



**Groupe de travail n°2**  
**« consommation d'électricité »**



Premières trajectoires  
dans les secteurs résidentiel et tertiaire  
pour l'horizon d'étude 2050

Premières analyses de l'évolution  
de la production industrielle

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Contexte</b>	<b>4</b>
1.1	Cadre général	4
1.2	Méthodologie de construction des trajectoires résidentiel et tertiaire	5
<b>2</b>	<b>Première proposition de trajectoire du secteur résidentiel</b>	<b>7</b>
2.1	Éléments de méthodologie et de cadrage	7
2.1.1	Rappel de la méthodologie présentée en GT	7
2.1.2	Une autre méthode pour l'horizon 2050	8
2.1.3	Cadrage socio-économique	8
2.2	Détails de la consommation par usage	8
2.2.1	Chauffage	8
2.2.2	Eau chaude sanitaire	12
2.2.3	Climatisation et ventilation	14
2.2.4	Equipements blancs	15
2.2.5	Cuisson	17
2.2.6	TIC	18
2.2.7	Eclairage	20
2.2.8	Autres usages	21
2.2.9	Consommation du secteur résidentiel (hors véhicules électriques)	22
2.3	Premières propositions de variantes	23
2.3.1	Niveau d'efficacité énergétique	23
2.3.2	Niveau d'électrification	25
<b>3</b>	<b>Première proposition de trajectoire du secteur tertiaire</b>	<b>27</b>
3.1	Historique de la consommation tertiaire	27
3.2	Structure de la consommation d'électricité du secteur tertiaire	28
3.3	Cadre réglementaire	28
3.4	Méthode de constitution de la consommation tertiaire	30
3.4.1	Constitution de la consommation du secteur tertiaire	30
3.4.2	Répartition de la consommation du secteur tertiaire	30
3.5	Détail de la consommation par usage	31
3.5.1	Facteurs macroéconomiques	31
3.5.2	Evolution des surfaces	31
3.5.3	Chauffage	33
3.5.4	Climatisation	36

3.5.5	Eau chaude sanitaire .....	38
3.5.6	Cuisson.....	40
3.5.7	Froid.....	40
3.5.8	Eclairage .....	41
3.5.9	Electricité spécifique .....	42
3.5.10	Hors-Bâti.....	45
3.5.11	Consommation du secteur tertiaire .....	46
3.6	Premières propositions de variantes.....	47
3.6.1	Niveau d'efficacité énergétique .....	47
3.6.2	Niveau d'électrification .....	48
<b>4</b>	<b>Premières analyses sur l'évolution de la production industrielle .....</b>	<b>50</b>
4.1	Rappel du contexte.....	50
4.2	Eléments de méthode .....	51
4.3	Analyse des débouchés des productions des IGCE .....	53
4.3.1	Construction .....	53
4.3.2	L'emballage.....	55
4.3.3	Les engrais .....	56
4.3.4	Le transport .....	57
4.3.5	La production EnR .....	61
4.4	Estimation de la production des ICGE .....	62
4.4.1	Production de clinker .....	62
4.4.2	Production d'acier .....	63
4.4.3	Production d'aluminium.....	64
4.4.4	Production de verre.....	66
4.4.5	Production de chlore .....	67
4.4.6	Production d'ammoniac .....	68
4.4.7	Production d'éthylène.....	69
4.4.8	Production de papier-carton .....	70
4.4.9	Production de sucre .....	71
4.5	Approche pour l'industrie diffuse .....	72
4.5.1	Evolution de la valeur ajoutée.....	72
4.5.2	Effet volume sur la consommation électrique de l'industrie .....	74

# 1 Contexte

## 1.1 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 de l'ensemble des composantes du système et en particulier de l'offre et de la 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 et les entreprises locales de distribution, 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. 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, 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.

Les cinq premières réunions du groupe de travail ont été consacrées à la présentation des principes de modélisation pour les différents secteurs et usages, plus précisément :

- aux usages thermiques du secteur résidentiel (réunion du 15 mars 2019) ;
- aux usages spécifiques du secteur résidentiel (réunion du 24 mai 2019) ;
- au secteur tertiaire (réunion du 16 septembre 2019) ;
- au secteur industriel et de l'énergie (réunion du 18 octobre 2019) ;
- au secteur du transport, à un retour sur les contributions reçues et aux orientations méthodologiques pour élaborer des trajectoires à l'horizon 2050 (réunion du 14 avril 2020).

Le présent document porte sur les premières propositions de trajectoires de consommation dans les secteurs résidentiel et tertiaire (une trajectoire de consommation reprenant le cadre général et les hypothèses, ainsi que des premières variantes).

Le document présente ensuite les premiers résultats en matière d'analyse de l'évolution de la production industrielle au travers d'une approche par quantités physiques. Ces premiers résultats portent sur une trajectoire cohérente avec la trajectoire AMS de la SNBC. La variante de relocalisation de l'industrie en France, évoquée dans la SNBC, fera l'objet de travaux ultérieurs.

Ces trajectoires sont complétées par les orientations précisées dans d'autres documents de cadrage :

- pour la mobilité électrique, dans le document du GT7 « Flexibilité » diffusé le 29 mai 2020,
- pour la production d'hydrogène, dans le document du GT4 « Interfaces entre l'électricité et les autres vecteurs » diffusé le 17 novembre 2020.

## 1.2 Méthodologie de construction des trajectoires résidentiel et tertiaire

Dans le cadre du prochain Bilan prévisionnel de long terme, RTE prévoit que le cadrage de référence des scénarios à l'horizon 2050 s'inscrive dans le cadre des orientations de la SNBC. Des variantes autour du cadre de la SNBC viendront par la suite compléter les travaux d'analyse.

L'objectif de l'exercice sur le volet « demande » est de construire (i) une trajectoire de consommation d'électricité des secteurs résidentiel et tertiaire qui reflète les orientations de la SNBC, en utilisant l'ensemble des hypothèses correspondant au scénario AMS de la SNBC et en complétant avec les hypothèses les plus crédibles et (ii) plusieurs variantes de trajectoires possibles, correspondant à des configurations s'écartant des objectifs de la SNBC.

---

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

La méthode utilisée pour construire la trajectoire est la même que celle utilisée pour construire les trajectoires de consommation du Bilan prévisionnel et présentée lors des précédentes réunions du groupe de travail, qui a été amendée suite aux retours faits lors de ces réunions.

Au-delà des projections de consommation d'électricité annuelle totale décrites dans la SNBC, l'étude de l'équilibre offre-demande du système électrique nécessite de préciser la forme des courbes de consommation au cours de l'année. Pour cela, il apparaît ainsi nécessaire de définir plus précisément les usages électriques et les profils de consommation associés.

Les hypothèses fournies par la SNBC n'étant pas suffisantes pour construire une trajectoire de consommation pour les secteurs résidentiel et tertiaire, certaines interprétations des documents publiés sont donc nécessaires. La SNBC fournit des résultats sur la consommation totale et celle de certains usages. Il est aussi possible de dégager des ordres de grandeur de transferts pour le chauffage. La trajectoire de consommation du secteur tertiaire, qui a été construite en 2015, prévoyait un point 2020. Les données de consommation observées depuis s'écartent de ces premières projections : par conséquent, la trajectoire construite par RTE n'est pas calée sur les projections à court terme mais est élaborée de manière à être compatible avec la cible à l'horizon 2050.

Les hypothèses de transferts entre énergies pour le chauffage, la cuisson et l'ECS sont faites sur la base de la SNBC, en exploitant les données quantitatives et qualitatives disponibles.

Les hypothèses d'efficacité énergétique et de sobriété ne sont, quant à elles, pas toujours précisées dans la SNBC. La SNBC ne détaille pas le niveau de consommation en 2050 pour tous les usages modélisés. Pour les usages dont la SNBC détaille le niveau de consommation en 2050, les hypothèses d'efficacité énergétique et de sobriété retenues par RTE sont donc calibrées pour atteindre la cible de la SNBC. Pour les autres usages, les hypothèses de gains d'efficacité énergétique et de sobriété sont calibrées pour que la consommation totale du secteur s'approche de la SNBC, en étant le plus cohérent possible avec les niveaux d'efficacité énergétique envisageables, notamment en utilisant la base de données ASSET<sup>2</sup> et les retours des précédentes concertations.

Cette base de données regroupe des informations utilisées par la Commission européenne pour faire ses scénarios de décarbonation. Elle contient des informations sur les technologies stratégiques pour la consommation et pour la production d'énergie. Pour les technologies consommatrices, elle décrit la consommation actuelle, une fourchette de consommations envisageables en 2030 et une fourchette de consommations dites optimales. Ces informations ont été construites en partenariat avec un grand nombre d'industriels. L'utilisation de cette base de données permet d'avoir une idée des potentiels des technologies et des valeurs maximales de gain d'efficacité énergétique.

Afin d'explorer des situations contrastées autour de la trajectoire de type SNBC, des variantes seront étudiées selon le principe des variables de commande présenté lors de la réunion d'avril 2020. Les hypothèses permettant de construire ces variantes s'appuieront notamment sur celles des trajectoires de précédents exercices présentés en GT, hypothèses d'efficacité médiane par exemple.

---

<sup>2</sup> [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2018\\_06\\_27\\_technology\\_pathways\\_-\\_finalreportmain2.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2018_06_27_technology_pathways_-_finalreportmain2.pdf)

## 2 Première proposition de trajectoire du secteur résidentiel

La méthodologie d'élaboration des trajectoires de consommation du secteur résidentiel a fait l'objet de plusieurs réunions du groupe de travail, sur les usages thermiques dans un premier temps puis les usages spécifiques de l'électricité.

Les remarques émises lors de ces réunions et reçues dans les contributions écrites ont été intégrées au modèle.

Partant de là, une trajectoire de consommation a été élaborée en intégrant les orientations de la SNBC. Celle-ci se traduit en particulier par d'importants efforts en matière d'efficacité énergétique et d'électrification des usages.

### 2.1 Éléments de méthodologie et de cadrage

#### 2.1.1 Rappel de la méthodologie présentée en GT

La construction des trajectoires de consommation repose sur une approche par empilement des usages. De façon générale, l'évolution de la consommation de chaque usage s'appuie sur une modélisation de l'évolution du parc d'équipements électriques (décomposé par classe d'efficacité énergétique ou puissance des équipements à la vente) et de l'évolution de la consommation unitaire.

Pour le chauffage, cette consommation unitaire varie en fonction de la typologie du logement, notamment selon qu'il s'agisse d'une maison individuelle ou d'un appartement, selon la date de construction du bâtiment ou encore selon la solution de chauffage adoptée.

Pour l'eau chaude sanitaire, la consommation unitaire ne dépend pas de l'isolation du bâtiment mais est estimée à partir du besoin d'eau chaude sanitaire par personne, ramené ensuite à un besoin en kWh thermiques par logement, et du rendement de l'équipement de production.

Pour les usages spécifiques 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.

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

basés sur la puissance en veille et en fonctionnement des appareils à la vente ou des puissances moyennes par appareil.

### 2.1.2 Une autre méthode pour l'horizon 2050

La méthode présentée précédemment est globalement partagée par l'ensemble des acteurs ayant pris part au groupe de travail. En revanche, pour des horizons d'étude plus lointains, 2050 en l'occurrence, la pertinence des modèles de parc peut être remise en question. C'est pourquoi une approche différente pour estimer les consommations unitaires au-delà de 2040 est proposée.

Afin de simplifier la modélisation pour les usages électriques spécifiques, il est proposé d'introduire des taux de croissance appliqués directement à la consommation unitaire moyenne des équipements, sans représenter les classes énergétiques ou les puissances des appareils à la vente ni l'évolution du parc. Cette méthode a été présentée lors de la réunion du GT d'avril 2020 concernant les premières orientations 2050 et a fait l'objet d'un retour positif de la part des parties prenantes.

### 2.1.3 Cadrage socio-économique

Les hypothèses considérées sur la démographie et le nombre de ménages sont celles du scénario central de l'INSEE, établi en 2017 pour la population et 2012 pour le nombre de ménages, et qui est utilisé pour la trajectoire du scénario AMS de la SNBC. Dans ce scénario, la population évolue légèrement à la hausse à un rythme annuel moyen de 0,3%, et le nombre de ménages évolue plus rapidement, à un rythme annuel moyen de 0,6%, prolongeant la tendance à la diminution de la taille moyenne des ménages. Le nombre moyen de personnes par ménage se contracte ainsi sur un rythme de 0,3% par an à l'horizon 2050.

Ces hypothèses sont reprises dans la trajectoire SNBC du Bilan prévisionnel.

#### Hypothèses sur la démographie

	2019	2030	2050
Population (millions)	64,8	67,2	70,8
Nombre de ménages (millions)	29,1	31,6	34,9
Taille moyenne des ménages (personnes/ménage)	2,22	2,12	2,02

## 2.2 Détails de la consommation par usage

### 2.2.1 Chauffage

- Hypothèses sur la construction neuve

La SNBC repose sur une hypothèse de diminution de la construction neuve dans le secteur résidentiel, passant de 324 000 en 2016 à 205 000 en 2050 et d'une augmentation de la part des logements collectifs dans les constructions neuves, à hauteur de 75% des logements neufs en 2050, contre 61% en 2015. Ces hypothèses reflètent l'adoption de politiques d'urbanisme plus sobres vis-à-vis de l'étalement urbain et sont reprises dans la trajectoire SNBC du Bilan prévisionnel.

- Electrification de l'usage chauffage

Les documents de la SNBC ne précisent pas la répartition du parc de logements en parts de marché par énergie de chauffage. D'après une reconstitution à partir des graphiques présents dans la synthèse AMS, la part de chauffage électrique se situerait autour de 50-60% du parc<sup>3</sup>.

Les hypothèses de parts de marché de l'électricité dans la construction neuve et de transferts vers des solutions électriques de chauffage dans les logements existants sont définies par RTE de manière à aboutir à un parc compatible avec les orientations de la SNBC.

Les tendances retenues pour la part de chauffage électrique dans la construction neuve et la répartition de ces solutions entre chauffage Joule et pompes à chaleur s'appuient sur les données de l'Observatoire de la construction neuve, fournies par BatiEtude, croisées avec les évolutions observées dans le suivi du parc du CEREN, avec une augmentation de l'électrification, en particulier un rythme accéléré d'installations de pompes à chaleur pour refléter les orientations de la SNBC.

On notera que l'électrification du chauffage est moins poussée dans l'habitat collectif que dans les maisons individuelles, les réseaux de chaleur urbains étant privilégiés dans ce cas.

*Hypothèses sur l'électrification du chauffage dans la construction neuve*

	2020	2030	2040	2050
Part d'électricité dans les MI neuves	65%	70%	70%	70%
dont pompes à chaleur	58%	65%	65%	65%
dont Joule	7%	5%	5%	5%
Part d'électricité dans les IC neufs	25%	25%	45%	45%
dont pompes à chaleur	7%	10%	27%	27%
dont Joule	18%	15%	18%	18%

Les hypothèses sur les transferts dans l'existant s'appuient sur les tendances observées dans les historiques du CEREN, avec une augmentation de l'électrification qui permet de rendre compte de la volonté des pouvoirs publics de mettre fin au chauffage fioul et d'atteindre les objectifs de décarbonation de la SNBC.

*Hypothèses sur les transferts de chauffage combustible vers électrique dans les logements existants  
(en milliers de logements, moyenne annuelle par période de 10 ans<sup>4</sup>)*

	2020	2030	2040	2050
Maisons individuelles	47	107	133	178
Immeubles collectifs	18	25	33	73

La majorité de ces transferts s'effectue vers des pompes à chaleur, ces solutions étant plus performantes que le chauffage Joule.

<sup>3</sup> Ce résultat est obtenu en se basant sur le mix de chauffage (en énergie et non en parc) en 2050 proposé dans la SNBC et en prenant des consommations unitaires de chauffage globalement divisées par deux par rapport à aujourd'hui.

<sup>4</sup> La colonne 2020 correspond à la période 2011-2020, et ainsi de suite

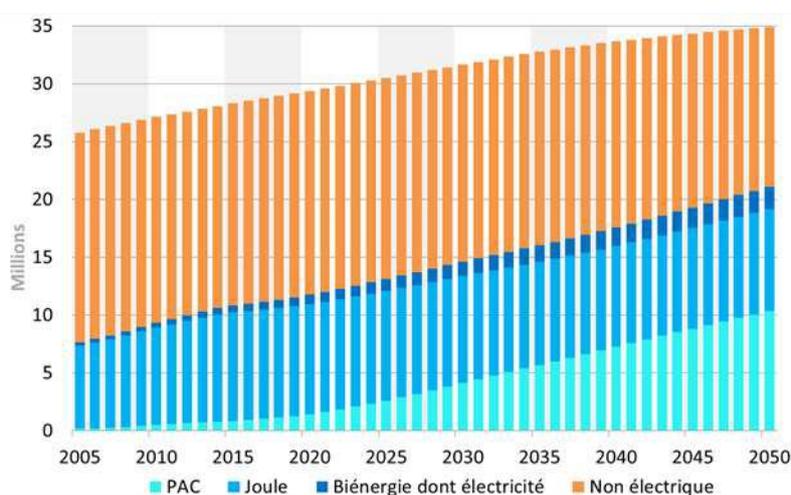
*Installations de pompes à chaleur dans les logements existants  
(en milliers de logements, moyenne annuelle par période de 10 ans<sup>5</sup>)*

	2020	2030	2040	2050
Maisons individuelles	39	148	200	200
Immeubles collectifs	3	24	38	56

Les installations de pompes à chaleur dans l'existant tiennent également compte des transferts depuis des installations de chauffage Joule.

L'ensemble de ces hypothèses conduit à un quasi-doublement du nombre de logements chauffés à l'électricité entre aujourd'hui et 2050, avec une croissance portée par le segment des pompes à chaleur. La part des chauffages Joule diminue quant à elle légèrement.

*Parc de logements selon l'énergie de chauffage*



*Résumé des principales hypothèses concernant le parc de chauffage*

	2020	2030	2040	2050
Part de chauffage Joule dans le parc	32%	29%	26%	25%
Part de PAC dans le parc	5%	13%	22%	30%
Nb installations de PAC dans l'existant (en milliers ; moyenne annuelle par période de 10 ans <sup>5</sup> )	42	172	238	256
Nb installations de PAC dans le neuf (en milliers ; moyenne annuelle par période de 10 ans)	73	105	97	82

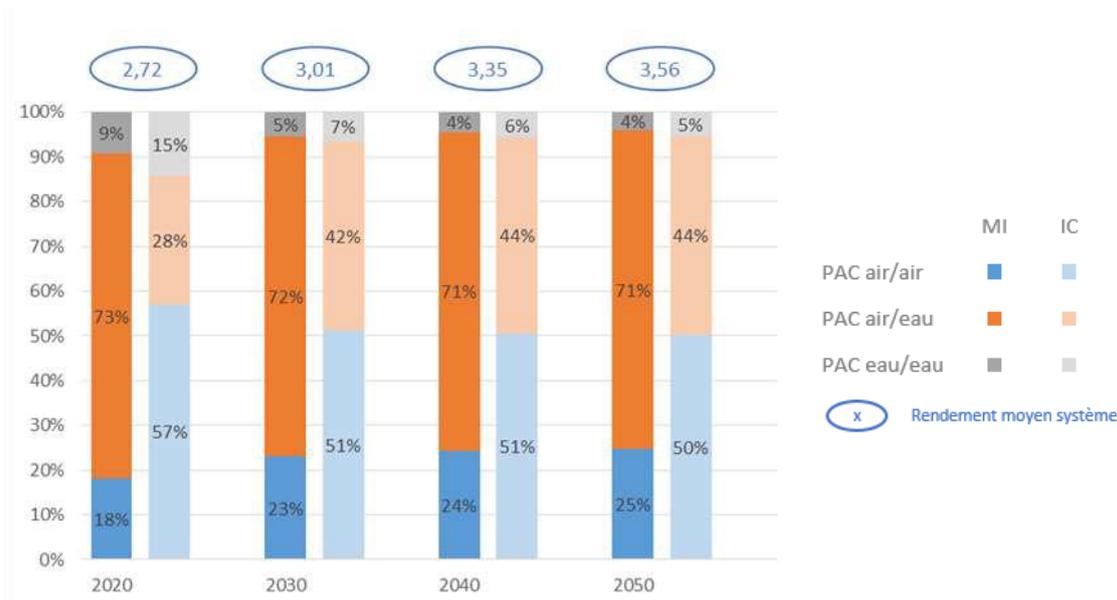
En considérant les ménages dont l'électricité est la principale énergie de chauffage, le chauffage électrique représente 37% du parc en 2020 et augmente progressivement pour atteindre 55% du parc en 2050. Cette électrification se fait notamment par l'installation massive de pompes à chaleur, plus performantes que les convecteurs Joule.

Selon leur type (air/air, air/eau, eau/eau), les pompes à chaleur ont des efficacités différentes qui sont prises en compte dans la modélisation de RTE. La répartition par types de pompes à chaleur s'appuie sur l'étude de BâtiEtude, dont les tendances sont prolongées. Dans le cas des transferts de chaudières

<sup>5</sup> la colonne 2020 correspond à la période 2011-2020, et ainsi de suite

combustibles (gaz ou fioul) vers des pompes à chaleur, les pompes à chaleur air/eau seraient favorisées dans la mesure où elles permettent de conserver les émetteurs de chauffage et les éléments de circulation d'eau déjà en place.

#### Répartition du parc de pompes à chaleur par type et rendement système global dans le résidentiel



- Rénovation sur le bâti

Les hypothèses concernant le nombre de rénovations sur le bâti s'appuient sur les données de la synthèse AMS, plus particulièrement sur les gestes d'isolation des parois opaques et vitrées.

Le gain associé à une rénovation, au sens du logement, est progressivement augmenté, avant de diminuer en fin d'horizon, en supposant que le gisement potentiel de rénovation est plus faible. Le gain unitaire d'une rénovation passe ainsi progressivement de 30% aujourd'hui à 60%, selon la trajectoire d'efficacité haute présentée en GT, afin de refléter les ambitions importantes de la SNBC sur la question. La diminution de gain s'opère après 2035, pour atteindre environ 40% de gain par rénovation.

#### Hypothèses sur la rénovation

	2020	2030	2040	2050
Nb de rénovations (en milliers ; moyenne annuelle par période de 10 ans <sup>6</sup> )	400	677	918	1044
Gain moyen d'une rénovation (par période de 10 ans)	-30%	-53%	-54%	-39%

- Sobriété

La SNBC intègre une hypothèse de sobriété de baisse de 1°C de la température de consigne du chauffage. Cette hypothèse se traduit par une baisse de besoin de chauffage en DJU dans le calcul de consommation unitaire, comme évoqué dans la première réunion du groupe de travail. A cela s'ajoute

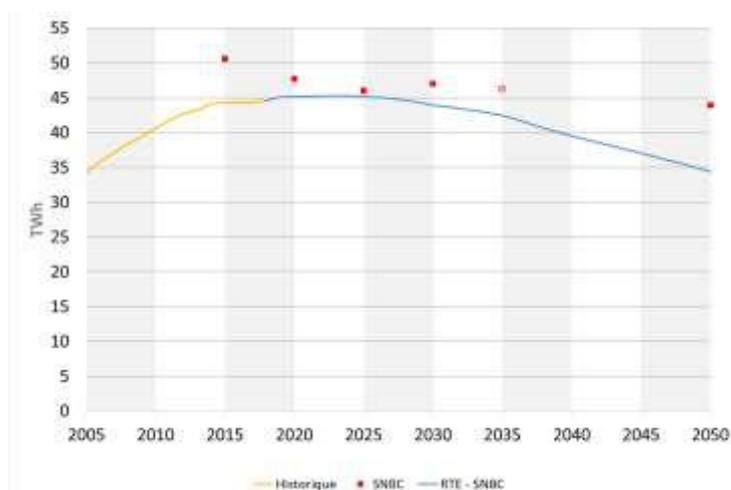
<sup>6</sup> La colonne 2020 correspond à la période 2011-2020, et ainsi de suite

une baisse de besoin liée à l'installation de systèmes de gestion intelligente du chauffage dans les logements, conduisant à une baisse totale de 20% en 2050 par rapport à aujourd'hui.

- Consommation de chauffage

	2020	2030	2040	2050
<b>Consommation de chauffage (TWh)</b>	<b>45,2</b>	<b>43,9</b>	<b>39,5</b>	<b>34,4</b>

Trajectoire de consommation du chauffage



La baisse de consommation en fin d'horizon traduit le cumul d'efficacité à la fois sur le bâti (rénovation) et la performance des équipements de chauffage (pompes à chaleur).

L'écart avec la SNBC peut provenir d'une part d'un écart important sur la consommation en 2015<sup>7</sup> et d'autre part sur les modèles utilisés.

Entre 2015 et 2050, la consommation d'électricité pour le chauffage de la SNBC évolue en moyenne de -0,4% par an. En intégrant les hypothèses et orientations de la SNBC, la consommation de chauffage de la trajectoire type SNBC suit quant à elle une évolution annuelle moyenne de -0,7% par an entre 2015 et 2050.

## 2.2.2 Eau chaude sanitaire

- Technologies de production d'eau chaude sanitaire dans le parc

La SNBC envisage une électrification de la production d'eau chaude sanitaire, essentiellement par l'intermédiaire de chauffe-eau thermodynamiques, sans précision quantitative. C'est pourquoi les transferts vers des solutions électriques dans les logements existants ont été augmentés dans la modélisation par rapport aux éléments présentés lors du premier GT, et les parts de marché des chauffe-eau Joule peu à peu réduites.

Dans la modélisation présentée en GT, la part de chauffe-eau solaires dans le parc était considérée comme négligeable, au vu de la difficulté du marché à décoller.

<sup>7</sup> Pour rappel, RTE dispose de la part thermosensible hivernale de la consommation électrique, évaluée en interne par le logiciel PREMIS, à partir des puissances appelées heure par heure et des conditions climatiques réelles sur la période des cinq dernières années, qui permet d'estimer l'historique de consommation de chauffage.

Pour autant, cette technologie pourrait se révéler bénéfique pour l'atteinte d'objectifs de neutralité carbone. De plus, les futures réglementations thermiques intégreront vraisemblablement des critères concernant la part d'énergie renouvelable apportée dans les bâtiments, ce qui pourrait favoriser l'essor de cette technologie.

De façon qualitative, la SNBC met en avant le recours aux chauffe-eau thermodynamiques ainsi qu'aux chauffe-eau solaires pour l'électrification de la production d'eau chaude sanitaire.

Les parts de marché des chauffe-eau solaires individuels ont donc été progressivement augmentées dans la modélisation au détriment plus particulièrement des chauffe-eau électriques à effet Joule, aussi bien dans les maisons individuelles que les logements collectifs, dans le neuf que dans l'existant.

Le tableau ci-dessous présente les résultats sur le parc d'eau chaude sanitaire en 2050.

