



# **Groupe de travail** **« Consommation d'électricité »**

Les usages chauffage, production d'eau chaude sanitaire et climatisation/ventilation  
dans le secteur résidentiel

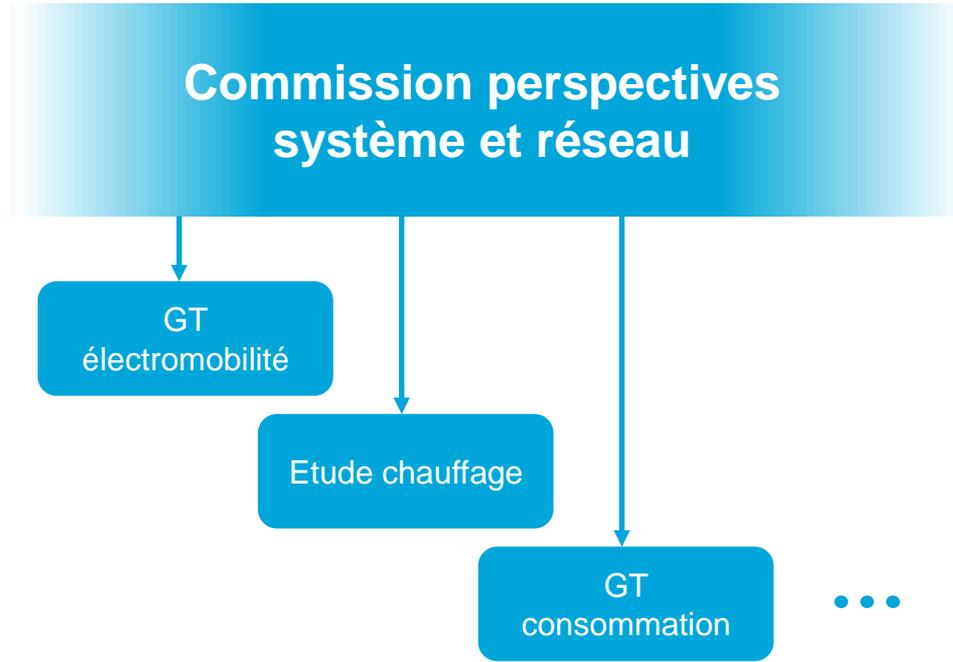
*15 mars 2019*



# Démarche envisagée et éléments de contexte

# Une démarche de transparence et d'alimentation du débat public sur l'énergie

- Un processus de concertation renforcée des acteurs dans le cadre de la Commission « perspectives système et réseau »
- Des consultations collégiales sur certaines thématiques à fort enjeu pour l'évolution du système électrique, sous forme de groupes de travail ou d'études complémentaires



# Objectifs du groupe de travail

- 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 \(SNBC\)](#).
- A cette fin et dans la continuité de sa démarche de transparence et d'alimentation du débat public sur l'énergie, RTE met en place un groupe de travail sur l'élaboration des trajectoires de consommation d'électricité à long terme, avec trois objectifs principaux.

1

Renforcer  
la transparence  
sur les hypothèses  
et la méthodologie  
d'élaboration  
du Bilan prévisionnel

2

Entamer la révision  
des perspectives  
de consommation pour  
la période 2020-2035,  
déjà étudiée dans le Bilan  
prévisionnel 2017

3

Déterminer les principes de  
construction des trajectoires  
de consommation pour le  
volet 2050 envisagé pour le  
prochain Bilan prévisionnel  
« long terme »

# Objectifs du groupe de travail

... les perspectives d'évolution de la demande d'électricité basées sur les tendances actuelles et des rythmes de pénétration envisageables au cours des prochaines années

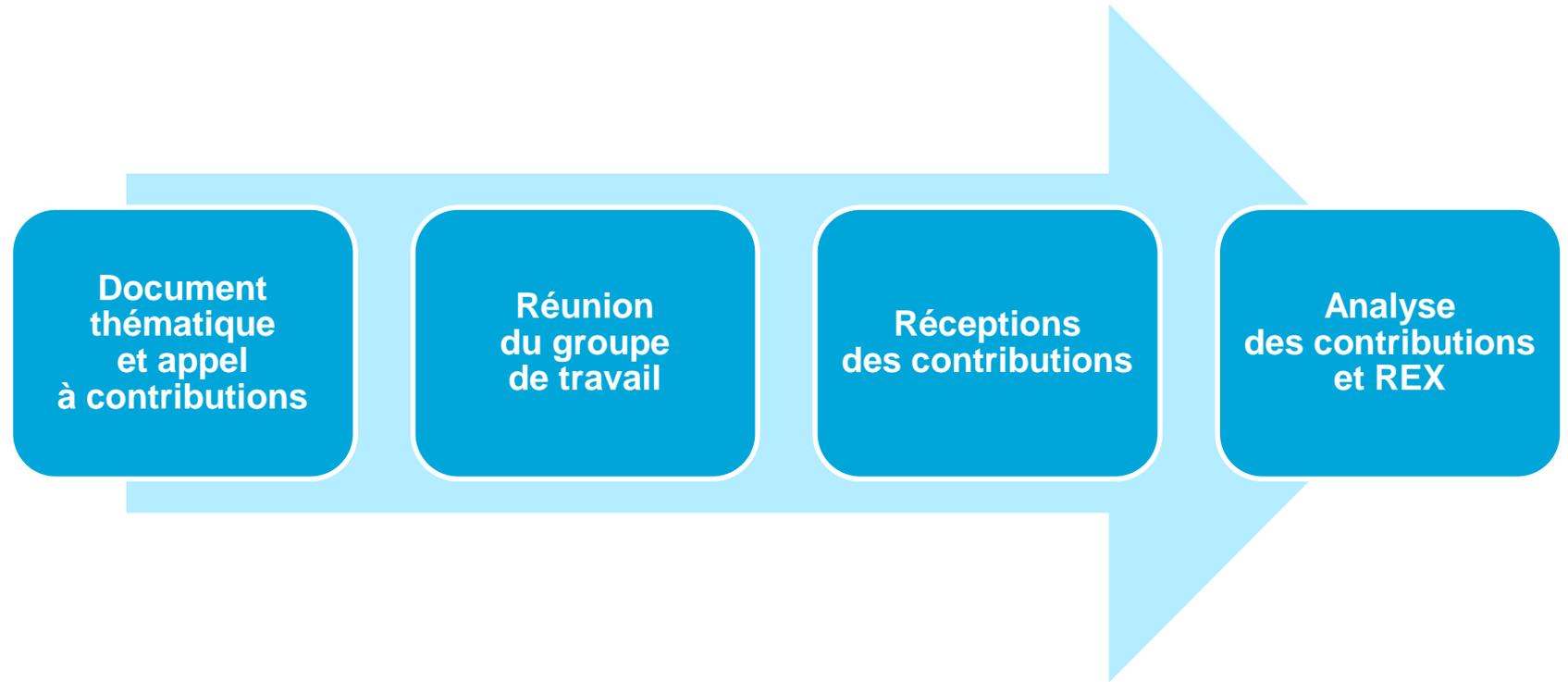
... les perspectives d'évolution de la demande résultant d'une application « pleine et entière » des orientations et décisions publiques

**Les travaux permettront notamment de distinguer...**

... la prospective sur la consommation d'électricité dans un certain nombre de grands scénarios pouvant intégrer des ruptures technologiques ou comportementales

... les évolutions qu'il faudrait apporter à chacun des paramètres pour atteindre des objectifs spécifiques

# Une approche délibérative et participative



# Des réunions du groupe de travail par grands secteurs et types d'usage

Usages  
chauffage,  
ECS et  
climatisation/  
ventilation  
dans le  
résidentiel

Autres usages  
dans le  
résidentiel

Secteur  
tertiaire

Secteurs  
industrie  
& énergie

Réunion(s)  
complémentaire(s) ?

(ex : modélisation  
des appels de  
puissance ?)

