rythme tendanciel par rapport à l'historique selon la trajectoire d'efficacité médiane, tandis que la trajectoire d'efficacité haute traduit une accélération de ce rythme, celui-ci étant environ deux fois plus rapide que l'historique.

3.1.6 *Estimation du parc*

Sur la base des hypothèses retenues pour la durée de vie des équipements et des hypothèses de répartition des ventes, le parc de réfrigérateurs sera composé en 2035 pour l'essentiel d'appareils de classes A3+, A4+ et A5+. Celui de congélateurs quant à lui comptera encore en 2035 une part importante d'appareils A+ et A++, en raison de la durée de vie plus longue des équipements.

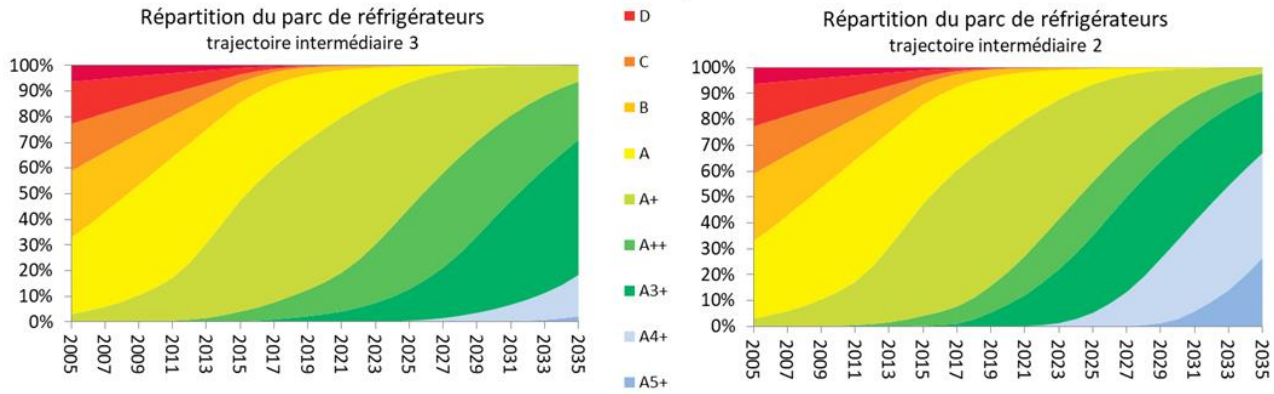


Figure 4 : Evolution de la répartition du parc de réfrigérateurs par classe énergétique entre 2005 et 2035

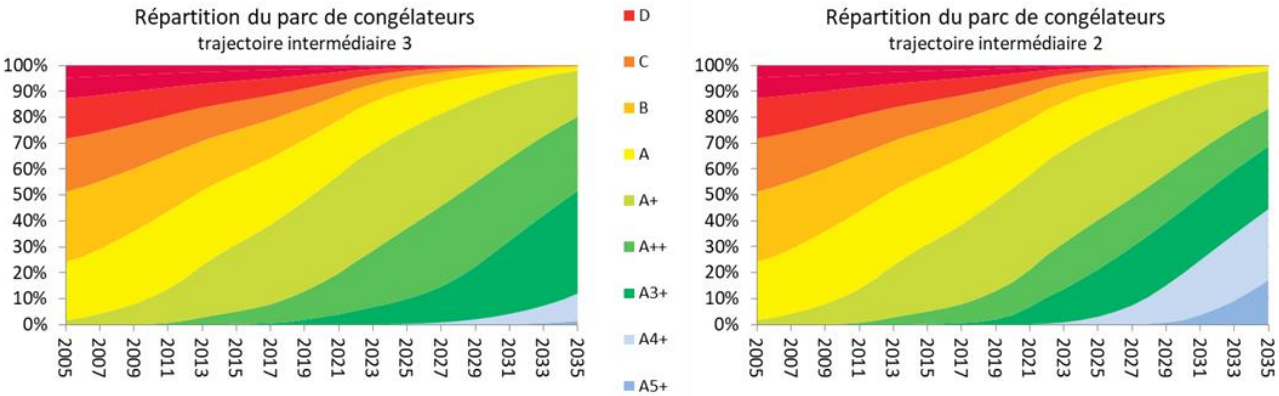


Figure 5 : Evolution de la répartition du parc de congélateurs par classe énergétique entre 2005 et 2035

3.1.7 *Hypothèses sur les volumes des équipements*

La modélisation utilisée par RTE prend en compte des volumes estimatifs des appareils de réfrigération. Il s'agit d'un paramètre déterminant pour estimer la consommation unitaire, qui sera détaillée dans le paragraphe suivant.

Des valeurs standards sont utilisées et on suppose une répartition des volumes probable par classe énergétique, en se basant notamment sur les données des fabricants. On considère par ailleurs que les volumes des compartiments réfrigérés auront tendance à augmenter dans les classes énergétiques les plus performantes, à volume extérieur constant, du fait de l'amélioration de la compacité des éléments constitutifs des appareils (parois plus fines, moteurs moins encombrants par exemple).

Le tableau suivant indique les valeurs retenues pour chacune des classes énergétiques, tenant compte de la répartition probable envisagée.

Tableau 6 : Hypothèses sur les volumes moyens des réfrigérateurs par classe énergétique

	A5+	A4+	A3+	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Réfrigérateurs simples	300	300	280	270	260	250	250	250	240	200	200	200
Réfrigérateurs combinés	340	340	330	320	320	310	300	300	290	280	280	280

Pour les réfrigérateurs la répartition par type d'appareil est également prise en compte avant d'aboutir à la consommation d'un équipement moyen. Les estimations retenues pour cette répartition se basent sur les données du GIFAM, projetées dans la modélisation RTE en tenant compte des évolutions des modes d'utilisation, à savoir une préférence accrue pour les appareils combinés.

Tableau 7 : Estimation de la répartition du parc de réfrigérateurs par catégorie (simple ou combiné)

	2007	2009	2011	2017	2035
Réfrigérateurs simples	39%	37%	35%	30%	10%
Réfrigérateurs combinés	61%	63%	65%	70%	90%

En tenant compte des hypothèses de volume par classe énergétique, couplées à la répartition du parc par classes énergétiques et la répartition entre réfrigérateurs seuls et combinés, le volume moyen d'un réfrigérateur en 2017 est estimé à 300 litres, valeur qui serait portée à 330 litres en 2035.

De la même manière, les volumes estimés des congélateurs dans la modélisation sont d'environ 200 litres en 2017 et 225 litres en 2035.

3.1.8 *Estimation de la consommation unitaire moyenne*

Pour déterminer la consommation unitaire d'un équipement selon sa classe énergétique, le calcul est effectué selon la formule décrite dans le rapport de la Commission européenne *« Household Refrigeration Review Final Report »* datant de mars 2016[8]. Celle-ci se base notamment sur les volumes des appareils, les volumes des compartiments de réfrigération, des facteurs correctifs liés au climat et à la présence ou non d'une fonction de dégivrage, ainsi que sur l'indice d'efficacité énergétique, lié à la classe de l'appareil.

[8] *Ce texte reprend les formules et données de calcul du règlement délégué n° 1060/2010 de la Commission, que vous trouverez ici : http://data.europa.eu/eli/reg_del/2010/1060/oj . Les formules sont détaillées en annexe VIII de ce document.*

$$Consommation\ unitaire = IEE * (V_{eq} * M + N + CH)$$

Où :

- IEE désigne l'indice d'efficacité énergétique
- V_{eq} est le volume équivalent de l'équipement calculé comme suit :

$$V_{eq} = \sum \left(V_c * \frac{25 - T_c}{20} * FF_c \right) * CC * BI$$

- M et N sont des indicateurs spécifiques liés à la catégorie de l'appareil considéré[9] ;
- CH est un coefficient de compensation en cas de présence d'un compartiment freezer de plus de 15 litres ;
- V_c est le volume net du compartiment considéré ;
- $\frac{25-T_c}{20}$ est un facteur thermodynamique lié à la température du compartiment[10] ;
- FF_c est le facteur correctif de dégivrage, égal à 1,2 si le compartiment dispose d'une fonction automatique de dégivrage et à 1 dans le cas contraire ;
- CC est le facteur de correction climatique, égal à 1,2 en zone tropicale, 1,1 en zone sous-tropicale et à 1 autrement ;
- BI est le facteur de correction lié à l'encastrement ou non de l'appareil.

Ce calcul est effectué par classe énergétique et séparément pour les réfrigérateurs, en distinguant les appareils simples et combinés, les congélateurs indépendants et les caves à vin.

- **Choix des paramètres**

Parmi les paramètres cités ci-dessus, certaines valeurs sont fournies directement par le règlement de la Commission européenne : les facteurs M, N et $\frac{25-T_c}{20}$. Pour les autres paramètres, des hypothèses sont prises pour se rapprocher au mieux des conditions d'utilisation des appareils de froid ménagers en France.

Par hypothèse, on considère le coefficient CH nul pour l'ensemble des appareils, en supposant que la présence d'un compartiment freezer de plus de 15 litres est marginale.

Pour les compartiments de réfrigération, le coefficient N est de 245 et le coefficient M de 0,233 en prenant les valeurs de la Commission européenne. Pour les compartiments de congélation, les coefficients M et N sont respectivement de l'ordre de 0,5 à 0,8 et de 300. Dans la formule utilisée, c'est donc le coefficient N qui a l'impact le plus important.

Le coefficient FF_C est pris égal à 1,2 pour les classes énergétiques A+ et supérieures, en supposant que les appareils de ces classes disposent automatiquement d'une fonction de dégivrage. Ce coefficient est pris égal à 1,1 pour la classe A et à 1 autrement.

Le coefficient CC est pris égal 1 puisque la zone d'étude est la France continentale, tandis que le coefficient BI est déterminé de façon pondérée en considérant qu'environ 90% des appareils ne sont pas encastrés.

On déduit alors de la répartition par classe énergétique et des consommations unitaires associées la consommation d'un équipement moyen du parc. On considère que la consommation unitaire d'un

[9] *Une table de valeurs pour ces coefficients est proposée dans le rapport de la Commission européenne (cf. lien dans la note de bas de page précédente), s'y référer pour plus de détails.*

[10] *Les valeurs retenues pour ce coefficient dans la modélisation correspondent à celles proposées dans le rapport de la Commission européenne.*

appareil d'une classe énergétique donnée est la même quelle que soit l'année. Ainsi, l'évolution de la consommation unitaire d'un appareil moyen du parc n'est liée qu'à la répartition du parc par classes énergétiques.

On notera que pour les réfrigérateurs, une étape de calcul supplémentaire est nécessaire pour intégrer la distinction entre appareils simples et combinés. Une consommation unitaire est calculée pour les deux types d'appareil, en tenant compte séparément du volume de réfrigération et du volume de congélation pour les appareils combinés. La consommation d'un appareil moyen est alors reconstituée en tenant compte de la répartition entre appareils simples et combinés, déjà évoquée précédemment (cf. Tableau 7).

Tableau 8 : Consommation unitaire annuelle d'un équipement moyen en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Réfrigérateurs	270 kWh	160 kWh	130 kWh
Congélateurs indépendants	340 kWh	180 kWh	150 kWh
Caves à vin	160 kWh	90 kWh	80 kWh

3.1.9 *Estimation de l'évolution de la consommation*

Les consommations totales par type d'appareils de froid sont obtenues en appliquant les consommations unitaires précédentes au parc concerné.

Pour rappel, les trajectoires adoptées dans le Bilan prévisionnel différent notamment de par les hypothèses démographiques et les efforts d'efficacité énergétique consentis, comme suit :

- Trajectoire basse : démographie faible et efficacité énergétique médiane
- Trajectoire intermédiaire 2 : démographie médiane et efficacité énergétique haute
- Trajectoire intermédiaire 3 : démographie et efficacité énergétique médianes
- Trajectoire haute : démographie et efficacité énergétique hautes

Ces différenciations expliquent les écarts d'une trajectoire à l'autre à horizon 2035 pour l'usage froid, dont les consommations totales sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 9 : Consommations projetées des équipements de froid à l'horizon 2035

	2017	2035			
		Bas	Intermédiaire 2	Intermédiaire 3	Haut
Réfrigérateurs	8,6 TWh	5,3 TWh	4,4 TWh	5,6 TWh	4,7 TWh
Congélateurs indépendants	5,6 TWh	2,2 TWh	2,3 TWh	2,7 TWh	2,6 TWh
Caves à vin	0,3 TWh	0,2 TWh	0,2 TWh	0,2 TWh	0,2 TWh
TOTAL	14,5 TWh	7,7 TWh	6,9 TWh	8,5 TWh	7,5 TWh

A long terme, la mise en place des directives ambitieuses de l'Union européenne sur l'écoconception tend à faire baisser la consommation des produits de froid de 41 à 52% d'ici à 2035 par rapport à 2017, y compris pour des trajectoires démographiques orientées à la hausse.

Les graphiques suivant illustrent à titre d'exemple l'évolution de la consommation des réfrigérateurs selon les trajectoires intermédiaires 2 et 3, selon les classes énergétiques des appareils.

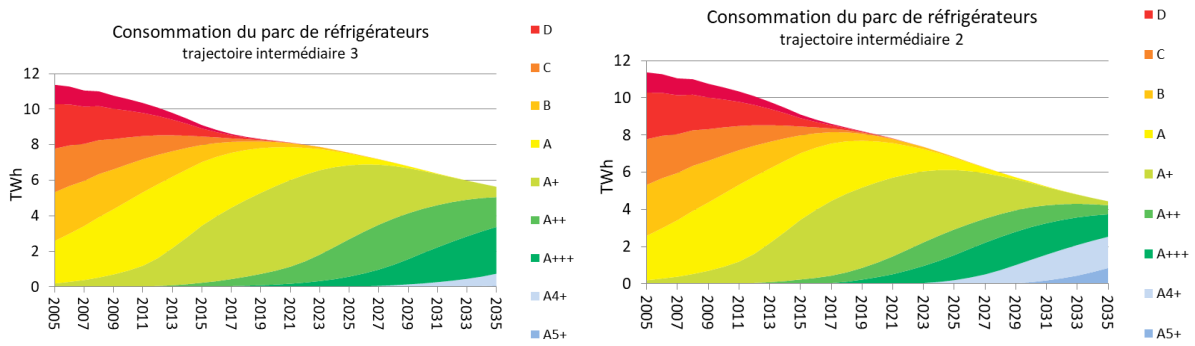


Figure 6 : Consommation du parc de réfrigérateurs selon les trajectoires intermédiaire 3 (démographie et efficacité médianes) et intermédiaire 2 (démographie médiane et efficacité haute)

3.1.10 *Déterminants de l'évolution de la consommation*

Les graphiques suivants illustrent la décomposition de l'évolution de consommation des produits froids entre 2017 et 2035 selon les trajectoires intermédiaires 2 et 3. La diminution de consommation observée, résultat de notre modélisation, tient principalement du renouvellement du parc. Cela correspond au renouvellement tendanciel des équipements, auquel s'ajoutent les hypothèses de répartition des ventes. A démographie et taux d'équipement identiques, cet effet est plus marqué dans la trajectoire intermédiaire 2, du fait de l'efficacité énergétique plus importante.

La prise en compte de nouvelles classes énergétiques influe peu sur la consommation à horizon 2035 par rapport au renouvellement du parc.

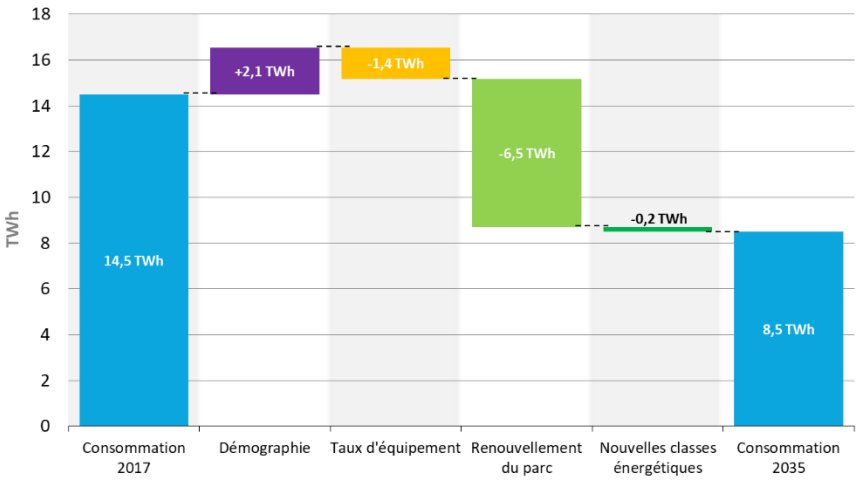


Figure 7 : Décomposition de l'évolution de la consommation des produits de froid entre 2017 et 2035 selon la trajectoire intermédiaire 3

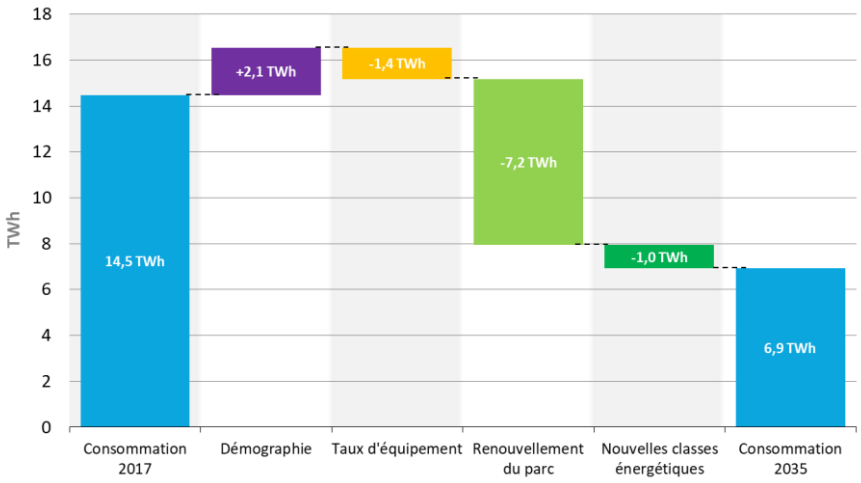


Figure 8 : Décomposition de l'évolution de la consommation des produits de froid entre 2017 et 2035 selon la trajectoire intermédiaire 2

Question 1 : Equipements de froid

Partagez-vous l'approche retenue pour la modélisation ? Si ce n'est pas le cas, quelle méthode proposez-vous ?