*Parts des solutions électriques de production d'eau chaude sanitaire dans l'ensemble du parc (toutes énergies confondues)*

	2015	2030	2040	2050
Chauffe-eau Joule	48%	37%	26%	18%
Chauffe-eau thermodynamiques	2%	18%	31%	40%
Chauffe-eau solaires individuels	0%	0%	2%	4%

- **Besoins d'eau chaude**

Le besoin d'eau chaude en 2017 a dans un premier temps été recalé pour prendre en compte l'étude de l'ADEME sur le sujet<sup>8</sup>, à savoir un besoin de  $35 \pm 14$  litres à 55°C par personne pour une température moyenne annuelle d'eau froide de 16°C, soit 38 litres à 52°C.

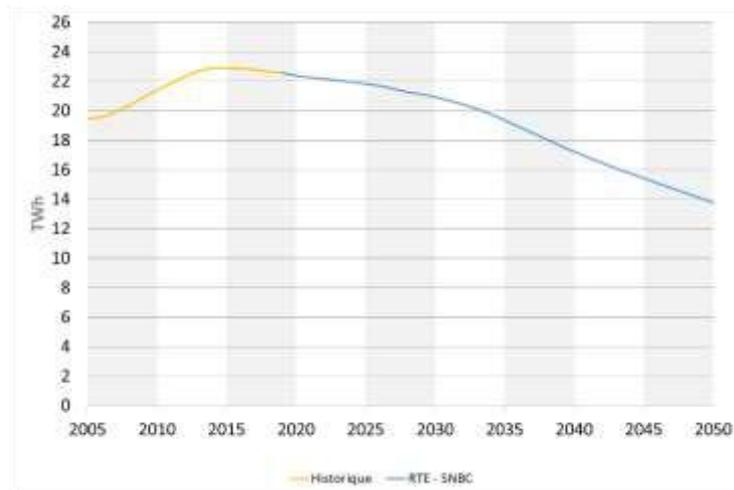
La modélisation de la consommation d'eau chaude sanitaire intègre par ailleurs une diminution progressive des besoins d'eau chaude, à hauteur de 0,6% par an. En prolongeant cette tendance jusqu'en 2050, cela correspondrait à une diminution de 19% par rapport à 2017.

Ne disposant pas d'historique sur les consommations réelles d'eau chaude, les hypothèses concernant la baisse du besoin d'eau chaude s'appuient sur les contributions reçues lors d'un précédent GT et coïncident avec celles de la SNBC.

Cette baisse intègre des effets comportementaux de sobriété et traduit l'utilisation de mousseurs, à même de réduire le besoin d'eau sans modification de l'usage.

<sup>8</sup> <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/besoin-eau-chaude-sanitaire-habitat-individuel-et-collectif-8809.pdf>

## Trajectoire de consommation pour la production d'eau chaude sanitaire



## 2.2.3 Climatisation et ventilation

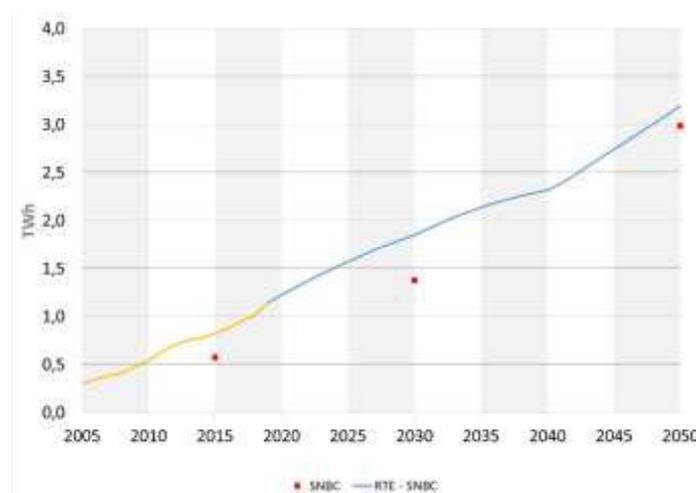
Les taux d'équipement en climatisation s'appuient pour l'historique sur des données du CEREN, la dernière en date de 2016, et sont prolongés de manière à coïncider avec ceux de la SNBC, comme indiqué dans le tableau suivant.

Les consommations unitaires, issues du modèle de parc présenté en GT, ont à ce stade été fixées à leur valeur de 2040 jusqu'en 2050. Cette hypothèse permet d'aboutir à une trajectoire de consommation de climatisation proche de celle de la SNBC.

## Hypothèses sur la climatisation dans le résidentiel

	2015	2020	2025	2030	2050
Taux d'équipement	6,4%	9,4%	12,4%	15,4%	31,4%
Consommation unitaire	460 kWh	450 kWh	420 kWh	380 kWh	290 kWh

## Trajectoire de consommation de climatisation



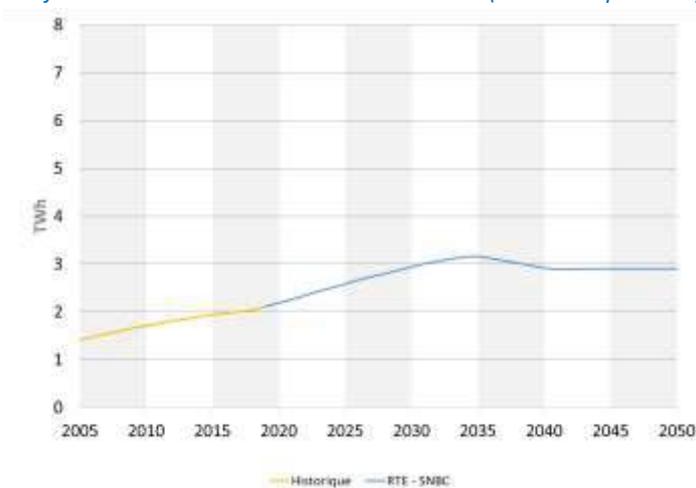
En ce qui concerne la ventilation des maisons individuelles, les tendances en termes de taux d'équipement ont été prolongées, en intégrant le fait que toutes les maisons neuves et toutes les maisons rénovées sont équipées d'un système de ventilation mécanique.

#### Hypothèses sur la ventilation dans les maisons individuelles

	2015	2020	2030	2040	2050
Taux d'équipement VMC	51%	57%	85%	100%	100%
Consommation unitaire	240 kWh	230 kWh	200 kWh	170 kWh	170 kWh

Avec les hypothèses envisagées, le taux d'équipement en VMC dans les maisons individuelles atteint 100% en 2035. La consommation unitaire, issue du modèle de parc, poursuit sa baisse jusqu'en 2040 avant de se stabiliser.

#### Trajectoire de consommation de ventilation (en MI uniquement)



#### 2.2.4 Equipements blancs

Suite aux différentes réunions du GT et tenant compte des contributions reçues, différentes modifications ont été apportées à la modélisation de la consommation des équipements de froid et de lavage. En particulier, les nouvelles classes énergétiques qui entreront en vigueur en 2021 ainsi que la formule de calcul de consommation unitaire associée à ces nouvelles classes ont été intégrées.

Pour la consommation unitaire des équipements, les modèles de parc basés sur la répartition des équipements par étiquette énergétique, qui ont été présentés en GT, sont utilisés jusqu'à 2040<sup>9</sup>. Les hypothèses retenues pour la construction de la trajectoire « SNBC » correspondent au niveau d'efficacité haute présenté en GT.

Au-delà de 2040, les incertitudes sur les évolutions de classes étant trop importantes pour des horizons de temps plus lointains et un taux de croissance est donc directement appliqué à la consommation

<sup>9</sup> La méthodologie utilisée pour la modélisation des usages spécifiques de l'électricité dans le secteur résidentiel est détaillée dans le document suivant : [https://www.concerte.fr/system/files/concertation/GT%20Consommation%20-%20Usages%20sp%C3%A9cifiques%20r%C3%A9sidentiels\\_0.pdf](https://www.concerte.fr/system/files/concertation/GT%20Consommation%20-%20Usages%20sp%C3%A9cifiques%20r%C3%A9sidentiels_0.pdf)

unitaire. Selon les équipements, ces taux de croissance sont pris entre -0,2 et -0,3% par an, ce qui correspond à un ralentissement par rapport aux tendances issues du modèle de parc jusqu'en 2040.

- **Froid**

La catégorie des réfrigérateurs américains a en outre été ajoutée à la modélisation, qui ne faisait la distinction jusque-là qu'entre les appareils simples ou combinés.

Les taux d'équipements dans l'historique s'appuient sur les données du GIFAM, les réponses à une étude menée par WattGo pour le compte de RTE et des études statistiques de l'INSEE et tiennent compte du suréquipement dans certains ménages. Les tendances présentées en GT, globalement partagées, ont été prolongées jusqu'en 2050, avec un très léger ralentissement pour les réfrigérateurs.

La baisse du taux d'équipement des congélateurs indépendants a été modérée suite aux contributions reçues en GT, modération qui a par ailleurs été légèrement répercutée sur la répartition entre réfrigérateurs simples et combinés, américains ou non.

#### Principales hypothèses pour les équipements de froid

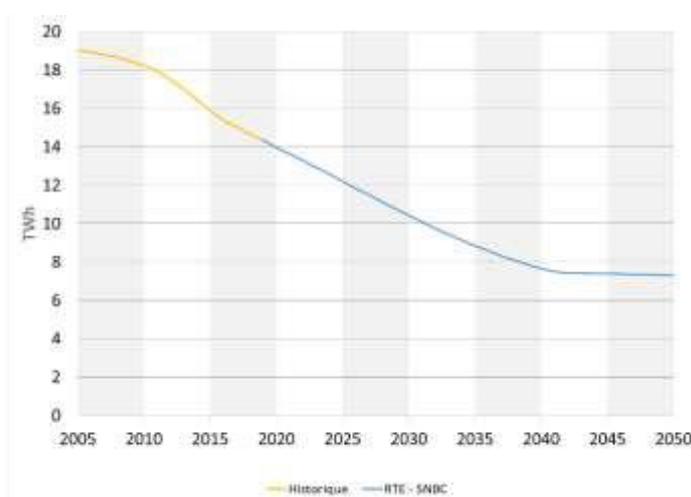
		2020	2030	2040	2050
Taux d'équipement	Réfrigérateurs	112%	110%	108%	106%
	Congélateurs	60%	57%	54%	51%
Consommation unitaire	Réfrigérateurs	250 kWh	190 kWh	130 kWh	120 kWh
	Congélateurs	310 kWh	210 kWh	150 kWh	140 kWh

Les consommations unitaires présentées dans ce tableau sont des résultats de modélisation.

Avec ces résultats, et à titre indicatif, un réfrigérateur « moyen » du parc atteindrait la consommation des meilleurs équipements disponibles aujourd'hui sur le marché en 2035<sup>10</sup>.

Par ailleurs, la baisse de consommation unitaire issue du modèle est cohérente avec la base de données ASSET de la Commission européenne.

#### Trajectoire de consommation des équipements de froid



<sup>10</sup> d'après le guide Topten : <https://www.topten.eu/private/products/refrigerators> par exemple

- **Lavage**

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.

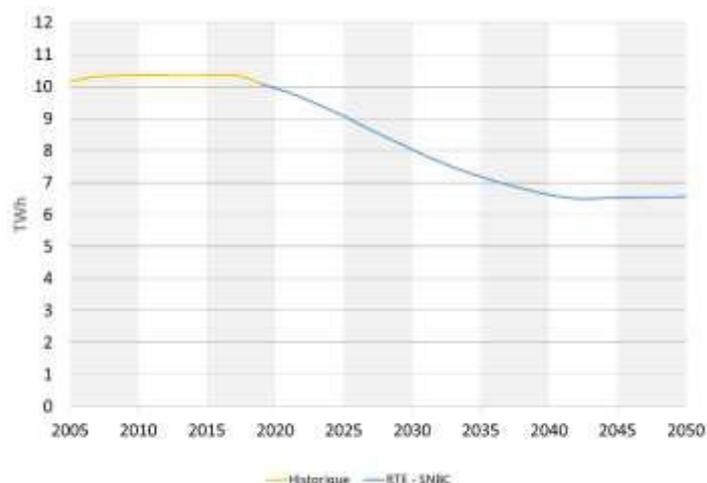
De la même manière, les tendances présentées en GT sur les taux d'équipement pour le lavage ont été globalement prolongées jusqu'en 2050, avec une stabilisation en fin d'horizon pour les lave-linge et sèche-linge.

*Principales hypothèses pour les équipements de lavage*

		2020	2030	2040	2050
Taux d'équipement	Lave-linge	97%	98%	98%	98%
	Sèche-linge	34%	34%	34%	34%
	Lave-vaisselle	67%	73%	75%	76%
Consommation unitaire	Lave-linge	120 kWh	90 kWh	70 kWh	70 kWh
	Sèche-linge	310 kWh	180 kWh	110 kWh	110 kWh
	Lave-vaisselle	180 kWh	140 kWh	120 kWh	110 kWh

La baisse de consommation unitaire issue du modèle est globalement cohérente avec la base de données ASSET de la Commission européenne.

*Trajectoire de consommation des équipements de lavage*



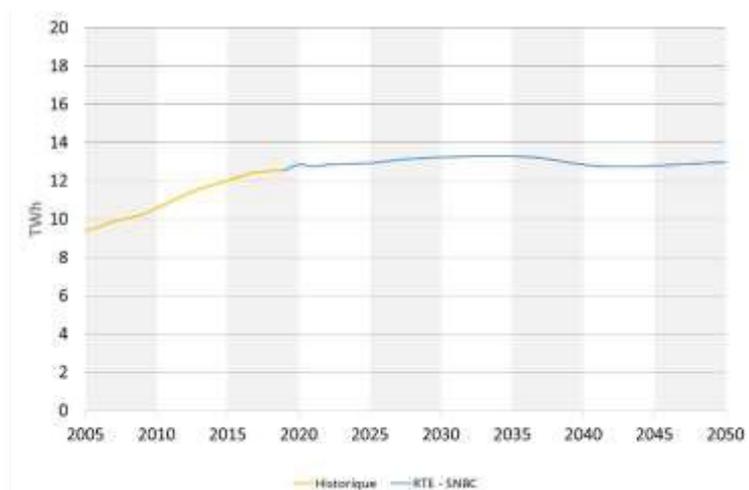
### 2.2.5 Cuisson

Malgré la poursuite de l'électrification de l'usage, qui se traduit par une augmentation de la part de l'électricité pour les plaques de cuisson et les fours (jusqu'à 97% de plaques électriques en 2050 contre 50% aujourd'hui), la tendance est à la quasi-stabilité de la consommation liée à cet usage.

Comme présenté lors d'un précédent GT, l'estimation des consommations unitaires des fours, plaques et fours à micro-ondes se fait par l'intermédiaire de modèles de parc jusqu'en 2040, puis, selon le même principe que pour les équipements de froid et de lavage, des taux de croissance sont appliqués.

Pour les autres équipements, de petit électroménager principalement, les tendances déjà prises en compte dans la modélisation sont prolongées jusqu'en fin d'horizon. Celles-ci correspondent globalement à une diminution des puissances en veille.

Trajectoire de consommation de la cuisson



## 2.2.6 TIC

### • Taux d'équipement

De la même manière, les tendances utilisées pour les taux d'équipement des appareils audiovisuels et informatiques dans la trajectoire intermédiaire 2 présentée en GT sont prolongées jusqu'en 2050. Pour rappel, ces tendances se basent sur l'historique dont les données sont issues notamment du CSA, du CREDOC et du Baromètre du numérique.

Ces tendances correspondent à une diminution légère et progressive des taux d'équipement en téléviseurs (tendance observée ces dernières années dans le Baromètre du numérique<sup>11</sup> notamment) et un maintien de ceux en ordinateurs, principal ou de multi-équipement, avec une très large majorité d'ordinateurs portables. Dans le même temps, la téléphonie fixe poursuit sa baisse, au profit notamment des téléphones portables.

En revanche, pour les divers appareils électroniques pouvant être présents dans les foyers, en plus des ordinateurs, tablettes et téléphones portables déjà comptabilisés par ailleurs, la prolongation de la tendance jusqu'en 2050 conduisait à plus de huit appareils « autres » par foyer. Ce taux d'équipement a donc arbitrairement été figé à sa valeur de 2040 pour les années suivantes.

<sup>11</sup> [https://www.arcep.fr/uploads/tx\\_gspublication/rapport-barometre-num-2019.pdf](https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/rapport-barometre-num-2019.pdf)

## Taux d'équipement pour les principaux équipements TIC

	2020	2030	2040	2050
Téléviseurs principaux	93%	91%	88%	86%
Téléviseurs secondaires	44%	36%	34%	32%
Ordinateurs fixes principaux	38%	21%	4%	4%
Ordinateurs portables principaux	38%	54%	71%	71%
Ordinateurs fixes secondaires	5%	0%	0%	0%
Ordinateurs portables secondaires	22% <sup>12</sup>	27%	27%	27%

- **Consommation unitaire**

Le même principe que pour les équipements de froid et de lavage a été appliqué aux consommations unitaires des téléviseurs, ordinateurs et box TV et internet, à savoir que les modèles de parc présentés en GT sont utilisés pour les consommations unitaires jusqu'en 2040 et au-delà, des taux de croissance sont directement appliqués.

On notera plus particulièrement que pour les ordinateurs, faute d'élément pour distinguer l'évolution de consommation selon le type d'appareil, le même taux d'évolution est appliqué qu'il s'agisse d'ordinateurs fixes ou portables, principaux ou secondaires.

Pour tous les autres usages relevant des usages de l'audiovisuel, informatique et télécommunications, les tendances en matière de consommation unitaire sont prolongées jusqu'en 2050.

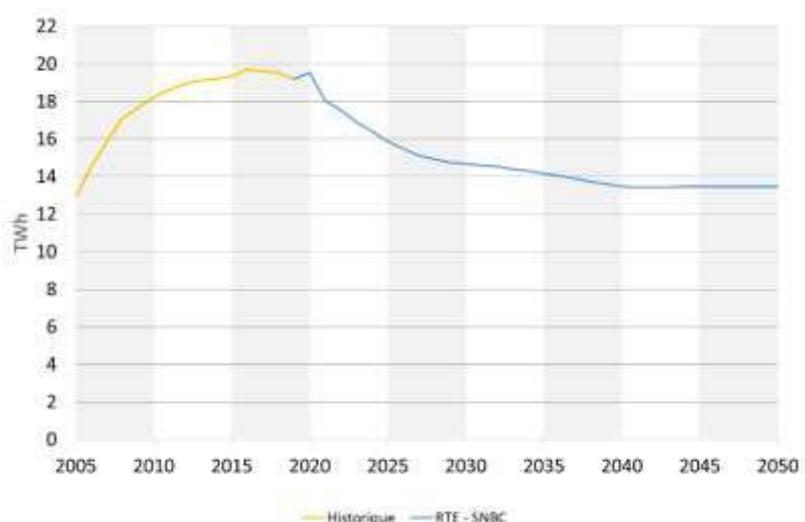
## Consommation unitaire pour les principaux équipements TIC

	2020 <sup>13</sup>	2030	2040	2050
Téléviseurs principaux	170 kWh	160 kWh	130 kWh	130 kWh
Téléviseurs secondaires	60 kWh	40 kWh	30 kWh	30 kWh
Ordinateurs fixes principaux	250 kWh	190 kWh	170 kWh	160 kWh
Ordinateurs portables principaux	40 kWh	30 kWh	20 kWh	10 kWh
Ordinateurs fixes secondaires	140 kWh	110 kWh	90 kWh	90 kWh
Ordinateurs portables secondaires	40 kWh	10 kWh	10 kWh	10 kWh

<sup>12</sup> Hors effet covid (pour prendre en compte l'effet du confinement dans la consommation de 2020 et plus particulièrement du télétravail, le taux d'équipement en ordinateurs portables secondaires a été ponctuellement augmenté)

<sup>13</sup> Les consommations unitaires de 2020 intègrent une augmentation des durées d'utilisation liée au confinement

## Trajectoire de consommation des TIC



Le pic observé en 2020 correspond à l'impact du confinement sur la consommation des TIC. En effet, du fait du télétravail ou au contraire de l'absence d'activité pendant le confinement, les usages du numérique ont vraisemblablement augmenté dans le secteur résidentiel durant cette période. Utilisation des téléviseurs ou des consoles de jeux, utilisation de l'ordinateur pour le télétravail ou l'enseignement à distance, utilisation accrue des smartphones et tablettes, sont autant d'exemples de cette augmentation des usages des TIC lors du confinement. Ces éléments ont été pris en compte ponctuellement sur l'année 2020, en augmentant notamment les durées d'utilisation de ces appareils dans la modélisation.

## 2.2.7 Eclairage

La réduction de consommation est essentiellement portée par la pénétration de l'éclairage LED, plus performant que les autres types de sources lumineuses.

Par rapport à la trajectoire présentée initialement en GT, la pénétration des ampoules LED sur le marché est plus rapide. En effet, d'après l'Association française de l'éclairage, les trois quarts des lampes vendues en 2017 étaient des LED<sup>14</sup>. Le parc d'éclairage résidentiel serait alors composé à 100% de LED à partir de 2030.

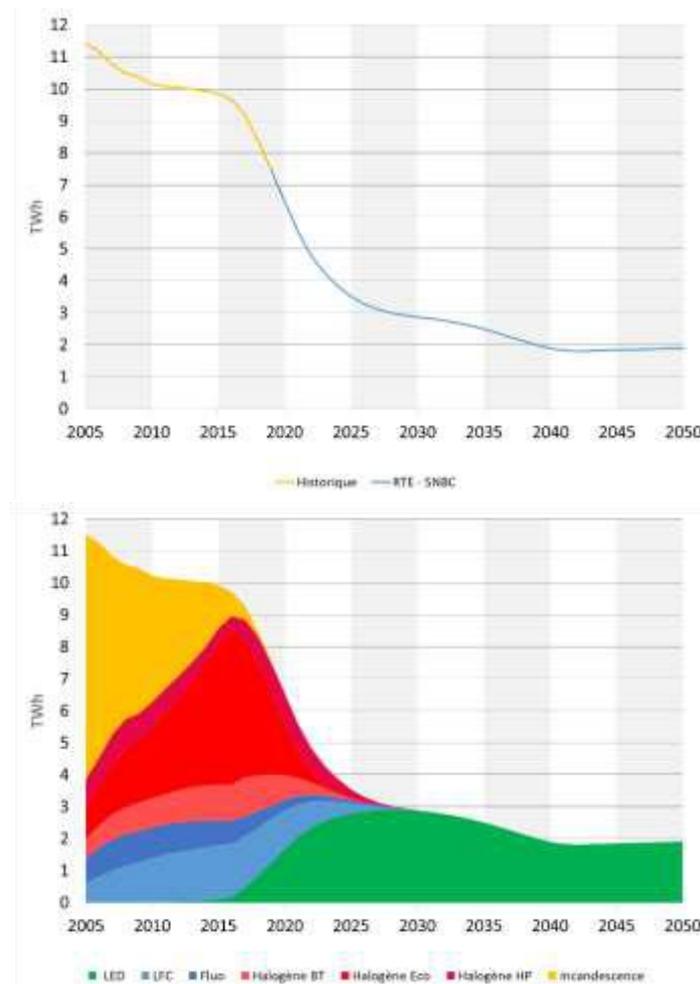
En termes de consommation unitaire, on peut supposer une atteinte du potentiel maximal d'efficacité des LED en fin d'horizon d'étude. En effet, celles-ci représenteront une consommation très faible et les efforts supplémentaires d'efficacité pourraient ne pas s'avérer rentables pour les fabricants. Leur consommation unitaire n'est donc pas modifiée au-delà de 2040.

## Consommation annuelle d'éclairage par logement

	2015	2020	2030	2040	2050
RTE - SNBC	350 kWh	220 kWh	90 kWh	60 kWh	60 kWh

<sup>14</sup> <http://www.afe-eclairage.fr/afe/l-eclairage-en-chiffres-26.html>

## Trajectoire de consommation d'éclairage et consommation par type de source lumineuse



### 2.2.8 Autres usages

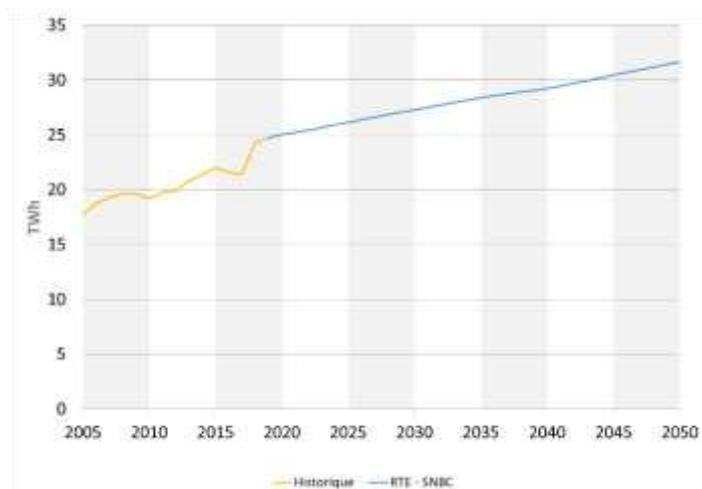
Pour les autres usages non décrits jusque-là, les tendances sont globalement prolongées au-delà de 2040.

La modélisation ne se voulant pas complètement techno-explicite, un terme de bouclage, correspondant aux usages non explicités par ailleurs, permet de caler les consommations historiques du secteur résidentiel.

Ce terme de bouclage est ramené à une consommation par ménage puis projeté, de manière à intégrer les évolutions démographiques.

Les nouveaux usages susceptibles d'émerger mais non encore identifiés aujourd'hui (donc hors véhicules électriques, électrification du chauffage, croissance de l'usage des TIC, etc.) sont pris en compte par l'intermédiaire d'un solde. Celui-ci atteindrait une valeur de 4,5 TWh en 2050.