# Principes de la méthodologie utilisée dans le Bilan prévisionnel

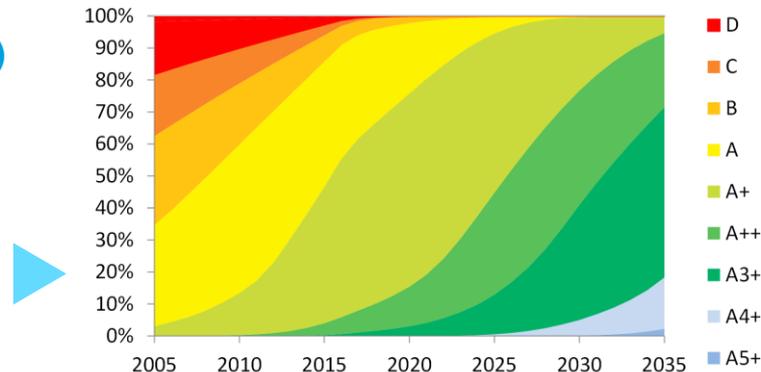
## Une représentation analytique détaillée de la demande

- Basée sur une veille technologique et réglementaire approfondie, des études externes ou commanditées par RTE, et la consultation de différents acteurs (fournisseurs, pouvoirs publics, fabricants, ONG...)



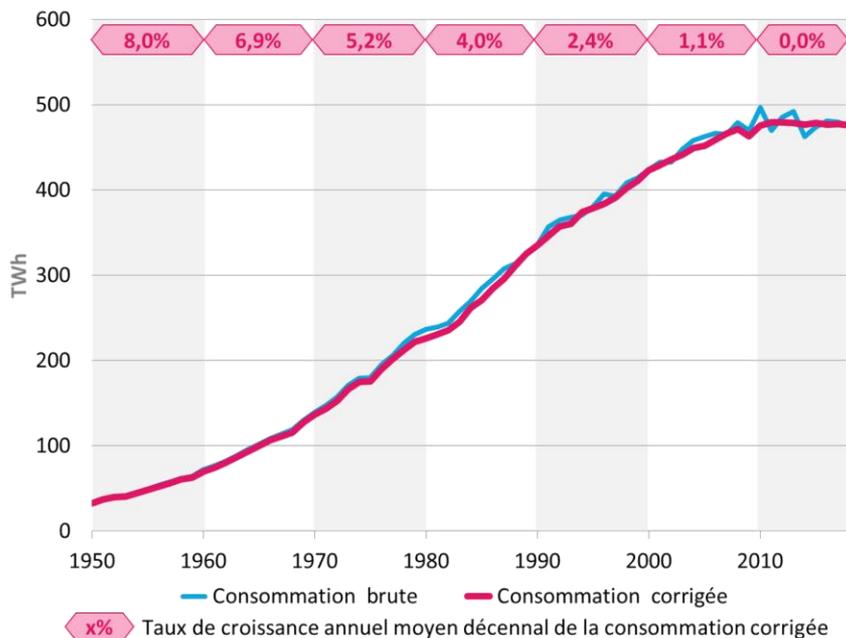
## Un modèle de diffusion du progrès technique, dans une approche par empilement (« bottom up »)

- Les taux d'équipement et de renouvellement évoluent avec la croissance économique (pouvoir d'achat des ménages, capacité de financement des entreprises...)
- Exemple de structure projetée du parc de réfrigérateurs selon la classe d'efficacité énergétique

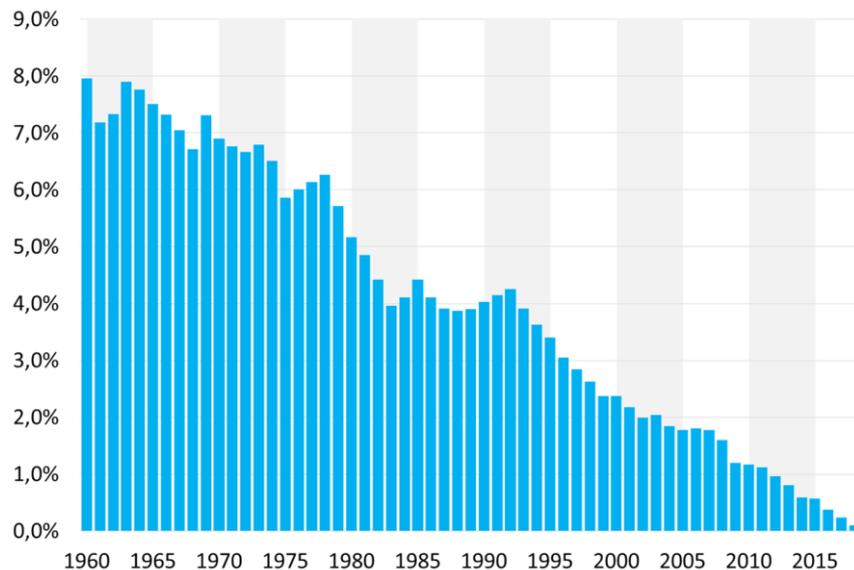


# Un ralentissement tendanciel du rythme de croissance de la consommation intérieure d'électricité

Consommation intérieure brute et corrigée des aléas climatiques, des effacements et du 29 février, hors enrichissement d'uranium

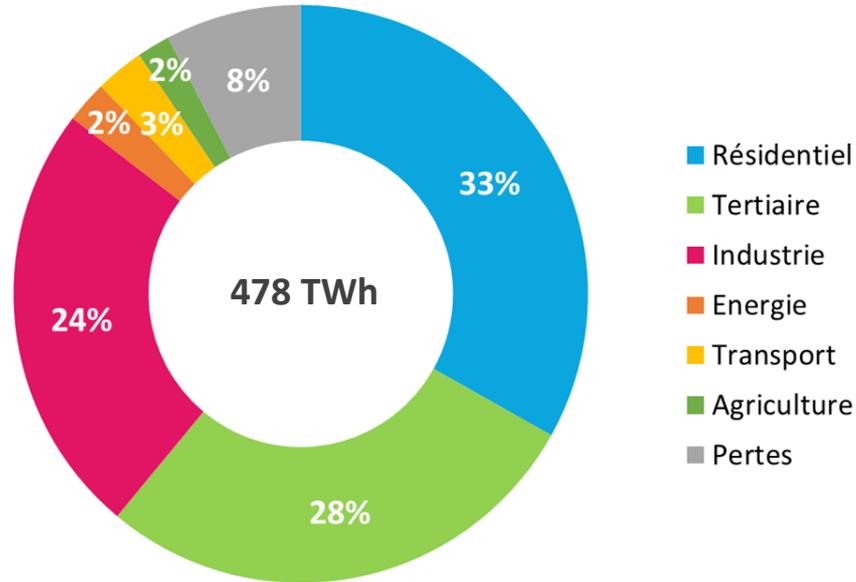


Taux de croissance annuel moyen décennal de la consommation corrigée



# Répartition sectorielle de la demande d'électricité

Répartition sectorielle de la consommation en 2017  
(France continentale, données corrigées des aléas climatiques)

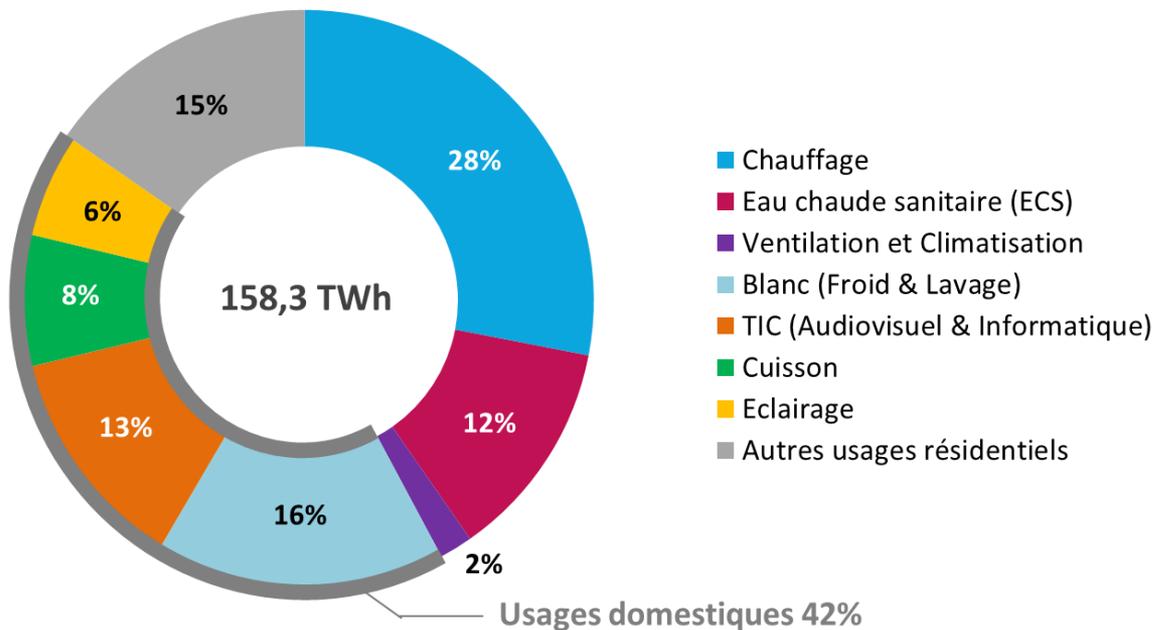


- Le secteur résidentiel représente à lui seul un tiers de la consommation intérieure française.