Êtes-vous favorable à l'utilisation des valeurs présentées dans cette partie en 2017 et à l'horizon 2035 ? Avez-vous d'autres valeurs ou des demandes de variantes à proposer ? Avez-vous d'autres sources de données à proposer ?

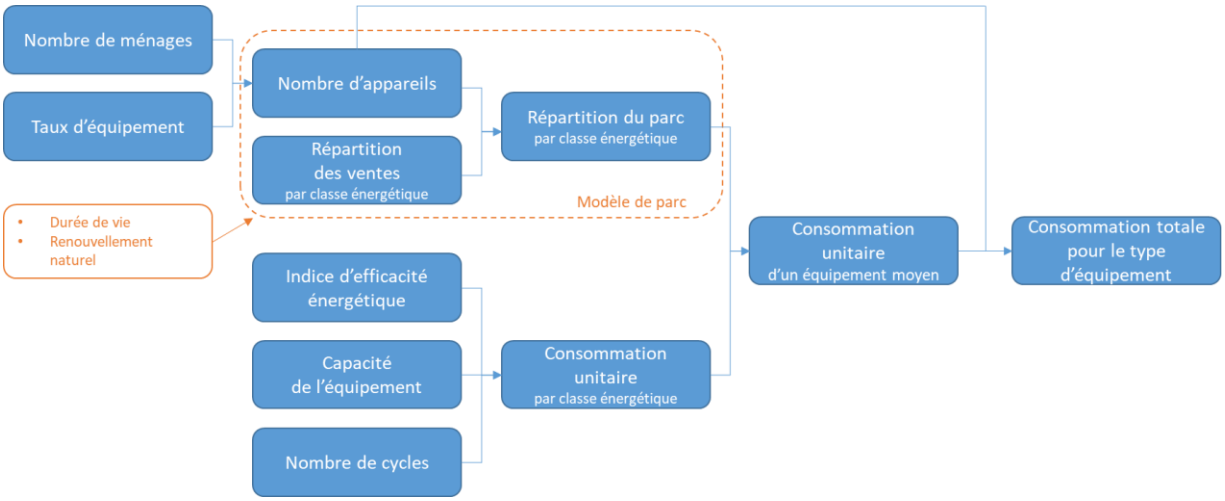
Quelles évolutions (ou quelles plages d'évolution) de ces paramètres devraient selon vous être retenues à plus long terme (horizon 2050) ?

3.2 Lavage

La modélisation utilisée distingue trois types d'équipements pour le lavage : lave-linge, sèche-linge et lave-vaisselle. La catégorie des lave-linge inclut également les lave-linge séchants.

3.2.1 *Méthodologie de calcul*

L'estimation de la consommation des équipements de lavage repose sur un modèle de parc du même type que celui utilisé pour les produits de froid.



3.2.2 *Hypothèses d'évolution des taux d'équipement*

Comme pour les équipements de froid, les taux d'équipement pris en compte dans la modélisation reposent sur les données du GIFAM, les résultats de l'étude menée par WattGo pour le compte de RTE ou encore les données de l'INSEE.

Tableau 10 : Taux d'équipement des appareils de lavage selon les trajectoires

	GIFAM					2017	2035		
	1990	2001	2003	2011	2013		Basse	Int. 2 et 3	Haute
Lave-linge	88%	-	-	96%	96%	96%	96%	97%	98%
Sèche-linge	-	-	29%	31%	31%	33%	33%	36%	42%
Lave-vaisselle	32%	45%	-	55%	59%	64%	69%	74%	79%

Une grande majorité des ménages est aujourd'hui équipée de lave-linge, le taux d'équipement a peu évolué au cours des dernières années. Les projections tablent pour la plus basse à un maintien du taux d'équipement à sa valeur actuelle et pour la plus haute à une hausse de l'ordre de 0,1% par an.

Pour ce qui est des sèche-linge, environ un tiers des ménages est actuellement équipé. Ce taux d'équipement est encore relativement limité en France. La trajectoire haute prend un taux de progression de l'ordre de 1%/an, tandis que la trajectoire basse repose sur un taux d'équipement identique en 2035 par rapport à 2017.

Enfin, pour les lave-vaisselle, une progression est envisagée dans l'ensemble des trajectoires, à des rythmes tout de même différents, allant de 0,5 à 1,2%/an jusqu'en 2035.

3.2.3 *Hypothèses de durée de vie des équipements*

Tableau 11 : Durées de vie des équipements de lavage utilisées dans la modélisation

	Durée de vie
Lave-linge	11 ans
Sèche-linge	15 ans
Lave-vaisselle	13 ans

Ces durées de vie sont supposées constantes sur tout l'horizon d'étude. Les valeurs retenues se basent sur les données du GIFAM et sont confortées par le modèle de parc.

3.2.4 *Hypothèses d'évolution des classes énergétiques*

Depuis décembre 2011[11], les classes énergétiques des lave-linge sont définies par un indice d'efficacité énergétique défini comme le rapport entre consommation réelle et consommation théorique, de manière similaire à celui des produits de froid.

La Commission européenne a lancé en 2014 un programme d'études afin de réviser les directives d'écoconception et d'étiquetage pour les lave-linge et sèche-linge. Un rapport final a été publié en 2017[12], les différents paramètres et hypothèses pris en compte dans la modélisation s'appuient sur ces travaux.

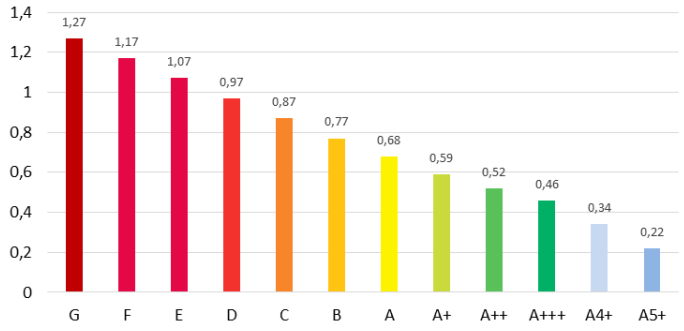


Figure 9 : Indices d'efficacité énergétique par classe pour les lave-linge

Cette nouvelle définition des classes n'est effective que pour les classes D à A3+. De ce fait, les valeurs pour les classes E, F et G ont été extrapolées à partir des écarts observés d'une classe à l'autre dans la définition des classes D à A3+. On notera d'autre part que les classes B et inférieures ont été interdites à la vente en décembre 2011 et la classe A en décembre 2013[13].

Enfin, les indices d'efficacité énergétique envisagés pour les classes A4+ et A5+ accélèrent les efforts d'efficacité énergétique par rapport aux écarts entre les classes existantes : ceux-ci sont de l'ordre de 10 à 13% entre deux classes existantes, tandis que les hypothèses retenues par RTE envisagent une baisse de 26% pour passer de la classe A3+ à la classe A4+ et de 35% entre les classes A4+ et A5+.

Pour autant, les hypothèses considérées ne sont pas en rupture avec le marché actuel de lave-linge. Il apparaît en effet, dans le rapport de 2017 mentionné précédemment, que les appareils les plus

[11] *Avant cette date, les classes énergétiques étaient caractérisées par un coefficient exprimé en kWh/kg de linge*
[12] *https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/ecodesign-and-energy-label-household-washing-machines-and-washer-dryers*
[13] *Source : « Energy efficiency of White Goods in Europe: monitoring the market with sales data », décembre 2016, Topten, ADEME*

efficaces existants ont une consommation d'énergie de l'ordre de celle de la classe A5+ envisagée dans notre modèle (qui n'existe pas encore rappelons-le).

En ce qui concerne les sèche-linge, les étiquettes énergétiques considérées dans la modélisation ont été définies en 2013 pour les classes D à A3+. Les classes D et inférieures ont d'ailleurs été interdites à la vente en novembre 2013 et la classe C en novembre 2015.

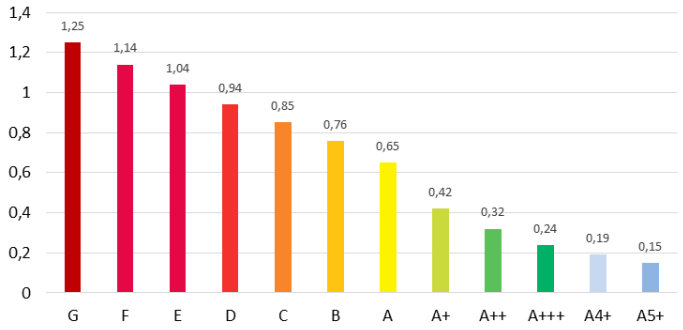


Figure 10 : Indices d'efficacité énergétique par classe pour les sèche-linge

Pour les lave-vaisselle, depuis décembre 2016, les classes A et B ne sont autorisées à la vente dans l'Union européenne que pour les appareils de faible capacité, et les classes inférieures sont interdites pour toutes les capacités.

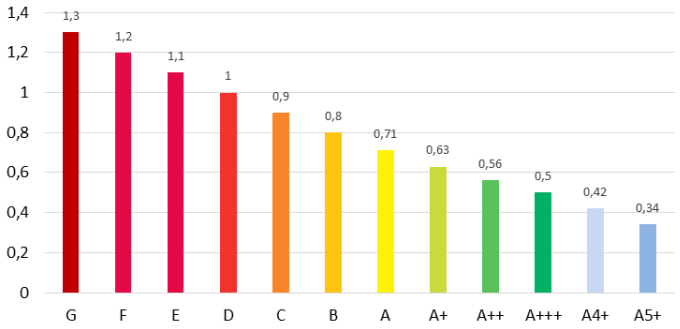


Figure 11 : Indices d'efficacité énergétique par classe pour les lave-vaisselle

Les directives européennes sur l'écoconception et l'étiquetage énergétique tendent donc à faire disparaître du marché les appareils les plus énergivores et ainsi faire baisser les consommations unitaires des équipements du parc. En revanche, du fait de la durée de vie relativement longue des équipements de lavage, le rythme d'évolution du parc reste assez lent.

3.2.5 *Hypothèses d'évolution de la répartition des ventes*

En ce qui concerne la répartition annuelle des ventes, les données historiques sont estimées à partir de celles de Topten, reposant elles-mêmes sur des données de GfK.

Tableau 12 : Répartition des ventes annuelles par classe énergétique et type d'équipement en 2017

	A3+	A2+	A+	A	B	C	D
Lave-linge	60%	25%	15%	0%	0%	0%	0%
Sèche-linge	20%	28%	22%	0%	30%	0%	0%
Lave-vaisselle	25%	42%	33%	0%	0%	0%	0%

Les projections tiennent compte des évolutions futures des directives européennes, tendant à un renouvellement du parc par des appareils de plus en plus performants et la disparition des appareils de classe inférieure à A3+.

D'autre part, deux niveaux d'efficacité énergétique sont envisagés pour les projections, selon les mêmes principes que pour les équipements de froid.

Tableau 13 : Projections des ventes annuelles par classe énergétique et type d'équipement de lavage en 2035

	Efficacité médiane				Efficacité haute			
	A5+	A4+	A3+	A++	A5+	A4+	A3+	A++
Lave-linge	100%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
Sèche-linge	20%	62%	18%	0%	50%	45%	5%	0%
Lave-vaisselle	30%	60%	10%	0%	70%	30%	0%	0%

La trajectoire d'efficacité médiane s'appuie ainsi sur une pénétration tendancielle des nouvelles classes énergétiques sur le marché, en se basant sur l'historique des ventes fourni par Topten. La trajectoire d'efficacité haute repose quant à elle sur une accélération du rythme de pénétration des classes plus performantes sur le marché, en plus d'une arrivée avancée sur le marché par rapport à la trajectoire médiane.

La figure ci-dessous présente la répartition des ventes de lave-linge par classe énergétique, pour les trajectoires intermédiaires 2 et 3, tenant compte de ces évolutions.

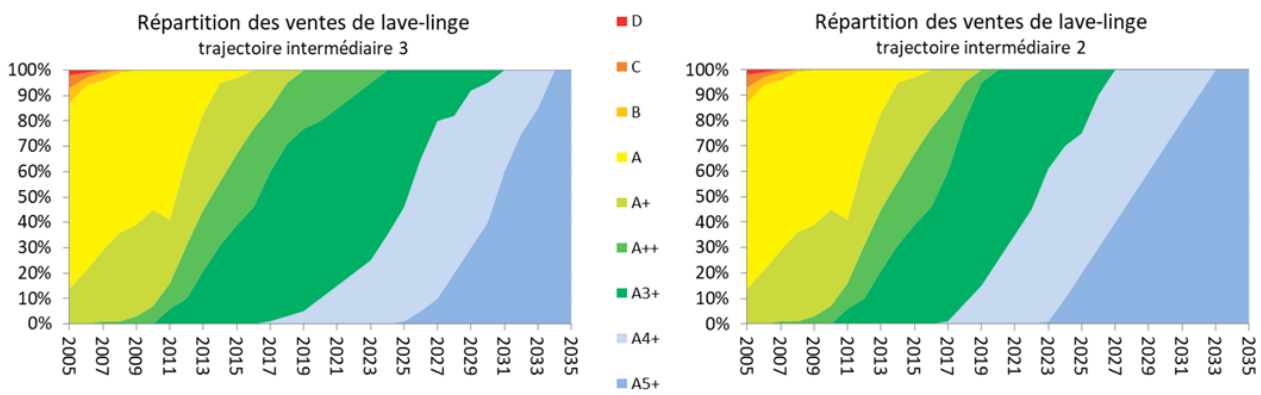


Figure 12 : Evolution de la répartition des ventes de lave-linge par classe énergétique de 2005 à 2035

Les principes d'évolution pour les sèche-linge et les lave-vaisselle sont similaires, à savoir prolongement tendanciel des rythmes de pénétration pour la trajectoire d'efficacité médiane et accélération de ce rythme pour la trajectoire d'efficacité haute.

3.2.6 *Estimation du parc*

Sur la base des hypothèses retenues pour la durée de vie des équipements et des hypothèses de répartition des ventes, les parcs de lave-linge et de lave-vaisselle seront composés en 2035 pour l'essentiel d'appareils de classes A3+, A4+ et A5+. La répartition du parc de sèche-linge en 2035 sera quant à elle plus contrastée, en raison notamment de leur durée de vie plus longue.

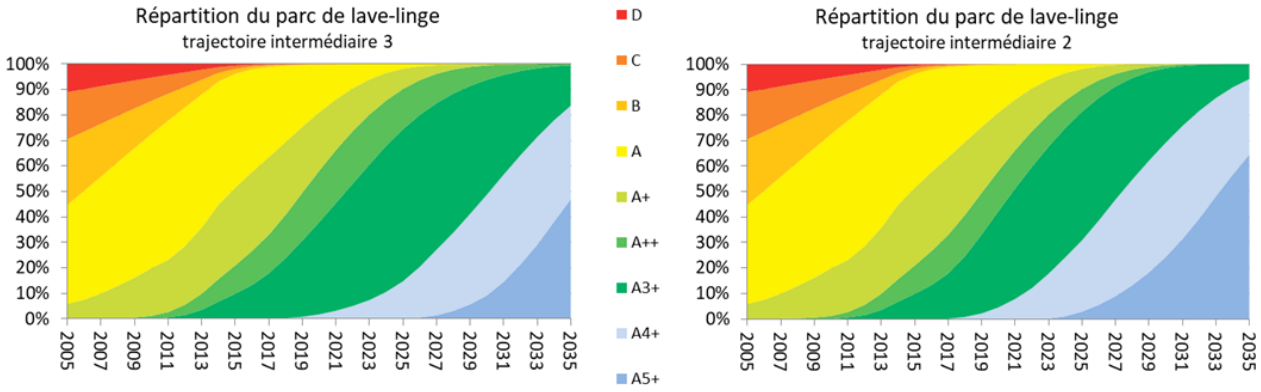


Figure 13 : Evolution de la répartition du parc de lave-linge par classe énergétique entre 2005 et 2035

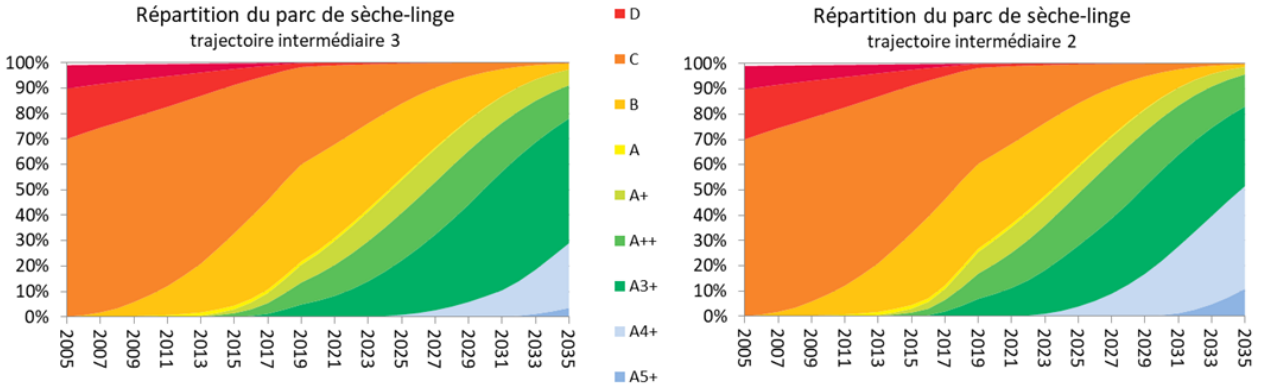


Figure 14 : Evolution de la répartition du parc de sèche-linge par classe énergétique entre 2005 et 2035

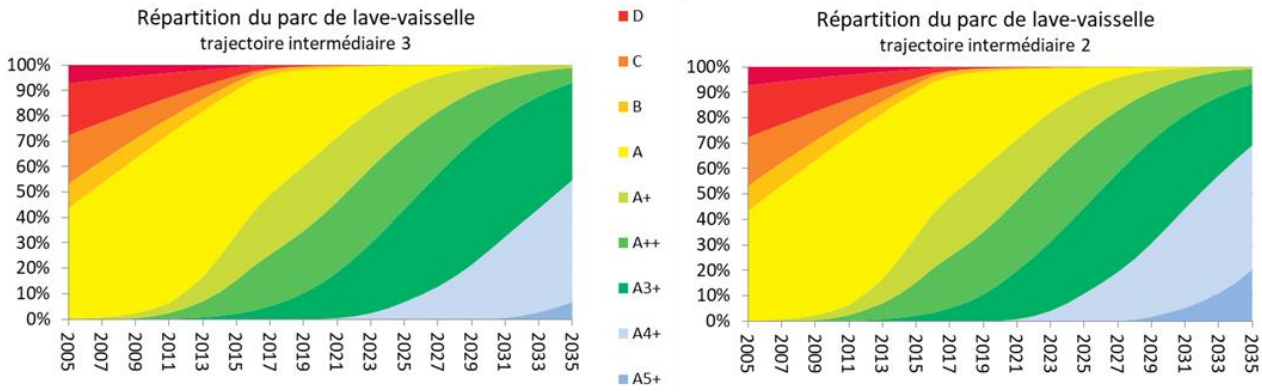


Figure 15 : Evolution de la répartition du parc de lave-vaisselle par classe énergétique entre 2005 et 2035

3.2.7 *Hypothèses sur les capacités des équipements de lavage*

La modélisation utilisée par RTE prend en compte des capacités estimatives des appareils de lavage. Il s'agit, comme pour l'usage froid, d'un paramètre déterminant pour estimer la consommation unitaire, qui sera détaillée dans le paragraphe suivant.

