

## **SNBC 2050 :**

**Quelles alternatives pour atteindre une  
neutralité carbone dans le secteur  
résidentiel**

# Contexte, objectifs et approche méthodologique



**Un constat partagé par de nombreux acteurs :**

**le scénario de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) avec mesures supplémentaires (AMS) a fait le choix d'une électrification massive des usages et présente à ce titre des risques et des lacunes importantes**

### Le scénario SNBC AMS présenté par l'administration :

- Met en risque le système électrique
  - Par une électrification massive des usages
  - Par l'absence d'évaluation de l'impact sur la pointe hivernale et ses conséquences sur le mix de production nécessaire
- Prend des hypothèses audacieuses, voire irréalistes
  - Choix et adaptation des équipements énergétiques : 100% de PAC électrique dans les logements électriques, 75% de PAC gaz
  - Parts de marché dans le neuf, à titre d'exemple :
    - collectif : 50% RCU, 25% bois et 19% à l'électricité
    - Maisons individuelles : 10% RCU
- Ne prend pas la mesure des atouts du gaz renouvelable et de sa disponibilité à l'horizon 2050
- N'aborde en aucun cas les impacts économiques (coût pour la collectivité et les consommateurs)
- Ne comporte aucun volet santé

## OBJECTIF DE L'ETUDE

- **Notre objectif** : Explorer des scénarios alternatifs au scénario actuel de la SNBC AMS sur le secteur résidentiel pour atteindre l'objectif de neutralité carbone en 2050,
- Avec le même corps d'hypothèses encadrant la réflexion, notamment des puits de carbone et un potentiel biomasse limité
  - Pour les autres secteurs (tertiaire, industrie, mobilité), reprise des hypothèses SNBC

- 1) Base de travail : scénario de référence de la SNBC**
- 2) Reconstituer le scénario de la SNBC Avec Mesures Supplémentaires (AMS) à partir des consommations du résidentiel en identifiant les hypothèses qui le sous-tendent**
- 3) Elaborer d'autres scénarios en travaillant sur la déformation du parc et les équipements retenus**
- 4) Les comparer au scénario de référence de la SNBC au regard :**
  - des consommations par vecteur énergétique
  - de la pointe électrique hivernale
  - du bilan gaz
  - des coûts complets pour la collectivité et les consommateurs
- 5) Utilisation de l'outil Artelys Crystal SuperGrid pour évaluer l'impact sur le parc de production électrique**

## Démarche d'élaboration des scénarios

1. Scénario de Référence : SNBC AMS
2. Scénario « Hybridation du scénario SNBC AMS » qui exclut ou omet d'introduire la technologie PAC hybride
- **Sur la base d'hypothèses :**
  - de parts de marché dans le neuf plus réalistes et équilibrées
  - de déformation du parc liées aux rénovations
  - d'un maintien en 2050 du nombre de raccordements gaz (conclusions de notre étude 2016)
3. Développement équilibré de la condensation et de la PAC contrairement aux hypothèses de la SNBC
4. MI gaz équipées de PACs hybrides et LC en condensation
5. MI gaz équipées de PACs hybrides et PACs gaz, et LC de condensation
6. Scénario « Hybridation vision Coénove »
  - MI gaz : PACs hybrides et PACs gaz ;
  - LC : Condensation et PACs hybride

## Hypothèses

Demande annuelle par usage,  
 Prix du biogaz,  
 6 années de données météo

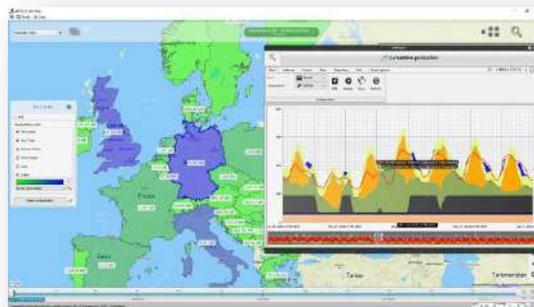
## Décisions politiques

Capacités nucléaires maximum,  
 Critère de sécurité  
 d'approvisionnement  
 Mix des pays voisins

## Options d'investissements

EnR, centrales gaz  
 stockage, pilotage de la  
 demande, électrolyse

## Artelys Crystal



Optimisation conjointe des investissements et de la gestion horaire du parc



- Capacités installées
- Dispatch horaire
- Coûts de production
- Prix de l'électricité
- Revenus par filière
- Surplus global
- Écrêtement EnR
- ...