# Répartition par usages de la consommation résidentielle

Répartition par usages de la consommation du secteur résidentiel en 2017  
(données corrigées des aléas climatiques)

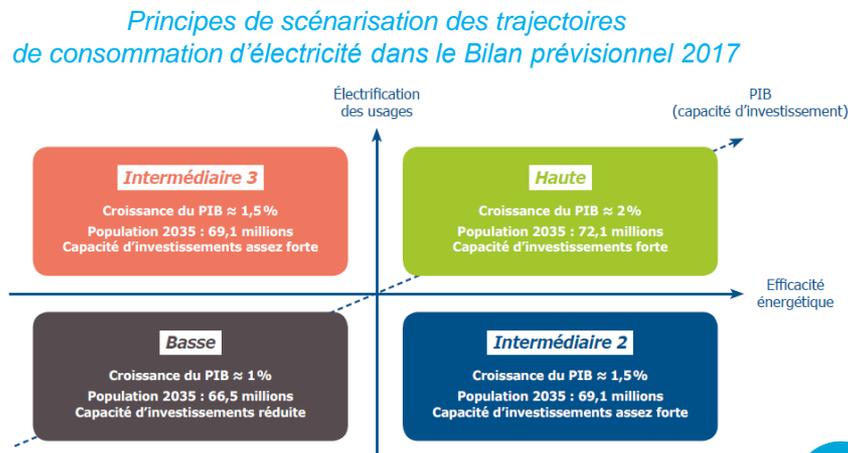
- Le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, la climatisation/ventilation représentent 42% de la consommation résidentielle en 2017



# Présentation des usages chauffage, ECS et climatisation-ventilation dans le résidentiel

## Éléments de cadrage

- La méthodologie et les hypothèses granulaires présentées sont celles à date du Bilan prévisionnel. Elles n'intègrent donc pas les annonces publiques les plus récentes.
- Elles ne portent que sur un horizon 2035 : la façon d'aborder l'horizon 2050 reste ouverte et soumise à la concertation.
- Les résultats, en matière de trajectoires de consommation, sont intimement liés aux choix de scénarisation qui avaient prévalu lors de l'élaboration du Bilan prévisionnel 2017. Les choix de scénarisation qui seront faits pour le prochain exercice à long terme sont donc de nature à les remettre en cause.





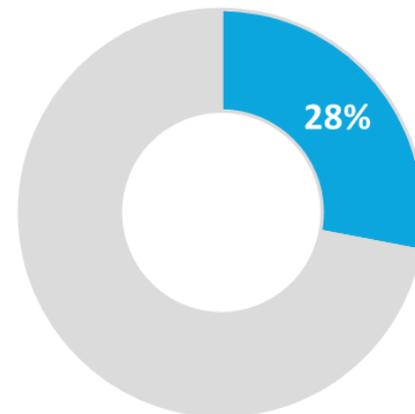
2

# La consommation de chauffage

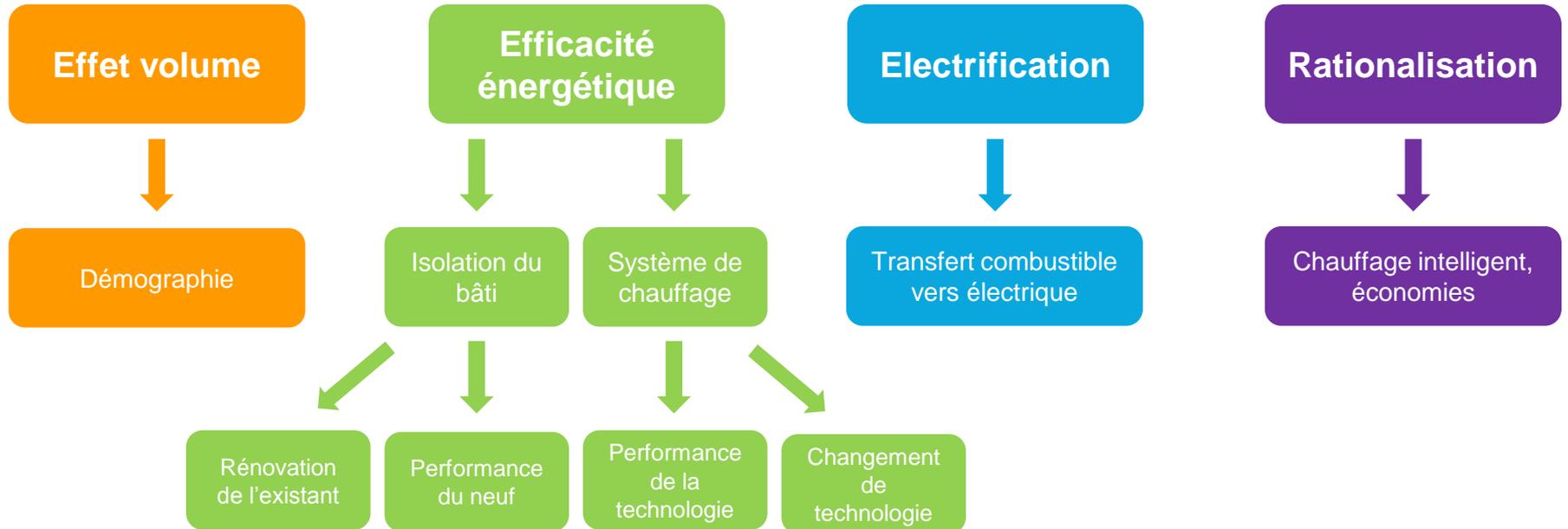
# Le chauffage résidentiel en 2017

- Périmètre : chauffage de l'ensemble des logements en France continentale, y compris chauffage d'appoint et résidences secondaires
- Le chauffage représente une consommation de **44,4 TWh** en 2017 à conditions climatiques de référence, soit 28% de la consommation d'électricité dans le secteur résidentiel
- L'estimation de ce volume est basée sur un traitement statistique des réalisations de puissance appelée et de température, permettant de quantifier la consommation électrique hivernale thermosensible