Des valeurs standards sont utilisées et on suppose une répartition des volumes probable par classe énergétique, en se basant notamment sur les données des fabricants, mais aussi sur une étude conjointe de l'ADEME et Topten de décembre 2016[14].

[14] *Anette Michel, Sophie Attali, Eric Bush. Topten 2016. Energy efficiency of White Goods in Europe: monitoring the market with sales data – Final report. ADEME, 72 pages : http://www.topten.eu/uploads/File/Market-Monitoring-2016-EN-Topten.eu.pdf*

- **Lave-linge**

On constate notamment, dans l'étude susmentionnée, une augmentation de la capacité des appareils vendus en France et, à l'échelle de l'Union européenne, que les capacités des appareils sont plus importantes dans les classes énergétiques les plus performantes[15]. Ceci s'explique par la compacité des éléments mécaniques des lave-linge (moteurs et autres) : à volume extérieur identique, le tambour est plus grand et donc la capacité nominale de l'appareil plus importante.

Dans la modélisation, le volume moyen d'un lave-linge d'une classe énergétique donnée est pris constant sur l'ensemble de l'horizon d'étude. L'augmentation tendancielle du volume moyen des appareils du parc est donc portée par la répartition du parc par classes énergétiques.

Tableau 14 : Hypothèses sur les capacités moyennes (en kg) des lave-linge par classes énergétiques

	A5+	A4+	A3+	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Lave-linge	7,7	7,5	6,8	6,2	5,9	5,4	5,4	5,3	5,2	5,2	5,2	5,2

Les valeurs ci-dessus sont le résultat d'un calcul tenant compte d'une répartition probable des capacités par classe.

- **Sèche-linge**

Des constats similaires sur l'évolution des capacités des sèche-linge peuvent être tirés du même document[16]. Le tableau ci-dessous présente les hypothèses de capacité moyenne des sèche-linge par classes énergétiques retenues dans la modélisation. Comme pour les lave-linge, il s'agit d'un résultat de calcul tenant compte d'une répartition probable des capacités par classe.

Tableau 15 : Hypothèses sur les capacités moyennes (en kg) des sèche-linge par classes énergétiques

	A5+	A4+	A3+	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Sèche-linge	8,4	8,1	7,2	6,8	6,5	6,0	5,6	5,3	5,1	5,0	5,0	5,0

- **Lave-vaisselle**

La capacité des lave-vaisselle est évaluée en nombre de couverts. Les capacités moyennes par classe sont estimées en considérant, comme les autres appareils de lavage, un nombre de couverts plus grand pour les classes énergétiques les plus performantes. On considère, selon les classes, une part de 5 à 10% de lave-vaisselle d'une capacité de 8 couverts, le reste étant des appareils de 12 à 13 couverts.

Cette répartition aboutit aux résultats suivants pour les capacités moyennes des lave-vaisselle par classes énergétiques.

Tableau 16 : Hypothèses sur les capacités moyennes (en nombre de couverts) des lave-vaisselle par classes énergétiques

	A5+	A4+	A3+	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Sèche-linge	12,4	12,3	12,2	12,2	12,1	11,9	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6

[15] *Cf. figures 32 et 43 du rapport mentionné dans la note de bas de page précédente*
[16] *Cf. figures 55 et 65 de ce même rapport*

3.2.8 *Estimation de la consommation unitaire moyenne*

Le calcul des consommations unitaires par classe énergétique s'effectue d'après les formules décrites dans les règlements d'écoconception de la Commission européenne, en particulier les rapports *« Ecodesign and Energy label for Household Dishwashers »* et *« Ecodesign and Energy Label for Household Washing machines and washer dryers »* datant tous deux de 2017.

Ces formules sont explicitées ci-après. Pour chaque type d'équipement, les capacités nominales retenues dans la modélisation correspondent à des valeurs standards et on suppose une répartition des capacités probable par classe énergétique, en se basant notamment sur les données des fabricants. Ces paramètres sont par ailleurs supposés constants sur l'ensemble de l'horizon d'étude.

Consommation unitaire des lave-linge

Pour les lave-linge, une distinction est faite entre les appareils simples et ceux intégrant une fonction séchage. Selon le GIFAM, la part du parc intégrant une telle fonction est de 8% en 2017, et était de 6,5% en 2013. Le GIFAM constate également une augmentation des ventes de tels équipements, ce qui conduit à progressivement porter leur part à 15% d'ici à 2035[17].

$$Consommation\ unitaire\ lave-linge = IEE * (47{,}0 * c + 51{,}7)$$

où IEE est l'indice d'efficacité énergétique de l'appareil, lié à sa classe énergétique, et c sa capacité nominale.

Cette formule de calcul, issue des travaux de la Commission européenne, vaut pour des cycles de lavage à 40°C. La proposition de révision des directives d'écoconception[18] estime d'ailleurs que la température moyenne de lavage en France est de 43°C.

Leur consommation unitaire est dans un premier temps calculée pour 220 cycles annuels de lavage, valeur retenue dans la définition des étiquettes énergétiques, puis ramenée à un nombre de cycles de 164 en 2017 et 151 en 2035.

La valeur de 220 cycles annuels paraît en effet peu réaliste. D'autre part, une campagne de mesures réalisée par Enertech pour le compte de l'ADEME en juin 2016[19] aboutit à un nombre moyen de cycles de 168 par an. La valeur retenue dans notre modélisation concernant le nombre de cycles, qui repose sur des études antérieures encore, semble donc cohérente.

D'autre part, on constate depuis une bonne dizaine d'années, une augmentation de la capacité des lave-linge à la vente[20], et donc par effet de renouvellement, de la capacité moyenne d'un lave-linge en France. Ceci permet de justifier en partie la baisse envisagée du nombre de cycles par an. On envisage également une utilisation plus raisonnable des lave-linge, favorisant des cycles à charge pleine plus espacés dans le temps plutôt que de nombreux cycles à charge partielle.

Consommation unitaire des sèche-linge

En ce qui concerne les sèche-linge, deux types de technologie sont distingués : les appareils à condensation et les appareils à évacuation. On observe cependant un déclin des sèche-linge à

[17] https://www.lesnumeriques.com/lave-linge/lave-linge-sechants-alliance-parfaite-a2691.html
[18] *Déjà évoquée au paragraphe 3.2.4 concernant les classes énergétiques ; cf. figure 3.12 de ce document*
Cette étude porte sur 11 pays d'Europe, un panel de 600 ménages a été interrogé pour la France.
[19] https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/campagne-mesures-appareils-froid-lavage-clim_2016-rapport.pdf
[20] *Source Topten.eu :* http://www.topten.eu/uploads/File/Market-Monitoring-2016-EN-Topten.eu.pdf *(fig. 32)*

évacuation, leur part étant passée de 40% en 2005 à 25% en 2017 d'après les données du GIFAM. C'est pourquoi la projection à 2035 envisage une part de 7% de ces équipements.

$$Consommation\ unitaire\ sèche - linge = IEE * (140 * c^{0,8} - \alpha\left(30 * \frac{T_t}{60}\right))$$

où IEE est l'indice d'efficacité énergétique, c la capacité nominale de l'appareil, α un coefficient lié au type d'appareil (égal à 1 pour un sèche-linge à évacuation et 0 sinon) et T_t la durée pondérée du programme pour le programme coton standard (prise égale à 100 dans la modélisation).

La consommation unitaire des sèche-linge est calculée sur la base de 160 cycles annuels, qui est celle de l'étiquette énergétique des équipements, puis ramenée à 144 cycles en 2017 et 131 en 2035, pour des raisons similaires à celles évoquées dans le cas des lave-linge. Le nombre de cycles retenu dans la modélisation semble cohérent avec la campagne de mesures de l'ADEME évoquée précédemment.

Consommation unitaire des lave-vaisselle

Enfin, pour les lave-vaisselle, les étiquettes énergétiques sont établies sur la base de 280 cycles par an. Notre modélisation rapporte la consommation unitaire ainsi calculée à 184 cycles en 2017 et 171 cycles en 2035, pour des raisons similaires à celles évoquées pour les équipements de soin du linge et en cohérence avec la campagne de mesures de l'ADEME.

La formule de calcul de la consommation unitaire d'un lave-vaisselle dépend de sa capacité et de sa taille :

- Pour une capacité nominale supérieure à 10 couverts et une largeur supérieure à 50 cm :

$$consommation\ unitaire\ lave - vaisselle = IEE * (7{,}0 * ps + 378)$$

- Pour une capacité nominale inférieure à 9 couverts ou pour les appareils ménagers de capacité comprise entre 9 et 11 couverts et de largeur inférieure à 50 cm :

$$consommation\ unitaire\ lave - vaisselle = IEE * (25{,}2 * ps + 126)$$

où IEE désigne l'indice d'efficacité énergétique de l'appareil et ps sa capacité nominale (nombre de couverts).

La prise en compte de ces formules de calcul et la répartition du parc d'équipements par classe énergétique permet d'aboutir aux consommations unitaires annuelles présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 17 : Consommation unitaire annuelle d'un équipement moyen en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Lave-linge	160 kWh	100 kWh	90 kWh
Sèche-linge	370 kWh	140 kWh	130 kWh
Lave-vaisselle	200 kWh	130 kWh	120 kWh

De par la méthode de calcul utilisée, les évolutions de consommation unitaire d'un appareil moyen sont donc essentiellement liées à la répartition du parc par classe énergétique et au nombre de cycles de lavage par an.

3.2.9 *Estimation de l'évolution de la consommation*

Les consommations totales sont calculées en appliquant ces consommations unitaires au nombre de ménages équipés. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 18 : Consommations projetées des équipements de lavage à l'horizon 2035

	2017	2035			
		Bas	Intermédiaire 2	Intermédiaire 3	Haut
Lave-linge	4,4 TWh	2,9 TWh	2,8 TWh	3,1 TWh	2,9 TWh
Sèche-linge	3,5 TWh	1,5 TWh	1,5 TWh	1,6 TWh	1,8 TWh
Lave-vaisselle	3,6 TWh	2,8 TWh	2,9 TWh	3,1 TWh	3,2 TWh
TOTAL	11,5 TWh	7,2 TWh	7,2 TWh	7,8 TWh	7,9 TWh

A long terme, la mise en place des directives ambitieuses de l'Union européenne sur l'écoconception tendent à faire baisser la consommation des produits de lavage de 31 à 37% d'ici à 2035 par rapport à 2017, y compris pour des trajectoires démographiques orientées à la hausse.

3.2.10 *Déterminants de l'évolution de la consommation*

Les graphiques suivants présentent la décomposition de l'évolution de la consommation des produits de lavage entre 2017 et 2035 selon les trajectoires intermédiaires 2 et 3. Pour rappel, ces trajectoires suivent les mêmes évolutions de démographie et de taux d'équipement, à savoir médianes, et se différencient en matière d'efficacité énergétique : médiane pour l'intermédiaire 3 et haute pour l'intermédiaire 2.

Comme pour les produits de froid, le principal élément influant sur l'évolution de la consommation est le renouvellement du parc, dont l'effet est plus important dans la trajectoire intermédiaire 2 que dans la 3 en raison des efforts plus importants d'efficacité énergétique.

Les hypothèses prises sur l'arrivée des nouvelles classes énergétiques A4+ et A5+ influent également sur l'évolution de la consommation, à moindre mesure.

Par rapport à ces éléments, la réduction envisagée du nombre de cycles de lavage n'a qu'un faible impact sur la consommation des équipements de lavage en 2035.

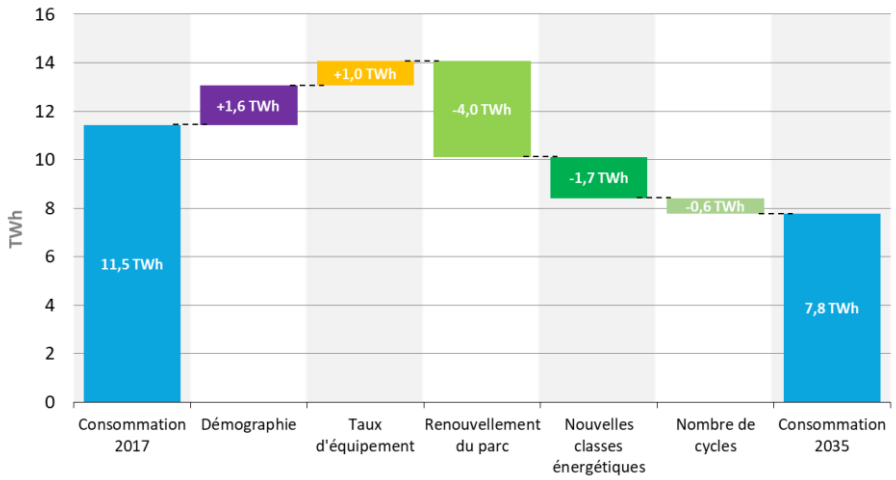


Figure 16 : Décomposition de l'évolution de la consommation des produits de lavage entre 2017 et 2035 selon la trajectoire intermédiaire 3

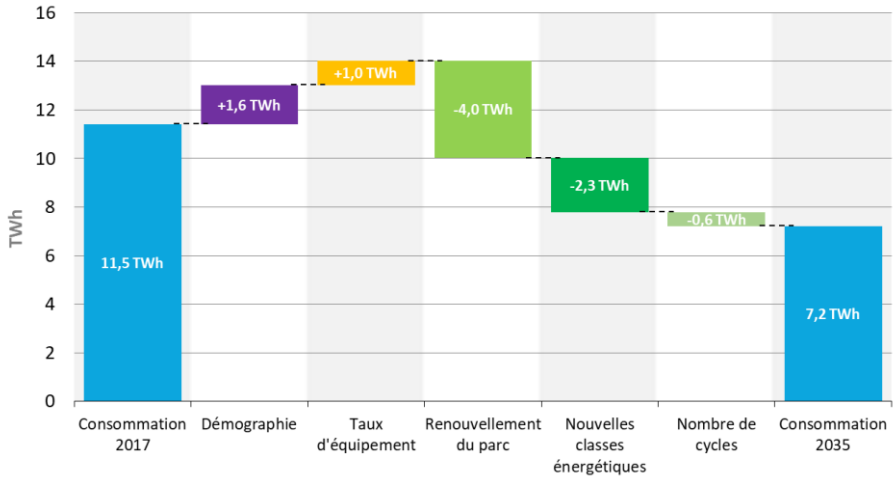


Figure 17 : Décomposition de l'évolution de la consommation des produits de lavage entre 2017 et 2035 selon la trajectoire intermédiaire 2

Question 2 : Equipements de lavage

Partagez-vous l'approche retenue pour la modélisation ? Si ce n'est pas le cas, quelle méthode proposez-vous ?

Êtes-vous favorable à l'utilisation des valeurs présentées dans cette partie en 2017 et à l'horizon 2035 ? Avez-vous d'autres valeurs ou des demandes de variantes à proposer ? Avez-vous d'autres sources de données à proposer ?

Quelles évolutions (ou quelles plages d'évolution) de ces paramètres devraient selon vous être retenues à plus long terme (horizon 2050) ?

4 La consommation des produits des technologies de l'information et de la communication

Globalement, l'ensemble des usages liés au numérique est compris dans la rubrique des technologies de l'information et de la communication (TIC). Il s'agit ainsi des téléviseurs et appareils liés, comme les lecteurs vidéos, box TV internet, décodeurs pour câble et/ou TNT, consoles de jeux de salon et équipements audio de type hi-fi et home cinéma, et des équipements informatiques tels que les ordinateurs, fixes et portables, imprimantes, box internet, téléphones fixes et portables et autres tablettes numériques.

L'ensemble de ces usages représente en 2017 une consommation de 20,2 TWh soit 13% de la consommation du secteur résidentiel.

Comme pour les produits blancs, la modélisation de la consommation de ces usages repose sur un taux d'équipement et une consommation unitaire, celle-ci étant déterminée pour un appareil moyen en fonction du parc.

4.1 Téléviseurs

4.1.1 *Hypothèses d'évolution des taux d'équipement*

Les téléviseurs principaux sont distingués des appareils secondaires pour les foyers disposant d'équipement multiple, en raison notamment des différences de modes d'utilisation. C'est pourquoi deux taux d'équipement sont identifiés pour cet usage : un taux d'équipement en téléviseurs, comptabilisant le pourcentage de foyers disposant d'au moins un téléviseur, et un taux dit de multi-équipement, correspondant à la part de foyers disposant d'au moins deux téléviseurs.

Les taux d'équipement utilisés dans la modélisation reposent sur les données de l'INSEE et de GfK.