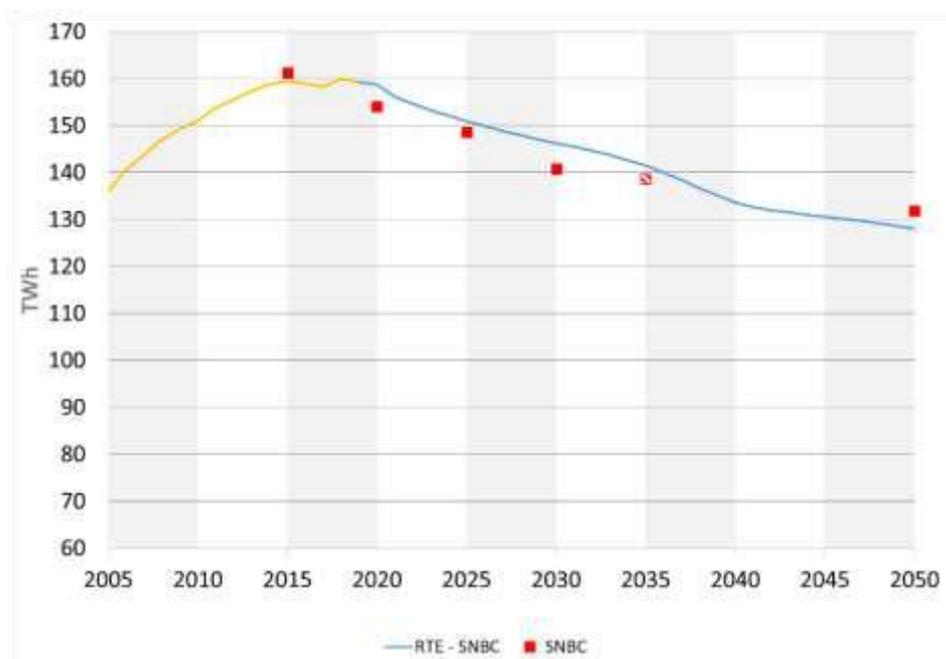
## Trajectoires de consommation pour les autres usages résidentiels non décrits



## 2.2.9 Consommation du secteur résidentiel (hors véhicules électriques)

Dans l'ensemble, l'agrégation des différents usages conduit à une trajectoire de consommation du secteur résidentiel (hors véhicules électriques) proche de celle du scénario SNBC. Celle-ci est en baisse sur l'ensemble de l'horizon d'étude. La baisse entre le niveau actuel et le niveau projeté à l'horizon 2050 atteint de l'ordre de -20%, même en tenant compte de la croissance de la part du chauffage électrique dans ce secteur.

## Trajectoire de consommation du secteur résidentiel (hors véhicules électriques)



## 2.3 Premières propositions de variantes

Selon le principe de variables de commande présenté lors de la précédente réunion du groupe de travail, des variantes autour de la trajectoire dite « SNBC » seront étudiées. Les premières propositions de variantes présentées dans cette partie s'attachent plus particulièrement aux niveaux d'efficacité énergétique et d'électrification. Pour chacune d'elles, une seule variable a été modifiée par rapport à la trajectoire SNBC.

Pour rappel, par hypothèse et en cohérence avec les orientations de la SNBC, la trajectoire SNBC correspond à des niveaux hauts d'efficacité et d'électrification.

### 2.3.1 Niveau d'efficacité énergétique

A niveau d'électrification identique, la baisse du niveau d'efficacité énergétique envisagé a un effet haussier sur la consommation résidentielle.

*Variation de l'énergie par usage en fonction du niveau d'efficacité énergétique en 2050*

	RTE - SNBC	Ecart par rapport à RTE-SNBC	
		Efficacité médiane	Efficacité basse
Chauffage	34,4 TWh	+42%	+66%
ECS	13,8 TWh	+14%	+34%
Climatisation et ventilation	6,1 TWh	+17%	+27%
Froid	7,3 TWh	+28%	+35%
Lavage	6,6 TWh	+14%	+19%
Cuisson	13,0 TWh	+9%	+14%
TIC	13,5 TWh	+15%	+19%
Eclairage	1,9 TWh	+15%	+42%
Autres	31,7 TWh	+3%	+6%
<b>Total</b>	<b>128,1 TWh</b>	<b>+20%</b>	<b>+31%</b>

Cet effet est en particulier notable sur la consommation du chauffage. La baisse du niveau d'efficacité énergétique, toutes choses égales par ailleurs, signifie que l'installation de pompes à chaleur, à la fois dans le neuf et l'existant, est moins dynamique. De ce fait, l'électrification du chauffage se fait davantage par l'installation de convecteurs Joule moins performants et plus énergivores.

*Parts de marché des solutions électriques de chauffage dans le parc en 2050 selon le niveau d'efficacité*

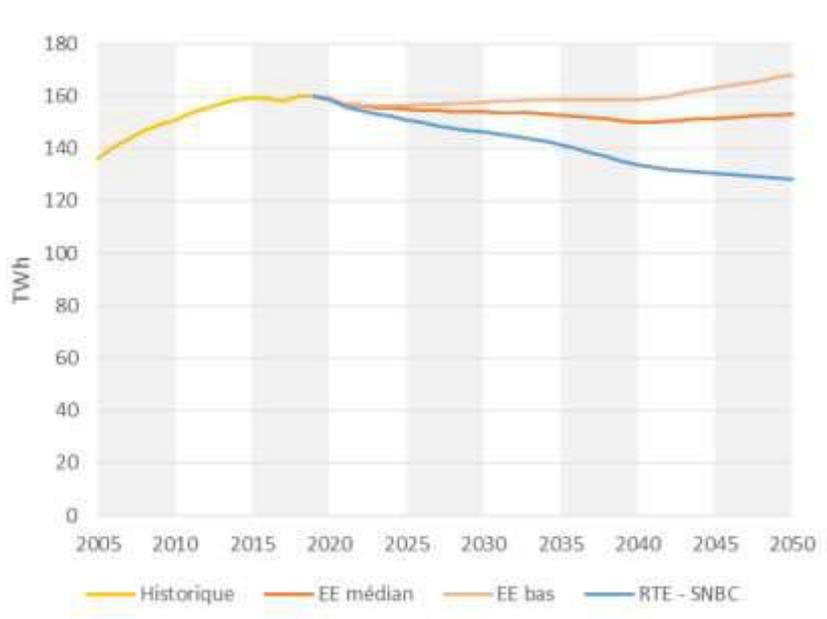
	RTE - SNBC	Efficacité médiane	Efficacité basse
Part de chauffage Joule dans le parc	25%	35%	41%
Part de PAC dans le parc	30%	20%	14%

Par ailleurs, pour le bâti, un moindre niveau d'efficacité énergétique correspond également à un rythme de rénovations moins dynamique, ces rénovations étant en outre moins efficaces que dans l'hypothèse d'une efficacité énergétique haute.

## Hypothèses sur la rénovation selon le niveau d'efficacité énergétique

		2020	2030	2040	2050
Nb de rénovations (en milliers ; moyenne annuelle par période de 10 ans)	RTE-SNBC	400	677	918	1044
	Efficacité médiane	400	470	713	825
	Efficacité basse	400	412	558	600
Gain moyen d'une rénovation (par période de 10 ans)	RTE-SNBC	-30%	-53%	-54%	-39%
	Efficacité médiane	-30%	-46%	-47%	-40%
	Efficacité basse	-30%	-39%	-40%	-40%

## Propositions de variantes autour du niveau d'efficacité énergétique dans le résidentiel



### 2.3.2 Niveau d'électrification

A l'inverse, un moindre niveau d'électrification à niveau d'efficacité identique entraîne un effet baissier sur la consommation.

#### Variation de l'énergie par usage en fonction du niveau d'électrification en 2050

	RTE - SNBC	Ecart par rapport à RTE-SNBC	
		Electrification médiane	Electrification basse
Chauffage	34,4 TWh	-24%	-37%
ECS	13,8 TWh	-6%	-12%
Climatisation et ventilation	6,1 TWh	0%	0%
Froid	7,3 TWh	0%	0%
Lavage	6,6 TWh	0%	0%
Cuisson	13,0 TWh	-8%	-12%
TIC	13,5 TWh	0%	0%
Eclairage	1,9 TWh	0%	0%
Autres	31,7 TWh	-8%	-14%
<b>Total</b>	<b>128,1 TWh</b>	<b>-10%</b>	<b>-16%</b>

Là encore, l'effet le plus important apparaît sur la consommation de chauffage. A niveau identique d'efficacité énergétique par rapport à la trajectoire SNBC, un moindre niveau d'électrification se traduit pour cet usage par des transferts vers des solutions électriques moins importants en nombre mais très performants : ces transferts se font en grande majorité vers des pompes à chaleur.

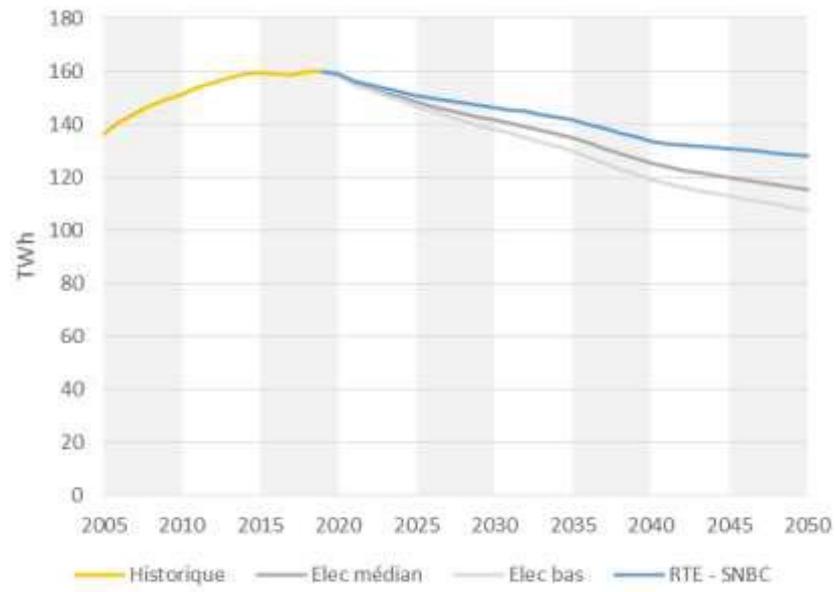
#### Parts de marché des solutions électriques de chauffage dans le parc en 2050 selon le niveau d'électrification

	RTE - SNBC	Electrification médiane	Electrification basse
Part de chauffage Joule dans le parc	25%	18%	13%
Part de PAC dans le parc	30%	28%	27%

D'autre part, dans le cas de cette variante, les transferts se font dans un contexte très dynamique de rénovations (rythme SNBC).

Pour les usages spécifiques de l'électricité, le taux d'équipement est relié à la variable de commande sobriété et la consommation unitaire dépend de l'efficacité énergétique et de la sobriété. C'est pourquoi aucun effet n'est visible en faisant varier le niveau d'électrification.

## Propositions de variantes autour du niveau d'électrification dans le résidentiel



### 3 Première proposition de trajectoire du secteur tertiaire

La méthodologie d'élaboration des trajectoires de consommation du secteur tertiaire a fait l'objet d'une réunion du groupe de travail en septembre 2019.

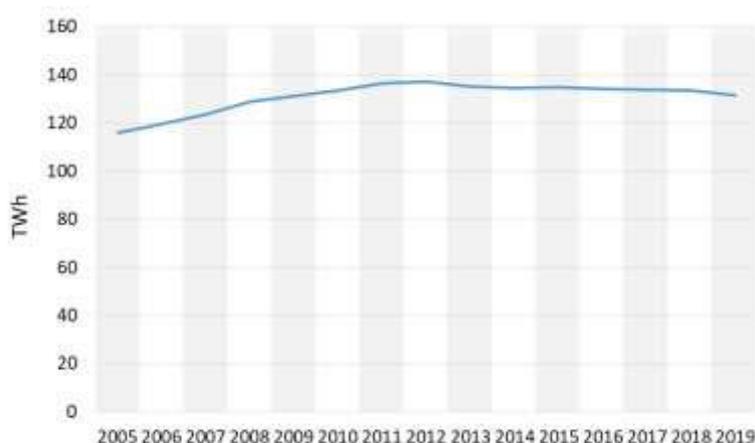
Les remarques émises lors de cette réunion et reçues dans les contributions écrites ont été intégrées au modèle.

Partant de là, une trajectoire de consommation a été élaborée en intégrant les orientations de la SNBC. Celle-ci se traduit en particulier par d'importants efforts en matière d'efficacité énergétique et d'électrification des usages. La méthode de construction de chaque usage du secteur tertiaire est basée sur la méthodologie présentée lors de la réunion du groupe de travail.

#### 3.1 Historique de la consommation tertiaire

Le secteur tertiaire est le principal vecteur de la croissance économique en France et un facteur important de la dynamique de la consommation d'électricité française. La demande électrique de ce secteur est longtemps restée particulièrement dynamique, avec un taux de croissance annuel moyen de 2,7 % entre les années 2005 et 2011. Cependant, les chiffres de consommation se sont stabilisés sur la période de 2011 à 2015, et laissent ainsi entrevoir une inflexion de cette tendance.

Historique de consommation du secteur tertiaire de 2005 à 2019



Les principaux facteurs d'évolution de la consommation tertiaire sont :

- la croissance de la démographie et de la population active ;
- le dynamisme de l'activité économique et le taux d'emploi du secteur ;
- la diffusion de l'efficacité énergétique des équipements et du bâti ;
- l'évolution des surfaces tertiaires ayant recours à l'électricité pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, la climatisation et la cuisson.

### 3.2 Structure de la consommation d'électricité du secteur tertiaire

Les consommations d'électricité du secteur tertiaire constituent un ensemble particulièrement hétérogène. Il s'agit d'une part des consommations dans les bâtiments chauffés, répartis selon huit branches d'activité :

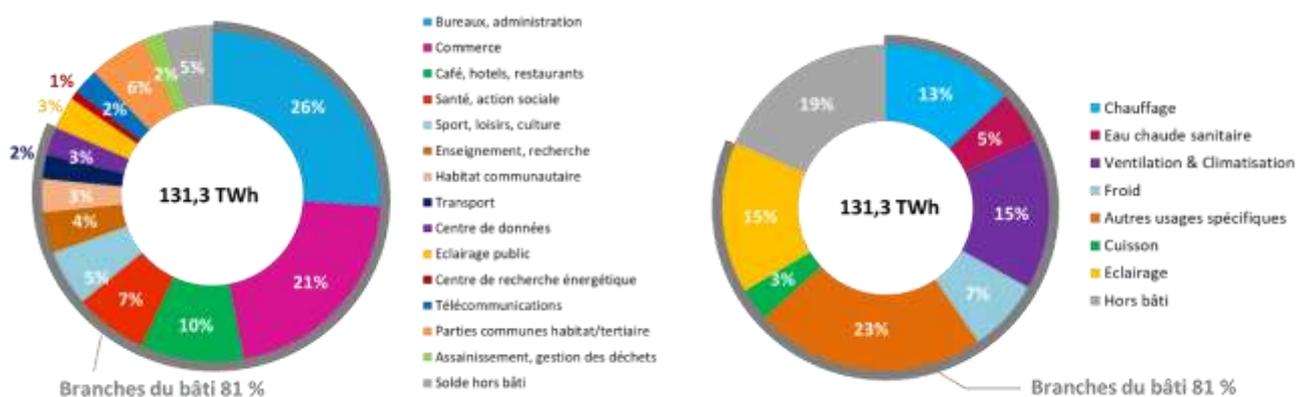
- cafés, hôtels, restaurants ;
- habitat communautaire ;
- santé, action sociale ;
- enseignement, recherche ;
- sports, loisirs ;
- bureaux, administration ;
- commerce ;
- transports (bâtiments du transport, hors force motrice) ;

... et, d'autre part, des consommations dites « autres tertiaires » : télécommunications, éclairage public, centres de recherche, parties communes d'immeubles, centres de traitement de données, etc.

Pour chacune des huit principales branches d'activités, la consommation de sept usages est modélisée : chauffage, climatisation, eau chaude sanitaire, cuisson, éclairage, froid et électricité spécifique.

Les graphiques suivants illustrent la part des différents usages et branches dans la consommation du secteur tertiaire, qui représente 131,3 TWh en 2019.

Répartition par branches et par usages de la consommation du secteur tertiaire en 2019



### 3.3 Cadre réglementaire

Le secteur du bâtiment représente 44% de l'énergie consommée en France et constitue donc un des domaines clé dans la lutte contre le réchauffement climatique et dans la transition énergétique. La politique de l'énergie dans les bâtiments, tant à l'échelle européenne qu'à la maille nationale, se concrétise dans de nombreux textes réglementaires ou dispositifs incitatifs, tels que :

- **La directive européenne du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments (2010/31/CE)**, qui a pour objectif de promouvoir l'amélioration de la performance énergétique

des bâtiments en se basant sur les principes suivants : des exigences minimales de performance énergétique ainsi qu'un diagnostic pour les bâtiments neufs et existants.

- **La réglementation thermique 2012 (RT 2012) dans les bâtiments neufs** qui a pour objectif de limiter la consommation d'énergie primaire des bâtiments neufs à un maximum de 50 kWhEP/m<sup>2</sup> par an en moyenne. La RT 2012 est applicable à tous les permis de construire déposés depuis le 28 octobre 2011 pour certains bâtiments neufs du secteur tertiaire (bureaux, bâtiments d'enseignement primaire et secondaire, établissements d'accueil de la petite enfance) et depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2013 pour tous les autres bâtiments neufs.
- **La future réglementation environnementale 2020 (RE2020) dans les bâtiments neufs**, en cours d'élaboration, qui devrait remplacer à terme la RT2012 et introduire une dimension environnementale sur le carbone.
- **La réglementation thermique des bâtiments existants**, qui s'applique aux bâtiments résidentiels et tertiaires existants, à l'occasion de travaux de rénovation prévus par le maître d'ouvrage. L'objectif général de cette réglementation est d'assurer une amélioration significative de la performance énergétique d'un bâtiment existant lorsqu'un maître d'ouvrage entreprend des travaux susceptibles d'apporter une telle amélioration. Les mesures réglementaires sont différentes selon l'importance des travaux entrepris par le maître d'ouvrage<sup>15</sup>.
- **L'arrêté du 25 janvier 2013 relatif à l'éclairage nocturne des bâtiments non résidentiels**, applicable depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2013, exige l'extinction de l'éclairage intérieur une heure après la fin de l'occupation des locaux. Pour les vitrines l'extinction doit avoir lieu de 1 h à 7 h du matin ou depuis une heure après la fermeture de la société jusqu'à une heure avant l'ouverture.

Plus récemment, le 23 juillet 2019, est paru le décret n°2019-771 relatif aux obligations de réduction de la consommation d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire, plus communément appelé « **décret tertiaire** »<sup>16</sup>. Ce décret précise les modalités d'application de l'article 175 de la loi ELAN (Evolution du logement, de l'aménagement et du numérique), elle-même parue le 23 novembre 2018, portant sur la rénovation énergétique du parc tertiaire.

Evoqué pour la première fois dans la loi dite Grenelle II de juillet 2010, portant engagement national pour l'environnement, le « décret tertiaire » est paru en mai 2017, avant d'être suspendu deux mois plus tard par le Conseil d'Etat.

Le décret s'applique aux bâtiments à usage tertiaire existants de surface supérieure à 1 000 m<sup>2</sup>. La loi fixe des objectifs de réduction des consommations énergétiques en énergie finale. Ces objectifs peuvent être exprimés de deux manières différentes :

- soit une réduction de la consommation en énergie finale de 40% en 2030, 50% en 2040 et 60% en 2050, par rapport à une consommation de référence ne pouvant être antérieure à 2010 ;
- soit un niveau de consommation en énergie finale fixé en valeur absolue en fonction de la consommation énergétique des bâtiments nouveaux de la même catégorie et déterminé par un arrêté des ministres chargés de la construction, de l'énergie et des Outre-mer pour les

<sup>15</sup> cf. articles L. 111-10 et R.131-25 à R.131-28-11 du Code de la construction et de l'habitation ainsi que sur leurs arrêtés d'application

<sup>16</sup> [https://www.legifrance.gouv.fr/jo\\_pdf.do?id=JORFTEXT000038812251](https://www.legifrance.gouv.fr/jo_pdf.do?id=JORFTEXT000038812251)

échéances 2030, 2040 et 2050, sur la base d'indicateurs d'usage de référence spécifiques pour chaque catégorie d'activité.

Le décret doit désormais être complété par un arrêté d'application, fixant notamment les seuils de performance énergétique.

### 3.4 Méthode de constitution de la consommation tertiaire

#### 3.4.1 Constitution de la consommation du secteur tertiaire

La consommation électrique du secteur tertiaire est basée sur des consommations du réseau public de transport d'électricité (RPT) et du réseau public de distribution (RPD). Les données de consommation sur le RPD sont fournies par les différents gestionnaires de réseaux de distribution et réparties selon les catégories suivantes :

- consommation résidentielle,
- consommation dite « basse tension professionnelle »<sup>17</sup> (cette consommation intègre la consommation des activités du secteur tertiaire, mais également la consommation de l'agriculture<sup>18</sup>),
- consommation par code d'activité, dit code NAF<sup>19</sup>.

La consommation du secteur tertiaire est obtenue par addition de la consommation de différentes branches d'activités, regroupées grâce aux codes NAF, et de la part tertiaire de la consommation dite « basse tension professionnelle ».

#### 3.4.2 Répartition de la consommation du secteur tertiaire

La consommation du secteur tertiaire est découpée selon les huit branches d'activités, définies selon la nomenclature du CEREN par codes d'activités NAF, et neuf branches d'activités dites hors bâti (plus précisément huit branches et un solde).

Une branche d'activités regroupe plusieurs codes NAF, mais un code NAF ne peut appartenir qu'à une seule branche. La branche « Cafés, hôtels, restaurants » regroupe 10 codes NAF tandis que la branche « Commerce » regroupe 131 codes NAF. L'hétérogénéité des branches elles-mêmes et des éléments au sein d'une même branche complexifie l'estimation de l'évolution de la consommation du secteur. Les besoins énergétiques sont par exemple différents entre un immeuble de bureaux, une école et un établissement de santé. Il existe également, de la même manière, de grandes disparités au sein de la branche commerce entre la consommation d'une grande surface et celle d'une épicerie.

---

<sup>17</sup> Consommateurs professionnels ayant une puissance souscrite inférieure ou égale à 36 kVA. Les données statistiques sur ces consommateurs ne fournissent pas de code d'activité.

<sup>18</sup> La consommation de l'agriculture est disponible dans le Bilan énergétique de la France (SDES) (de l'ordre de 5 TWh en 2017)

<sup>19</sup> Il s'agit d'une nomenclature d'activité particulière pour les consommations d'énergie. Il existe une table de correspondance entre la NCE et la NAF rév. 2, accessible sur le site de l'INSEE :

[https://www.insee.fr/fr/statistiques/fichier/3364874/irecoeacei16\\_correspondance\\_NCE\\_NAF-1.pdf](https://www.insee.fr/fr/statistiques/fichier/3364874/irecoeacei16_correspondance_NCE_NAF-1.pdf)

## Liste des branches

Branches du bâti <i>selon la nomenclature du CEREN</i>	Cafés, hôtels, restaurants
	Habitat communautaire
	Santé, action sociale
	Enseignement, recherche
	Sports, loisirs
	Bureaux, administration
	Commerce
	Transports
Branches hors bâti	Assainissement, déchets
	Bâtiment, construction
	Grands centres de recherche
	Eclairage public
	Gestion immeuble habitat
	Gestion immeuble tertiaire
	Télécommunications
	Solde

### 3.5 Détail de la consommation par usage

#### 3.5.1 Facteurs macroéconomiques

- **Le PIB**

Le scénario SNBC suppose une activité économique qui continue de croître à un rythme similaire à aujourd'hui : la croissance du PIB est ainsi comprise entre 1,3 et 1,7% sur la période étudiée. Cette trajectoire est utilisée sauf sur les années 2020 et 2021 où elle est corrigée pour prendre en compte les effets de la crise du Covid-19.

- **La démographie**

Pour ce qui est de la démographie, la population évolue légèrement à la hausse dans la trajectoire SNBC, à un rythme annuel moyen de 0,3%, selon le scénario central de l'INSEE.

#### 3.5.2 Evolution des surfaces

- **La surface par emploi**

L'évolution de la surface tertiaire dépend de l'évolution de l'emploi et de la surface associée à chaque emploi. L'évolution de l'emploi est modélisée en utilisant l'évolution du PIB. Une hypothèse d'évolution de surface par emploi est faite, cette hypothèse dépend du niveau de sobriété choisi pour le scénario. La SNBC mentionne la rationalisation des surfaces comme outil pour diminuer l'impact carbone du secteur du bâtiment sans le quantifier. Le principal facteur influençant la surface par

employé est le télétravail. Le télétravail est une façon pour les employés de diminuer leurs déplacements, ce qui a par ailleurs un effet positif sur les émissions de GES. Les loyers de l'immobilier ayant un coût important, les entreprises peuvent optimiser la surface de locaux qu'elles louent lorsqu'elles déménagent pour minimiser la facture. Si l'entreprise considère que le télétravail est une solution efficace, elle peut envisager de réduire la surface pour faire du *flex-office* voire ne faire que du télétravail. Le potentiel de gain de surface par emploi est le plus grand dans la branche bureau administration. Cela se traduit dans le scénario SNBC-RTE par une baisse de 10% des surfaces par emploi dans la branche des bureaux<sup>20</sup> et une baisse de 3% dans les autres.

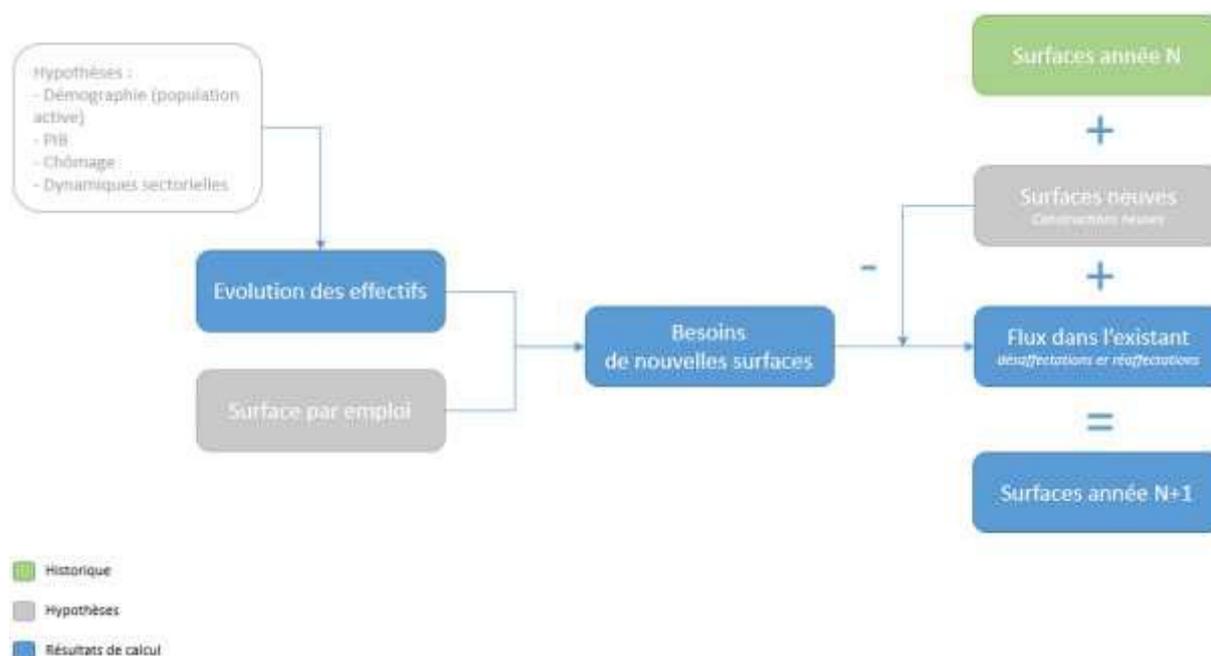
#### • Construction neuve et désaffectation

Le rythme de construction neuve est défini dans SNBC. Il est de 10 millions de m<sup>2</sup> par an entre 2015 et 2030 puis de 8 millions de m<sup>2</sup> par an entre 2030 et 2050. Pour calculer l'évolution de la surface chauffée dans le secteur tertiaire, on calcule le besoin de surface en fonction de l'évolution du nombre d'employés. L'évolution du nombre d'employés est calculée en utilisant l'évolution du PIB. Le volume de désaffectation est calculé par différence entre le volume de construction neuve et le besoin de surface.