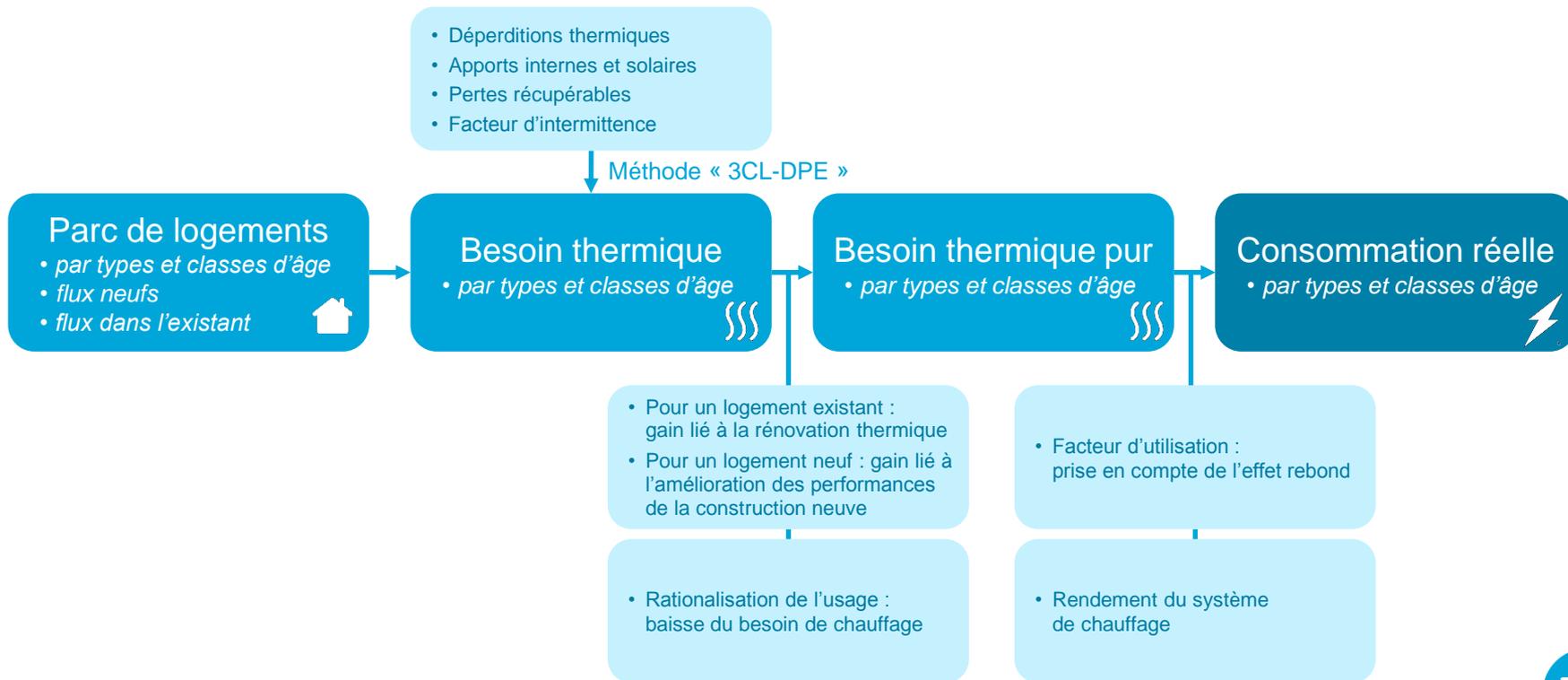
*Part du chauffage dans la consommation électrique corrigée du secteur résidentiel en 2017*



# Les grands déterminants de la consommation de chauffage

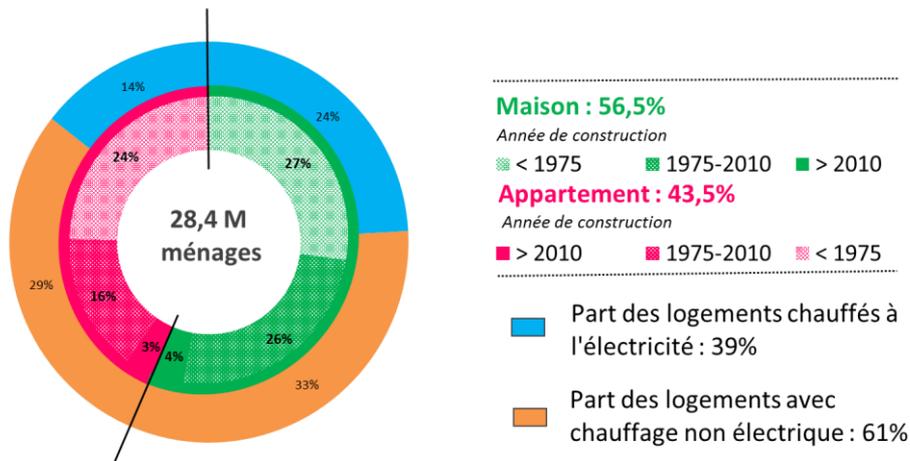


# Principe de modélisation de la consommation électrique de chauffage

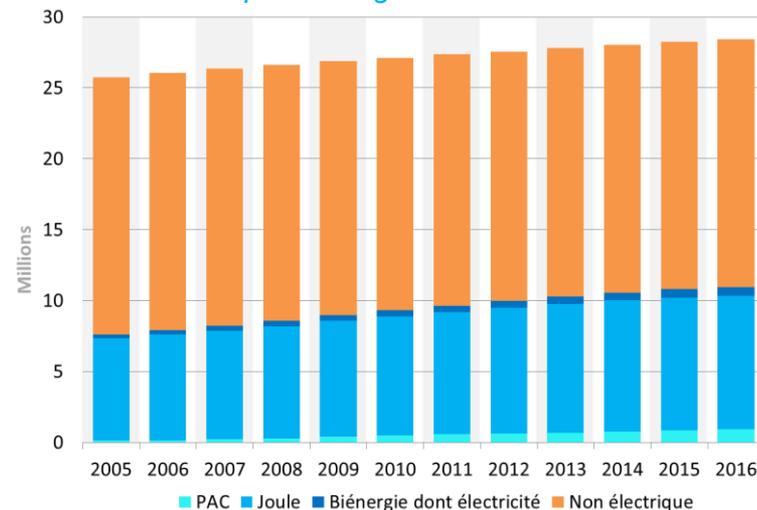


# Etablissement du parc de logements

Répartition du parc de logements en 2016  
selon leur type, année de construction et solution de chauffage



Répartition des solutions de chauffage dans le parc de logements de 2005 à 2016



- L'entrée en vigueur de la réglementation thermique 2012 a induit un ralentissement de l'installation de chauffage électrique dans la construction neuve et une évolution structurelle des choix de technologie, les pompes à chaleur étant préférées au chauffage par effet Joule.
- La part de logements chauffés à l'électricité est passée de 30 à 39% entre 2005 et 2016.

# Une évolution contrastée des solutions de chauffage selon les trajectoires

- Flux dans le neuf

- Le volume de construction neuve tient compte de l'augmentation du nombre de ménages ainsi que des reconstructions.
- Dans la construction neuve, la mise en place de la RT 2012 a conduit à une forte baisse des parts de marché des solutions électriques de chauffage.
- La future réglementation environnementale 2020 intégrera un volet concernant les émissions de CO<sub>2</sub> et pourrait favoriser le recours aux solutions électriques.

- Flux dans l'existant

- Il s'agit principalement des transferts d'usage vers des solutions de chauffage électrique à partir d'une solution combustible (gaz, fioul) ou en remplacement d'une autre solution électrique (pompe à chaleur à la place d'un chauffage Joule)
- Le **taux de pénétration des pompes à chaleur** est plus important dans les maisons individuelles que dans les immeubles collectifs, du fait des contraintes d'installation.
  - Les hypothèses retenues reposent sur une poursuite des tendances actuelles dans la trajectoire basse et une électrification plus soutenue dans la trajectoire haute.

# Hypothèses retenues pour les flux dans le neuf et l'existant

- Flux dans le neuf

|                              | 2017               | 2035               |                    |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                              |                    | Trajectoire basse  | Trajectoire haute  |
| <b>Maisons individuelles</b> | 60% (dont 60% PAC) | 60% (dont 80% PAC) | 80% (dont 90% PAC) |
| <b>Immeubles collectifs</b>  | 20% (dont 10% PAC) | 20% (dont 30% PAC) | 60% (dont 50% PAC) |