Tableau 19 : Taux d'équipement des téléviseurs en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035		
		Basse	Int. 2 et 3	Haute
Téléviseurs	95%	89%	91%	95%
Multi-équipement (2 ou plus)	58%	41%	47%	54%

La tendance à la baisse du taux d'équipement et du multiéquipement est par ailleurs confirmée par le Baromètre du numérique 2018[21].

4.1.2 *Hypothèses de durée de vie des équipements*

La durée de vie moyenne des téléviseurs retenue par RTE dans la modélisation est de 9 ans, et ne varie pas d'ici 2035.

[21] https://labo.societenumerique.gouv.fr/barometre/

4.1.3 *Hypothèses d'évolution des classes énergétiques*

A l'image des produits blancs, les téléviseurs actuels sont classés par efficacité énergétique, de l'indice G pour les appareils les plus énergivores, à A3+ pour les derniers téléviseurs.

La modélisation utilisée fait apparaître d'ici quelques années de nouvelles classes énergétiques plus performantes que celles existantes : en 2021 ou 2022 pour la classe « A4+ » et en 2027 ou 2030 pour la classe « A5+ ». Cela traduit la volonté, plus ou moins marquée selon le scénario envisagé, de poursuivre les efforts en matière d'efficacité énergétique des équipements.

En revanche, les hypothèses concernant l'indice d'efficacité énergétique associé à ces nouvelles classes restent prudentes. Il est ainsi envisagé une baisse de 20% de consommation pour passer de la classe A3+ à A4+ et de 25% pour passer de A4+ à A5+, tandis que la baisse est de 38% entre les classes A3+ et A2+ par exemple.

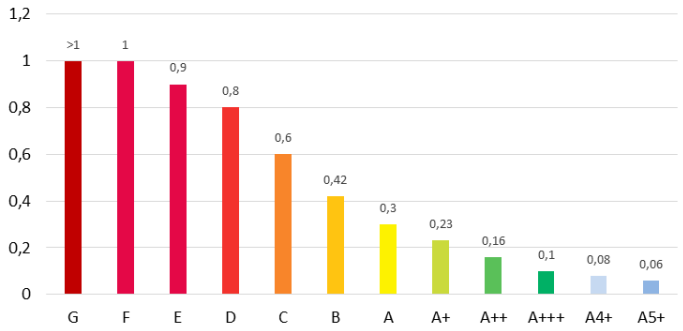


Figure 18 : Indices d'efficacité énergétique par classe pour les téléviseurs

Deux trajectoires d'efficacité énergétique sont envisagées. Elles diffèrent par l'année d'arrivée sur le marché des nouvelles classes énergétiques A4+ et A5+ : respectivement 2022 et 2030 pour l'efficacité médiane et 2021 et 2027 pour l'efficacité haute.

4.1.4 *Hypothèses d'évolution de la répartition des ventes*

L'amélioration de l'efficacité énergétique des équipements se diffuse plus rapidement que pour le gros électroménager, en raison de la durée de vie plus faible des téléviseurs.

Tableau 20 : Répartition des ventes annuelles de téléviseurs par classe énergétique en 2017

	A3+	A2+	A+	A	B	C	D
Téléviseurs	5%	30%	45%	20%	0%	0%	0%

Les données Topten sur lesquelles s'appuient les valeurs de répartition des ventes s'arrêtent en 2015-2016. Les valeurs présentées ci-dessus correspondent à une estimation faite à partir de l'historique Topten dans le cadre du Bilan prévisionnel et sont susceptibles d'être surestimées, notamment pour la classe A3+.

Les projections tiennent compte d'évolutions futures des directives européennes, tendant à un renouvellement du parc par des appareils de plus en plus performants et la disparition à la vente des appareils les moins performants.

Outre l'année d'arrivée sur le marché des nouvelles classes énergétiques qui diffère, la trajectoire d'efficacité haute prend en compte une pénétration plus rapide sur le marché de ces classes par rapport à la trajectoire d'efficacité médiane.

Tableau 21 : Projections des ventes annuelles de téléviseurs par classe énergétique en 2035

	Efficacité médiane				Efficacité haute			
	A5+	A4+	A3+	A++	A5+	A4+	A3+	A++
Téléviseurs	30%	57%	13%	0%	70%	30%	0%	0%

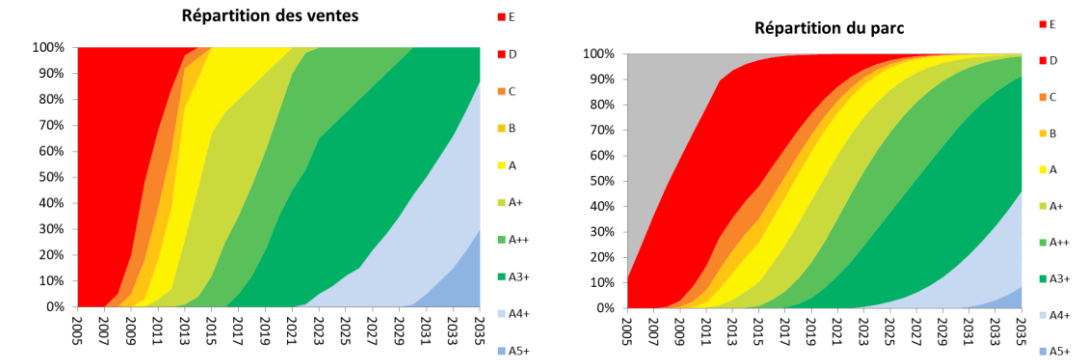


Figure 19 : Répartition des ventes et du parc de téléviseurs entre 2005 et 2035 (exemple : trajectoire intermédiaire 3)

4.1.5 *Hypothèses d'évolution de taille d'écran*

Pour une année donnée, la diagonale moyenne d'un téléviseur est déterminée par l'intermédiaire du modèle de parc, qui intègre des hypothèses concernant la diagonale des appareils à la vente. La surface A utilisée dans le calcul de puissance en fonctionnement (cf. 4.1.7) provient directement de cette diagonale moyenne.

Une étude de Topten[22] portant sur le marché des téléviseurs en Europe entre 2007 et 2012 fait état d'une taille d'écran à la vente comprise entre 34 et 40 pouces environ. En se basant sur ce résultat et en considérant une augmentation progressive de la taille des écrans, hypothèse s'appuyant d'ailleurs sur cette même étude, on considère que les écrans de télévision en vente en 2017 sont en moyenne d'une diagonale de 38 pouces. Cette valeur est progressivement augmentée dans le modèle.

En revanche, contrairement aux autres paramètres comme la répartition des classes à la vente, on considère la même évolution de la taille des écrans selon les deux trajectoires d'efficacité envisagées.

L'ensemble des hypothèses intégrées dans le modèle de parc conduit à un téléviseur moyen d'une diagonale de 33 pouces en 2017 et 45 pouces en 2035, et d'un indice d'efficacité énergétique de 0,5 en 2017 et 0,1 en 2035. Cet indice moyen est estimé en tenant compte des indices par classe décrits précédemment et de la répartition du parc par classe.

[22] https://www.topten.ch/sites/default/files/flyer%20pdfs/TV_market_2007%E2%80%932012_Topten.pdf

4.1.6 *Hypothèses de durée d'utilisation d'un téléviseur*

Pour estimer la puissance à la consommation d'énergie en fonctionnement, le texte de la Commission européenne retient une durée d'utilisation quotidienne d'un téléviseur de 4 heures.

Ce paramètre est amendé dans notre modélisation pour prendre en compte les données du CSA et de Médiamétrie. Ces organismes fournissent la durée moyenne quotidienne passée devant la télévision d'une personne. En extrapolant ces durées d'utilisation au foyer entier et en tenant compte de l'utilisation d'un téléviseur pour d'autres activités que la diffusion télévisuelle (vidéo à la demande, jeux vidéo, DVD par exemple), on considère ainsi une utilisation quotidienne des écrans de télévisions de l'ordre de 7 heures pour un téléviseur principal et de 1,5 heure pour un téléviseur secondaire.

4.1.7 *Estimation de la consommation unitaire d'un téléviseur*

La consommation unitaire d'un téléviseur moyen est déterminée à partir d'un modèle de parc similaire à ceux décrits précédemment.

La consommation unitaire est calculée pour chaque classe énergétique en tenant compte de la puissance en veille, celle en fonctionnement et celle lorsque l'appareil est éteint, mais également de la diagonale du téléviseur et du temps d'utilisation moyen. C'est d'ailleurs ce dernier point qui amène une différence de consommation entre téléviseur principal et secondaire.

La puissance en fonctionnement est déterminée, pour une classe énergétique et une diagonale données, à partir de la formule établie par la Commission européenne dans le cadre du règlement d'écoconception des téléviseurs[23].

$$P\ fonctionnement = IEE * (P_{basic} + A * 4{,}3224)$$

Où IEE désigne l'indice d'efficacité énergétique de l'appareil, P_{basic} une puissance de base dépendant de la configuration de l'appareil[24] et A la surface d'écran exprimée en dm².

Les hypothèses et le modèle de parc utilisé conduisent ainsi aux consommations unitaires de téléviseurs présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 22 : Consommation unitaire annuelle d'un téléviseur moyen en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Téléviseur principal	200 kWh	70 kWh	60 kWh
Téléviseur secondaire	60 kWh	20 kWh	20 kWh

[23] *Cf. annexe II de la publication au Journal officiel : http://data.europa.eu/eli/reg_del/2010/1062/oj*

[24] *Les valeurs données dans le document de la Commission européenne dépendent de la présence ou non d'un ou plusieurs tuners et de la présence ou non d'un disque dur intégré. Par hypothèse, les appareils des classes les plus performantes, a priori les plus récents sur le marché, présentent des fonctionnalités plus avancées. On retient donc des valeurs de P_{basic} plus importantes pour les appareils des classes les plus performantes.*

4.2 Autres appareils audiovisuels

Cette catégorie regroupe les lecteurs vidéos (magnétoscopes, DVD, blu-ray), les consoles de jeux de salon, les périphériques audio (chaînes hifi, enceintes et home cinéma) ainsi que les décodeurs télé (pour la TNT ou le câble par exemple, mais aussi boîtiers pour recevoir la télévision par internet).

Des modèles de parc sont utilisés pour les boîtiers TV et les consoles de jeux. Toutefois, contrairement à celui décrit pour déterminer la consommation des téléviseurs, basé sur les classes énergétiques des équipements, ces modèles se basent sur les différents fournisseurs et marques disponibles sur le marché. Ces modèles sont utilisés pour déterminer la consommation unitaire moyenne des équipements, à appliquer au parc de logements équipés.

4.2.1 *Boîtiers TV*

Hypothèses relatives au taux d'équipement des ménages

Il s'agit donc de déterminer dans un premier temps le nombre de ménages concernés, à partir d'un taux d'équipement.

On observe notamment que de plus en plus de foyers passent par leur fournisseur internet pour la télévision, d'où l'évolution envisagée pour les boîtiers TV.

Tableau 23 : Taux d'équipement des boîtiers TV en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035	
		Trajectoire basse	Trajectoire haute
Boîtier TV internet	83%	99%	100%
Boîtier TV satellite	17%	0%	2%
Boîtier TV TNT	10%	0%	0%

Hypothèses de durée de vie des équipements

La durée de vie retenue pour ces équipements est de 8 ans, chiffre supposé stable sur l'horizon d'étude.

Hypothèses relatives à la puissance des équipements en 2017 et hypothèses d'amélioration des performances des appareils

Il apparaît par ailleurs que selon les fournisseurs d'accès internet et/ou de câble, les puissances des boîtiers TV présentent d'importants écarts, pouvant même aller du simple au double entre deux fournisseurs[25].

Le modèle de parc sert donc, pour les boîtiers TV passant par internet, à établir la puissance d'un équipement moyen, en tenant compte de la répartition du parc par fournisseurs d'accès. La répartition actuelle par fournisseurs est établie en partie sur la base du nombre d'abonnés.

Dans l'esprit d'une amélioration continue des performances des équipements numériques, les projections font apparaître à partir de 2020 des boîtiers de nouvelle génération, dont les performances

[25] *Les valeurs utilisées en entrée du modèle de parc s'appuient notamment sur les articles suivants :*
https://www.lesnumeriques.com/prix-consommation-electrique-a704/la-consommation-des-box-internet-ap549.html
https://www.echosdunet.net/dossiers/facture-denergie-peut-on-reduire-consommation-electrique-sa-box-internet

à la fois en veille et en fonctionnement sont meilleures que celles des appareils existants. On considère qu'à terme en 2035, l'ensemble des boîtiers TV passant par internet seront de ce type.

L'hypothèse retenue par RTE pour ces boîtiers plus performants est une puissance en fonctionnement de 12 W, ce qui correspond à la meilleure performance observée actuellement sur le marché, et une puissance en veille de 1,5 W. Cette dernière hypothèse est nettement plus ambitieuse et repose sur le fait que les principaux travaux d'efficacité énergétique se font au niveau de la veille des équipements, en lien avec les directives concernant la veille des équipements évoquées en introduction.

Pour les boîtiers TV satellite et TNT, on utilise un modèle simplifié avec des hypothèses normatives de puissance des appareils. Ces puissances sont amenées à baisser entre 2017 et 2035 mais l'impact de cette baisse sur la consommation de l'usage est marginale, puisque ce type d'équipement ne sera plus présent ou presque en fin d'horizon.

Tableau 24 : Puissance d'un équipement moyen en 2017 et 2035

		2017	2035
Boîtier TV internet	En fonctionnement	16 W	12 W
	En veille	13 W	1,5 W
Boîtier TV satellite	En fonctionnement	13 W	5 W
	En veille	4 W	0,5 W
Boîtier TV TNT	En fonctionnement	8 W	5 W
	En veille	1 W	0,5 W

Hypothèses relatives à la durée d'utilisation des équipements

On retient une durée moyenne d'utilisation de 6,5 heures par jour pour tous les types de boîtiers à partir de 2016.

Estimation de la consommation unitaire annuelle des équipements

Le passage en consommation unitaire s'effectue simplement par multiplication de ces puissances par un temps d'utilisation.

Tableau 25 : Consommation unitaire annuelle d'un équipement moyen en 2017 et 2035

	2017	2035
Boîtier TV internet	120 kWh	40 kWh
Boîtier TV satellite	50 kWh	15 kWh
Boîtier TV TNT	25 kWh	15 kWh

4.2.2 *Consoles de jeux*

Hypothèses relatives au taux d'équipement des ménages

Les données de taux d'équipement sont basées sur celles de GfK.

Tableau 26 : Taux d'équipement des consoles de jeux de salon selon les trajectoires

	GfK				2017	2035		
	2005	2008	2011	2013		Basse	Int. 2 et 3	Haute
Consoles de jeux	27%	35%	43%	46%	48%	50%	56%	62%

Hypothèses de de durée de vie des équipements

La durée de vie retenue pour ces équipements est de 7 ans, chiffre supposé stable sur l'horizon d'étude.

Hypothèses relatives à la puissance des équipements

Un modèle de parc, basé sur les différentes consoles disponibles sur le marché, est utilisé pour déterminer les puissances moyennes, en veille et en fonctionnement, d'une console du parc. On envisage d'autre part l'arrivée sur le marché de consoles plus économes. L'économie d'énergie ainsi engendrée est plus ou moins importante selon la trajectoire d'efficacité énergétique décrite.

Les hypothèses de ce modèle de parc s'appuient notamment sur des articles du Centre national du cinéma et de l'image animée (CNC) sur les pratiques de consommation de jeu vidéo des Français et sur le marché du jeu vidéo en France. Les puissances des consoles utilisées dans le modèle de parc afin d'en déterminer une valeur moyenne s'appuient sur une étude du NRDC[26] (*Natural Resources Defense Council*), organisation non gouvernementale américaine œuvrant pour la protection de l'environnement.

Les résultats issus du modèle de parc sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 27 : Puissance d'une console de jeux moyenne en 2017 et 2035

		2017	2035	
			Efficacité médiane	Efficacité haute
Consoles de jeux	En fonctionnement	95 W	80 W	60 W
	En veille	5 W	1,5 W	0,5 W

Hypothèses relatives à la durée d'utilisation des équipements

D'après des données de GfK de 2012, le temps d'utilisation d'une console de jeux de salon est estimé à 500 heures par an.

Estimation de la consommation unitaire annuelle des équipements

Ceci permet d'estimer la consommation unitaire moyenne d'une console.

[26] https://www.nrdc.org/sites/default/files/consoles.pdf *(2008)*
https://www.nrdc.org/sites/default/files/video-game-consoles-IP.pdf *(2014)*

Tableau 28 : Consommation unitaire moyenne d'une console de jeux en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Consoles de jeux	90 kWh	50 kWh	30 kWh

4.2.3 *Lecteurs vidéo et audio*

En ce qui concerne les lecteurs vidéo (magnétoscopes, lecteurs DVD et blu-ray), leur utilisation est de moins en moins fréquente dans les foyers et tend même à disparaître, au profit par exemple des plateformes de vidéos à la demande ou de streaming. C'est pourquoi notre modélisation envisage à terme une consommation nulle pour cet usage.

En revanche, pour le matériel hifi et home cinéma, la tendance est plutôt à une relative stabilité du taux d'équipement. L'amélioration des performances de ce type d'équipement tendra à faire légèrement baisser la consommation liée à cet usage.

4.3 Récapitulatif des consommations des produits audiovisuels et déterminants de l'évolution de la consommation

Tableau 29 : Consommations projetées des équipements d'audiovisuel à l'horizon 2035

	2017	2035			
		Bas	Intermédiaire 2	Intermédiaire 3	Haut
Téléviseurs	6,6 TWh	2,1 TWh	2,1 TWh	2,3 TWh	2,3 TWh
Boîtiers TV	3,2 TWh	1,2 TWh	1,2 TWh	1,3 TWh	1,3 TWh
Consoles de jeux de salon	1,2 TWh	0,8 TWh	0,6 TWh	0,9 TWh	0,7 TWh
Lecteurs vidéo	0,2 TWh	0 TWh	0 TWh	0 TWh	0 TWh
Hifi / home cinéma	1,0 TWh	0,7 TWh	0,7 TWh	0,7 TWh	0,8 TWh
TOTAL audiovisuel	**12,2 TWh**	**4,8 TWh**	**4,6 TWh**	**5,2 TWh**	**5,1 TWh**

Les différentes trajectoires envisagées tablent ainsi sur une baisse de consommation de l'ordre de 60% des équipements audiovisuels en 2035 par rapport à 2017. Cette baisse se justifie par un renouvellement du parc et l'amélioration des performances des équipements sur le marché. D'autre part, certains usages sont voués à prendre de moins en moins d'ampleur au sein des foyers français.