*Hypothèses de flux annuels moyens de désaffectations dans l'existant et de construction neuve (en milliers de m<sup>2</sup>)*

	2015 à 2030	2031 à 2035
Construction neuve	10 000	8 000
Désaffectations	-3300	-2600

*Principe de calcul pour l'évaluation des surfaces d'une branche*



<sup>20</sup> Dans un rapport de 2015, le commissariat général à l'égalité des territoires de novembre évalue le gain de surface si l'ensemble des salariés est en télétravail pendant un jour par semaine à 20% : [https://www.cget.gouv.fr/sites/cget.gouv.fr/files/atoms/files/etude\\_teletravail-3-modelisation\\_des\\_impacts\\_0.pdf](https://www.cget.gouv.fr/sites/cget.gouv.fr/files/atoms/files/etude_teletravail-3-modelisation_des_impacts_0.pdf). On suppose donc que d'ici 2050 une entreprise sur deux prendra en compte le gain de surface associé au télétravail dans ses nouveaux bureaux, soit 50% des employés faisant un jour de télétravail par semaine.

- **Rénovation**

Le rythme de rénovation est celui de la SNBC soit 3% des surfaces par an. Il est de 1,5% en 2019 et augmente progressivement pour atteindre 3% en 2030 puis il est maintenu à 3%.

Les gains associés aux rénovations sont pris égaux à 15% en 2019 puis augmentent jusqu'en 2030 pour atteindre 45%. La valeur de 45% est cohérente avec les potentiels de gains envisagés par l'ADEME dans son étude du parc tertiaire d'Ile de France<sup>21</sup>, qui voit des gains potentiels maximum de 50%.

### 3.5.3 Chauffage

- **SNBC**

La SNBC explicite un certain nombre d'hypothèses pour le chauffage dont la baisse de l'utilisation des chauffages Joule, le développement des PAC, le volume des rénovations et la part de l'électricité dans le secteur tertiaire en énergie.

- **Historique de la consommation de chauffage**

La consommation de chauffage du secteur tertiaire était de 17,1 TWh en 2019. La consommation de chauffage était en croissance entre 2005 et 2013 de l'ordre de 2,5% par an. Depuis 2013, la valeur est relativement stable. La consommation de chauffage regroupe la consommation des systèmes Joule et des systèmes PAC.

Le CEREN fournit chaque année les consommations d'électricité par usage pour les branches du bâti, en particulier les consommations liées au chauffage.

En parallèle, RTE dispose de l'estimation de la part thermosensible hivernale de la consommation électrique, issue du modèle interne PREMIS, à partir des puissances appelées heure par heure et des conditions climatiques réelles sur la période des cinq dernières années.

Ce volume thermosensible est ensuite réparti entre chauffage résidentiel et chauffage tertiaire, à l'aide d'une clé de répartition s'appuyant sur les données de consommation du CEREN. La part du chauffage tertiaire s'établit ainsi à environ 28% du volume thermosensible de la consommation, part relativement stable depuis 2005.

Les consommations de chauffage fournies pour chacune des branches par le CEREN sont donc recalées pour que le total coïncide avec la valeur issue de PREMIS. L'écart entre les valeurs du CEREN et de RTE est réparti entre les branches, au prorata de leur consommation de chauffage. Il est ainsi principalement porté par les branches commerce et bureaux, administration.

Cet écart était de 8% en 2005 et s'est fortement réduit depuis pour atteindre certaines années moins de 1%.

La consommation de chauffage est la plus importante dans les branches « bureaux, administration » et « commerce ». Ce sont également les branches du tertiaire dont la consommation est la plus importante, tous usages confondus.

---

<sup>21</sup> <https://ile-de-france.ademe.fr/sites/default/files/enseignements-cartographie-energetique-parc-tertiaire.pdf>

## Consommation de chauffage par branche en 2019

	2019
Cafés, hôtels, restaurants	1,3 TWh
Habitat communautaire	1,1 TWh
Santé, action sociale	1,5 TWh
Enseignement, recherche	0,8 TWh
Sports, loisirs	1,1 TWh
Bureaux, administration	6,1 TWh
Commerce	4,7 TWh
Transports	0,3 TWh
<b>TOTAL</b>	<b>17,1 TWh</b>

La consommation de chauffage en 2019 représente une part variable au sein des branches. Cette part est comprise entre 10% pour la branche « Cafés, hôtels, restaurants » et 28% pour la branche « Habitat communautaire ». Pour le reste des branches, cette part tourne autour de 16%.

Les données du CEREN permettent de reconstituer l'historique des surfaces chauffées à l'électricité. La surface à chauffer par des systèmes de chauffage électriques dans le tertiaire augmente du fait de deux facteurs, une augmentation des surfaces occupées par le tertiaire et une augmentation de la part du chauffage électrique.

En 2019, près de 30% du parc tertiaire est chauffé à l'électricité. L'énergie majoritaire de chauffage du parc tertiaire est le gaz de réseau (46% du parc), environ 15% du parc est chauffé au fioul et les 10% restants par d'autres combustibles (y compris réseaux urbains de chaleur)<sup>22</sup>.

La part de l'électricité dans le chauffage dans le secteur tertiaire est en moyenne de 50% sur les années 2005-2019. La part de l'électricité a diminué suite à la RT2012, en effet cette réglementation thermique rend l'installation de chauffage par Joule assez coûteuse. Pour satisfaire aux exigences de la RT2012 et installer du chauffage joule, il faut utiliser beaucoup plus d'isolant qu'avec une PAC ou une chaudière à condensation et cet isolant coûte cher. En fin de période, la part de l'électricité augmente fortement, portée par l'installation de PAC, les données de BatiEtude donnent un taux compris entre 85% et 95% de PAC installées parmi les surfaces neuves chauffées à l'électricité en 2019.

- **Transferts**

Aujourd'hui, la part de l'électricité dans le chauffage tertiaire est de 29%. La part du chauffage électrique dans la SNBC est proche de 60%, il s'agit d'un changement de tendance fort. Sur les dix dernières années, la part du chauffage électrique a augmenté de 0,5% par an alors que cette part devra augmenter de 1% par an sur les trente prochaines années.

Pour atteindre une part de 40% d'électricité dans le chauffage en 2030 et de 60% en 2050, il faut une augmentation rapide des transferts entre aujourd'hui et 2030, puis un maintien du rythme jusqu'en 2050. Les transferts correspondent à un transfert de 50% des surfaces chauffées au fioul au profit de l'électricité en 2030 puis des transferts du gaz vers l'électricité ensuite. Le rythme de transferts obtenu

<sup>22</sup> D'après le rapport « Suivi du parc et des consommations du secteur tertiaire année de constat 2018 » du CEREN et projection RTE

à partir de 2040 correspond à un rythme deux fois plus important que les transferts et destructions des surfaces au fioul dans les années 2010.

- **Part de l'électricité dans les surfaces neuves**

La part de l'électricité dans les surfaces neuves augmente dans ce scénario, portée par les pompes à chaleur en particulier air/air qui permettent le double usage chauffage/climatisation. L'hypothèse d'augmentation de la part de l'électricité est construite en cohérence avec l'hypothèse sur les transferts.

*Part de chauffage électrique dans les surfaces neuves*

	2020	2030	2040	2050
Part de l'électricité	55%	66%	75%	75%

- **Les pompes à chaleur**

Les données du CEREN et de BatiEtude permettent de reconstruire le parc de pompes à chaleur aujourd'hui. Aujourd'hui, les surfaces chauffées par des PAC représentent 10% du parc, soit un tiers des surfaces chauffées à l'électricité. Dans les derniers chiffres de BatiEtude, les PAC représentent 90% des systèmes électriques installés dans le neuf. La majorité des PAC sont utilisées pour le chauffage et la climatisation, ce qui justifie l'installation de PAC air/air. L'objectif de neutralité carbone ne peut être atteint qu'en maximisant l'efficacité énergétique, cela devrait conduire au développement de technologie de type thermofrigopompe qui permet de maximiser les rendements en produisant du froid et du chaud en simultanément. Le CEREN donne un chiffre de 80% de PAC aérothermiques dans l'historique.

*Répartition du parc de pompes à chaleur par type dans le tertiaire*

	2020	2030	2040	2050
PAC air/air	75%	68%	64%	62%
Autres PAC	25%	32%	36%	38%

- **Sobriété**

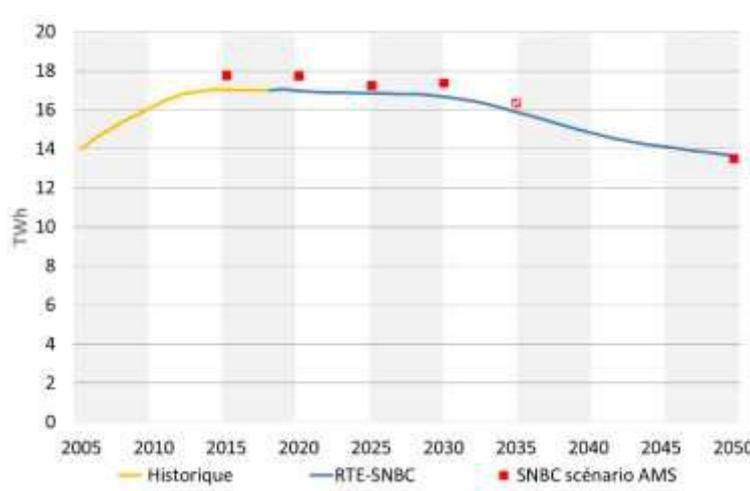
La SNBC intègre une hypothèse de sobriété de baisse de 1°C de la température de consigne du chauffage dans le secteur tertiaire. Cette hypothèse se traduit par une baisse de la consommation de 10%<sup>23</sup>. L'hypothèse est faite qu'un nombre croissant d'entreprises vont suivre cette recommandation et qu'en 2050 une majorité des surfaces auront baissé leur température de consigne de 1°C par rapport à aujourd'hui.

Le tableau suivant présente les principales caractéristiques du parc et hypothèses utilisées pour aboutir à la consommation de chauffage :

<sup>23</sup> Un chiffre fréquemment cité et repris par de très nombreux autres acteurs est 7% d'économie d'énergie. Mais ce chiffre est contesté : <https://www.incub.net/economie-chauffage-1-degre/>, dans cet article des gains de l'ordre de 15 à 30% sont cités. Prendre la valeur de 10% permet de prendre une valeur prudente, en effet il est peu probable que l'ensemble des gestionnaires de bâtiments baissent les températures de consigne.

	2020	2030	2040	2050
Part de chauffage Joule	20%	17%	13%	8%
Part de PAC dans le parc	10%	22%	38%	54%
Nb installations de PAC dans l'existant (=transferts) <i>(en millions de m<sup>2</sup> ; moyenne annuelle par période de 10 ans)</i>	2,3	7,8	12,8	15,2
Nb installations de PAC dans le neuf <i>(en millions de m<sup>2</sup> ; moyenne annuelle par période de 10 ans)</i>	3,0	5,4	5,7	5,9
Pourcentage de surface rénovée <i>(moyenne annuelle par période de 10 ans)</i>	1,5%	2,4%	3%	3%
Gain moyen d'une rénovation <i>(par période de 10 ans)</i>	20%	25%	41%	50%
<b>Consommation de chauffage (TWh)</b>	<b>17,0</b>	<b>16,6</b>	<b>14,9</b>	<b>13,6</b>

Trajectoire de consommation de chauffage



### 3.5.4 Climatisation

- **SNBC**

La SNBC décrit une trajectoire de consommation pour la climatisation stable sur tout l'horizon et veut favoriser le recours aux pompes à chaleur double usage, plus performantes sur le plan énergétique. Les valeurs de consommation pour la climatisation communiquées dans la synthèse de la SNBC présentent néanmoins un écart avec celles observées par RTE, ce qui pourrait s'expliquer par une différence de périmètre. La tendance sur l'évolution de la consommation est cependant reprise.

- **Historique de la consommation de climatisation**

La consommation de climatisation du secteur tertiaire est estimée à 19,8 TWh en 2017. La consommation de climatisation est issue des données du CEREN.

La consommation de climatisation est la plus importante dans les branches « Bureaux, administration » et « Commerce », branches dont la consommation est la plus importante dans le tertiaire tous usages confondus.

## Consommation de climatisation par branche en 2019

	2019
Cafés, hôtels, restaurants	1,9 TWh
Habitat communautaire	0,4 TWh
Santé, action sociale	2,0 TWh
Enseignement, recherche	0,3 TWh
Sports, loisirs	1,2 TWh
Bureaux, administration	8,6 TWh
Commerce	5,3 TWh
Transports	0,2 TWh
<b>TOTAL</b>	<b>19,8 TWh</b>

La consommation de climatisation du secteur tertiaire a augmenté de 50% entre 2005 et 2017. Mais le rythme d'augmentation diminue sur la fin de période passant d'une augmentation annuelle de 6,5% à 1% par an.

Les principaux déterminants de l'évolution de la consommation de climatisation sont les évolutions des surfaces climatisées dans le neuf, des surfaces climatisées dans l'existant, de l'efficacité du système de climatisation et du nombre de rénovations.

Les données du CEREN permettent de reconstituer l'historique des surfaces climatisées. La surface climatisée dans le tertiaire augmente sous l'effet de deux facteurs : une augmentation des surfaces du secteur tertiaire et une augmentation du pourcentage de climatisation de celles-ci. Cette surface est répartie en trois catégories, en tenant compte de la date de construction des bâtiments, avant ou après 2005, date à partir de laquelle la réglementation thermique (RT 2005) intègre un volet sur la climatisation induisant l'utilisation de systèmes plus efficaces et des normes d'isolation plus strictes et une troisième catégorie concernant les surfaces équipées de PAC.

- **Part des surfaces climatisées**

A l'issue de la concertation, le lien entre PAC et climatisation a été étudié. Cela a conduit à changer la trajectoire des surfaces climatisées. Les surfaces nouvellement climatisées le sont principalement par des PAC et la pénétration des PAC est très élevée dans ce scénario. Cela conduit à un doublement des surfaces climatisées.

	2020	2030	2040	2050
Part des surfaces climatisées	30%	39%	47%	55%
Part des surfaces climatisées avant GT	30%	35%	41%	
Part de PAC dans la climatisation	21%	37%	51%	62%

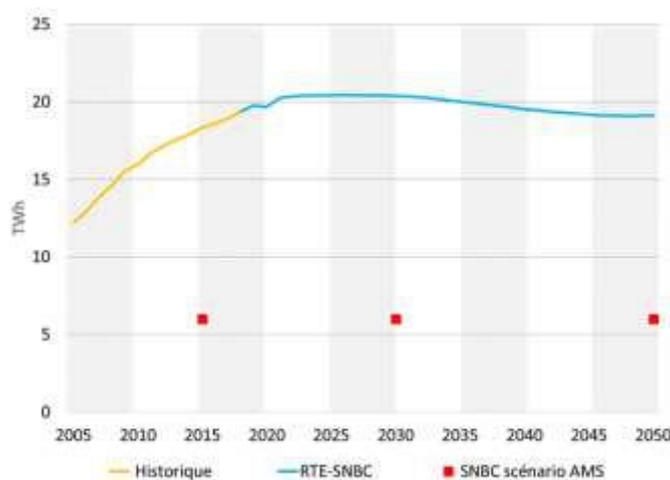
- **Evolution des consommations unitaires**

Les gains d'efficacité énergétique pour les systèmes hors PAC issus de la concertation sont conservés jusqu'en 2035, pour la fin d'horizon ils sont diminués pour refléter le fait que le potentiel technologique est atteint. Pour les PAC, les gains sont pris pour aboutir à une baisse de la

consommation unitaire de 40% en 2050. Cela est compatible avec l'évolution des performances présentée dans la base de données ASSET.

	2020	2030	2040	2050
Gain d'efficacité hors PAC par rapport à 2020	-	10%	16%	20%
Gain d'efficacité PAC par rapport à 2020	-	20%	30%	40%
<b>Consommation de climatisation (TWh)</b>	<b>19,8</b>	<b>20,3</b>	<b>19,4</b>	<b>18,8</b>

Trajectoire de consommation de climatisation



### 3.5.5 Eau chaude sanitaire

- **SNBC**

La trajectoire de consommation d'eau chaude sanitaire toutes énergies confondues de la SNBC décroît fortement entre 2015 et 2050. La SNBC favorise le développement de l'électricité (en particulier, chauffe-eau thermodynamiques) et des réseaux de chaleur comme source d'énergie pour l'ECS.

- **Historique**

La consommation d'électricité associée à la production d'eau chaude sanitaire est estimée à 6,7 TWh en 2019. L'eau chaude sanitaire du parc tertiaire a été produite pour 31% des surfaces par une solution électrique. Le reste de production d'ECS se partage entre gaz de réseau (46%), fuel (13%) et d'autres combustibles (10%).

Consommation d'eau chaude sanitaire par branche en 2019

	2019
Cafés, hôtels, restaurants	1,2 TWh
Habitat communautaire	0,4 TWh
Santé, action sociale	0,8 TWh
Enseignement, recherche	0,5 TWh
Sports, loisirs	1,2 TWh
Bureaux, administration	0,6 TWh

Commerce	1,6 TWh
Transports	0,1 TWh
<b>TOTAL</b>	<b>6,7 TWh</b>

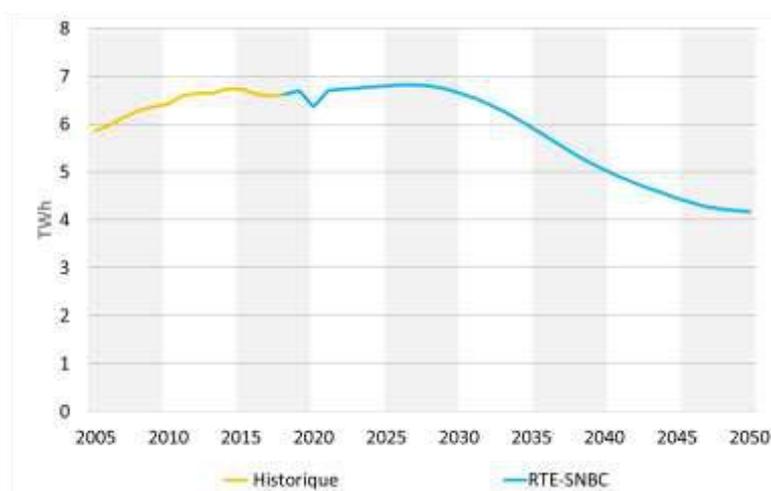
La part de l'électricité dans l'ECS augmente rapidement sur la période 2020-2050, elle passe de 30% à 60%. Elle est, comme présentée en GT, corrélée à la part de surface chauffée à l'électricité. Cela correspond à la volonté de la SNBC de favoriser l'électricité pour l'ECS.

La baisse du besoin d'eau chaude est prise en cohérence avec le secteur résidentiel avec un objectif de 20% de réduction du besoin en 2050 grâce aux mousseurs et un effort de sobriété.

Les gains d'efficacité associés aux chauffe-eau Joule sont ceux issus du GT3, prolongés jusqu'en 2050. Cela représente une baisse de la consommation unitaire de 25% par rapport à 2019, cela représente un gain de 15% de l'efficacité des systèmes installés, qui est compatible avec les données de la base ASSET, et de 10% de gain lié à une meilleure isolation des ballons. Les gains des CET sont aussi issus de la concertation et prolongés jusqu'en 2050. Cela représente une baisse de la consommation unitaire de 40% par rapport à 2019, les gains se décomposent en 10% de gain d'isolation des ballons et des circuits d'eau chaude et 30% de gains systèmes qui sont compatible avec les données de la base ASSET. Avec les transferts joule vers CET, la baisse de consommation unitaire est de 66%.

	2019	2030	2040	2050
Part de l'électrique	29%	39%	51%	62%
Part des CET dans l'ECS électrique	5%	40%	76%	91%
Baisse du besoin par rapport à 2020	-	-6%	-15%	-20%
Gain d'efficacité des systèmes par rapport à 2020	-	20%	50%	66%
<b>Consommation pour l'ECS (TWh)</b>	<b>6,7</b>	<b>6,7</b>	<b>5,0</b>	<b>4,2</b>

Trajectoire de consommation de l'ECS



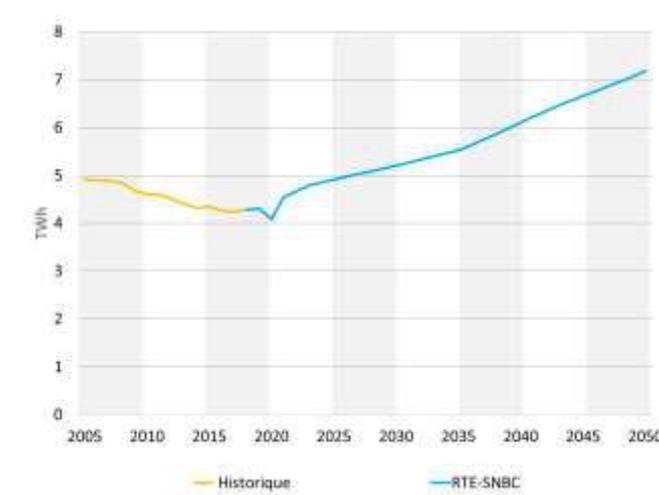
### 3.5.6 Cuisson

La cuisson dans le secteur tertiaire est un usage diffus très hétérogène et optimisé pour l'efficacité du processus. La part de l'électricité dans les installations neuves est très élevée, de l'ordre de 70%, et la SNBC encourage tous les usages à passer à l'électricité lorsque c'est possible. La trajectoire retenue prend en compte ce paramètre par une augmentation forte de la part de l'électricité dans la cuisson, ce qui est en cohérence avec les contributions du groupe de travail. La part de l'électricité passe de 40% aujourd'hui à près de 80% en 2050.

Les gains d'efficacité attendus sont relativement faibles et ne compensent pas l'effet haussier de l'électrification. Les gains retenus sont ceux de la trajectoire haute d'efficacité énergétique présentée en GT3, mais le gain est divisé par deux après 2035 pour prendre en compte les faibles gains envisagés dans la base ASSET. La trajectoire de consommation de l'usage est donc en forte augmentation, de près de 70%, entre 2020 et 2050.

	2019	2030	2040	2050
Part de l'électricité	43%	54%	66%	78%
Part de l'électricité avant GT	40%	41,6%	42,6%	
Gain d'efficacité des systèmes par rapport à 2020	-	7%	16%	22%
<b>Consommation de la cuisson (TWh)</b>	<b>4,3</b>	<b>5,2</b>	<b>6,1</b>	<b>7,2</b>

Trajectoire de consommation de la cuisson

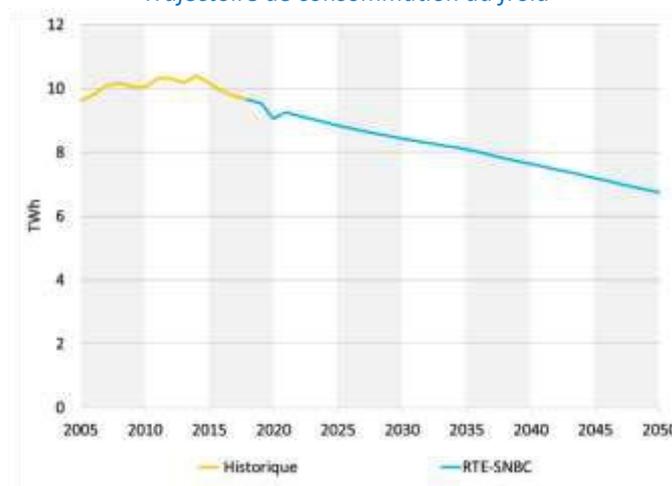


### 3.5.7 Froid

L'usage froid est décrit dans la base de données européenne ASSET comme ayant le potentiel de diviser sa consommation par deux. Les gains d'efficacité énergétique présentés dans le GT3 ont été revus à la baisse suite à une contribution. Ce gain d'efficacité énergétique est en partie compensé par l'augmentation des surfaces. Cela conduit à une trajectoire décroissante de l'usage froid, de l'ordre de 30%, sur la période 2020-2050.

	2019	2030	2040	2050
Gain d'efficacité des systèmes par rapport à 2020	-	13%	24%	36%
Gain avant GT		22%	40%	
<b>Consommation du froid (TWh)</b>	<b>9,1</b>	<b>8,4</b>	<b>7,6</b>	<b>6,7</b>

Trajectoire de consommation du froid



### 3.5.8 Eclairage

La diffusion des LED et les gains d'efficacité liés aux systèmes intelligents compensent l'augmentation des surfaces. A partir de 2035, le parc est proche de 100% de LED, ce qui diminue le potentiel de baisse future, cela est cohérent avec les retours du groupe de travail.

De plus, en cohérence avec les directives de la SNBC, le pilotage de l'éclairage est généralisé dans les bâtiments tertiaires en 2050. L'hypothèse est prise que ce pilotage permet d'économiser 15% d'électricité en 2050<sup>24</sup>. Les gains d'efficacité des LED sont issus du GT3. L'AIE considère que les LED ont une efficacité de 97 lumen/Watt en 2017 et que cette valeur pourrait atteindre 160 lumen/Watt en 2030<sup>25</sup>. 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 scénarios, présentés dans l'étude « *Ecodesign preparatory study Light sources, lot 8/9/19* » dans le cadre d'une consultation de la Commission européenne<sup>26</sup>, envisagent même pour 2030 une efficacité des ampoules LED de 225 lumen/Watt. Le gain d'efficacité des LED est réduit par rapport à ces publications pour prendre en compte l'effet rebond potentiel, une partie des surfaces anciennes étant mal éclairée. La trajectoire est donc fortement décroissante sur la période 2020-2050, de l'ordre de 60%.