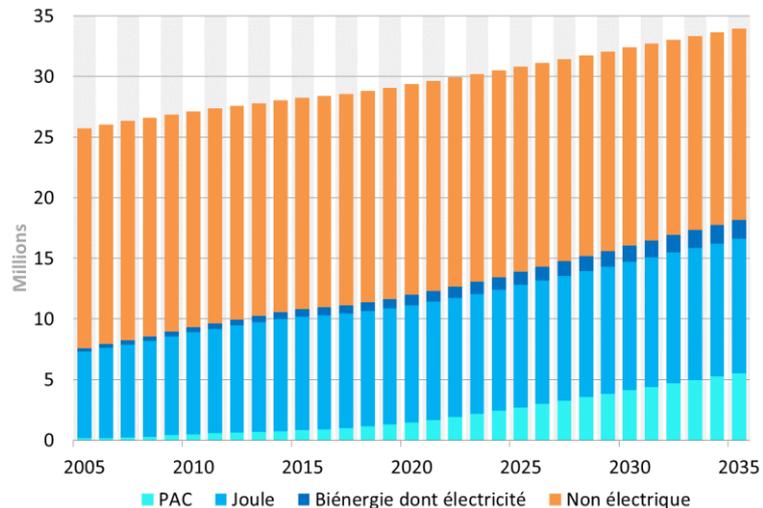
- Flux dans l'existant

|                                                               | 2017   | 2035              |                   |
|---------------------------------------------------------------|--------|-------------------|-------------------|
|                                                               |        | Trajectoire basse | Trajectoire haute |
| Transferts de chauffage combustible vers chauffage électrique |        |                   |                   |
| <b>Maisons individuelles</b>                                  | 30 000 | 30 000            | 75 000            |
| <b>Immeubles collectifs</b>                                   | 20 000 | 15 000            | 30 000            |
| Transferts de chauffage Joule vers pompe à chaleur            |        |                   |                   |
| <b>Maisons individuelles</b>                                  | 35 000 | 30 000            | 65 000            |
| <b>Immeubles collectifs</b>                                   | 3 000  | 3 000             | 6 000             |

# Résultats sur le parc de logements

|                                                                 | 2017 | 2035 |        |      |
|-----------------------------------------------------------------|------|------|--------|------|
|                                                                 |      | Bas  | Médian | Haut |
| <b>Parc de logements chauffés à l'électricité (en millions)</b> | 11,1 | 13,7 | 15,7   | 18,2 |
| <i>dont Joule</i>                                               | 85%  | 72%  | 66%    | 61%  |
| <i>dont PAC</i>                                                 | 9%   | 18%  | 25%    | 30%  |

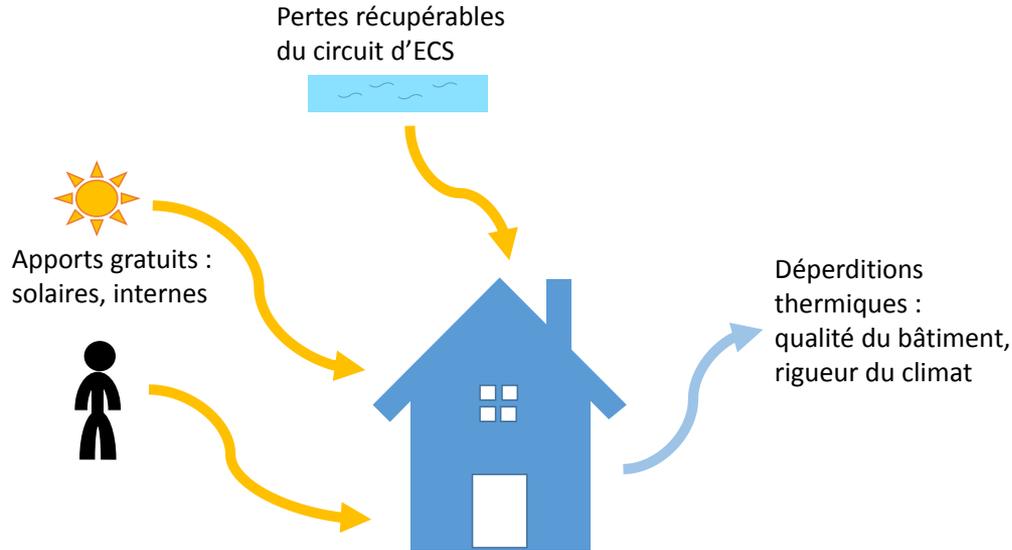
Projection de la répartition des solutions de chauffage jusqu'en 2035 selon la trajectoire haute



- Le nombre de logements chauffés à l'électricité continue de progresser.
- Les tendances diffèrent selon la typologie des logements (maisons ou appartements) et selon leur année de construction.

# Evaluation du besoin thermique

- Méthode « 3CL-DPE », également utilisée pour établir les diagnostics de performance énergétique



$$\text{Besoin} = [\text{déperditions} * (1-F) - \text{pertes récupérables ECS}] * \text{facteur d'intermittence}$$

Fraction des besoins de chauffage couverts par les apports gratuits

# Des facteurs amenant une réduction de besoin thermique

- Rénovation thermique dans les logements existants
  - Geste d'isolation de l'enveloppe, sans tenir compte de la solution de chauffage adoptée
- Performance de la construction neuve
  - Selon les premières informations concernant la RE 2020, la consommation de chauffage des logements neufs ne devra pas excéder 12 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an

|                                                                 | 2017                    | 2035              |                   |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
|                                                                 |                         | Trajectoire basse | Trajectoire haute |
| Nombre annuel de rénovations                                    | 400 000                 | 400 000           | 700 000           |
| Gain sur le besoin lié à une rénovation                         | -30%                    | -50%              | -60%              |
| Performance des logements neufs après 2020 (gain sur le besoin) | -30% (à partir de 2021) | -50%              | -60%              |

- Rationalisation de l'usage
  - Installation de systèmes intelligents de chauffage et adoption de comportements vertueux
  - Baisse du besoin thermique d'environ 12% entre 2017 et 2035

# Résultats sur le besoin thermique pur

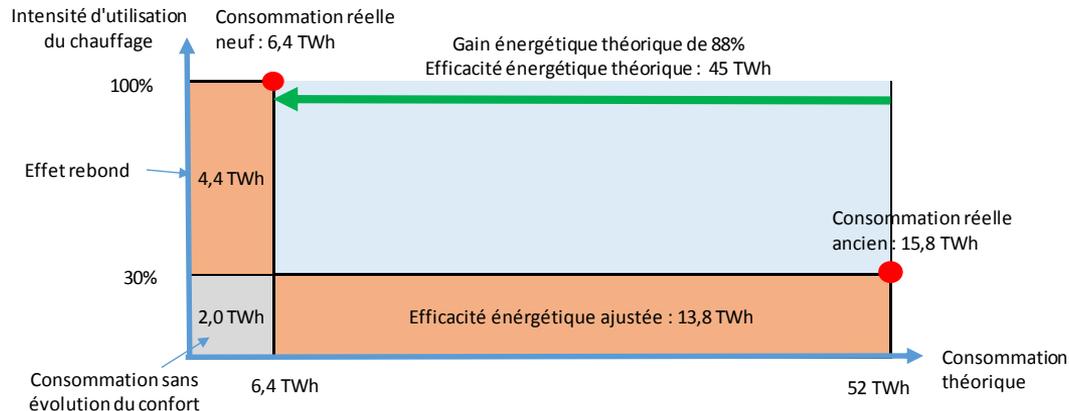
*Besoins thermiques purs d'un logement moyen selon sa typologie en 2017 (kWh/m<sup>2</sup>.an)  
et évolution en 2035 par rapport à 2017 selon la trajectoire haute*

|                                      | 2017                  |                      | Evolution en 2035     |                      |
|--------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
|                                      | Maisons individuelles | Immeubles collectifs | Maisons individuelles | Immeubles collectifs |
| Ancien ( <i>avant 1975</i> )         | 160                   | 130                  | -45%                  | -36%                 |
| Récent ( <i>entre 1975 et 2010</i> ) | 80                    | 60                   | -33%                  | -33%                 |
| Neuf ( <i>après 2010</i> )           | 20                    | 20                   | -48%                  | -50%                 |

# Passage en consommation réelle : prise en compte de l'effet rebond

- L'expérience montre que dans certains logements, les moins bien isolés, les ménages ne se chauffent pas à 100% de leur besoin en raison du coût de l'énergie. Le ratio de la consommation effective sur la consommation théorique est appelé **facteur d'utilisation du chauffage**.
- **Effet rebond** : Pour un ménage dont le logement ancien subit une rénovation, le gain de consommation théorique escompté n'est généralement pas observé, car étant donné les meilleures performances de leur logement, le facteur d'utilisation augmentera en conséquence, de même que le niveau de confort des occupants.