4.3.1 *Déterminants de la consommation des téléviseurs*

Les graphiques suivants présentent la décomposition de l'évolution de la consommation des téléviseurs entre 2017 et 2035 selon les trajectoires intermédiaires 2 et 3.

L'effet le plus important sur la consommation repose sur le renouvellement du parc, à savoir le remplacement tendanciel des équipements existants par des appareils plus performants. Le poids de cet effet est estimé séparément de l'apparition des nouvelles classes énergétiques et de l'augmentation envisagée de la taille des écrans.

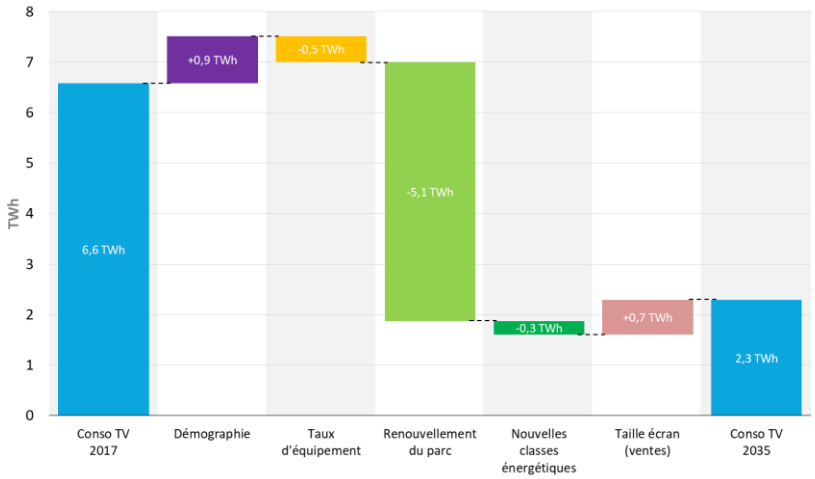


Figure 20 : Décomposition de l'évolution de la consommation des téléviseurs entre 2017 et 2035 selon la trajectoire intermédiaire 3

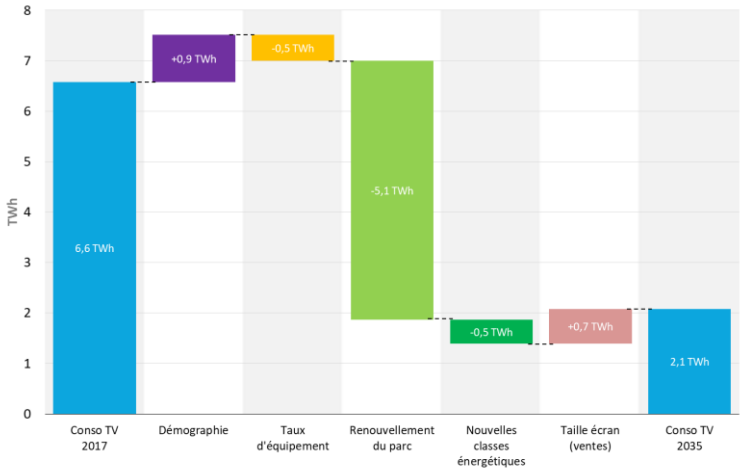


Figure 21 : Décomposition de l'évolution de la consommation des téléviseurs entre 2017 et 2035 selon la trajectoire intermédiaire 2

4.3.2 *Déterminants de la consommation des autres équipements audiovisuels*

Les graphiques suivants présentent la décomposition de l'évolution de la consommation des autres équipements audiovisuels entre 2017 et 2035 selon les trajectoires intermédiaires 2 et 3.

A taux d'équipement et démographie constants, l'évolution de la consommation des boîtiers TV, consoles de jeux et autres périphériques audiovisuels est principalement portée par le renouvellement du parc. A cela s'ajoute l'effet des améliorations techniques envisagées dans la modélisation,

notamment par l'arrivée de nouveaux boîtiers TV moins énergivores : la réduction de 1,1 TWh repose majoritairement sur la baisse de consommation en veille de ces boîtiers.

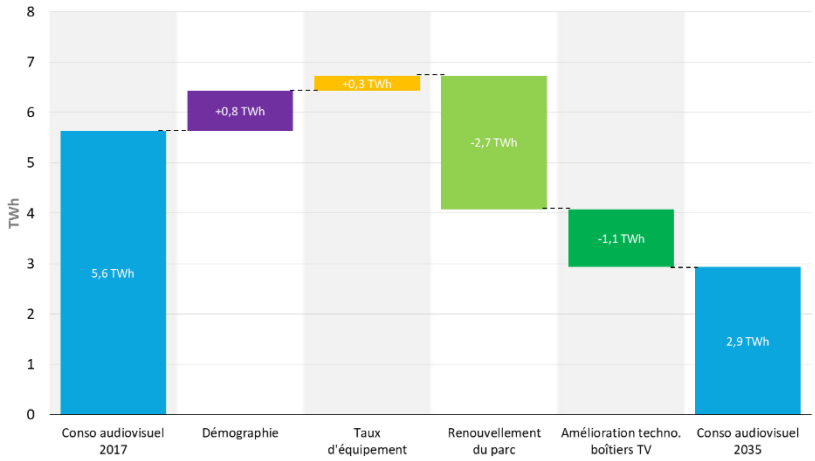


Figure 22 : Décomposition de l'évolution de la consommation des autres équipements audiovisuels entre 2017 et 2035 selon la trajectoire intermédiaire 3

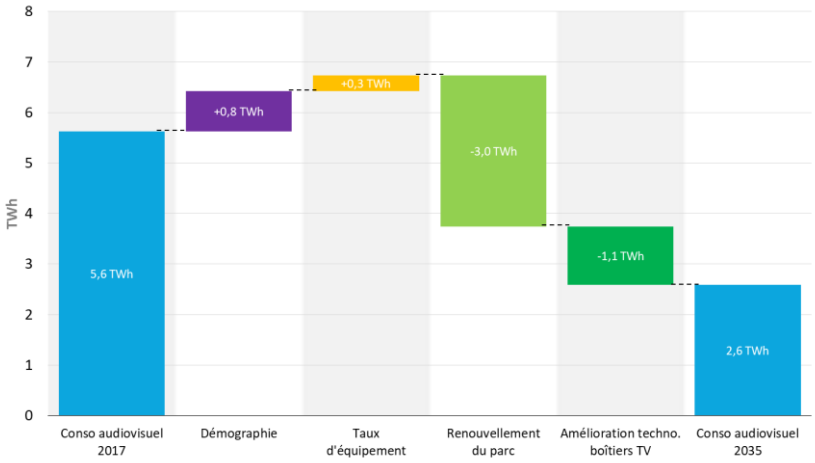


Figure 23 : Décomposition de l'évolution de la consommation des autres équipements audiovisuels entre 2017 et 2035 selon la trajectoire intermédiaire 2

Question 3 : Equipements audiovisuels

Partagez-vous l'approche retenue pour la modélisation ? Si ce n'est pas le cas, quelle méthode proposez-vous ?

Êtes-vous favorable à l'utilisation des valeurs présentées dans cette partie en 2017 et à l'horizon 2035 ? Avez-vous d'autres valeurs ou des demandes de variantes à proposer ? Avez-vous d'autres sources de données à proposer ?

Quelles évolutions (ou quelles plages d'évolution) de ces paramètres devraient selon vous être retenues à plus long terme (horizon 2050) ?

4.4 Equipements informatiques

Cette partie s'intéresse plus particulièrement à la consommation des ordinateurs, fixes et portables, des équipements annexes tels que box internet ou imprimantes, ainsi que des téléphones, fixes et portables et des tablettes numériques. Un solde est également modélisé pour prendre en compte par exemple les chargeurs des appareils non mentionnés précédemment (appareils photo, caméras, objets connectés, etc.) ou encore les éléments de domotique.

Des modèles de parc sont utilisés pour déterminer la consommation des ordinateurs et des box internet.

4.4.1 *Ordinateurs*

Sont distingués dans la modélisation les ordinateurs fixes et portables d'une part, et les postes principaux et secondaires d'autre part. C'est pourquoi un taux de multiéquipement est pris en compte.

Les valeurs retenues se basent sur des données du CREDOC et de GfK.

Tableau 30 : Taux d'équipement et de multiéquipement d'ordinateurs en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035		
		Basse	Int. 2 et 3	Haute
Ordinateur fixe principal	42%	15%	20%	22%
Ordinateur portable principal	40%	70%	70%	70%
Multiéquipement ordinateur fixe	10%	0%	1%	4%
Multiéquipement ordinateur portable	27%	30%	35%	35%

La consommation unitaire d'un ordinateur fixe est déterminée à partir de celle de l'unité centrale d'une part et de celle de l'écran d'autre part.

Le modèle de parc utilisé pour les unités centrales se base sur une durée de vie d'équipement de 7 ans, et prend comme hypothèses les puissances des unités centrales à la vente. Ces hypothèses supposent notamment à terme une puissance quasi nulle lorsque l'équipement est en veille ou à l'arrêt, et une baisse importante de la puissance en fonctionnement. Comme pour les autres usages décrits jusque-là, deux trajectoires d'efficacité énergétique sont envisagées. Celles-ci diffèrent essentiellement sur le niveau de puissance des unités centrales à la vente.

En ce qui concerne les écrans, le modèle reprend la structure du parc de téléviseurs décrit précédemment, adapté à la taille des écrans d'ordinateurs.

Tableau 31 : Puissances moyennes d'une unité centrale et d'un écran d'ordinateur fixe en 2017 et 2035 selon les trajectoires

		2017	2035	
			Efficacité médiane	Efficacité haute
Unité centrale	En fonctionnement	69 W	47 W	43 W
	En veille	1,8 W	0,7 W	0,3 W
	A l'arrêt	1,5 W	0,1 W	0,0 W
Ecran	En fonctionnement	36 W	9 W	8 W
	En veille	1,3 W	0,1 W	0,0 W
	A l'arrêt	0,5W	0,1 W	0,1 W

Les consommations unitaires des ordinateurs principaux et secondaires diffèrent par les temps d'utilisation considérés. Les temps d'utilisation retenus dans la modélisation se basent sur des données de GfK de 2013. Ils sont supposés constants entre 2017 et 2035.

Tableau 32 : Pourcentage d'utilisation des ordinateurs fixes

	Unité centrale		Ecran	
	Principal	Secondaire	Principal	Secondaire
En fonctionnement	22%	10%	18%	8%
En veille	33%	45%	49%	59%
A l'arrêt	45%	45%	33%	33%

Pour la consommation des ordinateurs portables, il n'est plus question de distinguer unité centrale et écran. Un modèle de parc similaire à celui des unités centrales, décrit précédemment, est utilisé pour déterminer la puissance moyenne d'un ordinateur portable, selon le mode de fonctionnement.

Tableau 33 : Puissance moyenne d'un ordinateur portable en 2017 et 2035 selon les trajectoires

		2017	2035	
			Efficacité médiane	Efficacité haute
Unité centrale	En fonctionnement	22 W	15 W	13 W
	En veille	1,8 W	0,9 W	0,5 W
	A l'arrêt	0,8 W	0,0 W	0,0 W

De même que pour les ordinateurs fixes, les temps d'utilisation des ordinateurs portables diffèrent selon qu'il s'agisse d'un équipement principal ou secondaire. La répartition des temps de fonctionnement est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 34 : Pourcentage d'utilisation d'un ordinateur portable

	Ordinateur portable	
	Principal	Secondaire
En fonctionnement	18%	7%
En veille	37%	48%
A l'arrêt	45%	45%

L'ensemble des hypothèses et résultats de modèles de parc présentés précédemment permettent d'aboutir aux consommations unitaires suivantes :

Tableau 35 : Consommation unitaire annuelle d'un ordinateur moyen en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Ordinateur fixe principal	220 kWh	120 kWh	110 kWh
Ordinateur fixe secondaire	110 kWh	60 kWh	50 kWh
Ordinateur portable principal	40 kWh	30 kWh	20 kWh
Ordinateur portable secondaire	20 kWh	10 kWh	10 kWh

4.4.2 *Box internet (routeurs)*

Pour la plupart des fournisseurs d'accès à internet, la formule « tv + internet » se fait par l'installation de deux boîtiers distincts pour la télévision et internet. Ce paragraphe s'intéresse donc à la box internet à proprement parler et, dans le cas où télévision et internet ne sont pas indépendants physiquement, à la seule partie internet/wifi de la box.

Si aujourd'hui tous les ménages français ne sont pas équipés de box internet, on considère que cet usage va prendre de plus en plus d'ampleur pour atteindre à long terme un taux d'équipement de 100%. Les trajectoires d'évolution envisagées se différencient par le moment où ce taux de 100% sera atteint, arrivant plus tôt dans la trajectoire haute. Les hypothèses envisagées s'appuient notamment sur les travaux du CREDOC et de GfK.

Tableau 36 : Taux d'équipement en box internet en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035		
		Basse	Int. 2 et 3	Haute
Box internet	89%	100%	100%	100%

Un modèle de parc, basé sur les différents fournisseurs d'accès à internet et les différents modèles de box internet disponibles sur le marché, est utilisé afin de déterminer la puissance moyenne d'un équipement. On considère ainsi une répartition par fournisseurs d'accès et la puissance de la box internet de ce fournisseur.

On envisage par ailleurs l'arrivée d'équipements plus performants en termes de consommation d'énergie, allant dans le sens d'une volonté d'efficacité énergétique. Là encore, deux trajectoires sont envisagées selon le niveau d'efficacité, mais elles aboutissent à terme à un parc similaire, la différence résidant dans l'année d'apparition des box de nouvelle génération.

Tableau 37 : Puissance moyenne d'une box internet en fonctionnement en 2017 et 2035

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Box internet	11 W	7,5 W	7,5 W

A partir de cette puissance moyenne, on détermine la consommation unitaire en considérant que les box internet restent en fonctionnement 24h/24. Les résultats (arrondis à la dizaine) sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 38 : Consommation unitaire moyenne d'une box internet en 2017 et 2035

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Box internet	100 kWh	70 kWh	70 kWh

4.4.3 *Imprimantes*

La modélisation de la consommation des imprimantes est plus succincte, cet usage représentant une part très faible de la consommation résidentielle.

Tableau 39 : Taux d'équipement des imprimantes en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035		
		Basse	Int. 2 et 3	Haute
Imprimantes	58%	45%	53%	58%

Tableau 40 : Puissance moyenne et consommation unitaire d'une imprimante en 2017 et 2035

	2017	2035
Puissance moyenne (en veille)	2,3 W	0,5 W
Consommation unitaire	20 kWh	4 kWh

4.4.4 *Téléphones, tablettes et autres petits équipements numériques*

Les taux d'équipement pour ces usages s'appuient sur les données du CREDOC et de GfK. Les hypothèses à long terme tablent sur une augmentation des appareils mobiles (téléphones et tablettes) ainsi que des divers objets connectés. Pour ce qui est de la téléphonie fixe, on suppose un déclin de l'usage au profit des téléphones portables, avec pour la trajectoire la plus haute une stabilité du taux d'équipement.

Tableau 41 : Taux d'équipement (y compris multiéquipement) par foyer des téléphones, tablettes en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035		
		Basse	Int. 2 et 3	Haute
Téléphone fixe	85%	78%	81%	85%
Téléphone portable	205%	214%	223%	241%
Tablettes	65%	97%	145%	171%

Les estimations de consommations unitaires sont les suivantes, en prenant comme base 10 Wh pour la charge d'un téléphone portable et 30 Wh pour la charge d'une tablette.

Tableau 42 : Consommations unitaires moyennes des petits équipements numériques en 2017 et 2035

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Téléphone fixe	12 kWh	12 kWh	8 kWh
Téléphone portable	4 kWh	4 kWh	3 kWh
Tablettes	11 kWh	12 kWh	11 kWh

Un solde de produits TIC est également envisagé dans la modélisation, afin de prendre en compte tout autre équipement numérique dont peut être équipé un foyer : appareils photo, montres connectées, domotique, etc.

On considère qu'actuellement, en moyenne, un foyer dispose de 3,8 objets de la sorte. Afin de se prémunir de l'apparition de nouveaux objets numériques, difficile à anticiper, ce nombre est amené à croître de façon contrastée dans les différentes trajectoires, pour atteindre 5,6 à 8,3 objets en moyenne par foyer selon les trajectoires.

De manière normative, la consommation unitaire annuelle associée à ces équipements est estimée à 10 kWh, valeur évoluant légèrement à la baisse jusqu'en fin d'horizon.

4.4.5 *Récapitulatif des consommations des équipements informatiques*

Dans l'ensemble, l'amélioration des performances énergétiques tend à faire baisser les consommations unitaires des équipements, mais cette baisse est contrebalancée par la multiplication des équipements, en particulier des appareils mobiles et objets connectés.

Tableau 43 : Consommations projetées des équipements informatiques et numériques selon les trajectoires

	2017	2035			
		Bas	Intermédiaire 2	Intermédiaire 3	Haut
Ordinateurs	3,6 TWh	1,3 TWh	1,3 TWh	1,5 TWh	1,5 TWh
Box internet	2,4 TWh	2,1 TWh	2,1 TWh	2,2 TWh	2,2 TWh
Imprimantes	0,3 TWh	0,1 TWh	0,1 TWh	0,1 TWh	0,1 TWh
Téléphones / tablettes	0,7 TWh	0,9 TWh	0,9 TWh	1,2 TWh	1,1 TWh
Autres[27]	1,1 TWh	1,7 TWh	1,9 TWh	2,0 TWh	2,5 TWh
TOTAL informatique	**8,1 TWh**	**6,1 TWh**	**6,3 TWh**	**7,0 TWh**	**7,4 TWh**

4.4.6 *Déterminants de la consommation des ordinateurs*

Les graphiques suivants s'intéressent plus particulièrement à l'évolution de la consommation des ordinateurs entre 2017 et 2035, selon les trajectoires intermédiaires 2 et 3.