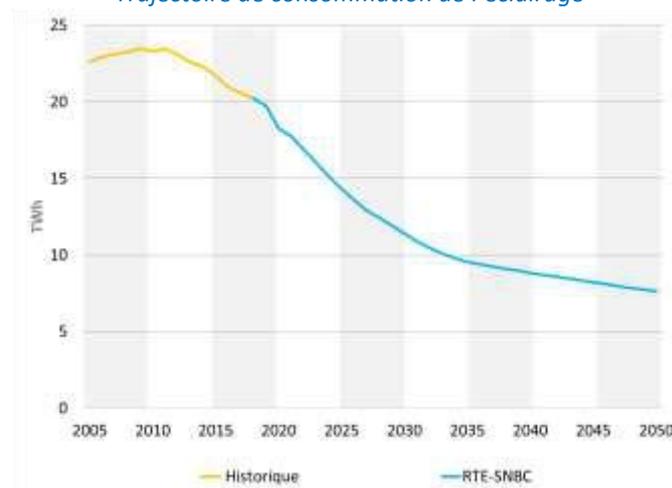
<sup>24</sup> Cf. <http://www.lonmark.fr/data/presentation/pdf/17-02-CSTB-P.BOISSON.pdf> en considérant que le parc atteint la classe énergétique B en moyenne.

<sup>25</sup> Cf. <https://www.iea.org/tcep/buildings/lighting/>

<sup>26</sup> Cf. <http://ecodesign-lightsources.eu/documents> , fichier "Presentation Lightsources – 7 dec 2015 – Ecodesign Consultation Forum.pdf"

	2019	2030	2040	2050
Part des LED	20%	77%	100%	100%
Part des surfaces équipé en système de gestion de l'éclairage	18%	57%	95%	100%
Gain lié au pilotage	-	6%	11%	15%
Gain d'efficacité des systèmes par rapport à 2020	-	11%	20%	30%
<b>Consommation de l'éclairage (TWh)</b>	<b>19,7</b>	<b>11,4</b>	<b>8,8</b>	<b>7,6</b>

Trajectoire de consommation de l'éclairage



### 3.5.9 Electricité spécifique

Cette consommation comprend l'ensemble des usages spécifiques de l'électricité non déjà décrits précédemment. Il s'agit par exemple des équipements de bureautique, des aspirateurs et autres appareils de ménage, des machines à café ou autres appareils électroménagers, des équipements médicaux, des distributeurs de boissons fraîches, des ascenseurs et escalators, etc.

La trajectoire de consommation d'électricité spécifique n'est pas détaillée dans la SNBC sur notre périmètre.

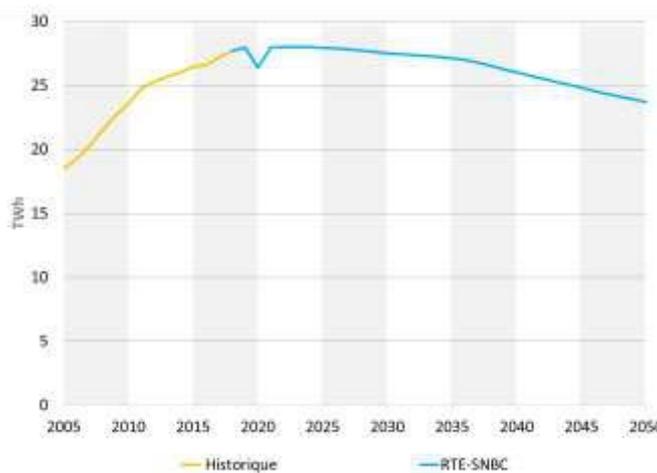
- **Electricité spécifique**

La SNBC faisant référence à des gestes vertueux et des comportements sobres, cela peut se traduire par le fait que les utilisateurs ne laissent pas leurs équipements en veille en partant le soir mais les éteignent, une rationalisation des processus pour minimiser les calculs nécessaires, l'utilisation de clients légers et de serveurs optimisés, une forte diffusion des appareils les plus efficaces. Le niveau d'efficacité énergétique a été revu à la baisse par rapport au GT3 suite aux retours des acteurs.

La consommation surfacique de l'électricité spécifique évolue sous l'effet de l'efficacité énergétique et des nouveaux usages. Les nouveaux usages prennent en compte les nouvelles technologies et l'augmentation du nombre d'équipements par m<sup>2</sup>. Le volume de nouveaux usages considérés est issu du GT 3, les contributions n'ont pas fait de remarque sur ce point. En fin de période, la croissance du nombre d'appareils ralentit en s'approchant lentement de d'une forme de saturation et l'efficacité énergétique est renforcée pour atteindre les objectifs de la SNBC et la neutralité carbone en 2050.

	2019	2030	2040	2050
Gain lié à l'efficacité énergétique (par rapport à 2020)	-	15%	28%	42%
<i>Gain avant concertation</i>		20%	35%	
Augmentation de la consommation liée aux nouveaux usages (par rapport à 2020)	-	12%	24%	35%
<b>Consommation de l'électricité spécifique (TWh)</b>	<b>28,0</b>	<b>27,5</b>	<b>26,0</b>	<b>23,7</b>

Trajectoire de consommation de l'électricité spécifique hors data centers



- **Data centers**

La croissance de la consommation des data centers se poursuit au rythme historique jusqu'en 2030. Sur la fin de période, la croissance du nombre data centers ainsi que les gains d'efficacité énergétique ralentissent. Une inflexion s'engage pour atteindre les objectifs de neutralité carbone et limiter la consommation d'électricité des data centers.

La modélisation des data centers a été enrichie suite aux discussions menées lors de la 3<sup>e</sup> réunion du GT sur la consommation du secteur tertiaire (septembre 2019). Elle est décomposée entre la consommation de climatisation liée au refroidissement des data centers et la consommation des équipements numériques. La consommation de climatisation est évaluée en utilisant une évaluation du coefficient Power Usage Efficiency<sup>27</sup> (PUE) du parc de data centers français moyen de 1,8<sup>28</sup>. L'évolution de la consommation des data centers dépend de trois facteurs : l'évolution du PUE, l'évolution de l'efficacité des équipements numériques et l'augmentation du nombre d'équipements.

Des progrès considérables ont déjà été enregistrés en matière d'efficacité énergétique : sur les dix dernières années, le PUE (Power Usage Effectiveness, indicateur d'efficacité énergétique pour les centres de traitement des données) a augmenté de 50% au travers de la diffusion de bonnes pratiques (actions sur les équipements, edge computing, refroidissement naturel, etc.). Sachant que la consommation d'énergie constitue 60 à 70% des coûts d'exploitation des data centers, ce mouvement vers plus d'efficacité énergétique est de nature à se poursuivre. Les hypothèses retenues tablent donc sur une poursuite de la baisse des consommations unitaires, sur un rythme toutefois ralenti par

<sup>27</sup> Le PUE est le rapport entre la consommation total d'un data center et la consommation des équipements informatiques.

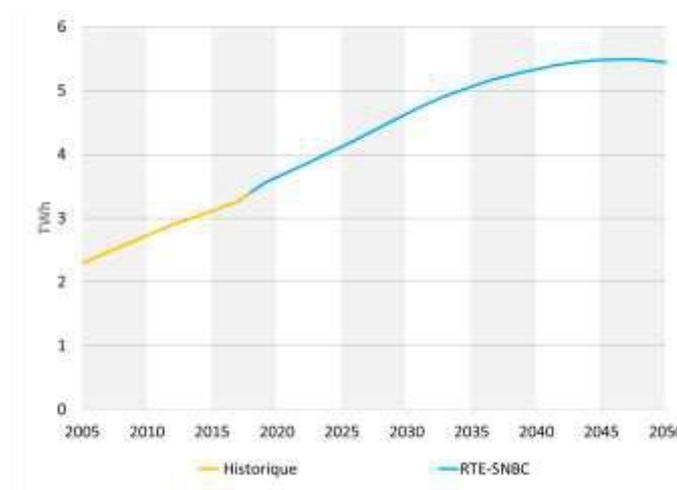
<sup>28</sup> <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-27968-data-center-atee.pdf>

rapport aux évolutions récentes. Google atteint aujourd'hui pour ses data centers un PUE moyen de 1,11<sup>29</sup>. Le PUE moyen des data centers en France est donc pris en baisse pour atteindre 1,2 en 2050.

On dénombre en France 203 data centers en colocation en 2019, dont 24 en construction<sup>30</sup>. Ce chiffre est en augmentation depuis 2012, à un rythme annuel moyen de près de 6% par an<sup>31</sup> entre 2012 et 2019. Le nombre de data centers en construction évoluant peu, il était de 26 en 2015 et de 28 en 2020, la croissance du nombre de data centers ne semble pas accélérer fortement. Dans une trajectoire de neutralité, le remplacement d'une majorité des anciens data centers ayant des performances médiocres par des data centers dit « hyperscale » ayant une efficacité énergétique dix fois plus importante (selon le rapport du Sénat sur l'empreinte environnementale<sup>32</sup>) contribue à réduire la consommation unitaire moyenne du parc. Il n'y a aujourd'hui aucun data center « hyperscale » en France, l'hypothèse est prise que leur développement débutera dans une dizaine d'années, ce qui permettra d'infléchir la croissance de la consommation des data centers.

	2019	2030	2040	2050
Power Usage Effectiveness (PUE)	1,8	1,5	1,3	1,2
Effet volume par rapport à 2020	-	63%	132%	188%
Efficacité énergétiques par rapport à 2020	-	10%	17%	26%
Consommation des data centers hors climatisation (TWh)	1,9	3,1	4,0	4,5
<b>Consommation des data centers (TWh)</b>	<b>3,4</b>	<b>4,6</b>	<b>5,3</b>	<b>5,5</b>

Trajectoire de consommation des data centers



<sup>29</sup> <https://www.google.com/intl/fr/about/datacenters/efficiency/>

<sup>30</sup> Estimation au 14 février 2019 - <http://www.globalsecuritymag.fr/Cartographie-des-Data-Centers-en,20190320,84333.html>

<sup>31</sup> D'après l'historique des cartographies publiées par Global security mag de 2012 à 2019

<sup>32</sup> D'après le rapport du sénat : [http://www.senat.fr/rap/r19-555/r19-555\\_mono.html#toc167](http://www.senat.fr/rap/r19-555/r19-555_mono.html#toc167)

### 3.5.10 Hors-Bâti

- **Assainissement, gestion des déchets**

Pour le secteur de l'eau, l'optimisation des centres existants et les gains d'efficacité énergétique compensent l'augmentation du besoin liée à la croissance démographique. Cela conduit à une baisse de la consommation de 25% sur la période 2020-2050.

- **Bâtiment Construction**

Pour le secteur du bâtiment, la croissance du PIB et l'augmentation du nombre de rénovations entraîne une hausse de la consommation, qui n'est pas compensée par les gains d'efficacité énergétique. Cela conduit à une augmentation de la consommation de 30% sur la période 2020-2050.

- **Centres de recherche énergétique**

Pour les centres de recherche énergétique, la SNBC souligne le besoin de renforcer la recherche dans les domaines de l'énergie et de l'efficacité énergétique. Cela est pris en compte par une augmentation de la consommation des centres de recherche énergétique de 25% entre aujourd'hui et 2030, cette trajectoire est dans la continuité de celle présentée lors du GT3.

- **Eclairage public**

Pour l'éclairage public, les gains d'efficacité énergétique importants liés au déploiement des LED et à une meilleure conception des lampadaires permet une baisse des consommations de l'ordre de 60% à l'horizon 2050, dans la continuité de ce qui a été présenté lors du GT3.

- **Gestion d'immeuble habitat et tertiaire**

Pour le secteur de la gestion d'immeubles d'habitat et tertiaire, les gains d'efficacité énergétique des systèmes (éclairage, chauffage, ventilation, ascenseur) compensent l'augmentation des surfaces tertiaires et celle du nombre d'immeubles. Cela induit une baisse de la consommation de l'ordre de 25% sur la période 2020-2050.

- **Télécommunications**

La consommation des opérateurs de télécommunications pour le réseau est évaluée à 3,2 TWh en utilisant les rapports financiers et RSE des opérateurs. L'évolution de cette consommation d'électricité est incertaine, en particulier depuis que la cinquième génération de standards pour la téléphonie mobile est entrée dans le débat. D'un côté, cette nouvelle technologie devrait diminuer la consommation d'électricité par dix pour le même volume de données, de l'autre, la vitesse de téléchargement devrait être multipliée par dix, ce qui permettra de nouveaux usages en particulier le streaming en haute qualité.

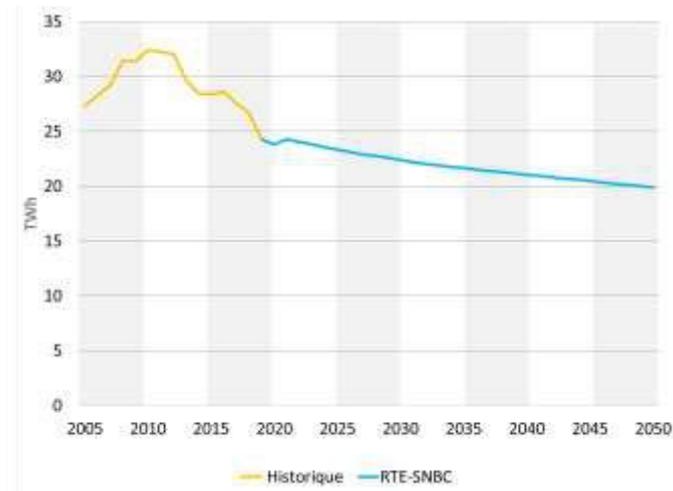
La SNBC cite la sobriété comme levier pour atteindre son objectif. Une composante de cette sobriété peut être numérique, avec la limitation des données consommées, une diminution de la qualité des vidéos regardées. On suppose que les prochaines technologies de télécommunication seront écoconçues et les protocoles de transfert de données optimisés. Cela conduit à une baisse de la consommation de l'ordre de 25% sur la période 2020-2050.

- **Solde**

Le solde est supposé constant sur l'ensemble de l'horizon d'étude.

- Total hors bâti

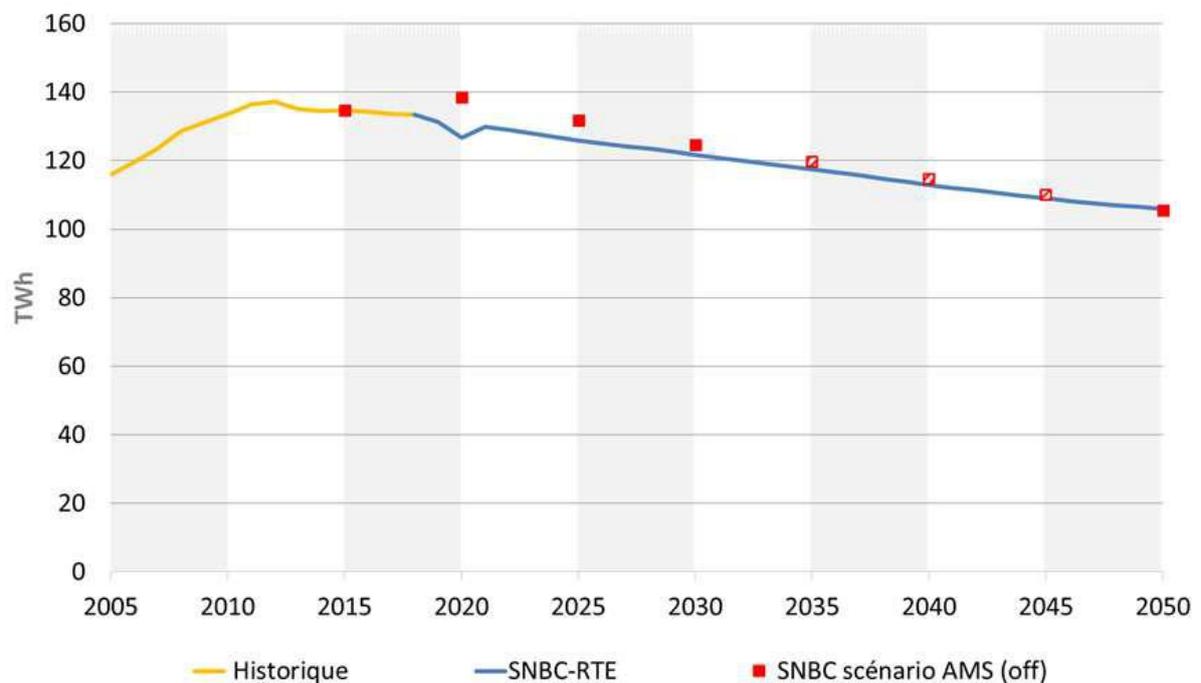
Trajectoire de consommation du secteur hors bâti



### 3.5.11 Consommation du secteur tertiaire

L'agrégation des différents usages conduit à une trajectoire de consommation du secteur tertiaire proche de celle du scénario SNBC.

Trajectoire de consommation du secteur tertiaire



### 3.6 Premières propositions de variantes

Selon le principe de variables de commande présenté lors de la précédente réunion du groupe de travail, des variantes autour de la trajectoire dite « SNBC » seront étudiées. Les premières propositions de variantes présentées dans cette partie s'attachent plus particulièrement aux niveaux d'efficacité énergétique et d'électrification. Pour chacune d'elles, une seule variable a été modifiée par rapport à la trajectoire SNBC.

Pour rappel, par hypothèse et en cohérence avec les orientations de la SNBC, la trajectoire SNBC correspond à des niveaux hauts d'efficacité et d'électrification.

La construction des hypothèses qui ne sont pas celles de la SNBC se basent sur les hypothèses construites suite au GT tertiaire.

#### 3.6.1 Niveau d'efficacité énergétique

A niveau d'électrification identique, la baisse du niveau d'efficacité énergétique envisagé a un effet haussier sur la consommation tertiaire.

*Variation de l'énergie par usage en fonction du niveau d'efficacité énergétique en 2050*

	RTE - SNBC	Ecart par rapport à RTE-SNBC	
		Efficacité médiane	Efficacité médiane
Chauffage	13,6 TWh	12%	36%
Climatisation	18,8 TWh	23%	46%
ECS	4,2 TWh	21%	54%
Cuisson	7,2 TWh	11%	17%
Froid	6,7 TWh	9%	19%
Eclairage	7,6 TWh	9%	21%
Spécifique	28,1 TWh	22%	42%
Hors bâti	19,9 TWh	12%	26%
<b>Total tertiaire</b>	<b>106 TWh</b>	<b>17%</b>	<b>35%</b>

La SNBC repose sur un niveau très important d'efficacité énergétique. L'objectif est de diminuer la consommation d'énergie finale des bâtiments tertiaires de 60% par rapport à 2010. Cela passe par un fort effort d'isolation et l'usage des meilleures technologies pour le chauffage, la climatisation et l'ECS. Cela passe aussi par la maîtrise des consommations des usages spécifiques de l'électricité, en particulier l'informatique.

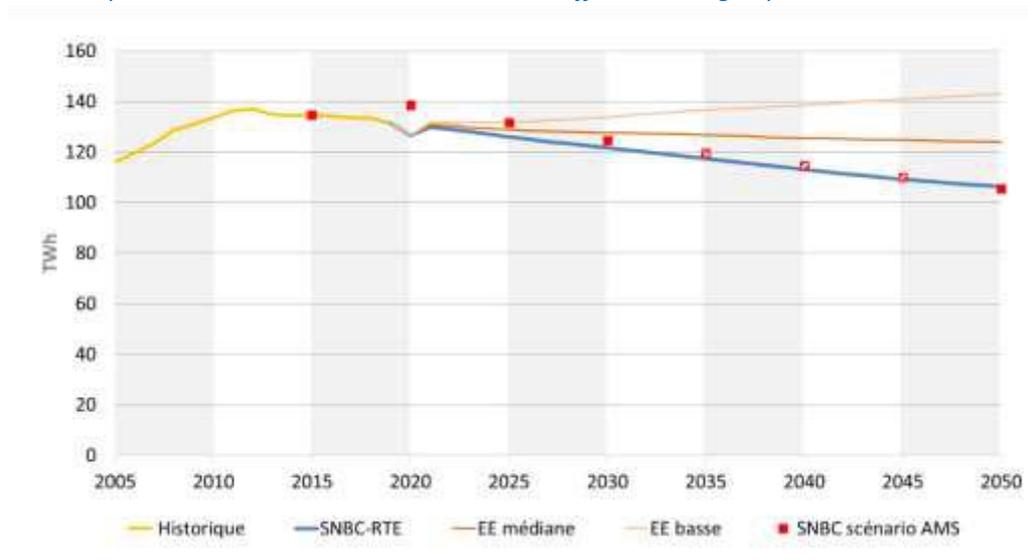
L'enjeu de l'efficacité énergétique est fort pour le chauffage car il passe par la rénovation de la plupart du parc tertiaire avant 2050. Si cette ambition n'est pas atteinte, cela aura un impact sur la consommation de chauffage et de climatisation. Ces deux usages sont aussi dépendants des choix technologiques, les pompes à chaleur présentant des niveaux de performance supérieurs.

## Parts de marché des solutions électriques de chauffage dans le parc en 2050 selon le niveau d'efficacité

	RTE - SNBC	Efficacité médiane	Efficacité basse
Part de chauffage Joule dans le parc	8%	13%	19%
Part de PAC dans le parc	54%	49%	43%

Le volume de consommation d'électricité pour l'eau chaude sanitaire dépend du basculement vers des chauffe-eau thermodynamiques et du volume de transferts vers l'électricité.

## Propositions de variantes autour du niveau d'efficacité énergétique dans le tertiaire



## 3.6.2 Niveau d'électrification

A l'inverse, un moindre niveau d'électrification à niveau d'efficacité identique entraîne un effet baissier sur la consommation. L'électrification porte aussi sur les nouveaux usages.

## Variation de l'énergie par usage en fonction du niveau d'électrification en 2050

	RTE - SNBC	Ecart par rapport à RTE-SNBC	
		Electrification médiane	Electrification basse
Chauffage	13,6 TWh	-16%	-32%
Climatisation	18,9 TWh	-10%	-16%
ECS	4,2 TWh	-20%	-37%
Cuisson	7,2 TWh	-13%	-29%
Froid	6,7 TWh	-2%	-4%
Eclairage	7,6 TWh	0%	0%
Spécifique	28,1 TWh	-6%	-13%
Hors bâti	19,9 TWh	-5%	-10%
<b>Total tertiaire</b>	<b>106 TWh</b>	<b>-8%</b>	<b>-16%</b>

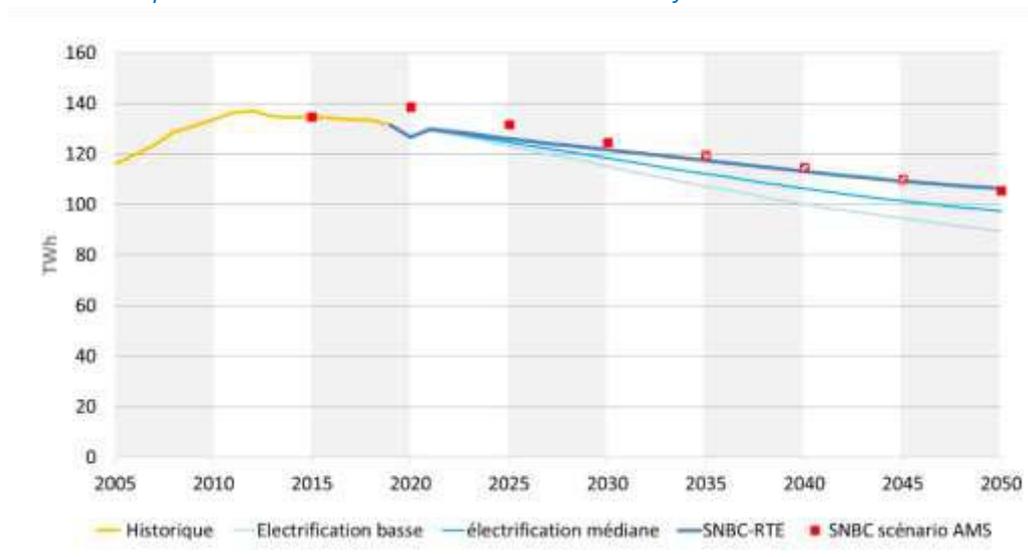
L'effet le plus important en volume porte sur le chauffage. La part du chauffage doit passer de 30% à 60% en 2050 dans le scénario SNBC. Dans un scénario de faible électrification, la part de l'électricité pourrait atteindre 42%.

Une moindre électrification impacte non seulement le chauffage, mais aussi la climatisation, qui se tourne davantage vers les réseaux de froid par exemple, de même que la production d'eau chaude sanitaire ou la cuisson.

## Parts de marché des solutions électriques de chauffage dans le parc en 2050 selon le niveau d'électrification

	RTE - SNBC	Electrification médiane	Electrification basse
Part de chauffage Joule dans le parc	8%	6%	4%
Part de PAC dans le parc	54%	46%	38%

## Propositions de variantes autour du niveau d'électrification dans le tertiaire



## 4 Premières analyses sur l'évolution de la production industrielle

### 4.1 Rappel du contexte

La réunion du groupe de travail « consommation » du 18 octobre 2019, consacrée à l'industrie et au secteur de l'énergie, avait été l'occasion de présenter la méthode et les hypothèses utilisées pour l'élaboration des trajectoires de consommation du Bilan prévisionnel 2017. La méthode utilisée pour projeter l'évolution de la production industrielle reposait sur le principe d'une matrice « entrées-sorties » de l'industrie, de nature à prendre en compte l'interdépendance de l'activité des différentes branches industrielles.

Cette approche simplifiée a recueilli l'assentiment des parties prenantes pour l'horizon 2035, mais nécessitait d'être réinterrogée à un horizon plus lointain comme 2050. Une approche en quantités physiques (à l'instar de celle de la SNBC), tout du moins pour les branches électro-intensives, est ainsi apparue nécessaire.

D'importants travaux d'analyse ont donc été lancés, dont les premiers résultats sont présentés ici. A ce stade, seule l'évolution de l'activité industrielle est détaillée, ainsi que son impact sur l'évolution de la consommation d'électricité (effet « volume ») : les autres effets, liés notamment à l'efficacité énergétique et aux substitutions, feront l'objet d'une présentation dans une prochaine réunion du groupe de travail.

#### *La production industrielle dans la trajectoire AMS de la SNBC*

La trajectoire AMS de la SNBC fournit les grands déterminants macroéconomiques qui la sous-tendent, avec une croissance du PIB proche de 1,6% par an en moyenne entre 2020 et 2050 et une part de l'industrie dans la valeur ajoutée en très légère baisse, mais quasiment stable à 10% (ce qui se traduit par une hausse de 40% de la valeur ajoutée industrielle d'ici à 2050). Dans une variante de réindustrialisation de la France, cette part croît en revanche pour atteindre 16% en 2050.

La SNBC fournit également des éléments une estimation de l'évolution des quantités physiques de production des industries grandes consommatrices d'énergie (IGCE) sur l'horizon de prévision.