*Illustration de la substitution du parc ancien électrique par un parc isolé neuf*



# Rendement des systèmes de chauffage

- Chauffage Joule

- Rendement de 90%, résultant d'un rendement d'émission de 95% et d'un rendement de régulation de 95%

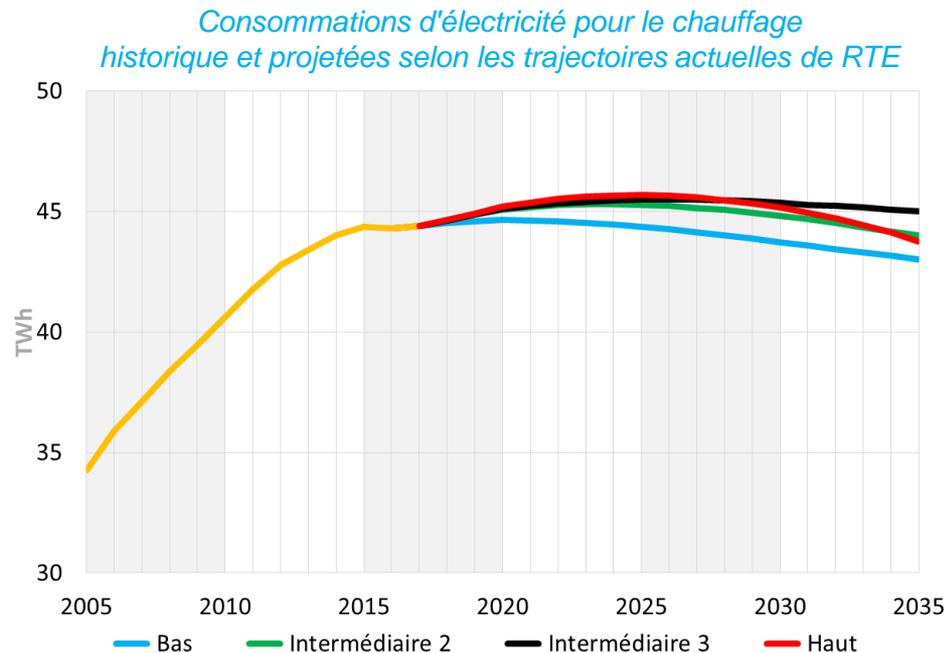
- Pompes à chaleur

- Rendement moyen « système » modélisé à partir des coefficients de performance (COP) des pompes à chaleur à la vente et la répartition des ventes par type

*Coefficients de performance des pompes à chaleur à la vente en 2017 et 2035*

|           | 2017 | 2035 |
|-----------|------|------|
| Air / air | 3,0  | 4,9  |
| Air / eau | 3,4  | 5,3  |
| Eau / eau | 4,2  | 5,3  |

# Une consommation de chauffage relativement stable dans l'ensemble des trajectoires



- Globalement, l'effet baissier de l'amélioration de l'efficacité énergétique (notamment des rénovations) est contrebalancé par les effets haussiers de la croissance du nombre de ménages et de l'électrification du parc de logement, d'où une relative stabilité de l'ensemble des trajectoires.



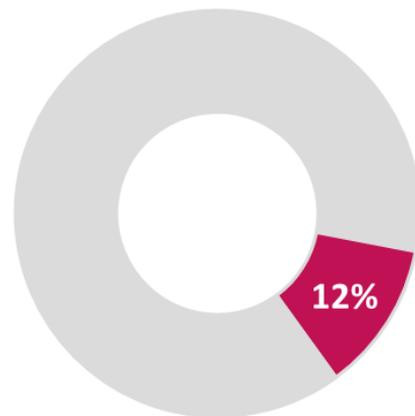
**3**

# **La consommation d'eau chaude sanitaire**

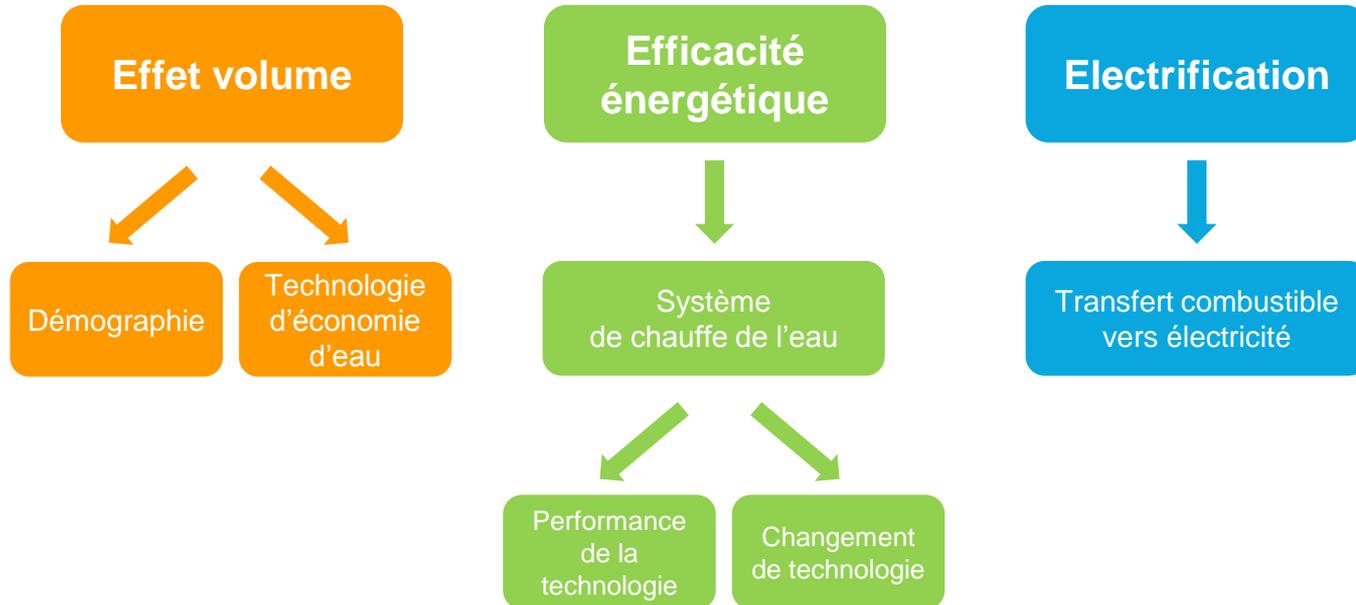
# L'eau chaude sanitaire résidentielle en 2017

- Périmètre : production électrique d'eau chaude sanitaire de l'ensemble des logements en France continentale, y compris résidences secondaires
- La consommation d'électricité pour la production d'ECS représente une consommation de **19,4 TWh** en 2017, soit 12% de la consommation d'électricité dans le secteur résidentiel
- L'estimation de ce volume est basée sur une reconstitution bottom-up à partir d'hypothèses granulaires sur les besoins d'ECS, validées par les acteurs lors des concertations précédentes

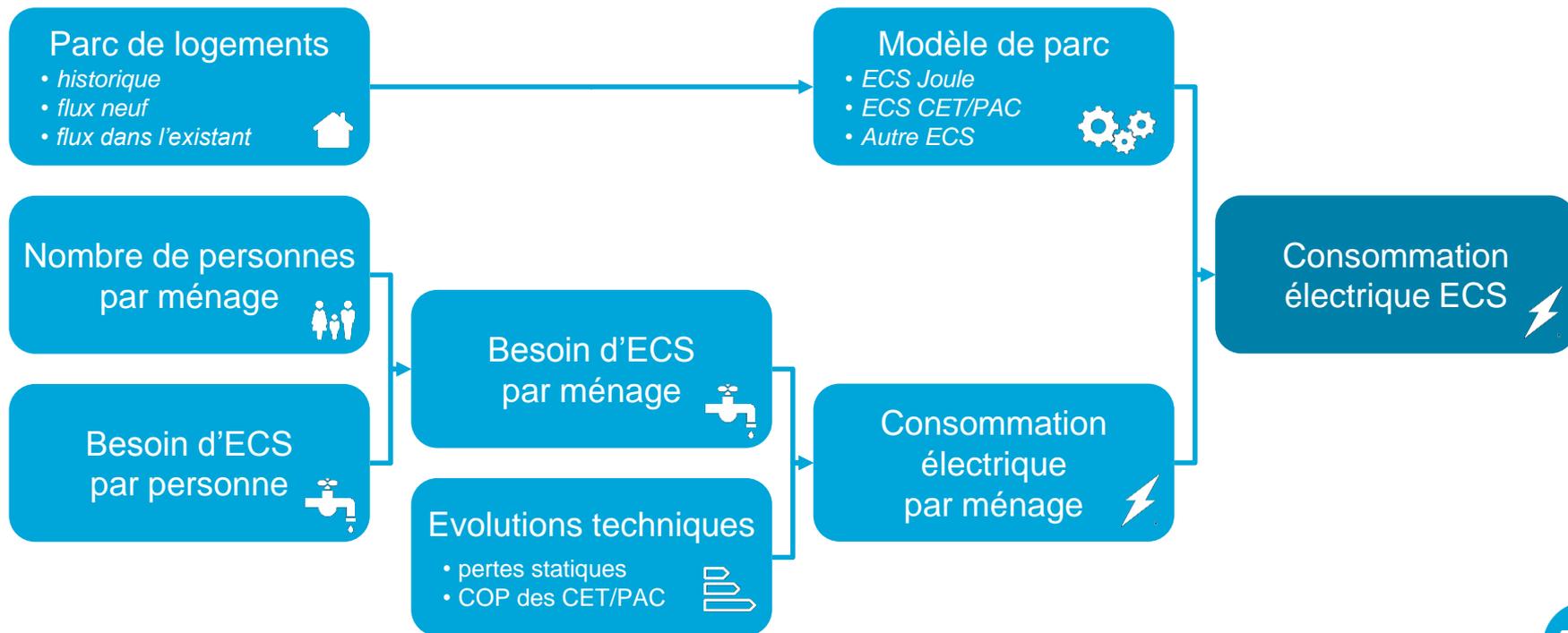
*Part de l'ECS dans la consommation électrique corrigée du secteur résidentiel en 2017*