L'évolution liée au taux d'équipement est principalement portée par la baisse du taux d'équipement en ordinateurs fixes, à hauteur de 1,9 TWh. A l'inverse, l'augmentation du taux d'équipement en ordinateurs portables tend à faire augmenter la consommation, mais à bien moindre mesure (hausse de 0,5 TWh environ) puisque la consommation d'un ordinateur portable est nettement plus faible que celle d'un ordinateur fixe.

[27] *Comme évoqué dans le paragraphe 4.4.4, il s'agit d'un solde permettant, autant que possible, d'anticiper d'éventuels nouveaux usages numériques.*

D'autre part, les améliorations technologiques concernent davantage les ordinateurs portables que les fixes, à hauteur d'environ 55 à 60% selon les trajectoires, et traduisent les efforts en matière d'efficacité énergétique, à la fois sur la puissance des appareils en fonctionnement et la puissance en veille.

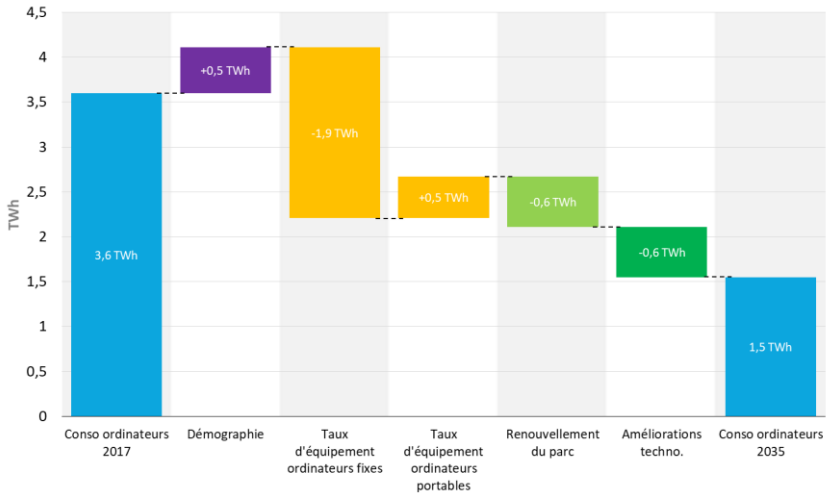


Figure 24 : Décomposition de l'évolution de la consommation des ordinateurs entre 2017 et 2035 selon la trajectoire intermédiaire 3

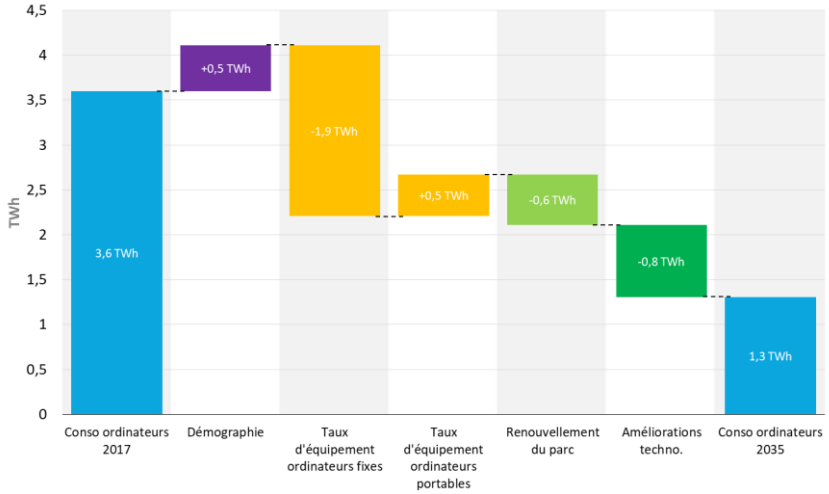


Figure 25 : Décomposition de l'évolution de la consommation des ordinateurs entre 2017 et 2035 selon la trajectoire intermédiaire 2

Question 4 : Equipements informatiques

Partagez-vous l'approche retenue pour la modélisation ? Si ce n'est pas le cas, quelle méthode proposez-vous ?

Êtes-vous favorable à l'utilisation des valeurs présentées dans cette partie en 2017 et à l'horizon 2035 ? Avez-vous d'autres valeurs ou des demandes de variantes à proposer ? Avez-vous d'autres sources de données à proposer ?

Quelles évolutions (ou quelles plages d'évolution) de ces paramètres devraient selon vous être retenues à plus long terme (horizon 2050) ?

5 La consommation de l'usage cuisson

Le périmètre considéré pour la modélisation de l'usage cuisson comprend les plaques de cuisson électriques, les fours électriques, les fours à micro-ondes, les hottes aspirantes, mais aussi les petits appareils électroménagers comme les cafetières ou bouilloires. D'autres appareils peuvent assurer une fonction de cuisson (grille-pain, planchas, barbecues électriques, robots cuiseurs, friteuses, etc.). Ceux-ci ne sont pas explicitement modélisés mais apparaissent dans un solde de l'usage cuisson.

L'ensemble de cet usage représente en 2017 une consommation de 12 TWh, soit 7% de la consommation résidentielle de la France continentale.

On notera qu'une grande majorité des hypothèses prises en compte dans cette partie de la modélisation repose sur les études « Etude sur les pratiques en matière de cuisson domestique » et « Mesure des consommations d'énergie pour l'usage cuisson domestique », menées respectivement en 2013 et entre 2015 et 2016 pour le compte de RTE, l'ADEME, GrDF et le Comité français butane propane (CFBP).

5.1 Plaques

On observe depuis quelques années un déclin des cuisinières intégrées, au profit des tables de cuisson séparées, cette tendance est donc prolongée dans notre modélisation jusqu'en 2035.

Les trajectoires envisagées sont contrastées en termes d'électrification de l'usage mais supposent dans tous les cas une augmentation de la part d'électricité.

Tableau 44 : Taux d'équipement des plaques électriques en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035		
		Basse	Int. 2 et 3	Haute
Cuisinière intégrée	36%	14%	14%	14%
Table de cuisson	63%	85%	85%	85%
Part de plaques électriques dans cuisinière	41%	46%	50%	59%
Part de plaques électriques sur table de cuisson	54%	63%	72%	79%
Total plaques électriques	49%	60%	68%	75%

Le taux d'équipement en plaques électriques est le résultat du croisement des hypothèses de répartition entre cuisinières intégrées et tables de cuisson et de part d'électricité parmi ces usages.

Un modèle de parc est utilisé pour distinguer les types de plaques utilisées parmi les foyers équipés : plaques en fonte, vitrocéramiques ou à induction. Ce modèle s'appuie ainsi sur la répartition des ventes de plaque par type et sur une durée de vie des équipements estimée à 14 ans. Par souci de simplification, aucune distinction n'est faite dans la modélisation entre les tables de cuisson et les plaques intégrées à des cuisinières.

Sur la base de l'étude mentionnée précédemment, il est supposé une arrivée massive sur le marché des plaques à induction. C'est en effet majoritairement vers cette technologie que les innovations des fabricants se tournent.

Tableau 45 : Répartition du parc de plaques de cuisson en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Fonte	26%	2%	1%
Vitrocéramique	30%	6%	2%
Induction	44%	92%	97%

Les estimations de consommation unitaire par type de plaque se basent sur l'étude pluripartenaire citée précédemment. On envisage par ailleurs une baisse progressive de ces consommations unitaires, liée notamment à des améliorations techniques des performances.

Tableau 46 : Estimation des consommations unitaires par type de plaques en 2017 et 2035

	2017	2035
Fonte	280 kWh	250 kWh
Vitrocéramique	210 kWh	180 kWh
Induction	160 kWh	140 kWh

En tenant compte de la répartition du parc, ces valeurs permettent d'aboutir à la consommation unitaire moyenne d'un jeu de plaques électriques, sans distinction de technologie.

Tableau 47 : Consommation unitaire moyenne de plaques électriques en 2017 et 2035

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Plaques électriques	210 kWh	140 kWh	140 kWh

5.2 Fours

5.2.1 *Hypothèses d'évolution des taux d'équipement*

Tableau 48 : Taux d'équipement des fours électriques en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035		
		Basse	Int. 2 et 3	Haute
Cuisinières intégrées	36%	14%	14%	14%
Fours classiques	57%	72%	78%	83%
Fours électriques dans cuisinière	69%	75%	78%	83%
Fours classiques électriques	95%	97%	99%	100%
Total fours électriques	79%	80%	88%	94%

5.2.2 *Hypothèses d'évolution des durées de vie*

Qu'il s'agisse d'un four classique, encastrable ou non, ou d'un four intégré dans une cuisinière, la durée de vie des équipements est estimée à 20 ans et est prise constante sur l'ensemble de l'horizon d'étude.

5.2.3 *Hypothèses d'évolution des classes énergétiques et de la répartition des ventes*

Les directives européennes d'écoconception et d'étiquetage énergétique s'appliquent aux fours domestiques. Les classes énergétiques D à A3+ sont ainsi définies par un indice d'efficacité énergétique, de la même manière que pour les produits blancs.

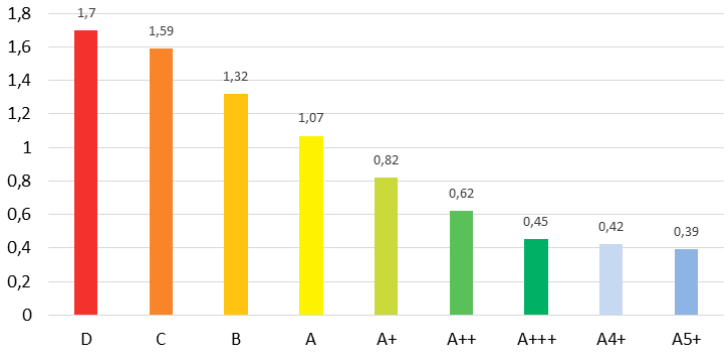


Figure 26 : Indices d'efficacité énergétique par classe pour les fours

Les classes énergétiques A4+ et A5+ présentées dans la figure ci-dessus n'existent pas encore actuellement et les indices d'efficacité énergétique envisagés pour ces classes sont hypothétiques. Les valeurs retenues restent prudentes par rapport aux écarts constatés entre deux classes existantes.

On constate par exemple que le passage de la classe A++ à la classe A3+ traduit une baisse de 27%, tandis que les hypothèses retenues tablent sur baisse de 7% de l'indice d'efficacité pour passer des classes A3+ à A4+ ou A4+ à A5+.

La répartition des ventes par classe énergétique, historique et projetée, se base sur les travaux de Topten. Les valeurs retenues sont présentées dans le tableau ci-dessous. Près de 99% des fours vendus en 2017 sont de classe A.

On considère à l'avenir le développement sur le marché des classes de plus en plus performantes, y compris les classes A4+ et A5+ évoquées précédemment, selon deux trajectoires d'efficacité énergétique contrastées, de manière similaire aux produits blancs.

Tableau 49 : Projections des ventes annuelles par classe énergétique et type d'équipement de lavage en 2035

	Efficacité médiane					Efficacité haute				
	A5+	A4+	A3+	A++	A+	A5+	A4+	A3+	A++	A+
Fours	12%	24%	33%	30%	1%	40%	50%	10%	0%	0%

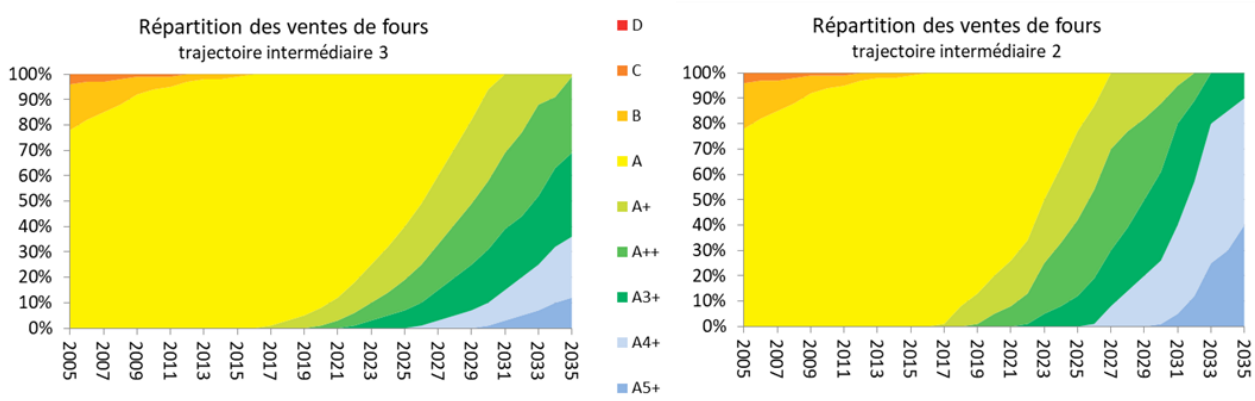


Figure 27 : Evolution de la répartition des ventes de fours par classe énergétique de 2005 à 2035

5.2.4 *Estimation du parc*

Sur la base des hypothèses retenues pour la durée de vie des équipements et des hypothèses de répartition des ventes, le parc de four sera composé en 2035 pour près de moitié selon les trajectoires d'appareils de classe A, le reste étant réparti sur les classes supérieures de A+ à A5+.

La pénétration d'équipements plus performants met d'autant plus de temps à se manifester dans le parc que la durée de vie des équipements est longue, ce qui est le cas pour les fours.

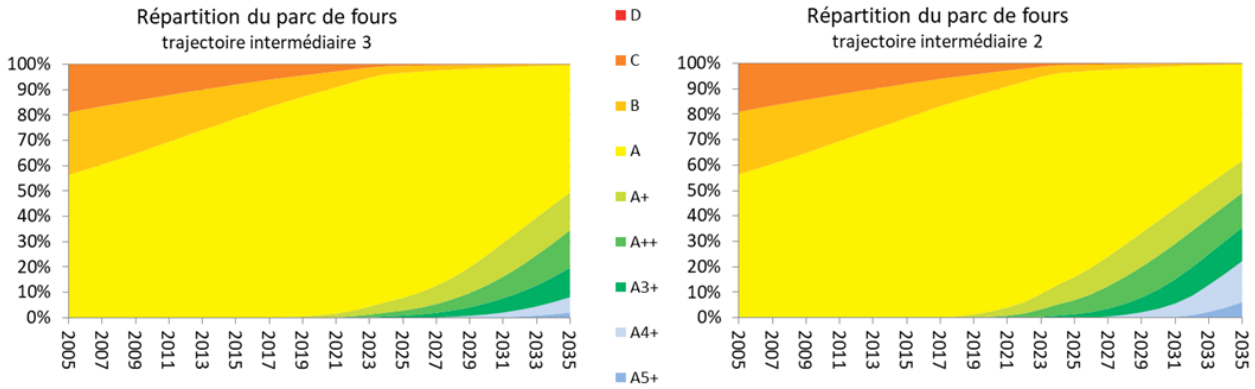


Figure 28 : Evolution de la répartition du parc de fours par classe énergétique de 2005 à 2035

5.2.5 *Estimation de la consommation unitaire moyenne*

Dans notre modélisation de la consommation des fours, aucune distinction n'est faite entre les fours classiques et ceux intégrés à des cuisinières.

La consommation unitaire est dans un premier temps estimée par classe énergétique et pour un cycle de cuisson. La formule appliquée est donnée par les règlements européens[28] :

$$Consommation\ pour\ un\ cycle = IEE * (0{,}0042 * V + 0.55)$$

où IEE est l'indice d'efficacité énergétique de la classe et V le volume du four.

[28] *Cf. annexe II du document suivant :*
https://www.eceee.org/static/media/uploads/site-2/ecodesign/products/lot22-23-kitchen/celex-32014r0066-en-txt.pdf

On considère un volume moyen de four de l'ordre de 60 litres et, sur la base de l'étude menée en 2013 susmentionnée, une utilisation des fours à hauteur d'environ 145 cycles par an. Du fait des évolutions de modes de vie d'une part et des progrès techniques, on estime que le nombre de cycles aura tendance à légèrement diminuer dans les années à venir et que les capacités des fours auront tendance à augmenter.

L'augmentation du volume moyen des fours est prise en considération dans le modèle de parc, en supposant notamment une augmentation du volume des appareils à la vente.

Ces hypothèses, combinées à la répartition du parc par classe énergétiques, permet alors de déterminer la consommation unitaire d'un appareil moyen du parc.

Tableau 50 : Consommation unitaire moyenne de plaques électriques en 2017 et 2035

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Fours électriques	150 kWh	100 kWh	90 kWh

5.3 Fours à micro-ondes

Le taux d'équipement est issu des données du GIFAM et de GfK. On observe depuis de nombreuses années une tendance à l'augmentation de ce taux d'équipement, tendance que l'on prolonge jusqu'en 2035 dans notre modélisation.

Tableau 51 : Taux d'équipement des fours à micro-ondes en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035		
		Basse	Int. 2 et 3	Haute
Fours à micro-ondes	90%	94%	95%	99%

Pour déterminer la consommation unitaire d'un four à micro-ondes, on considère un modèle de parc basé sur les puissances des appareils à la vente, que l'on suppose à la hausse. Deux trajectoires d'efficacité sont par ailleurs envisagées mais elles concernent uniquement la puissance en veille de l'appareil. Il est en effet envisagé une réduction plus importante de la puissance en veille des fours à micro-ondes dans la trajectoire d'efficacité haute.

Dans ce modèle, la durée de vie estimée d'un four à micro-ondes est de 10 ans.

D'autre part, la durée d'utilisation moyenne des équipements s'appuie sur l'étude mentionnée en début de partie sur les pratiques des Français en matière de cuisson. Elle est estimée à une cinquantaine d'heures par an. Les projections envisagées prennent en compte le recours accru au four à micro-ondes par rapport au four traditionnel à l'horizon 2035.

L'ensemble de ces hypothèses conduisent aux résultats présentés dans le tableau ci-dessous sur les puissances, en veille et en fonctionnement, et la consommation unitaire moyenne d'un appareil.