# Hypothèses de marché et de parc de la SNBC



### **La caractérisation du parc actuel est issue des données CEREN, année 2016**

- Type de bâtiment : Maison individuelle, Immeuble collectif
- Date de construction : Av-1975, 1975-1981, 1982-1989, 1990-1998, Ap-1999
- Type de chauffage: Collectif, Individuel
- Vecteur de chauffage : Bois, Charbon, Electricité, GPL, Gaz, Fioul, RCU-Autres
- Nombre de logements associé
- Usages considérés : Chauffage, ECS, Cuisson, Électricité Spécifique
- Besoin annuel pour l'usage pour cette catégorie de logements (en GWh)

## **Une déformation du parc liée :**

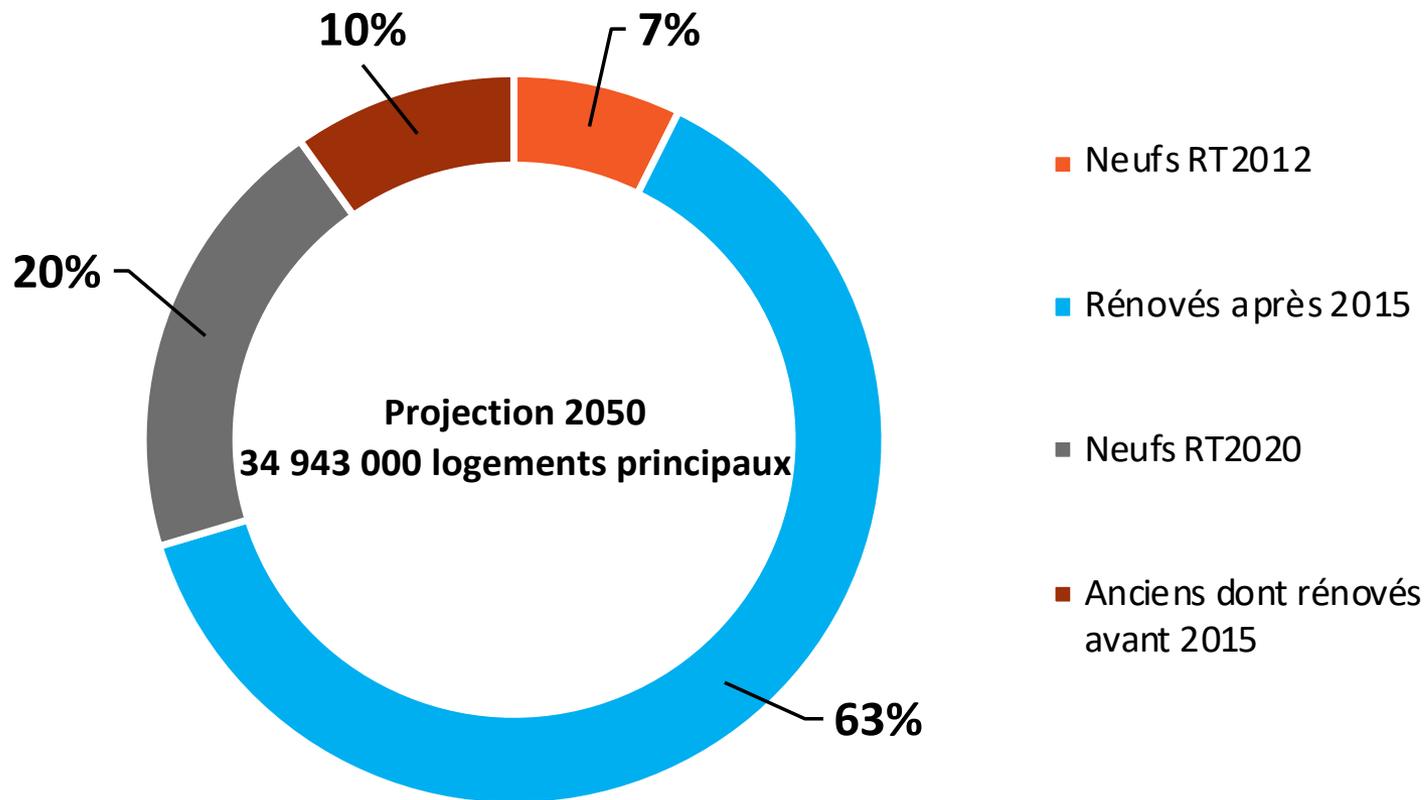
- à la construction neuve (240 000 logts neufs/an en moyenne), et la part croissante des logements collectifs (60% en 2050)
  - Niveau E2 jusqu'à 2030
  - Niveau Bepos Effinergie au-delà
- aux destructions (50.000/an)
- aux transferts d'énergie lors des rénovations