# Les grands déterminants de la consommation d'ECS

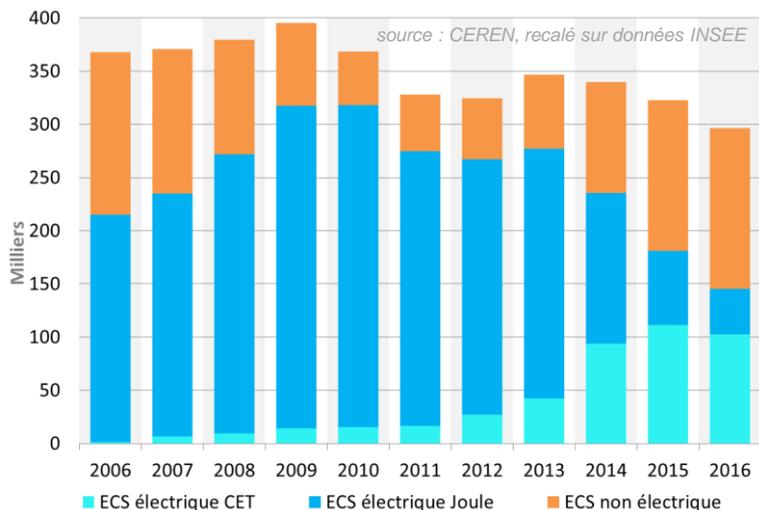


# Principe de modélisation de la consommation électrique pour la production d'ECS

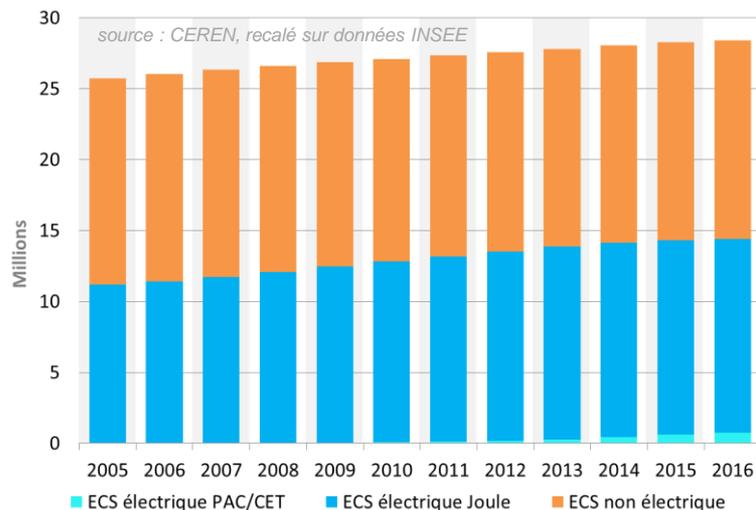


# Etablissement du parc de logements

Répartition des solutions de production d'ECS dans la construction neuve entre 2005 et 2016



Répartition des solutions de production d'eau chaude sanitaire dans le parc de logements de 2005 à 2016



- Les données concernant la démographie et la structure du parc total de logements en France métropolitaine sont les mêmes que pour la modélisation du chauffage.
- L'entrée en application de la RT 2012 s'est traduite par une baisse de la part de la solution électrique dans le neuf, avec une hausse marquée de la part des PAC.
- Plus de la moitié du parc de logements dispose d'une production d'ECS électrique.

# Des parts de marché des solutions électriques qui devraient se maintenir ou croître...

- Les évolutions futures de la réglementation thermique devraient intégrer les émissions de gaz à effet de serre et par là-même favoriser le recours aux solutions électriques.
- **Flux dans le neuf** : les CET/PAC deviennent la solution électrique de référence

|                       | 2017               | 2035               |                    |
|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                       |                    | Trajectoire basse  | Trajectoire haute  |
| Maisons individuelles | 79% (dont 85% PAC) | 80% (dont 90% PAC) | 90% (dont 95% PAC) |
| Immeubles collectifs  | 20% (dont 60% PAC) | 20% (dont 83% PAC) | 60% (dont 90% PAC) |

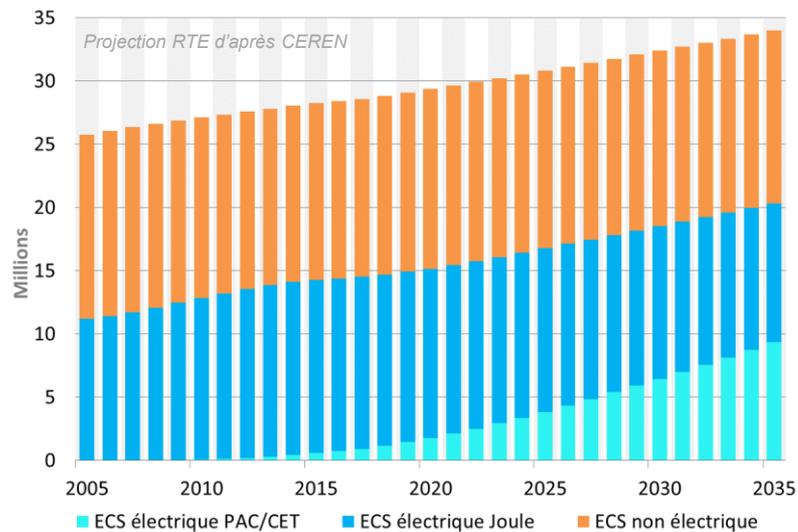
- **Flux dans l'existant** : la technologie se développe, mais reste partiellement bridée par la difficulté de mise en œuvre

*en milliers de logements par an*

|                       | 2017              | 2035              |                   |
|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                       |                   | Trajectoire basse | Trajectoire haute |
| Maisons individuelles | 30 (dont 17% CET) | 40 (dont 41% CET) | 80 (dont 50% CET) |
| Immeubles collectifs  | 10 (dont 20% CET) | 15 (dont 27% CET) | 25 (dont 38% CET) |

## ... avec en corollaire un accroissement de l'électrification de l'usage ECS

Projection de la répartition des solutions de production d'eau chaude sanitaire jusqu'en 2035 selon la trajectoire haute



- L'ensemble des hypothèses retenues conduit à une part d'eau chaude sanitaire électrique de 60% sur l'ensemble du parc à horizon 2035 selon la trajectoire haute (trajectoire de forte électrification des usages), et de 53% selon la trajectoire basse.