Tableau 52 : Puissances et consommation unitaire moyennes d'un four à micro-ondes en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Puissance en fonctionnement	810 W	850 W	850 W
Puissance en veille	1,9 W	0,1 W	0,0 W
Nombre d'heures d'utilisation	53 h	55 h	55 h
Consommation unitaire moyenne	70 kWh	50 kWh	50 kWh

La baisse de consommation unitaire obtenue est principalement liée à l'amélioration des performances des appareils en veille.

5.4 Hottes et petit électroménager

La modélisation de l'usage cuisson n'explicite pas dans le détail tous les appareils possibles et imaginables dont un foyer peut être équipé. Un solde est ainsi estimé pour parer à cette limite. Le présent paragraphe vise à donner les grandes lignes de la modélisation, succincte, des hottes aspirantes, cafetières et bouilloires et de l'estimation du solde de l'usage cuisson.

Les taux d'équipement pris dans la modélisation s'appuient sur les données du GIFAM et de GfK.

Tableau 53 : Taux d'équipement des hottes et de petit électroménager en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035		
		Basse	Int. 2 et 3	Haute
Hottes	63%	74%	77%	83%
Cafetières	79%	81%	85%	90%
Bouilloires	63%	68%	74%	81%
Autre petit électroménager[29]	100%	100%	100%	100%

Les différentes estimations fournies ci-après se basent sur les études déjà évoquées et sur les résultats du GIFAM ou de Topten.

La consommation unitaire d'une hotte est estimée en considérant en 2017 une puissance de 210 W et 150 heures d'utilisation par an. Selon nos projections, basées sur l'évolution constatée dans le passé, cette puissance pourra être amenée à baisser à l'avenir. Les hottes sont d'autre part soumises aux directives d'écoconception et d'étiquetage énergétique, incitant ainsi les fabricants à vendre des produits de plus en plus performants. Une baisse de 3 à 4%/an est envisagée selon les trajectoires jusqu'en 2035.

Pour ce qui est des cafetières, on considère une puissance en fonctionnement de l'ordre de 1 300 W, pour un temps d'utilisation d'une trentaine d'heures par an, à raison de quelques minutes par utilisation et d'1,2 utilisation par jour. La puissance en veille, estimée à environ 2 W actuellement est supposée nulle en fin d'horizon, dans les deux trajectoires d'efficacité envisagées.

[29] *Exemple : grille-pain, barbecue, plancha, friteuse, etc.*

Pour les bouilloires, d'une puissance estimée à 2 000 W, on suppose une utilisation quotidienne moyenne de 1,2 fois et une durée d'environ 3 minutes par utilisation. Ce chiffre est ramené en très légère baisse à l'avenir.

Enfin, le solde est estimé en distinguant les appareils d'usage quotidien (exemple : grille-pain), d'usage hebdomadaire (exemple : robot) et d'usage occasionnel (exemple : appareil à raclette). Pour chacun de ces types d'usage, un temps d'utilisation annuel moyen et un nombre d'appareils moyens par foyer est estimé. A titre indicatif, les valeurs retenues dans la modélisation conduisent à une utilisation annuelle moyenne de ces appareils de l'ordre d'une quarantaine d'heures.

Par souci de simplification, une puissance unitaire de 1 200 W pour tous les appareils a été retenue dans la modélisation. La consommation unitaire est alors obtenue par multiplication de l'ensemble de ces facteurs. Afin de prendre en compte une possible amélioration des performances des équipements, on considère une baisse de cette consommation résiduelle d'ici 2035.

Tableau 54 : Consommations unitaires moyennes des appareils de petit électroménager en 2017 et 2035

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Hottes	30 kWh	20 kWh	20 kWh
Cafetières	50 kWh	40 kWh	40 kWh
Bouilloires	50 kWh	40 kWh	40 kWh
Autre petit électroménager	50 kWh	40 kWh	40 kWh

On notera que l'arrondi à la dizaine utilisé pour présenter les résultats de consommation unitaire ne permet pas d'appréhender les différences entre les deux trajectoires d'efficacité énergétique envisagées.

5.5 Récapitulatif des consommations de l'usage cuisson

Dans l'ensemble, la consommation de l'usage cuisson est relativement stable. Les effets baissiers liés à l'amélioration des performances des équipements sont compensés par une électrification soutenue des appareils de cuisson.

Tableau 55 : Consommations projetées des appareils de cuisson en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035			
		Bas	Intermédiaire 2	Intermédiaire 3	Haut
Plaques	2,9 TWh	2,7 TWh	3,1 TWh	3,2 TWh	3,6 TWh
Fours	3,3 TWh	2,6 TWh	2,6 TWh	3,0 TWh	2,9 TWh
Fours à micro-ondes	1,8 TWh	1,6 TWh	1,5 TWh	1,7 TWh	1,6 TWh
Hottes	0,6 TWh	0,5 TWh	0,4 TWh	0,5 TWh	0,4 TWh
Cafetières	1,2 TWh	0,9 TWh	1,0 TWh	1,0 TWh	1,1 TWh
Bouilloires	0,8 TWh	0,9 TWh	1,0 TWh	1,0 TWh	1,1 TWh
Autre petit électroménager	1,4 TWh	1,3 TWh	1,1 TWh	1,3 TWh	1,2 TWh
TOTAL cuisson	**12,0 TWh**	**10,5 TWh**	**10,7 TWh**	**11,7 TWh**	**11,9 TWh**

5.6 Déterminants de la consommation

5.6.1 *Plaques*

L'augmentation de consommation des plaques de cuisson entre 2017 et 2035 est principalement liée à l'électrification de cet usage. La répartition du parc, principalement composé de plaques à induction en fin d'horizon, ainsi que l'amélioration des performances des équipements tendent à contrebalancer légèrement l'augmentation due au taux d'équipement.

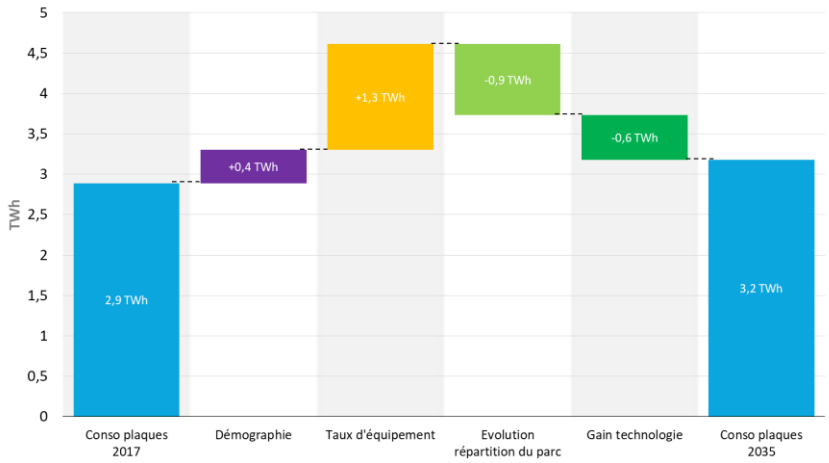


Figure 29 : Décomposition de l'évolution de la consommation des plaques de cuisson entre 2017 et 2035 selon la trajectoire intermédiaire 3

La décomposition de l'évolution de la consommation des plaques est en tous points similaire pour la trajectoire intermédiaire 2.

5.6.2 *Fours*

Les nouvelles classes énergétiques A4+ et A5+ envisagées dans la modélisation de la consommation des fours apparaissant relativement tardivement dans la répartition du modèle de parc, et les fours ayant une durée assez longue, l'effet sur l'évolution de la consommation des fours entre 2017 et 2035 est quasiment nul.

En revanche, la principale source d'évolution de la consommation repose sur le renouvellement du parc, à savoir le remplacement tendanciel des appareils existants par des appareils plus performants.

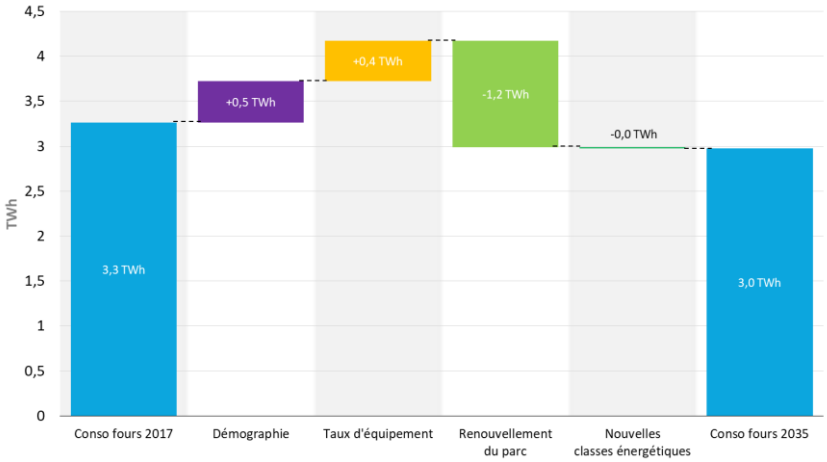


Figure 30 : Décomposition de l'évolution de la consommation des fours entre 2017 et 2035 selon la trajectoire intermédiaire 3

On retrouve globalement la même décomposition pour la trajectoire intermédiaire 2.

Question 5 : Cuisson

Partagez-vous l'approche retenue pour la modélisation ? Si ce n'est pas le cas, quelle méthode proposez-vous ?

Êtes-vous favorable à l'utilisation des valeurs présentées dans cette partie en 2017 et à l'horizon 2035 ? Avez-vous d'autres valeurs ou des demandes de variantes à proposer ? Avez-vous d'autres sources de données à proposer ?

Quelles évolutions (ou quelles plages d'évolution) de ces paramètres devraient selon vous être retenues à plus long terme (horizon 2050) ?

6 La consommation de l'éclairage

L'éclairage représente selon nos estimations une consommation de 9,3 TWh en 2017, soit près de 6% de la consommation du secteur résidentiel.

6.1 Méthodologie de calcul

La méthode utilisée pour déterminer la consommation d'électricité de l'éclairage résidentiel repose sur des modèles de parc, un par type de sources lumineuses, qui permettent de déterminer la répartition des sources lumineuses d'un foyer ainsi que la puissance unitaire moyenne de ces sources par type. Le couplage de ces résultats avec le nombre de sources lumineuses d'un foyer et leur durée d'utilisation permet de déduire la consommation d'éclairage d'un foyer et de remonter ainsi à la consommation totale d'éclairage résidentiel.

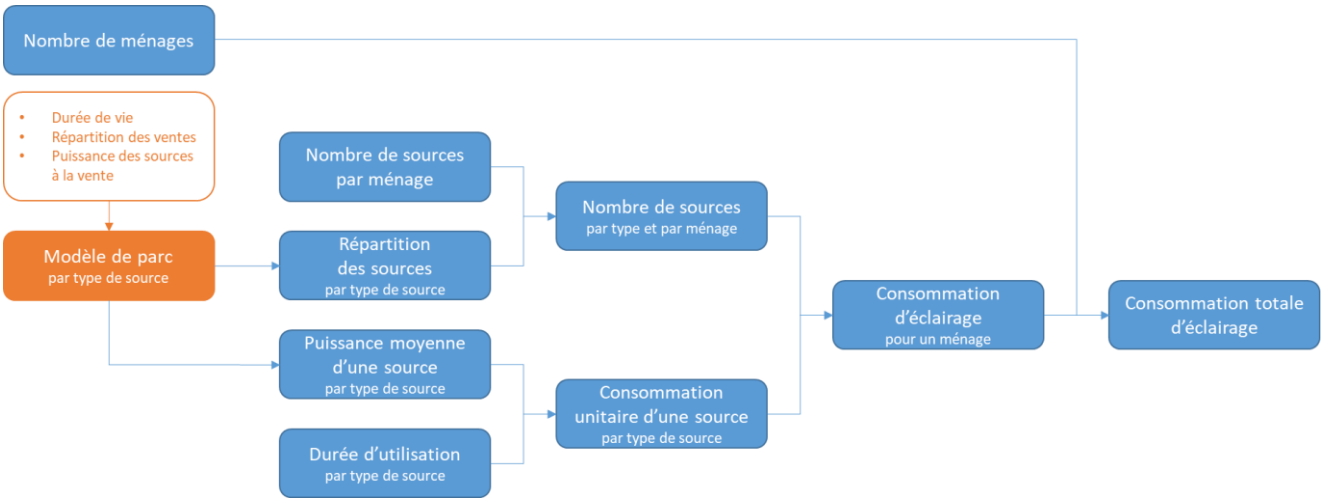


Figure 31 : Principe de modélisation de la consommation d'électricité pour l'éclairage

6.2 Estimation des paramètres

6.2.1 *Hypothèses du nombre de sources lumineuses par ménage*

Les hypothèses concernant le nombre de sources lumineuses par ménage reposent sur différentes études menées en France ou en Europe. Parmi celles-ci figure notamment le projet REMODECE (*Residential monitoring to decrease energy use and carbone missions in Europe*) mené entre 2006 et 2008, dont les résultats sont repris dans le rapport de la Commission européenne *« Preparatory Study on Light Sources for Ecodesign and/or Energy Labelling Requirements ('Lot 8/9/19') » (Final Report, Task 3 – Use of Light Sources »* datant d'octobre 2015[30].

La tendance est à l'augmentation du nombre de sources lumineuses par ménage, en particulier depuis l'apparition sur le marché d'ampoules à basse consommation. Le coût de l'énergie lié à l'éclairage étant réduit, les consommateurs peuvent avoir tendance, par un effet rebond, à installer un nombre plus important de lampes, à augmenter le flux lumineux dans leur logement ou à laisser la lumière allumée plus longtemps.

[30] http://ecodesign-lightsources.eu/sites/ecodesign-lightsources.eu/files/attachments/LightSources%20Task3%20Final%2020151031.pdf

Tableau 56 : Nombre de sources lumineuses pour un foyer moyen en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035		
		Basse	Int. 2 et 3	Haute
Nombre de sources lumineuses	30,4	31,5	32,5	33,4

6.2.2 *Hypothèses de répartition des ventes*

On considère que le parc est composé des sources lumineuses suivantes : incandescence, halogène, halogène « éco », halogène basse tension, fluorescent, fluocompacte et LED.

Les valeurs de répartition des ventes s'appuient sur les données de GfK, reprises dans les publications de Topten pour la Commission européenne. Les tendances sont ensuite prolongées, en tenant compte des évolutions envisagées en matière de performance énergétique. Pour les hypothèses de répartition des ventes et de puissance des sources à la vente, deux trajectoires sont envisagées, différenciées selon les efforts d'efficacité énergétique consentis.

Dans les deux trajectoires d'efficacité envisagées, on considère à terme que 100% des ventes seront des ampoules LED. La différence se situe dans l'année à partir de laquelle aucune autre source ne sera à la vente : 2027 selon la trajectoire d'efficacité médiane et 2024 selon celle d'efficacité haute.

Tableau 57 : Répartition des ventes par type de sources lumineuses en 2017 et 2035

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Ampoule à incandescence	0%	0%	0%
Halogène	0%	0%	0%
Halogène « éco »	33%	0%	0%
Halogène basse tension	4%	0%	0%
Tube fluorescent	1%	0%	0%
Fluocompacte	27%	0%	0%
LED	35%	100%	100%

Ainsi à terme en 2035, l'ensemble du parc sera constitué d'éclairage LED.

6.2.3 *Hypothèses de puissance des sources lumineuses à la vente*

Faute de source statistique détaillée à l'échelle de la France, les valeurs de puissance à la vente s'appuient sur une étude de l'Agence internationale de l'énergie intitulée « Mapping and benchmarking » [31] concernant l'éclairage résidentiel. Cette étude, réalisée à l'échelle de l'Union européenne, se base sur des données de GfK. Elle apporte en particulier des données sur la répartition des puissances des sources lumineuses à la vente entre 2007 et 2013.

Les lampes à incandescence, les lampes halogènes non « éco » et les tubes fluorescents étant amenés à disparaître du marché, les puissances retenues dans la modélisation sont supposées constantes sur l'ensemble de l'horizon d'étude.

[31] https://mappingandbenchmarking.iea-4e.org/shared_files/643/download , *septembre 2014*

Pour les autres sources, on considère une amélioration des performances par la diminution des puissances unitaires, de façon plus ou moins importante selon la trajectoire d'efficacité envisagée.

La mise en place des directives européennes d'écoconception et d'étiquetage énergétique a permis et permet encore d'envisager cette amélioration des performances.

Actuellement, on considère qu'il existe un facteur d'environ 10 entre la puissance d'une ampoule LED et celle d'une ampoule à incandescence de flux lumineux équivalent.

D'autre part, le développement rapide de la LED sur le marché de l'éclairage s'accompagne d'améliorations techniques. L'AIE considère notamment que pour l'éclairage résidentiel, les LED ont une efficacité de 97 lumen/Watt en 2017 et que cette valeur pourrait atteindre 160 lumen/Watt en 2030[32]. Ainsi, pour un même niveau d'éclairage, la puissance appelée par une ampoule LED serait divisée par plus d'1,5 d'ici à 2030. Certains scenarios, présentés dans l'étude *« Ecodesign preparatory study Light sources, lot 8/9/19 »* dans le cadre d'une consultation de la Commission européenne[33], envisagent même pour 2030 une efficacité des ampoules LED de 225 lumen/Watt.

Une division par 2 ou plus de la puissance unitaire des LED à la vente en 2035 par rapport à 2017 semble donc envisageable dans notre modélisation.

Tableau 58 : Puissance des sources lumineuses à la vente en 2017 et 2035

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Halogène	250 W	-	-
Halogène « éco »	31,8 W	-	-
Halogène basse tension	35 W	-	-
Tube fluorescent	32 W	-	-
Fluocompacte	9,4 W	-	-
LED	6,2 W	3,1 W	2,3 W

6.2.4 *Hypothèses de durée de vie*

Tableau 59 : Durées de vie des sources lumineuses par type

	Durée de vie
Ampoule à incandescence	2,5 ans
Halogène	4,5 ans
Halogène « éco »	4,5 ans
Halogène basse tension	6 ans
Tube fluorescent	10 ans
Fluocompacte	7,5 ans
LED	15 ans

[32] *Cf. https://www.iea.org/tcep/buildings/lighting/*
[33] *Cf. http://ecodesign-lightsources.eu/documents , fichier "Presentation Lightsources – 7 dec 2015 – Ecodesign Consultation Forum.pdf"*

6.2.5 *Hypothèses de durée d'utilisation des différentes sources lumineuses*

Les durées d'utilisation peuvent varier d'un type de source à l'autre. Les valeurs retenues s'appuient sur les données d'Ecodesign EU, qui travaille en collaboration avec la Commission européenne.