#### *Hypothèses de croissance du PIB dans la trajectoire AMS de la SNBC*

	2015-2020	2020-2025	2025-2030	2030-2050
TCAM du PIB	+1,6%	+1,3%	+1,4%	+1,7%

#### *Hypothèses de production industrielle dans la trajectoire AMS de la SNBC*

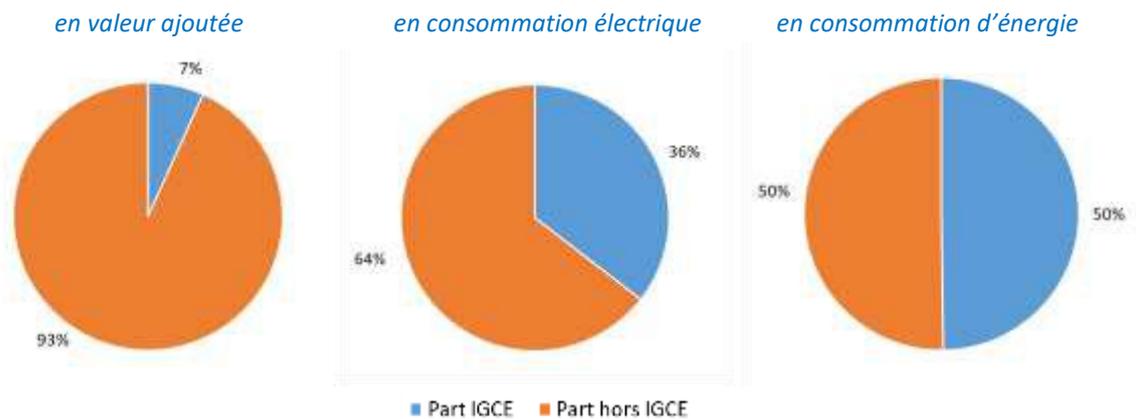
	2015	2020	2025	2030	2050
Part de l'industrie dans la valeur ajoutée	11%				10%
Production physique (Mt)					
Acier	15,0	15,0	15,0	15,0	13,6
Aluminium	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5
Ethylène	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Chlore	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Ammoniac	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Clinker	12,5	14,0	14,0	14,0	13,0
Verre	4,6	4,6	4,6	4,6	4,2
Papier	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9

## 4.2 Éléments de méthode

L'intérêt d'adopter une approche en quantités physiques de production pour les IGCE est patente si l'on considère les caractéristiques de ces filières, à savoir une consommation énergétique très importante (plus de la moitié) au regard de leur poids limité (7%) dans la valeur ajoutée.

Les IGCE considérées ici sont la production d'acier, d'aluminium, d'éthylène, de chlore, d'ammoniac, de clinker, de verre, de papier-carton et de sucre.

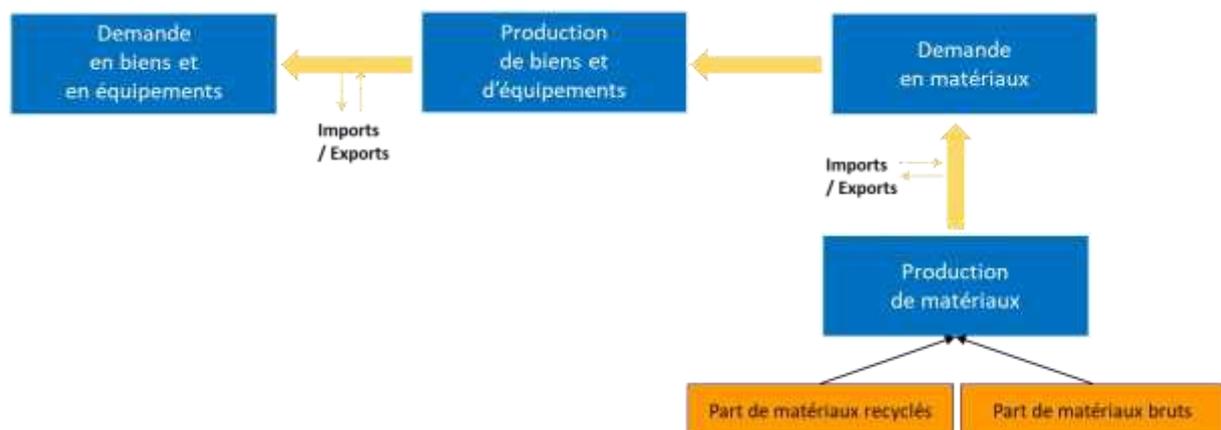
Poids relatif des IGCE dans l'industrie en 2019



De fait, une approche purement macroéconomique basée sur de grands agrégats ne saurait être à même de prendre en compte l'effet majeur sur la consommation énergétique globale de l'évolution de la production de ces filières très énergivores.

L'approche retenue pour établir une modélisation de l'évolution de la production en quantité physique des IGCE consiste à établir une projection de la demande en biens et en équipements et d'en déduire une demande en matériaux pour satisfaire cette demande. Les industries diffuses, qui recouvrent un spectre de produits beaucoup plus larges, devront être abordées sous un autre angle.

Principe général de modélisation de la production des IGCE



Pour ce faire, plusieurs hypothèses sont nécessaires :

- on assimile, sur l'horizon de prévision, la consommation apparente (c'est-à-dire : production + imports - exports) à la consommation réelle (c'est-à-dire la consommation apparente à laquelle on ajoute les variations de stock). Ne pas considérer les variations de stock est pertinent dans la mesure où la finalité est de capter les évolutions structurelles et non de décrire les fluctuations conjoncturelles, par nature non prévisibles sur un horizon de long terme ;
- on considère également que la part relative des soldes importateurs, que ce soit au niveau des matériaux ou des biens et équipements, demeure relativement constante. Cette hypothèse apparaît cohérente avec le cadrage de la trajectoire SNBC, qui table sur un relatif *statu quo* en matière de poids relatif de l'industrie (pas de relocalisation de l'industrie, et donc de baisse du solde importateur, dans cette trajectoire).

La première phase de l'analyse a consisté à étudier en détail les neuf produits des ICGE considérées, afin de déterminer dans quels secteurs ils sont utilisés et en quelle proportion. Puis, il s'est agi d'évaluer les éventuelles transformations des marchés de ces produits dans les années à venir.

Les principaux débouchés identifiés, déterminants pour l'évolution de la demande adressée aux ICGE sont les suivants :

- la construction ;
- l'emballage ;
- les engrais ;
- les transports, et en particulier l'automobile ;
- la production d'énergie.

D'autres secteurs jouent également un rôle important mais sont beaucoup plus complexes à modéliser : la chimie (pesticides, peintures, colorants, colles, produits d'entretien, cosmétiques, produits pharmaceutiques...) ainsi que les secteurs de la mécanique, de l'électricité, du textile...

D'ici à 2050, les perspectives dans chacun de ces secteurs dépendent largement de la croissance économique que connaîtra le pays, de la démographie ainsi que des mesures et changements d'habitudes qui pourront être adoptés dans un contexte de lutte contre le réchauffement climatique.

Par exemple, la loi adoptée en 2020 concernant l'économie circulaire pourrait affecter significativement le secteur des emballages.

Ces éléments, détaillés dans la suite du document, permettent de projeter l'évolution de la consommation de ces matières premières. Le but de l'exercice étant d'établir des trajectoires de production, celles-ci seront déterminées en partie par l'évolution de la consommation française, mais aussi par celle des imports et exports de chaque matériau, sous forme brute ou sous forme de produits finis. Des mesures de relocalisation pourront donc influencer le niveau de production dans les décennies à venir. Cela sera étudié notamment pour établir la variante « relocalisation » évoquée par la SNBC.

Par ailleurs, d'autres variantes seront établies, intégrant différents niveaux de sobriété, ainsi que des analyses de sensibilité sur les niveaux de croissances économique et démographique.

### 4.3 Analyse des débouchés des productions des IGCE

L'évolution de la demande adressée aux IGCE est fortement liée à quelques grands déterminants, présentés ci-après.

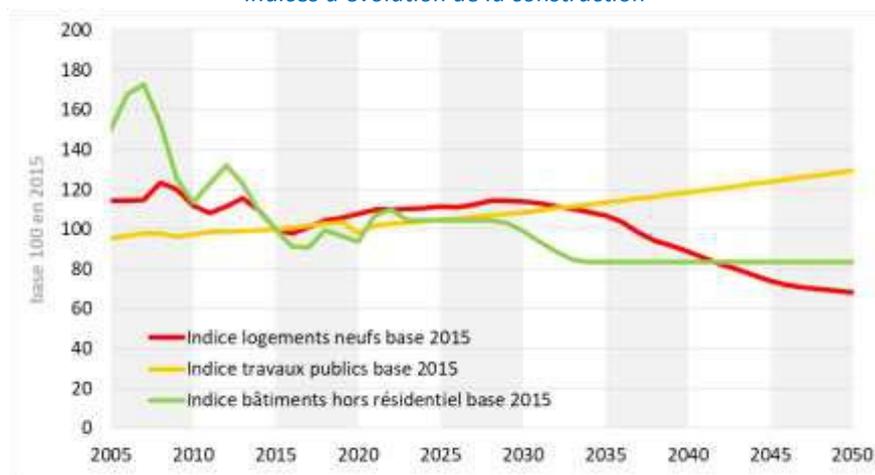
#### 4.3.1 Construction

Le secteur de la construction constitue un important débouché pour plusieurs types de production des IGCE : le verre, l'acier, l'aluminium, le plastique et le clinker (pour ce dernier, il s'agit même du seul débouché). La demande en matières premières de ce secteur dépend essentiellement de deux facteurs : le volume de construction, et la part de marché de chaque matériau.

##### Le volume de construction

Le volume de construction est détaillé selon quatre types d'ouvrages : les logements neufs, les bâtiments hors résidentiel, la rénovation de bâtiments, ainsi que les travaux publics, qui pourront connaître des évolutions différentes. Alors que les travaux publics poursuivent leur croissance dans un contexte économique favorable, la construction de logements neufs ralentit. De même, le rythme de la construction neuve dans le tertiaire ralentit et se stabilise autour de 8 millions de mètres carrés par an dès 2030, pour refléter la vision de la SNBC.

Indices d'évolution de la construction



##### La part de marché des matériaux de construction

Dans un contexte de sobriété, la construction est amenée à évoluer pour réduire son empreinte environnementale et climatique, ce qui peut affecter la demande en matières premières. Les résultats de l'ADEME publiés dans le rapport « *Prospective de consommation de matériaux pour la construction des bâtiments neufs aux horizons 2035 et 2050* » seront pris comme référence pour la définition de trajectoires. L'ADEME propose dans cette étude plusieurs scénarios, qui reposent sur les mêmes hypothèses en termes de volume de construction : l'un prévoit un « maintien des parts de marché » des différents matériaux, l'autre un « développement du bois et des matériaux biosourcés ». Ainsi, à volume construit égal, certains matériaux pourront voir leur part de marché décroître au profit de matériaux biosourcés, dont la production est moins émettrice de GES et permet le stockage de carbone, en cohérence avec les orientations de la SNBC.

Dans son étude, l'ADEME étudie l'ensemble du résidentiel, mais seulement une partie du tertiaire (commerces, hôtels, enseignement, bureaux) : les résultats concernant la modification des parts de marché des matériaux à volume construit égal dans le tertiaire ont été généralisés à l'ensemble des bâtiments hors résidentiels.

A niveau de construction équivalent, la consommation de ciment est appelée à se réduire, notamment via un recours accru à des matériaux biosourcés. L'ADEME estime ainsi que la construction des logements neufs pourrait nécessiter 8% de ciment en moins sur la période 2035-2049 par rapport à un scénario *Business As Usual*, et celle de bâtiments non résidentiels 3% en moins. De même, les besoins unitaires d'acier, d'aluminium et de verre vont avoir tendance à baisser, avec une évolution un peu plus nuancée pour le besoin en plastique dans le tertiaire.

Pour les travaux publics et la rénovation de bâtiments, les parts de marché des différents matériaux ne sont pas modifiées.

On fait donc évoluer la demande associée à la construction pour chaque matériau, annuellement, de la façon suivante :



### La rénovation énergétique

A la consommation de matières premières de ces quatre secteurs va s'ajouter celle associée à la rénovation énergétique. Si elle représentait jusqu'à maintenant un volume faible, elle devrait prendre de l'ampleur et avoir un impact sur la consommation de certains isolants. En effet, la SNBC suppose que le parc de logements sera 100% BBC en moyenne en 2050. La consommation de matériaux associée aux objectifs fixés par la SNBC est inspirée du rapport de l'ADEME, publié en décembre 2019, intitulé « *Prospective de consommation de matériaux pour la rénovation énergétique BBC des bâtiments résidentiels aux horizons 2035 et 2050* ». Cette étude fournit, pour les périodes 2018-2034 et 2035-2049, la quantité de matériaux nécessaires pour rénover au niveau BBC le parc de logement : maisons individuelles et logements collectifs. L'ADEME propose trois scénarios : un scénario de continuité, un scénario volontariste et un scénario politique, chacun associé à deux variantes : l'une tendancielle (du point de vue des matériaux utilisés), l'autre innovante. Par prudence, nous considérons les résultats avec la vision tendancielle. Le scénario politique permet d'atteindre 100 % des bâtiments antérieurs à 1975 rénovés en 2050, avec un nombre annuel de rénovations de plus de

420 000 pour la période 2018-2034 et de plus de 650 000 pour la période 2035-2049 : c'est celui-ci que nous retenons pour sa cohérence avec la SNBC.

La consommation de laine de verre associée à la rénovation énergétique en 2050 serait alors 4,6 fois supérieure à celle de 2018 avec ces hypothèses.

#### Hypothèses supplémentaires

L'industrie cimentière a affirmé son ambition de réduire ses émissions de CO<sub>2</sub> de 80% à l'horizon 2050. Cela pourrait passer notamment par la réduction de la teneur du ciment en clinker, les émissions étant directement proportionnelles à cette teneur. Une hypothèse prudente d'un taux moyen de 78% réduit à 76% à terme semble réaliste (une hypothèse plus ambitieuse pourra être retenue dans des variantes).

Cette évolution est de nature à réduire les besoins unitaires de clinker.

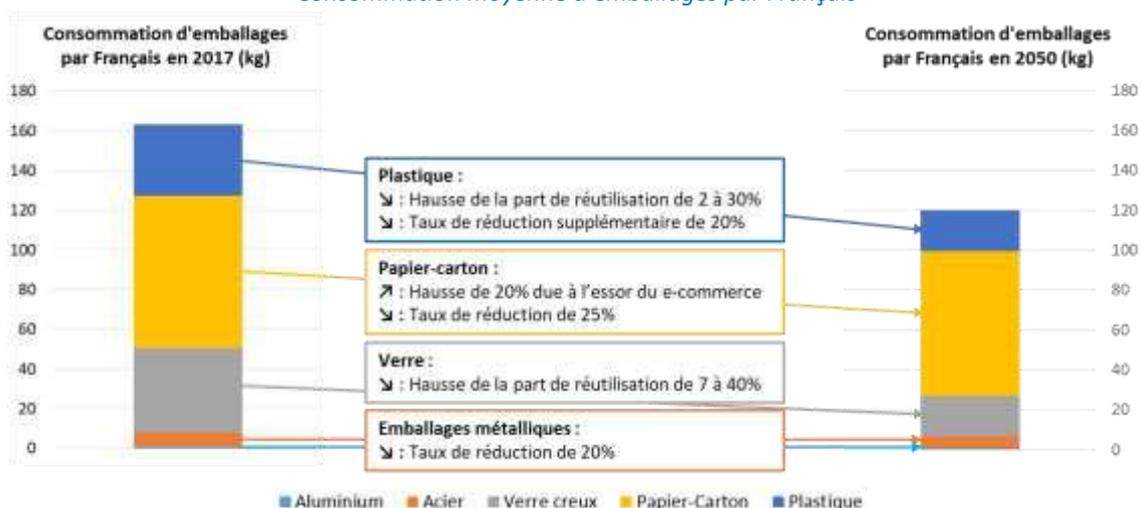
#### 4.3.2 L'emballage

Ce secteur représente une large part des utilisations du verre, du papier-carton et du plastique, et il est également consommateur d'acier et d'aluminium sous forme d'emballages métalliques.

Ce secteur devrait connaître de profondes modifications dans les décennies à venir. La SNBC propose le développement des systèmes de vente en vrac, l'éventuelle mise en place d'une consigne sur le plastique et/ou le verre dès 2023. Début 2020, la loi relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire a été adoptée, fixant des objectifs de réduction des déchets à l'horizon 2030 : -15% de déchets ménagers par habitant et -5% de déchets d'activités économiques. Elle prévoit également la fin de la mise sur le marché d'emballages en plastique à usage unique d'ici à 2040.

Il est donc proposé de faire évoluer la consommation moyenne d'emballages par Français, détaillée par matériau, de la façon décrite dans le graphique suivant.

Consommation moyenne d'emballages par Français



Pour le verre, l'hypothèse est que la moitié des bouteilles en verre sont réutilisées. Puisqu'elles représentent environ 78% du verre creux produit, la part de réutilisation du verre creux est supposée atteindre 40% en 2050. Le plastique également voit son taux de réutilisation augmenter avec le développement des ventes en vrac.

Le croisement de ces hypothèses unitaires avec l'évolution de la population permet de construire la demande associée à chaque matériau pour le secteur des emballages. La démographie a un effet légèrement haussier sur cette demande, mais ne compense pas la baisse due aux efforts de sobriété.

La mise en place d'une consigne, envisagée dans la SNBC, pourrait avoir un effet important et rapide sur la consommation de verre et/ou de plastique pour les emballages. La modélisation propose une diminution régulière et plus lente de la consommation de ces matériaux au vu de l'incertitude sur les modalités et la date de mise en place d'une telle consigne.

Il est à noter également que la modélisation de la production des emballages à partir de la consommation est délicate car les flux d'imports/exports sont importants, à la fois sous forme d'emballages vides et sous forme de produits emballés.

### 4.3.3 Les engrais

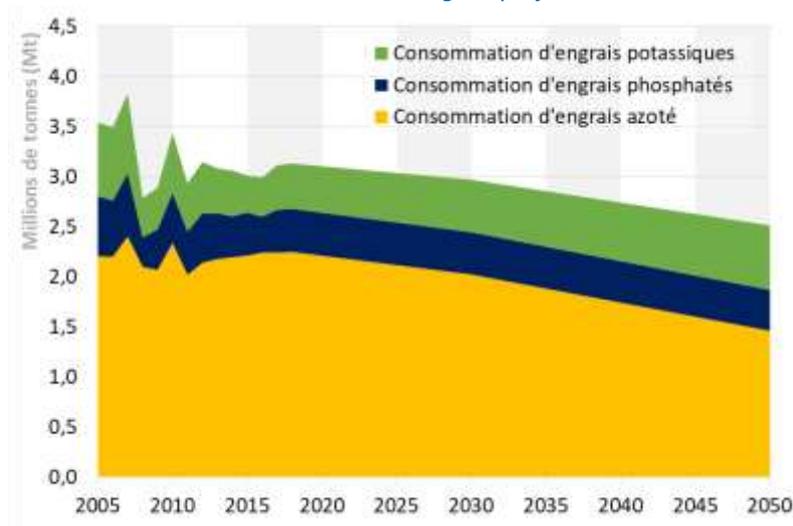
Les engrais sont des corps chimiques, organiques ou minéraux, qui apportent aux cultures des éléments nutritifs contribuant à l'augmentation du rendement et à la qualité des cultures. Les trois principaux éléments à apporter aux plantes sont l'azote (N), du phosphore (P) et de potassium (K).

L'étude s'est plutôt portée sur les engrais azotés, qui sont le principal débouché de l'ammoniac. En effet, cet élément représente la matière première de base de toute l'industrie des engrais azotés. Ces derniers sont désormais critiqués pour leur fort impact environnemental. En effet, selon CITEPA, le secteur agricole représentait 20% des émissions de gaz à effet de serre en 2014, et 40% de ces émissions sont associées à l'épandage d'engrais azotés.

La SNBC fixe pour objectif d'ici 2050 la réduction de 82% du surplus azoté, grâce à l'optimisation du cycle de l'azote. Selon l'association Solagro, ce surplus représente 40% des apports d'engrais azotés de synthèse.

Pour respecter cette ambition, la consommation d'engrais azoté devrait baisser d'au moins 35% d'ici à 2050.

Consommation d'engrais projetée



#### 4.3.4 Le transport

Le secteur du transport recouvre lui aussi une part importante de la demande de plusieurs produits des ICGE : l'acier, l'aluminium, le plastique, le verre.

##### L'automobile

L'automobile est traitée dans un volet spécifique du Bilan prévisionnel et de façon un peu plus détaillée que le reste du transport. Pour modéliser les évolutions de la consommation de matériaux de ce secteur, plusieurs hypothèses sont nécessaires :

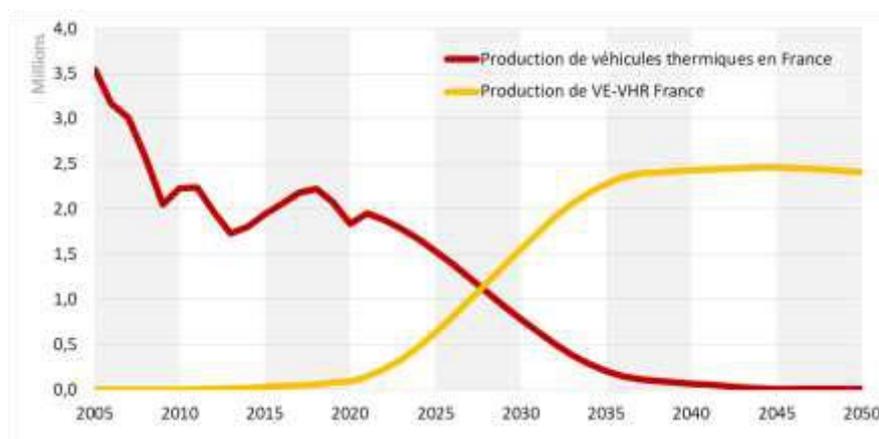
- A propos du niveau de production automobile en France.

La production automobile française est déduite des projections de ventes de véhicules en Union européenne et de la part de marché de la France sur ces ventes, supposée stable à 15% pour les véhicules thermiques et à 20% pour les véhicules électriques. Cette production augmente de 12% en 2050 par rapport à 2018.

- A propos de la part de véhicules hybrides-électriques dans la production.

La part des véhicules hybrides ou électriques dans la production française est supposée correspondre à leur part dans les ventes automobiles en France, qui permettent l'évolution du parc. Elle est de 3,6% aujourd'hui mais représentera la quasi-totalité de la production d'ici 2050.

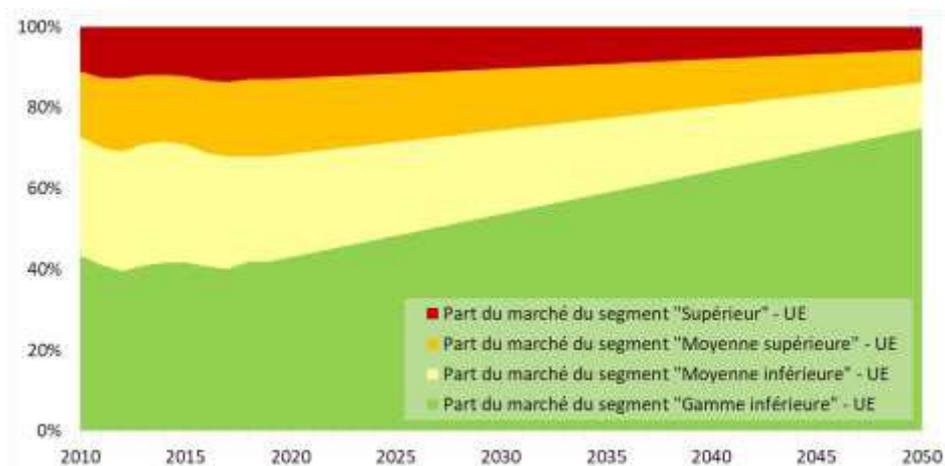
Production automobile



- A propos de la gamme de véhicule

La production est décomposée par gammes de véhicule, qui sont celles proposées par le Comité des constructeurs français d'automobiles (CCFA) : « Economique et inférieure », « Moyenne inférieure », « Moyenne supérieure » et « Supérieure et luxe ». Dans un contexte de sobriété, les véhicules économes et légers devraient être favorisés. La part de marché de la gamme économique, aujourd'hui de 42% pour les véhicules thermiques et de 36% pour les véhicules électriques, pourrait atteindre 75% en 2050. Ces véhicules, plus petits et plus légers, sont donc moins gourmands en matières premières et en consommation énergétique.

Structure des ventes de véhicules particuliers selon la gamme en Europe



L'analyse distingue donc 8 types de véhicules :

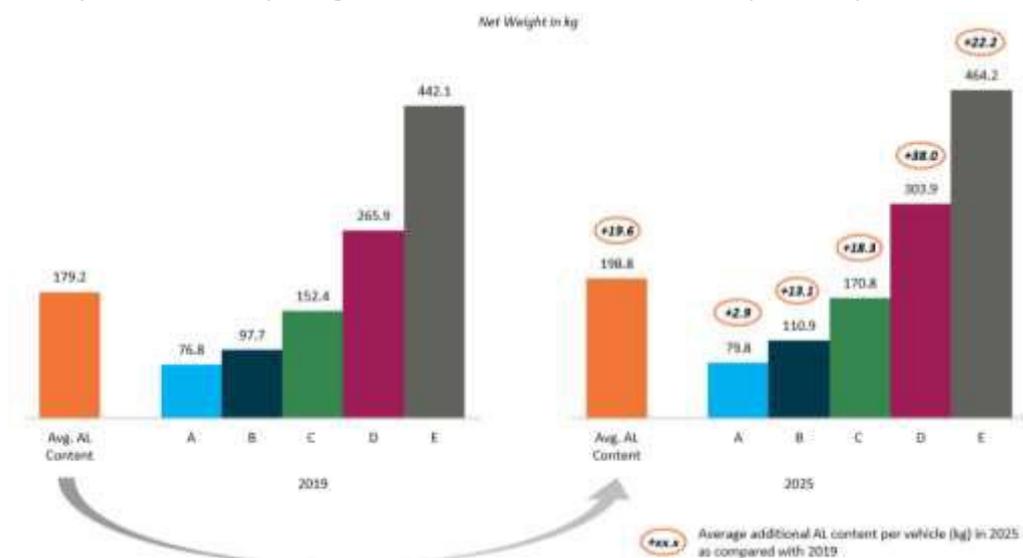
- |  |   |   |
|--|---|---|
| 4 gammes   | x | 2 catégories  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Economique inférieure</li> <li>• Moyenne inférieure</li> <li>• Moyenne supérieure</li> <li>• Supérieure – Luxe</li> </ul> |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Véhicule électrique-hybride</li> <li>• Véhicule thermique</li> </ul> |

#### - A propos du contenu en matériaux

La consommation unitaire de matériaux dans la construction automobile pourrait être modifiée dans les années à venir. L'étude « *Aluminium content in European cars* » menée par Ducker Worldwide pour European Aluminium en 2012 puis en 2019 estime l'évolution du contenu en aluminium dans un véhicule européen pour les dix prochaines années. La quantité d'aluminium par véhicule pourrait selon cette étude augmenter de 30%.