## **Un parc existant de logements au niveau Bâtiment Basse Consommation Rénovation (BBC rénovation) en moyenne en 2050**

- 500.000 rénovations/an jusqu'à 2030
- 700.000 rénovations/an au-delà

## Reconstitution de la projection du parc de résidences principales en 2050, dans le cas des hypothèses de rénovation SNBC

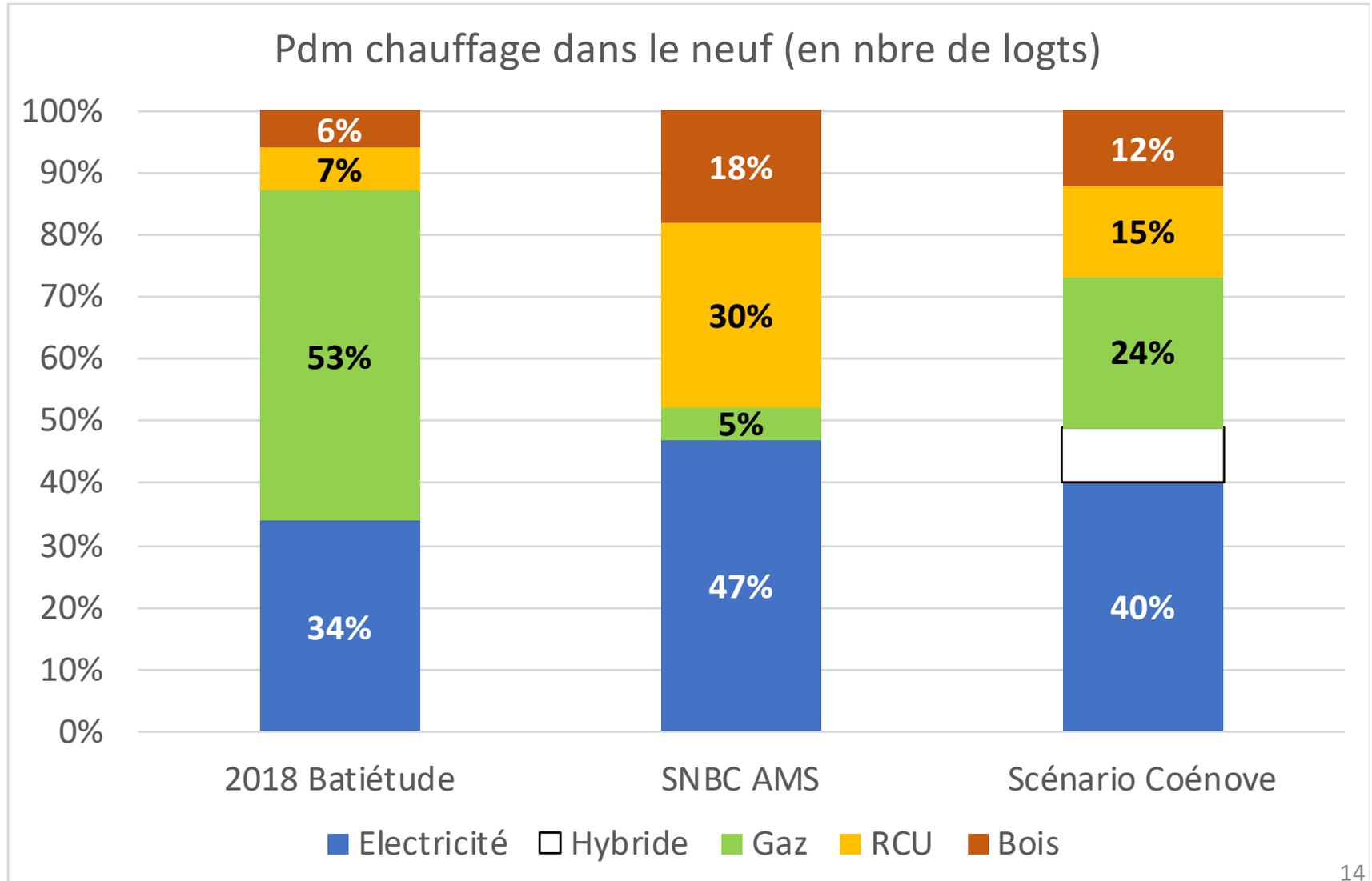
### Parc de résidences principales en France en 2050