Tableau 60 : Durée d'utilisation annuelle moyenne par types de sources

	Durée d'utilisation
Ampoule à incandescence	400 h
Halogène	200 h
Halogène « éco »	450 h
Halogène basse tension	450 h
Tube fluorescent	600 h
Fluocompacte	500 h
LED	580 h

6.3 Estimation du parc et de la consommation

Les modèles de parc permettent d'obtenir, pour chaque type de sources, les flux annuels et la puissance unitaire.

Les flux annuels des différents types de sources sont ensuite agrégés afin de déterminer le nombre de lampes neuves par type et remonter, pour une année donnée, à la répartition du parc par type de sources.

Tableau 61 : Répartition du parc par types de sources en 2017 et 2035

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Ampoule à incandescence	2%	0%	0%
Halogène	1%	0%	0%
Halogène « éco »	39%	0%	0%
Halogène basse tension	8%	0%	0%
Tube fluorescent	4%	0%	0%
Fluocompacte	39%	0%	0%
LED	8%	100%	100%

Tableau 62 : Puissance unitaire moyenne par type de source en 2017 et 2035

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Ampoule à incandescence	51,3 W	-	-
Halogène	250 W	-	-
Halogène « éco »	33,2 W	-	-
Halogène basse tension	35 W	-	-
Tube fluorescent	32 W	-	-
Fluocompacte	9,7 W	-	-
LED	7,0 W	4,8 W	4,3 W

Pour un ménage moyen, le nombre de sources lumineuses (30,4 en 2017, cf. Tableau 56) est réparti par type de sources selon la clé de répartition établie en sortie des modèles de parc.

On obtient alors la consommation d'éclairage moyenne d'un ménage en croisant cette répartition avec la consommation unitaire par source.

Multipliée par le nombre de ménages, cette valeur permet enfin d'obtenir la consommation totale d'éclairage du secteur résidentiel.

Tableau 63 : Consommation d'éclairage pour un foyer moyen en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Eclairage	330 kWh	90 kWh	80 kWh

Dans l'ensemble, la pénétration importante sur le marché de l'éclairage par LED conduit à une réduction drastique de la consommation d'électricité pour l'éclairage.

Tableau 64 : Consommations projetées d'éclairage en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035			
		Bas	Intermédiaire 2	Intermédiaire 3	Haut
Eclairage	9,3 TWh	2,7 TWh	2,6 TWh	2,9 TWh	2,8 TWh

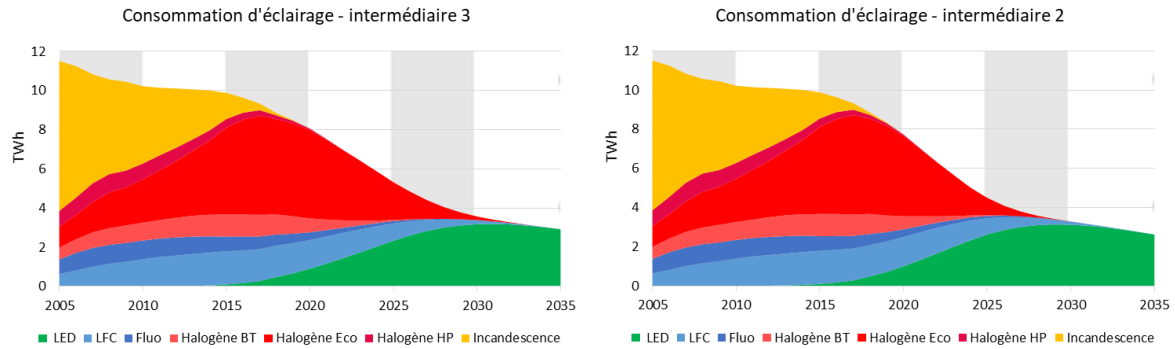


Figure 32 : Evolution de la consommation d'éclairage selon les trajectoires intermédiaires 2 et 3

6.4 Déterminants d'évolution de la consommation

La nette diminution de consommation de l'éclairage est majoritairement due au renouvellement du parc de sources lumineuses, en particulier le remplacement d'ampoules existantes par des LED. En comparaison, les améliorations techniques envisagées pour l'éclairage LED influent peu sur l'évolution de la consommation.

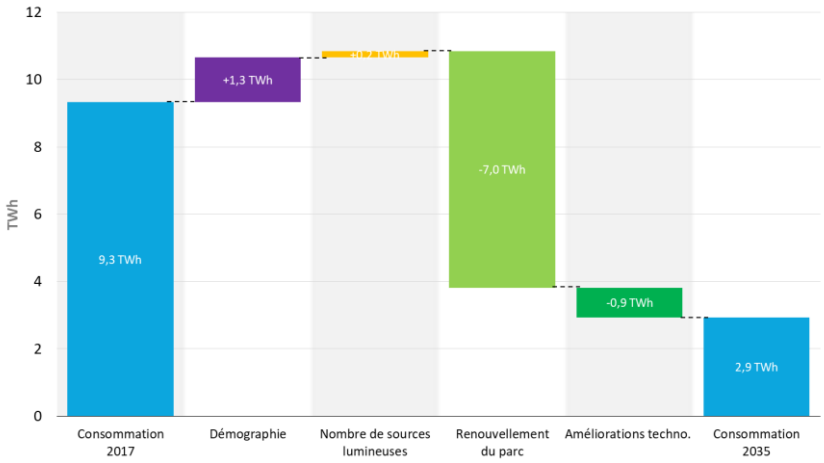


Figure 33 : Décomposition de l'évolution de la consommation d'éclairage entre 2017 et 2035 selon la trajectoire intermédiaire 3

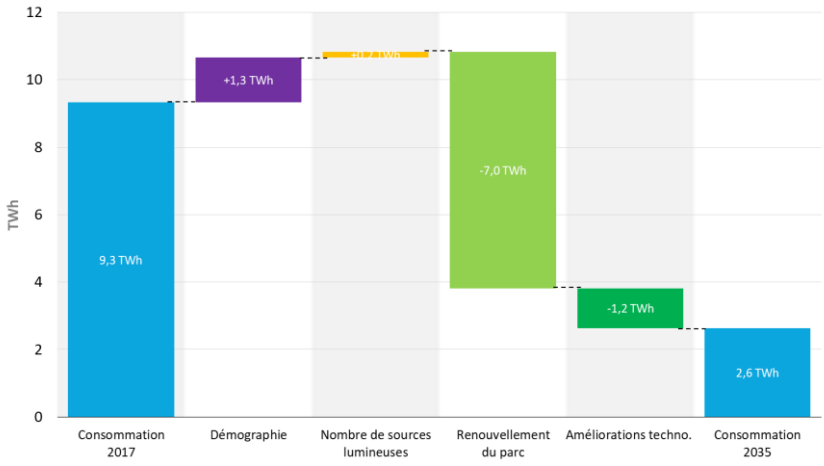


Figure 34 : Décomposition de l'évolution de la consommation d'éclairage entre 2017 et 2035 selon la trajectoire intermédiaire 2

Question 6 : Eclairage

Partagez-vous l'approche retenue pour la modélisation ? Si ce n'est pas le cas, quelle méthode proposez-vous ?

Êtes-vous favorable à l'utilisation des valeurs présentées dans cette partie en 2017 et à l'horizon 2035 ? Avez-vous d'autres valeurs ou des demandes de variantes à proposer ? Avez-vous d'autres sources de données à proposer ?

Quelles évolutions (ou quelles plages d'évolution) de ces paramètres devraient selon vous être retenues à plus long terme (horizon 2050) ?

7 Autres usages

Les autres usages du secteur résidentiel prennent en compte des équipements courants qui peuvent être modélisés simplement dont la consommation peut être substantielle. On retrouve dans cette catégorie les auxiliaires des systèmes de chauffage non électriques (circulateurs et pompes), les piscines, les aspirateurs et les fers à repasser.

Il existe une multitude d'autres équipements qui consomment de l'électricité mais dont la modélisation peut être sujette à caution tant les usages peuvent être différents et dont on ne dispose pas de sources fiables sur leur utilisation : appareils de bricolage, fer à lisser, tondeuse, machine à coudre, aquarium… Ainsi, le modèle n'étant pas intégralement technico-explicite, un terme de bouclage est pris en compte dans la modélisation.

7.1 Auxiliaires des systèmes de chauffage

Pour les logements équipés de chaudières à combustible, on modélise la consommation des auxiliaires, à savoir circulateurs et pompes.

Les données du CEREN permettent de déterminer le parc existant des logements disposant de tels systèmes de chauffage, en distinguant maisons individuelles et logements collectifs. Des hypothèses portant sur les flux dans le neuf et dans l'existant permettent d'établir des projections à long terme.

On estime ainsi que 8,5 millions de maisons et 3,5 millions d'appartements sont concernés en 2017. Selon les trajectoires, ces chiffres sont portés à des valeurs comprises entre 7,2 et 7,4 millions pour les maisons et entre 4,3 et 4,5 millions pour les appartements.

Les consommations unitaires se basent quant à elles sur les données du CEREN. Elles sont respectivement de l'ordre de 200 et 150 kWh/an pour les maisons individuelles et les immeubles collectifs en 2017, et seront ramenées à la baisse dans les années à venir.

Tableau 65 : Consommations unitaires des auxiliaires de chauffage par logement en 2017 et 2035

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Maisons individuelles	200 kWh	170 kWh	140 kWh
Immeubles collectifs	150 kWh	120 kWh	90 kWh

Avec l'électrification du parc et le renouvellement des chaudières, on estime une contraction de la consommation des auxiliaires de chauffage.

Tableau 66 : Consommations projetées des auxiliaires de chauffage selon les trajectoires

	2017	2035			
		Bas	Intermédiaire 2	Intermédiaire 3	Haut
Auxiliaires de chauffage	2,2 TWh	1,8 TWh	1,4 TWh	1,8 TWh	1,4 TWh

7.2 Piscine

Le parc des piscines est fourni par la Fédération des professionnels de la piscine[34] qui estime le nombre de ventes annuelles ainsi que le stock global en distinguant piscines enterrées et piscines hors-sol.

Les nouvelles piscines vendues ont tendance à être de plus en plus petites concernant le volume d'eau du bassin, réduisant le besoin énergétique pour la filtration et le chauffage éventuel de la piscine. On constate une progression des ventes qui se traduit par une augmentation du taux d'équipement des piscines à long terme.

Les consommations unitaires sont également basées sur les chiffres fournis par la FPP qui envisage des progrès quant aux systèmes de filtration et de chauffage.

Tableau 67 : Taux d'équipement en piscines en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035		
		Basse	Int. 2 et 3	Haute
Piscines enterrées	4,0%	4,4%	4,8%	5,1%
Piscines hors-sol	2,6%	2,9%	3,2%	3,4%

Tableau 68 : Consommations unitaires moyennes des piscines en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Piscines enterrées	2010 kWh	1410 kWh	1330 kWh
Piscines hors-sol	350 kWh	230 kWh	210 kWh

Avec le progrès des systèmes et la vente de piscines plus petites, la consommation devrait se contracter à l'horizon 2035.

Tableau 69 : Consommations projetées des piscines selon les trajectoires

	2017	2035			
		Bas	Intermédiaire 2	Intermédiaire 3	Haut
Piscines	2,6 TWh	2,1 TWh	2,3 TWh	2,4 TWh	2,5 TWh

[34] *Cf. https://www.propiscines.fr/piscine-federation/documentation/livre-blanc-piscine*

7.3 Appareils électroménagers

L'aspirateur et le fer à repasser constituent deux appareils dont le taux d'équipement est élevé et l'usage régulier. Le taux d'équipement de ces équipements est relativement stable depuis plusieurs années, la tendance est prolongée résultant une très légère augmentation d'ici 2035.

Tableau 70 : Taux d'équipement des aspirateurs et fers à repasser en 2017 et 2035 selon les trajectoires

	2017	2035		
		Basse	Int. 2 et 3	Haute
Aspirateurs	90%	90%	92%	94%
Fers à repasser	90%	90%	92%	94%

La vente des aspirateurs est liée à une étiquette énergétique, des recommandations récentes de Topten prévoient de revoir en profondeur la performance de ces appareils[35]. Une utilisation standard de ces équipements est fixée à 35h/an.

Tableau 71 : Puissance et consommation unitaires moyennes d'un aspirateur en 2017 et 2035

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Puissance en fonctionnement	1520 W	1070 W	930 W
Nombre d'heures d'utilisation	35 h	35 h	35 h
Consommation unitaire moyenne	50 kWh	40 kWh	30 kWh

Avec l'augmentation de l'équipement en sèche-linge, le repassage est facilité. De même, les centrales vapeur tendent à réduire le temps d'utilisation du fer avec un appareil plus performant.

Tableau 72 : Puissance et consommation unitaires moyennes d'un fer à repasser en 2017 et 2035

	2017	2035	
		Efficacité médiane	Efficacité haute
Puissance en fonctionnement	1120 W	1030 W	980 W
Nombre d'heures d'utilisation	55 h	48 h	48 h
Consommation unitaire moyenne	60 kWh	50 kWh	50 kWh

Pour ces deux appareils, une légère contraction de la consommation est prévue à l'horizon 2035.

Tableau 73 : Consommations projetées des aspirateurs et fers à repasser selon les trajectoires

	2017	2035			
		Bas	Intermédiaire 2	Intermédiaire 3	Haut
Aspirateurs	1,4 TWh	1,1 TWh	1,0 TWh	1,1 TWh	1,0 TWh
Fers à repasser	1,6 TWh	1,4 TWh	1,4 TWh	1,5 TWh	1,5 TWh

[35] *Cf. Vacuum cleaners: Recommendations for policy design : Topten October 2018*

7.4 Terme de bouclage

Un terme de bouclage est utilisé pour faire coïncider la modélisation à la consommation sectorielle réalisée en 2017. Cette consommation correspond aux usages d'électricité non pris en compte par ailleurs dans la modélisation, celle-ci ne se voulant pas complètement techno-explicite : équipements pour le bricolage, jardinage, hygiène-beauté…

Pour ce qui est des projections, on considère, en plus de ce terme de bouclage, pris identique pour toutes les années de l'horizon d'études, une consommation correspondant à de nouveaux usages non encore identifiés en dehors des petits équipements électroniques (domotiques, objets connectés) déjà pris en compte dans les TIC.

Une valeur de ce solde est estimée grossièrement pour 2035, en différenciant une nouvelle fois en fonction des trajectoires de consommation, et une évolution progressive est envisagée entre 2018 et 2035 pour arriver à cette valeur.

Tableau 74 : Projection du terme de bouclage selon les trajectoires

	2017	2035			
		Bas	Intermédiaire 2	Intermédiaire 3	Haut
Terme de bouclage	16,8 TWh	16,8 TWh	16,8 TWh	16,8 TWh	16,8 TWh
Nouveaux usages	-	1,0 TWh	1,5 TWh	2,5 TWh	4,0 TWh
TOTAL Bouclage	16,8 TWh	17,8 TWh	18,3 TWh	19,3 TWh	20,8 TWh

Ce terme de bouclage correspond à une consommation d'environ 600 kWh/an par ménage.

8 Synthèse

Globalement, et pour l'ensemble des trajectoires, l'évolution de la consommation des usages spécifiques est principalement portée par le remplacement d'équipements existants par des équipements de plus en plus performants. Cette amélioration des performances s'explique notamment par la mise en application de directives et règlements européens concernant l'écoconception et l'étiquetage énergétique. La pénétration de ces nouveaux équipements tend à contrebalancer la hausse de consommation liée à l'augmentation du nombre de ménages et du taux d'équipement pour certains usages.

Avec une baisse d'environ 70% en 2035 par rapport à 2017 pour l'ensemble des trajectoires, c'est dans l'éclairage que la baisse de consommation est la plus marquée. Celle-ci est portée par l'avènement et l'installation de plus en plus massive d'ampoules LED en remplacement des installations existantes, auxquels s'ajoute l'amélioration future de l'efficacité énergétique de cette technologie.

Viennent ensuite les produits blancs, avec une baisse d'environ 40% en 2035 par rapport à 2017, portée par le renouvellement du parc avec des appareils de classes énergétiques de plus en plus performantes, puis des produits des technologies de l'information et de la communication, avec une baisse de l'ordre de 30%. Pour les TIC, les améliorations techniques des équipements, en particulier au niveau de la veille, jouent pour beaucoup dans l'évolution de la consommation.

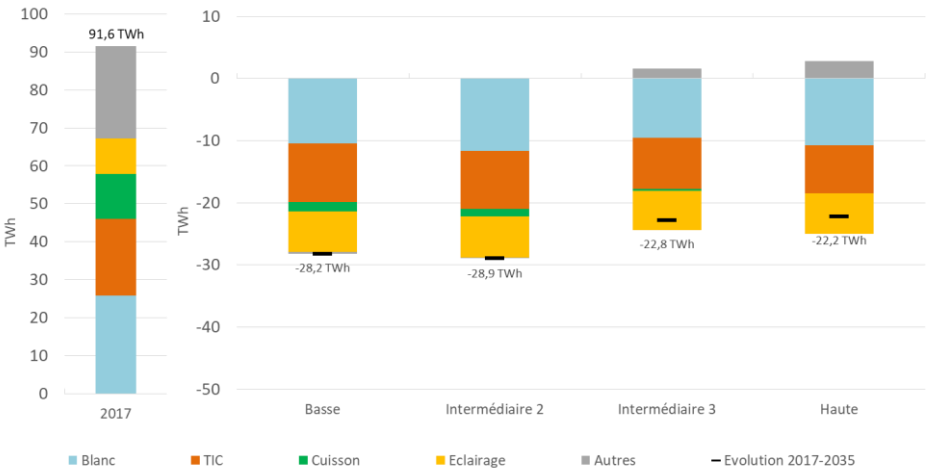


Figure 35 : Evolution de la consommation des usages spécifiques du secteur résidentiel entre 2017 et 2035 selon les différentes trajectoires