# Un besoin d'eau chaude sanitaire par personne qui devrait décroître légèrement...

- Le besoin moyen d'eau chaude sanitaire par personne devrait se réduire, notamment au travers de l'utilisation de mitigeurs plus performants
- Ce besoin est converti en besoin thermique annuel par ménage via le nombre de personnes par ménage, la différence entre la température de l'ECS et la température de l'eau froide, et la chaleur spécifique de l'eau.

|                     | 2017                      | 2035                      |
|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| Besoin par personne | 28 L/jour                 | 25 L/jour                 |
| Besoin par ménage   | 62 L/jour                 | 52 L/jour                 |
|                     | 1,1 MWh <sub>th</sub> /an | 0,9 MWh <sub>th</sub> /an |

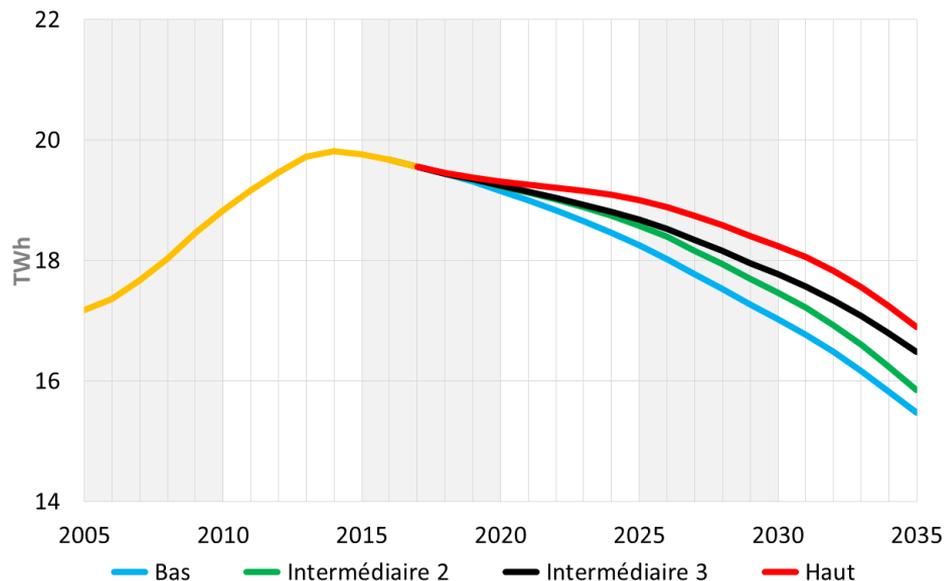
## ... et une amélioration de l'efficacité énergétique qui devrait se poursuivre

- Les pertes statiques moyennes, de l'ordre de 0,8 kWh/jour, devraient être orientées à la baisse dans les années à venir (améliorations techniques catalysées par le règlement d'écoconception) : une division par deux est envisagée d'ici à 2035.
- Pour l'eau chaude « thermodynamique » (CET, PAC), le COP moyen des installations devrait également poursuivre son amélioration et atteindre 3,9 en 2035 contre 3 environ aujourd'hui.
- L'utilisation d'un modèle de parc permet ainsi d'estimer la consommation unitaire moyenne par ménage.

|                               | 2017  | 2035              |                   |
|-------------------------------|-------|-------------------|-------------------|
|                               |       | Trajectoire basse | Trajectoire haute |
| ECS Joule ( <i>kWh/an</i> )   | 1 390 | 1 130             | 1 120             |
| ECS PAC/CET ( <i>kWh/an</i> ) | 700   | 510               | 490               |

# La consommation électrique pour l'ECS devrait décroître d'ici à 2035, malgré l'électrification de l'usage

Consommations d'électricité pour l'eau chaude sanitaire historique et projetées selon les trajectoires actuelles de RTE



- Globalement, l'effet baissier de l'amélioration de l'efficacité énergétique (notamment liée à l'essor des modes de production thermodynamiques) est prégnant et oriente l'ensemble des trajectoires à la baisse.

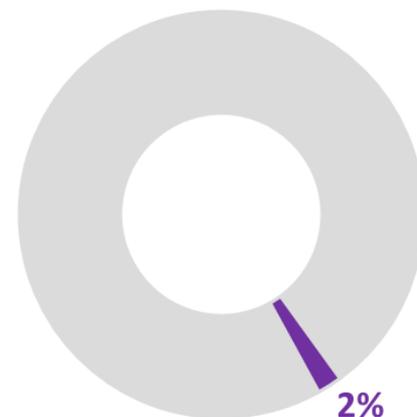


# **La consommation de climatisation et de ventilation**

# La climatisation-ventilation résidentielle en 2017

- Périmètre : consommation électrique de climatisation et de ventilation de l'ensemble des logements en France continentale, y compris résidences secondaires, à l'exception de la ventilation en logements collectifs, comptabilisée dans les services généraux d'immeubles (secteur tertiaire)
- La consommation d'électricité pour la climatisation et la ventilation représente une consommation de **2,9 TWh** en 2017, soit 2% de la consommation d'électricité dans le secteur résidentiel
- L'estimation de ce volume est basée sur une reconstitution bottom-up à partir d'hypothèses granulaires sur les taux d'équipement et les consommations unitaires.

*Part de la climatisation-ventilation dans la consommation électrique corrigée du secteur résidentiel en 2017*



# Climatisation : une consommation limitée aujourd'hui, mais appelée à croître

- Une consommation d'environ 0,9 TWh aujourd'hui, limitée du fait d'un taux d'équipement relativement faible (7%) et de la période d'utilisation réduite.
- Les taux d'équipement est appelé à croître compte tenu de l'appétence des ménages pour la climatisation, pour atteindre, selon les trajectoires actuelles de RTE, de 21% à 33% en 2035.
- Les consommations unitaires moyennes devraient dans le même temps décroître avec l'amélioration du COP des pompes à chaleur, de 24% à 40% en 2035 par rapport à 2017.
- Au global, l'effet volume devrait être prépondérant et conduire à une multiplication par un facteur allant de 2,5 à 3 de la consommation électrique de cet usage.

|               | 2017    | 2035              |                   |
|---------------|---------|-------------------|-------------------|
|               |         | Trajectoire basse | Trajectoire haute |
| Climatisation | 0,9 TWh | 2,2 TWh           | 3,0 TWh           |

# Ventilation : un usage croissant, tiré par l'isolation thermique performante dans le neuf

- Seules les ventilations des maisons individuelles est modélisée dans le secteur résidentiel (en collectif, les services généraux d'immeubles sont rattachés au secteur tertiaire).
- Par hypothèse, 100% des maisons neuves sont équipées d'une VMC. En revanche, le taux d'installation de VMC lors d'une rénovation suit une évolution contrastée selon la trajectoire étudiée. Ce taux est estimé à un peu plus de 10% en 2017 et serait entre 17 et 25% d'ici 2035.
- Les consommations unitaires moyennes, calculées dans un modèle de parc, devraient être en baisse, de 17% à 23% en 2035 par rapport à 2017.
- Au global, l'effet volume devrait être prépondérant et conduire à une croissance de 10% à 25% de la consommation électrique de cet usage.

|             | 2017    | 2035              |                   |
|-------------|---------|-------------------|-------------------|
|             |         | Trajectoire basse | Trajectoire haute |
| Ventilation | 2,0 TWh | 2,2 TWh           | 2,5 TWh           |



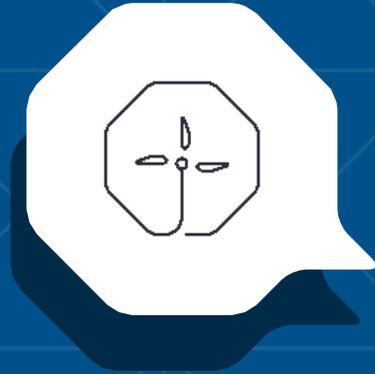
# Suite des travaux

# Un appel à contributions pour renforcer la transparence et la robustesse des hypothèses

- Le document joint à l'invitation synthétise les éléments qui vous ont été présentés.
- Ce document tient lieu d'appel à contributions.
- Vos commentaires et propositions d'amendements sur la méthodologie et les hypothèses ainsi que votre vision des évolutions à l'horizon 2050 sont attendus d'ici au 29 mars.
- Les contributions seront publiées sur le site [Concerte](https://www.concerte.fr) ou pourront demeurer confidentielles si vous nous l'indiquez.

<https://www.concerte.fr>





**MERCI  
DE VOTRE  
ATTENTION**