**Déformation comparée du parc  
résidentiel dans les scénarios SNBC  
et Coénove**



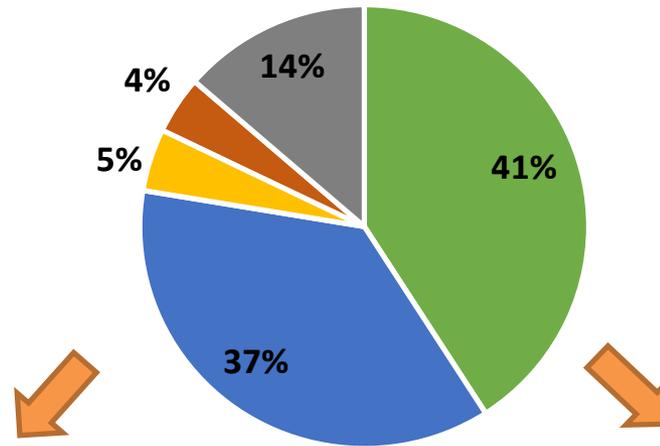
## Hypothèses de parts de marché du chauffage dans le neuf pour les 2 scénarios



## Visions différentes sur le déploiement des équipements et les transferts d'énergie

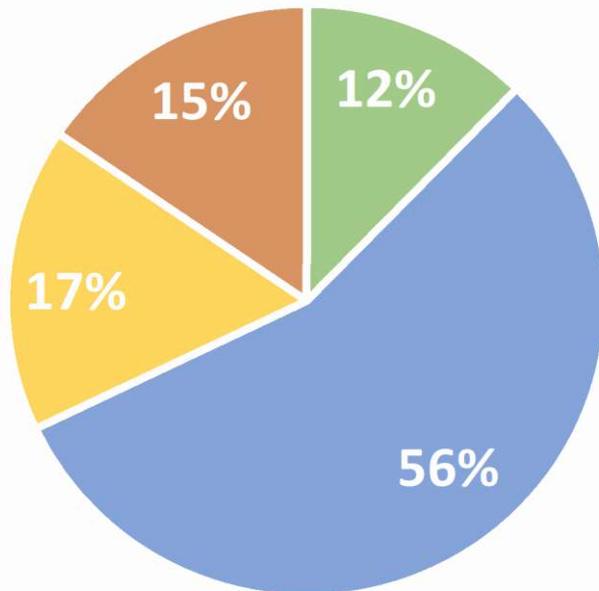
Equipements	SNBC AMS	Scénario Coénove
Electricité	PACs A/E et A/A	
Gaz	<p>2/3 PAC</p> <p>1/3 Chaudière à très haute performance (Condensation)</p>	<p>9% PAC Gaz</p> <p>63% PAC Hybride</p> <p>28% Chaudière à très haute performance (Condensation)</p>