Cette étude, complétée par d'autres sources pour l'acier, le verre et le plastique, permet d'associer à chaque type et gamme de véhicule une consommation d'acier, d'aluminium, de verre et de plastique. Ducker Worldwide suggère ainsi que dans un souci d'allègement des véhicules, une part d'acier sera substituée par de l'aluminium. On utilise les résultats de cette étude prospective jusqu'en 2028 en prolongeant la tendance jusqu'en 2030, puis en l'infléchissant à la baisse au-delà. La masse moyenne d'un véhicule, et donc la quantité de matériaux nécessaire à sa construction, baisse ainsi au sein de chaque gamme.

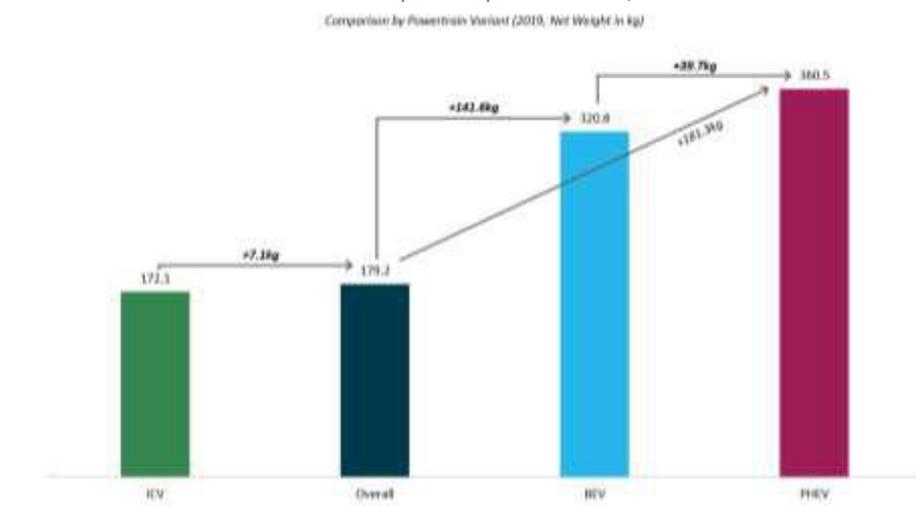
## Contenu moyen d'aluminium par segment de véhicules – étude de Ducker pour European Aluminium, 2019



([https://www.european-aluminium.eu/media/2802/aluminum-content-in-european-cars\\_european-aluminium\\_public-summary\\_101019-1.pdf](https://www.european-aluminium.eu/media/2802/aluminum-content-in-european-cars_european-aluminium_public-summary_101019-1.pdf))

De plus, la consommation unitaire moyenne d'aluminium pour produire un véhicule électrique est largement supérieure à celle nécessaire pour un véhicule thermique : la part croissante des véhicules électriques dans la production devrait ainsi se traduire par une forte hausse de la demande d'aluminium du secteur automobile.

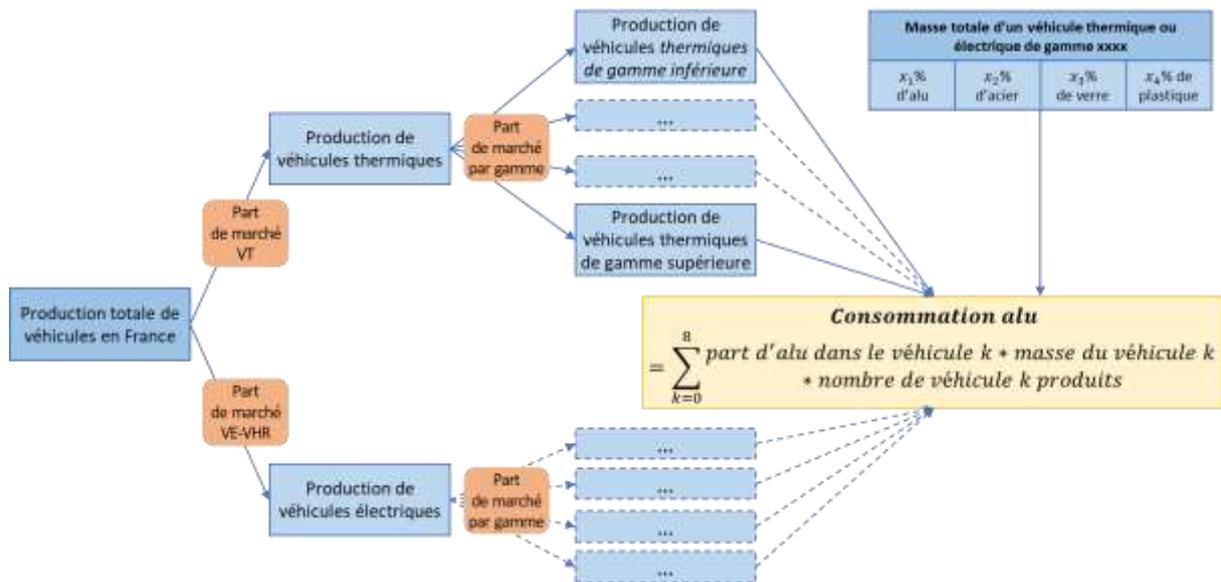
Contenu moyen d'aluminium par type de véhicule  
(Internal Combustion Vehicles, Battery Electric Vehicle, Plug-in Hybrid Electric Vehicle)  
étude de Ducker pour European Aluminium, 2019



Sous les effets conjugués de la croissance des véhicules économiques inférieurs et de la substitution d'acier par de l'aluminium, la consommation d'acier devrait baisser en moyenne de 19% entre 2018 et 2050 pour un véhicule thermique et de 14% pour un véhicule électrique.

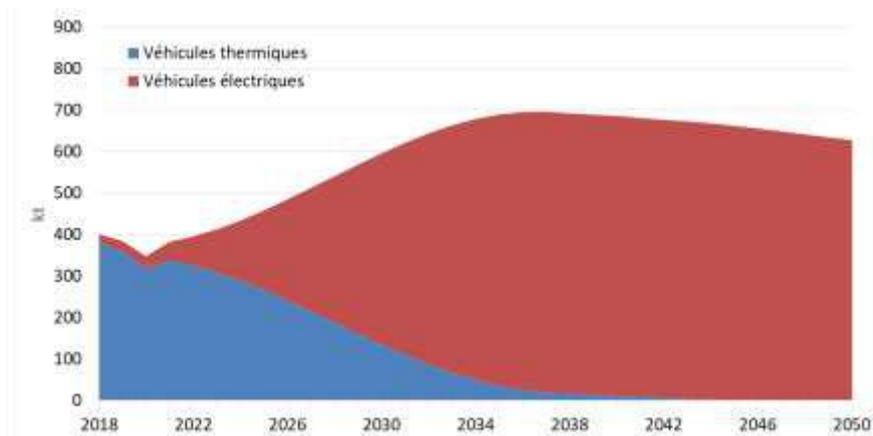
La demande d'aluminium par véhicule thermique devrait au contraire s'inscrire en hausse. Pour les véhicules électriques, la part d'aluminium est déjà élevée, les effets de substitution sont moins forts, la tendance aux petites gammes provoque plutôt une diminution de la consommation unitaire d'aluminium.

Les demandes en matériaux associées à chacun des 8 types de véhicules (4 gammes x 2 types) sont multipliées par le nombre d'unités produites de ces véhicules pour obtenir la demande totale :



Au global, ces évolutions devraient se traduire par une forte hausse de la demande d'aluminium du secteur automobile.

Evolution de la demande en aluminium dans l'automobile



### Le transport

La fabrication de matériel de transport (hors construction automobile) représente également une des utilisations de l'acier, de l'aluminium, du plastique et du verre.

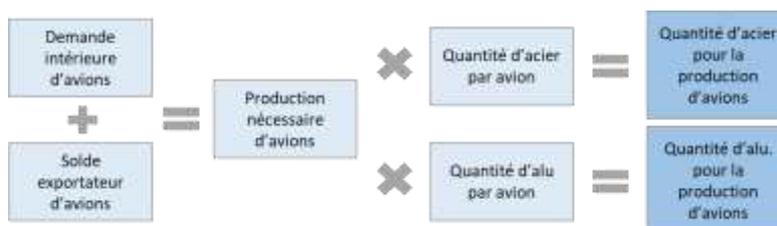
L'historique de production d'avions, de trains, de bateaux, de camions, etc., est issu de la base de données Eurostat « Production vendue, exportations et importations par liste PRODCOM (NACE Rév. 2) - données annuelles ». Ces données ont été consolidées avec celles du rapport de l'ADEME « Transition industrielle – Prospective énergie matière : vers un outil de modélisation des niveaux de production », et étayés avec d'autres sources sectorielles de données.

La modélisation de la demande en matériel de transport est supposée évoluer d'ici à 2050 de façon proportionnelle au trafic de chacun des modes de transport, en cohérence avec les hypothèses

affichées dans la trajectoire AMS de la SNBC. La part relative des imports ou des exports est considérée comme stable.

Grâce à une estimation de la demande en matériaux moyenne associée à la production unitaire de l'un de ces moyens de transport, il est possible de proposer une évolution de la consommation de matériaux associée au secteur du transport.

*Principe de modélisation de la demande de matériaux pour la fabrication de matériels de transport  
Exemple de la construction aéronautique*



#### 4.3.5 La production EnR

Les débouchés additionnels liés aux besoins de matériaux pour le développement de la production EnR (éolienne et photovoltaïque) devront être pris en compte dans la demande adressée aux filières IGCE concernées. Ces besoins étant variables selon les trajectoires de mix concernées, ils ne peuvent être fixés *a priori*. Ils dépendent aussi fortement de la localisation des sites de fabrication des équipements de production (aujourd'hui en grande partie situés à l'étranger pour le photovoltaïque et l'éolien terrestre). A ce stade, seuls des besoins unitaires (par MW installés) en matériaux peuvent être estimés.

Il est proposé de s'appuyer sur les bilans matière de l'éolien et du photovoltaïque publiés par l'ADEME dans son rapport « *Transition industrielle - Prospective énergie matière : vers un outil de modélisation des niveaux de production* » (mai 2020).

*Bilan matière de l'éolien (source ADEME)*

<i>tonnes/MW installé</i>	Terrestre	Offshore posé	Offshore flottant
Acier	140	320	356
Aluminium	2	2	2
Verre	7	10	10
Ciment	156	378	240
Plastique	4	6	6

*Bilan matière du photovoltaïque (source ADEME)*

<i>tonnes/MWc</i>	Au sol	En toiture
Acier	105	10
Aluminium	87	43
Verre	54	68
Ciment	15	0

#### 4.4 Estimation de la production des IGCE

A partir de l'évolution des débouchés présentés en partie 4.3, il est possible d'évaluer l'évolution de la demande en produits issus des IGCE, en considérant les éléments de cadrage socioéconomiques de la trajectoire AMS de la SNBC.

En considérant une évolution de la production des IGCE proportionnelle à celle de la demande des produits qui en sont issus, ce qui suppose un taux d'import/export invariant dans le temps, il est possible d'élaborer des premières trajectoires de production à l'horizon 2050 et de s'assurer que l'on retrouve des évolutions similaires à celles affichées dans la SNBC<sup>33</sup>.

Lorsque des écarts seront constatés, la question pourra être soulevée de faire ou non évoluer le solde importateur/exportateur en projection pour coller au mieux aux trajectoires de production des IGCE de la trajectoire AMS/SNBC.

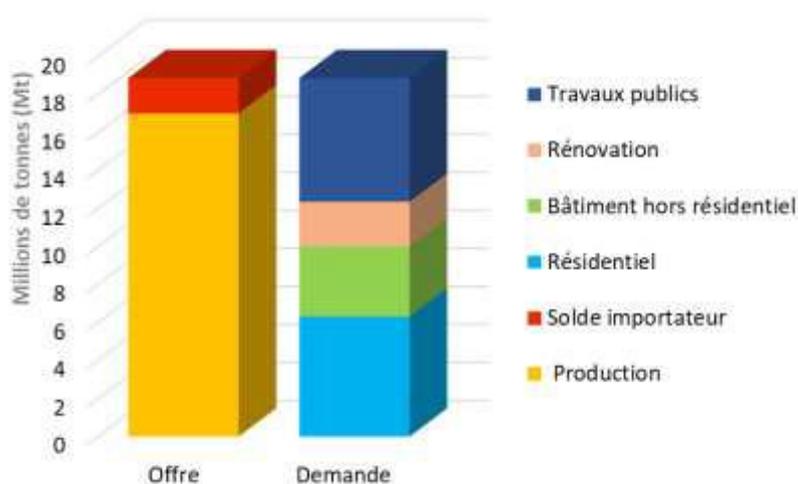
A noter également que ces trajectoires n'incluent pas à ce stade la demande générée par la production EnR (éolienne et photovoltaïque). L'impact unitaire (par gigawatt installé) de ce débouché est présenté en 4.3.5. Cet impact pourra être ultérieurement pris en compte selon les différentes trajectoires du mix de production.

##### 4.4.1 Production de clinker

La production du clinker est modélisée à partir de celle du ciment, dont il est le principal constituant. La production de ciment en France représente environ 90% de la demande nationale annuelle, laissant ainsi apparaître un solde net importateur de 1,9 Mt en 2018.

Le secteur de la construction constitue naturellement l'unique débouché pour la production de ciment, réparti entre travaux publics (35% des tonnages), construction résidentielle (33%), construction de bâtiments hors résidentiel (19%) et travaux de rénovation (13%).

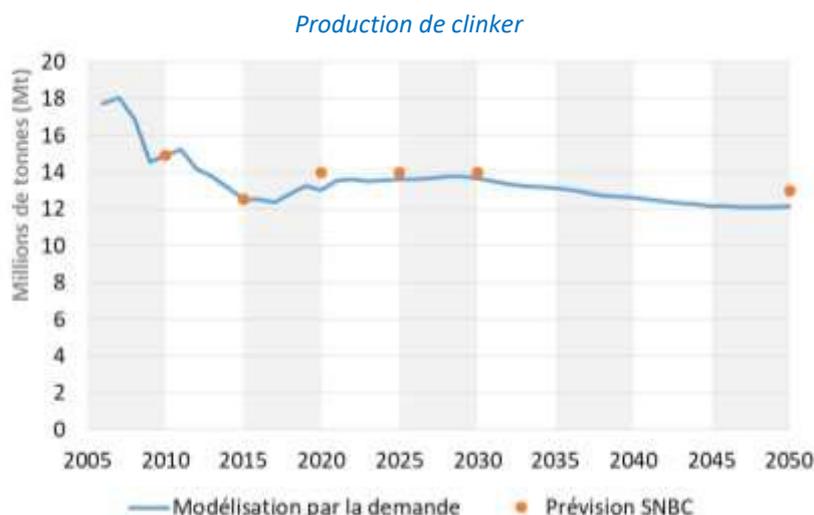
Offre et demande de ciment en 2018



<sup>33</sup> On s'appuie pour ce faire sur les trajectoires de production en quantités physiques des IGCE présentées lors du GT « Industrie – déchets – gaz fluorés » de préparation de la SNBC du 28 avril 2018. Les données de la sidérurgie, visiblement surévaluées, ont été recalées sur les statistiques de la World Steel Association, en conservant la trajectoire de la SNBC.

L'évolution des débouchés de la construction est présentée en partie 4.3, avec une croissance des travaux publics tirée à la hausse par le contexte économique, une baisse de la construction de bâtiments neufs, partiellement compensée par un fort accroissement des rénovations. A ces évolutions s'ajoutent en outre une baisse de la teneur en clinker du ciment et une moindre consommation unitaire de ciment dans la construction (recours à des matériaux biosourcés).

Avec ces hypothèses et l'évolution des débouchés de construction, la trajectoire de production de clinker en France, modélisée homothétiquement à l'évolution de la demande intérieure de clinker, serait relativement proche de celle décrite dans la trajectoire AMS de la SNBC.

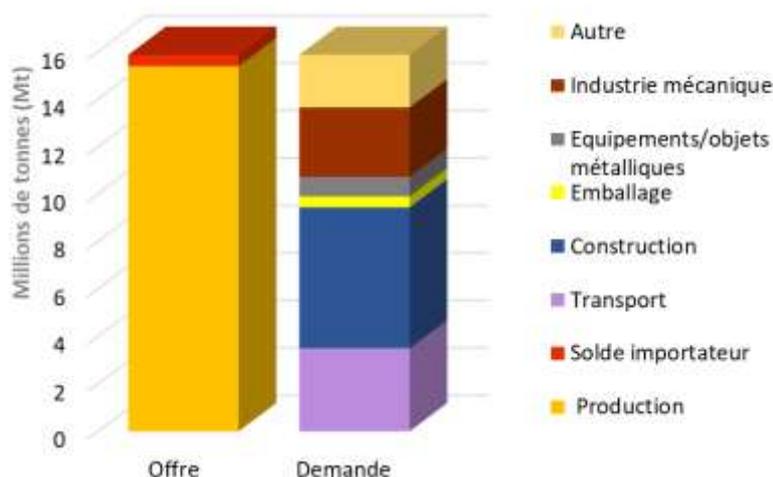


#### 4.4.2 Production d'acier

De façon très globale, la production française d'acier couvre quasiment, à 97%, la demande nationale annuelle. Cette vision globale masque toutefois des volumes d'imports et d'exports très importants. Ainsi, la France dispose d'une production d'acier plat importante, mais doit importer 40 % de la consommation française de produits longs.

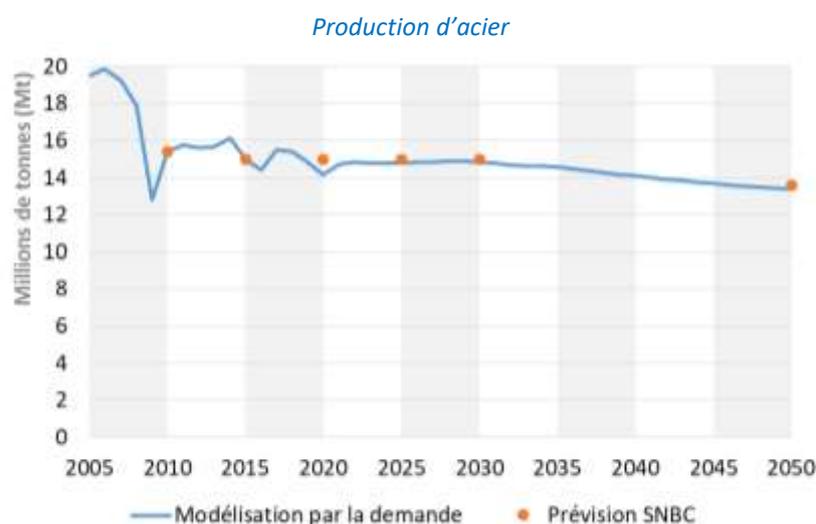
Le secteur de la construction (37%), la construction de matériel de transport (22%) et la construction mécanique (18%) constituent les principaux débouchés pour l'acier consommé en France.

*Offre et demande d'acier en 2018*



L'évolution des débouchés de l'acier, présentée en partie 4.3, est notamment marquée par une consommation unitaire en baisse dans la construction automobile (véhicules plus légers et recours accru à l'aluminium en lieu et place de l'acier), dans la construction (recours à des matériaux biosourcés) dans les emballages, pendant que les autres débouchés (transport hors automobile, industrie mécanique, biens métalliques) restent légèrement croissants.

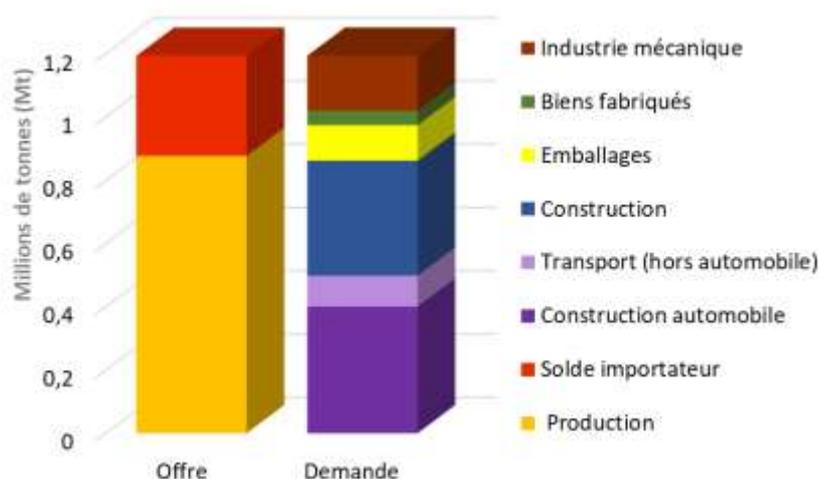
Cela se traduirait, avec les hypothèses socioéconomiques sous-jacentes de la trajectoire AMS, par une baisse de la demande intérieure d'acier de 11% environ à l'horizon 2050, en cohérence avec la trajectoire de production retenue dans la SNBC. Cette baisse résulte d'une contraction de 18% de la demande pour l'automobile et de 20% celle de la construction à l'horizon 2050, baisse qui n'est pas partiellement contrebalancée par l'évolution des autres débouchés.



#### 4.4.3 Production d'aluminium

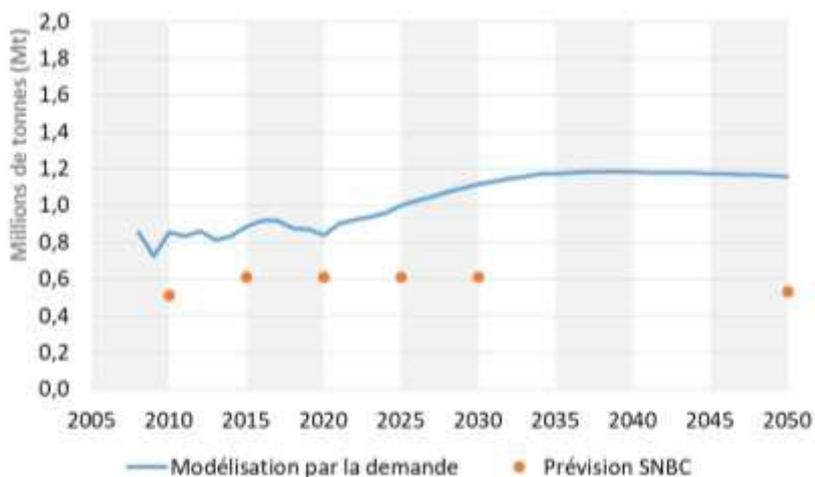
La production française d'aluminium n'a couvert en 2018 que 73% de la consommation intérieure. Les débouchés de l'aluminium concernent essentiellement le transport (42%, dont 34% pour le seul secteur de la construction automobile) et la construction (30%).

*Offre et demande d'aluminium en 2018*



L'évolution des débouchés de l'aluminium, présentée en partie 4.3, se traduit par un effet haussier, lié à la hausse d'activité mais également à un recours accru à ce matériau lié à ses caractéristiques physiques, à savoir de bonnes performances mécaniques couplées à une relative légèreté. L'utilisation de l'aluminium est donc appelée à croître, notamment dans le secteur du transport (remplacement d'une partie de l'acier dans les véhicules) et de la construction. Avec les éléments de cadrage de la trajectoire AMS, la demande d'aluminium en France croîtrait de 22% environ entre 2018 et 2050. Plus de 70% de cette hausse serait due au seul secteur du transport.

Production d'aluminium



Finalement, cette évolution de la demande conduirait à une production (sous l'hypothèse d'une évolution homothétique) en écart marqué par rapport à la trajectoire de production de la SNBC :

- d'une part en raison d'un niveau de calage historique de la production physique assez différent (plus de 30% d'écart), et que l'analyse de différentes sources de données ne permet pas d'expliquer ;
- d'autre part du fait de dynamiques opposées : baisse de 13% dans la SNBC et hausse de 22% dans la modélisation par la demande, entre 2018 et 2050.

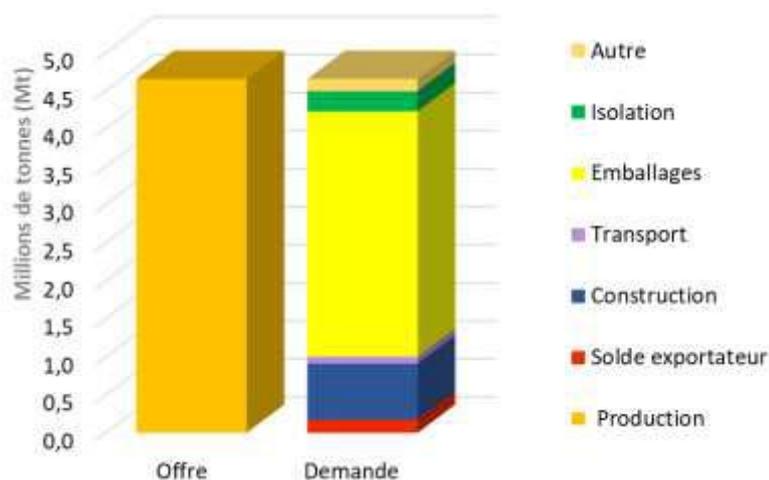
Cette ICGE soulève la question du choix entre :

- considérer une production qui évolue en cohérence avec la demande intérieure de matériau, en considérant donc implicitement un poids relatif du solde importateur constant et, dans le cas présent, une augmentation significative des capacités de production en France ;
- se caler sur la trajectoire SNBC, ce qui signifie un maintien des capacités de production à un niveau relativement constant et une hausse du solde importateur.

#### 4.4.4 Production de verre

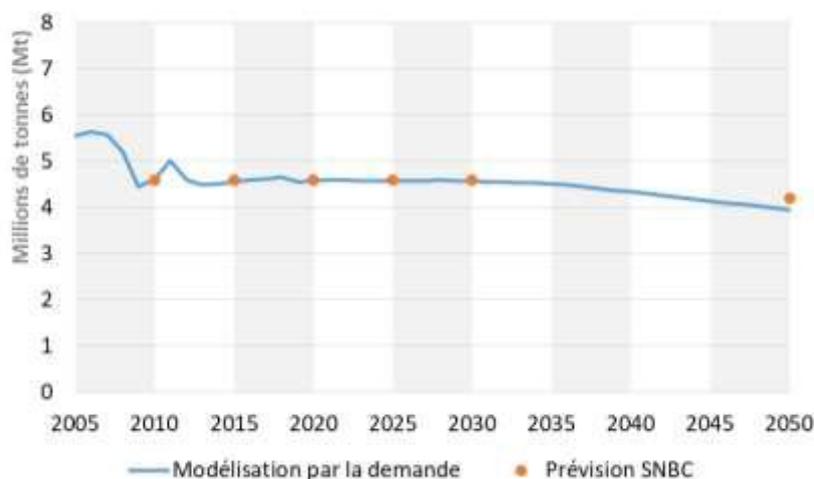
La production de verre en France est globalement exportatrice, avec un solde net de plus de 170 Mt en 2018. La production de verre trouve son principal débouché, à plus de 70%, dans les emballages (bouteilles, flacons...), devant le secteur de la construction et de la rénovation.

Offre et demande de verre en 2018



La mise en place d'une consigne sur le verre creux, évoquée dans la SNBC, est bien évidemment de nature à affecter significativement la production de verre creux en France : avec les hypothèses présentées en partie 4.3, le verre creux, qui représente environ 71% des quantités de verre consommées annuellement en France, n'en représenterait plus que 60% en 2050. Au global, malgré quelques produits fortement orientés à la hausse (comme la laine de verre, du fait du fort niveau de rénovation des bâtiments), la consommation totale de produits verriers, après une relative stagnation d'ici à 2030, s'infléchirait légèrement à la baisse et se contracterait de 15%.

Production de verre

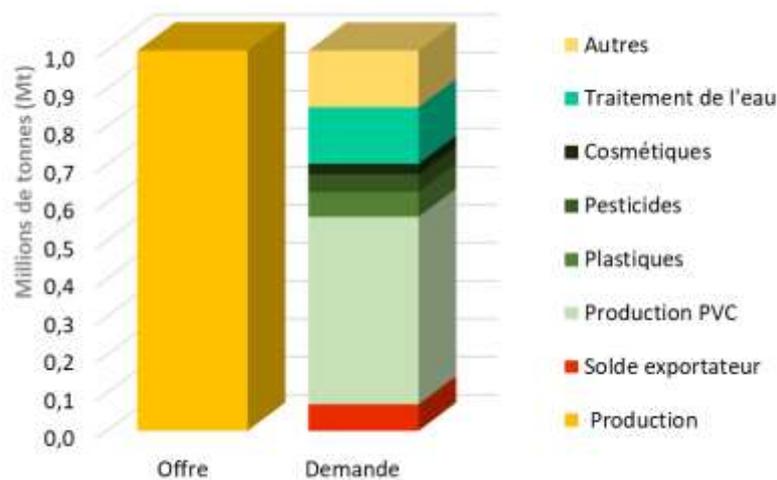


Cette évolution de la demande conduirait à une production (sous l'hypothèse d'une évolution proportionnelle) proche de celle proposée dans la trajectoire AMS de la SNBC.

#### 4.4.5 Production de chlore

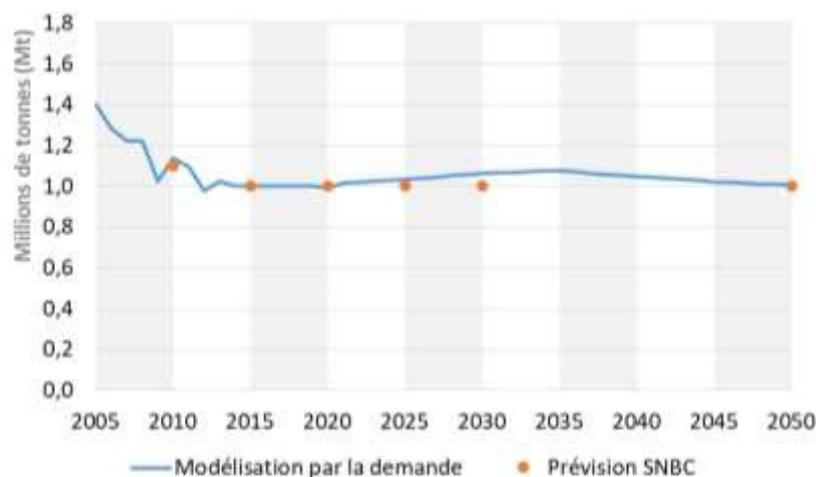
La production de chlore en France est légèrement excédentaire : le solde exportateur net s'est élevé en 2018 à environ 7% de la production. Un des principaux débouchés du chlore est la production de PVC (53% des débouchés en 2018).

Offre et demande de chlore en 2018



A terme (cf. partie 4.3), la réduction de l'usage des pesticides et des plastiques est de nature à réduire sensiblement la consommation de chlore pour ces usages. Cette baisse marquée est de nature à contrebalancer la très légère hausse des autres débouchés, d'où une consommation relativement stable sur tout l'horizon prévisionnel.

Production de chlore

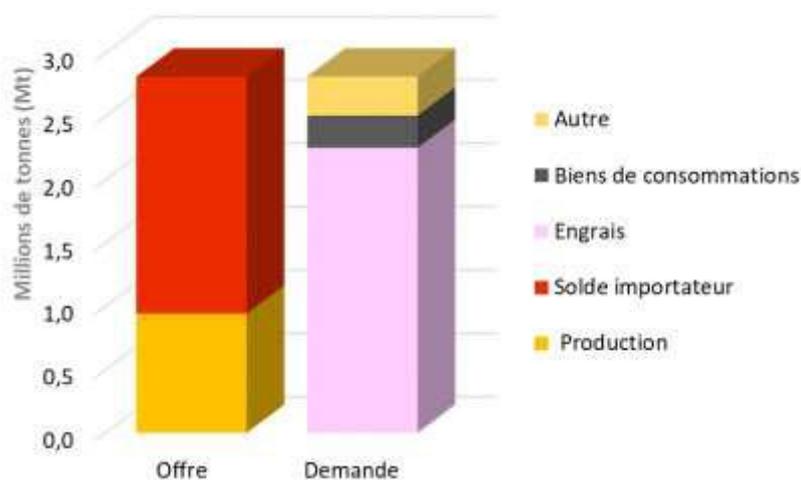


Cette relative stabilité, appliquée à la production, rejoint celle affichée par la trajectoire AMS de la SNBC.

#### 4.4.6 Production d'ammoniac

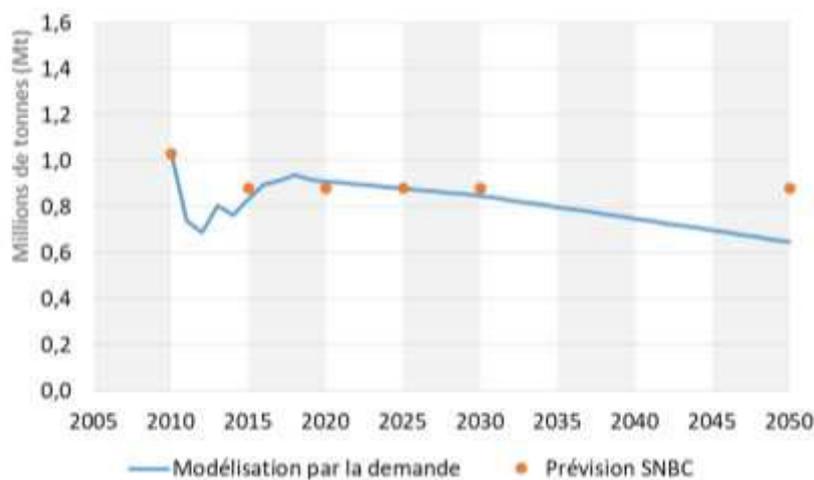
La France est fortement importatrice d'ammoniac : la production intérieure n'a couvert, en 2018, qu'un tiers des besoins en ce produit. L'ammoniac est très essentiellement destiné (à 80%) à la production d'engrais azotés.

Offre et demande d'ammoniac en 2018



Le recours aux engrais azotés étant appelés à être réduit pour atteindre les objectifs de la SNBC (cf. partie 4.3), la demande en ammoniac pourrait naturellement se contracter elle-même.

Production d'ammoniac

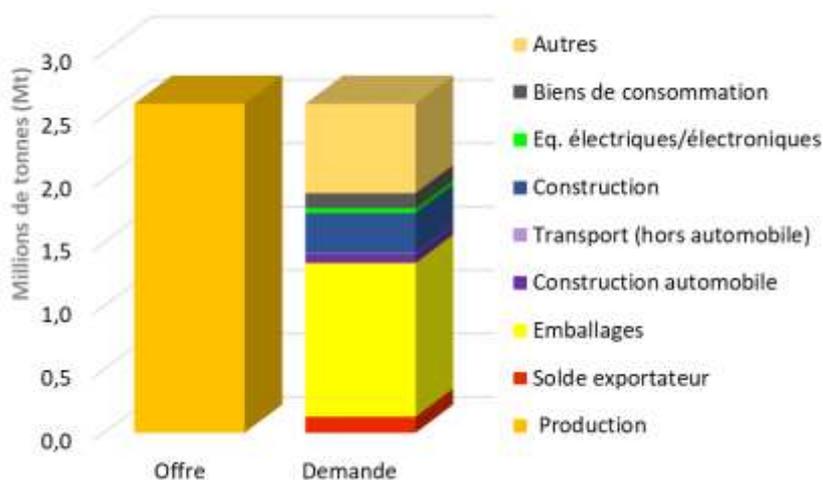


Appliquée à l'historique de production d'ammoniac, cette tendance baissière place la trajectoire de production à un niveau sensiblement plus bas que les projections de la SNBC, ce qui soulèvera la question des hypothèses sur l'évolution du solde importateur. En effet, il est également possible que la baisse de la demande en engrais azotés n'ait que peu d'effets sur la production d'ammoniac en France et ne se répercute finalement que sur les imports.

#### 4.4.7 Production d'éthylène

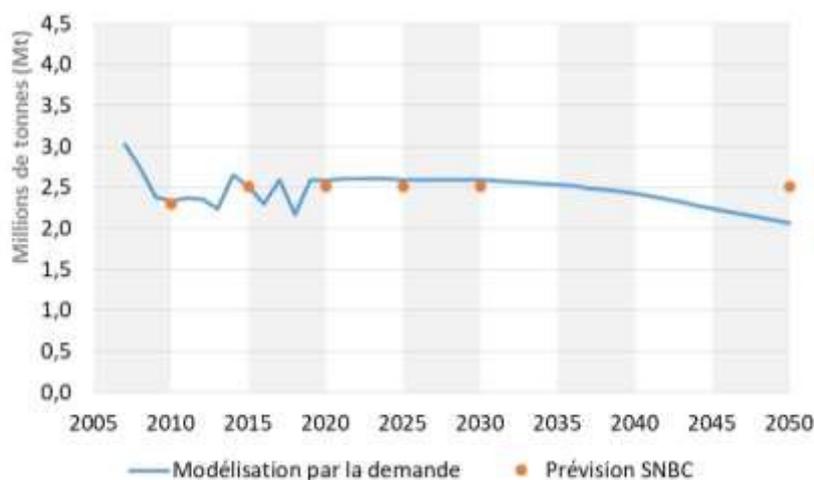
La production d'éthylène en France a été excédentaire en 2018, avec un solde exportateur net représentant près de 5% de la production. Le principal débouché de l'éthylène demeure le secteur de l'emballage, qui représente près de la moitié de son usage.

Offre et demande d'éthylène en 2018



Avec la montée des préoccupations environnementales et la volonté politique de réduire l'utilisation des matières plastiques, la demande en éthylène est appelée à se réduire progressivement, avec un tonnage destiné à l'emballage qui devrait être réduit de 36% d'ici à 2050. L'évolution des autres débouchés est toutefois de nature à compenser partiellement cette baisse, avec en corollaire une demande totale en éthylène en baisse de 21% en 2050 par rapport à 2018.

Production d'éthylène

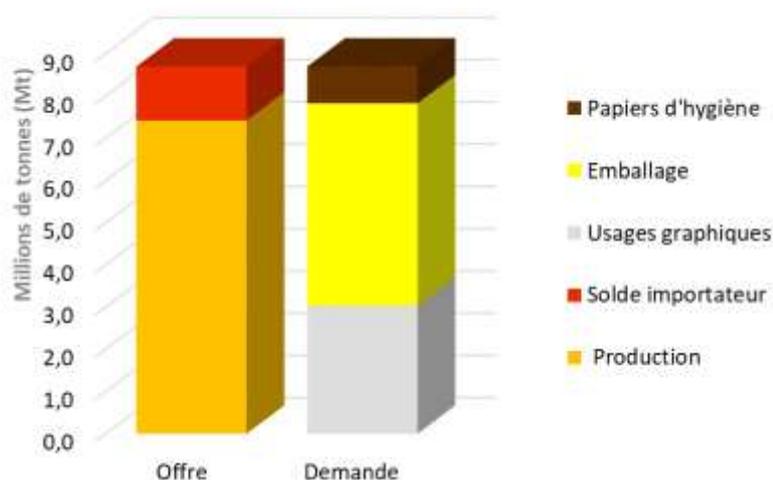


Cette évolution baissière de la demande s'écarte de la parfaite stabilité affichée pour la production d'éthylène en France dans la SNBC, laissant le champ ouvert à différentes hypothèses sur l'évolution du solde exportateur.

#### 4.4.8 Production de papier-carton

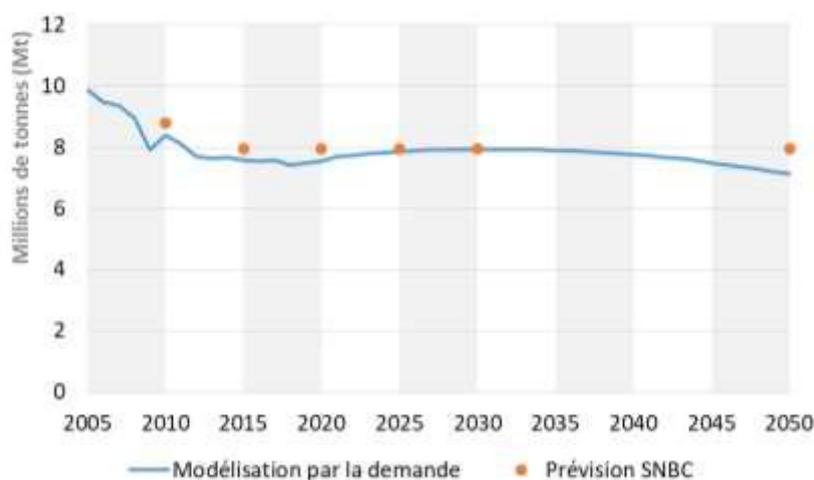
La production française de papier-carton (hors pâte à papier) ne couvre pas l'ensemble des besoins annuels du pays, puisque près de 15% de la demande en papier-carton a été satisfaite par des importations. Les débouchés se répartissent en trois grands types d'usages : l'emballage (55% des débouchés), les usages graphiques (35%) et les usages pour l'hygiène (10%).

Offre et demande de papier-carton en 2018



L'évolution de ces débouchés, détaillée en partie 4.3, est marquée par une baisse des usages graphiques (concurrence du numérique notamment), contrebalancée par le développement de l'usage « emballages » (en lien avec l'essor du e-commerce et la réduction des emballages en matière plastique). Dans l'ensemble, la demande en papier-carton devrait être légèrement croissante jusqu'en 2030 avant d'entamer une inflexion baissière (-4% environ en 2050 par rapport à 2018).

Production de papier-carton (hors pâte à papier)

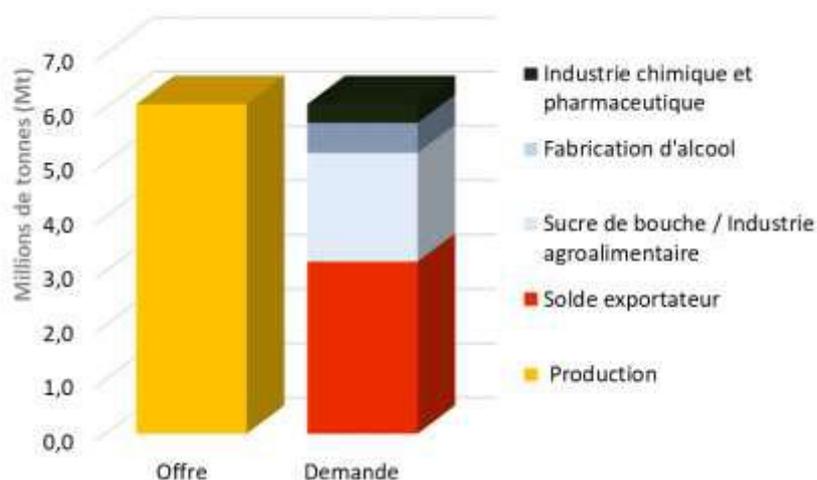


Appliquée à la production, cette dynamique se traduirait par une trajectoire de production relativement proche, quoique légèrement inférieure en 2050, de celle de la trajectoire AMS de la SNBC.

#### 4.4.9 Production de sucre

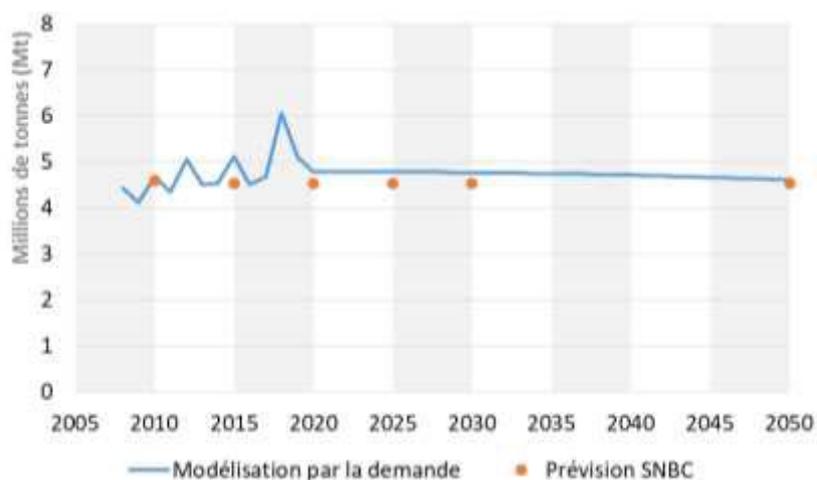
L'industrie sucrière française est très largement excédentaire, puisque plus de la moitié de sa production est exportée. Sa production est marquée par une variabilité assez forte, liée à celle des récoltes de betteraves. L'essentiel (88% en 2018) de la demande de sucre en France concerne l'industrie agroalimentaire et le sucre de bouche (69%) ou la fabrication d'alcool (19%).

Offre et demande de sucre en 2018



L'évolution de la demande en sucre va donc être fortement corrélée à l'évolution démographique, en prenant toutefois en compte une réduction tendancielle de la consommation de sucre par personne (75 g journaliers par personne en 2050 contre 85 g aujourd'hui), qui contrebalance l'effet de la croissance de la population.

Production de sucre



Cette dynamique, appliquée à la production sucrière, se traduirait par une trajectoire proche de celle retenue dans la trajectoire AMS de la SNBC.

## 4.5 Approche pour l'industrie diffuse

### 4.5.1 Evolution de la valeur ajoutée

Comme expliqué en 4.1, le cadrage macroéconomique de la SNBC se traduit par une hausse de 40% de la valeur ajoutée de l'industrie entre 2018 et 2050 : celle-ci passe de 230 milliards d'euros à 321 milliards d'euros en prix chaînés 2015. La SNBC ne fournit en revanche pas plus d'indications à propos des secteurs qui seront porteurs de ce dynamisme.

Le niveau de production des IGCE a été étudié grâce à une approche physique sur les grandes filières de production énergivores, ce qui n'est pas envisageable pour l'industrie diffuse qui recouvre de nombreux produits différents. L'approche se fera donc en valeur ajoutée plutôt qu'en quantités physiques.

La base de données ESANE de l'INSEE permet de connaître la répartition de la valeur ajoutée industrielle par NCE en 2015. La modélisation proposée vise à estimer une évolution de la valeur ajoutée de chaque NCE (supposée proportionnelle à l'activité en volume) de façon cohérente, en prenant en compte les interdépendances sectorielle et assurant leur adéquation avec la valeur industrielle globale projetée dans la SNBC.

Dans une première étape, l'évolution modélisée des quantités physiques produite par les IGCE est utilisée pour faire estimer celle de la valeur ajoutée des NCE associées :

- Les valeurs ajoutées de la sidérurgie (NCE 16), du verre (NCE 22), du papier-carton (NCE35), du sucre (NCE 13) évoluent proportionnellement au niveau de production d'acier, de verre, de papier et de sucre ;
- Bien que l'aluminium, le clinker et l'ammoniac ne représentent pas l'intégralité des productions respectivement des NCE 18, NCE 20 et NCE 23, on considère au premier ordre que la valeur ajoutée de ces NCE évolue comme la production de ces trois IGCE. En effet, l'aluminium par exemple connaît une forte hausse de sa demande, mais cela devrait aussi être le cas pour d'autres métaux non ferreux comme le cuivre, également couvert par la NCE 18, grâce à l'essor des véhicules électriques, du photovoltaïque, et l'évolution favorable de l'aéronautique. La NCE 20 comprend d'autres matériaux destinés à la construction, donc il semble raisonnable de la faire évoluer avec la consommation de ciment. Quant à la NCE 23, la répartition de la valeur ajoutée entre les produits azotés et les autres engrais n'est pas connue.
- La valeur ajoutée de la catégorie « Fabrication d'autres produits chimiques inorganiques de base » de la NCE 24 évolue comme la production du chlore. L'autre catégorie, « Fabrication de gaz industriels », est supposée évoluer comme l'activité industrielle totale.
- La valeur ajoutée de la catégorie « Fabrication d'autres produits chimiques organiques de base » de la NCE 26 évolue proportionnellement à la production d'éthylène. Les autres catégories comprises dans cette NCE couvrent de nombreux produits, comme des colorants, des produits chimiques ou pharmaceutiques, la croissance de leur valeur ajoutée sera considérée comme similaire à celle de la valeur ajoutée totale de l'industrie.

L'évolution de la valeur ajoutée des IGCE, qui ne représente en 2018 que 7% de la valeur ajoutée totale de l'industrie, est ainsi fixée.

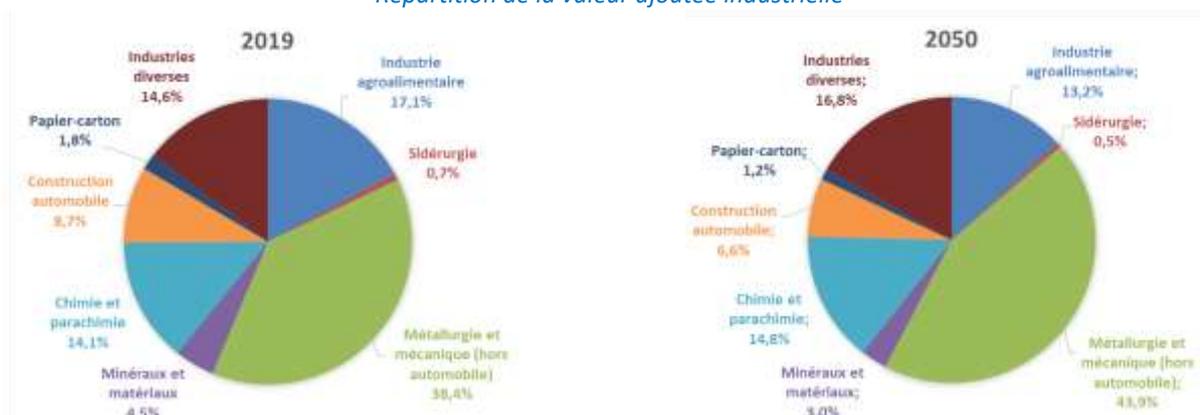
D'autres hypothèses sont proposées quant à l'évolution de la valeur ajoutée de certaines NCE de l'industrie diffuse par souci de cohérence d'ensemble de la trajectoire :

- La valeur ajoutée du secteur agroalimentaire (NCE 12 et NCE 14) évolue de la même façon que la démographie, avec une croissance moyenne de 0,3 % par an d'ici à 2050. Il est en effet moins sensible que les autres secteurs à la conjoncture économique. Dans un contexte de vitalité économique, il semble cohérent d'observer la part de l'agroalimentaire dans la valeur ajoutée totale décroître ;
- Les produits couverts par la NCE 19 « Production de minéraux divers et extraction de minerais métalliques » et la NCE 21 « Production d'autres matériaux de construction et de céramique » trouvent leur débouché dans le secteur de la construction. Il est proposé de faire évoluer leur valeur ajoutée de la même façon que celle de la NCE 20, avec le besoin en matériaux de la construction ;
- La valeur ajoutée de la NCE 32 « Construction de véhicules automobiles et d'autres matériels de transport terrestre » évolue de la même façon que le niveau de production automobile modélisé.

Dans ce contexte de forte croissance économique, les secteurs à haute valeur ajoutée de l'industrie diffuse devraient porter la dynamique haussière de l'industrie et prendre du poids dans la structure de sa valeur ajoutée. Les NCE de la parachimie (NCE 28), la construction mécanique (NCE 30), la construction électrique et électronique (NCE 31), la construction navale, aéronautique et armement (NCE 33), et aux industries diverses (NCE 38) représentent à elles seules 54% de la valeur ajoutée totale en 2018.

Pour assurer un bouclage macroéconomique cohérent avec la trajectoire AMS de la SNBC, la valeur ajoutée résiduelle de l'industrie est attribuée aux NCE non traitées à partir des hypothèses explicitées précédemment.

Répartition de la valeur ajoutée industrielle



#### 4.5.2 Effet volume sur la consommation électrique de l'industrie

En fixant à sa valeur actuelle la consommation électrique par unité de valeur ajoutée pour chaque NCE (ou par quantité physique pour les ICGE), il est possible d'estimer l'impact de l'évolution de l'activité productrice projetée sur la consommation électrique de l'industrie, sans aucune prise en compte des autres effets (qui feront l'objet de travaux ultérieurs) : économies d'énergie, électrification, taux de recyclage, etc.

*Effet « volume » sur la consommation d'électricité de l'industrie (autres effets non pris en compte à ce stade)*



La comparaison de l'évolution de la valeur ajoutée de l'industrie (telle que présentée précédemment, sans inclure à ce stade les besoins de matériaux induits par la production EnR) et de celle de la consommation électrique sous le seul effet « volume » induit (sans prendre en compte donc les autres effets) permet de constater que ce dernier est moins haussier que la valeur ajoutée.

Ce phénomène s'explique aisément par le fait que le dynamisme de l'industrie est essentiellement porté par des branches industrielles diffuses et sensiblement moins énergivores que les IGCE. L'effet de structure qui en résulte tend donc à modérer l'impact haussier de la croissance de l'activité productrice sur la consommation d'électricité.

Comparaison de l'évolution de la valeur ajoutée projetée  
et de son effet « volume » sur la consommation d'électricité dans l'industrie