# Vers un mix énergétique plus équilibré dans le secteur résidentiel

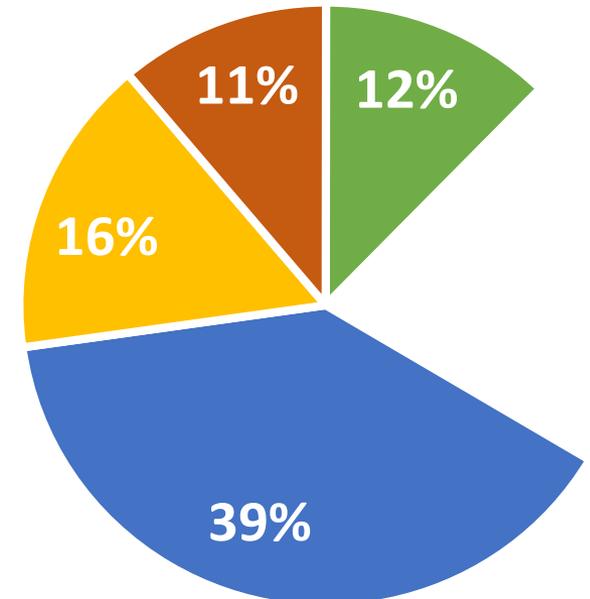


**Parc de logements en 2015**  
*Total : 28,6 millions de logements (RP)*

SNBC AMS 2050



Scénario Coénove



**Parc de logements en 2050**  
*Total : 34,9 millions de logements (RP)*

# Vers un mix énergétique plus équilibré dans le secteur résidentiel

## Parc résultant

Le nombre total de logements chauffés au gaz est identique à celui de la SNBC :  
**4,3 millions de logements gaz**

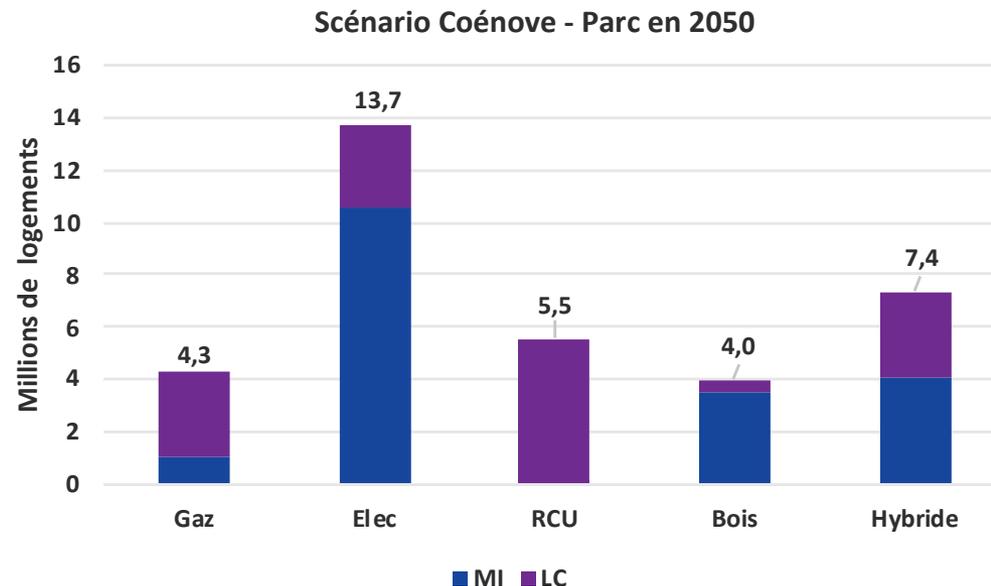
- **1 million de PAC gaz dans les maisons individuelles**
- **3,3 millions de chaudières à condensation dans les logements collectifs**

**7,4 millions de logements hybrides**, répartis entre :

- **4,1 millions de PAC hybrides dans les MI**
- **3,2 millions de PAC hybrides dans les LC**

Le nombre de logements reliés au réseau de gaz est de 11,7 millions

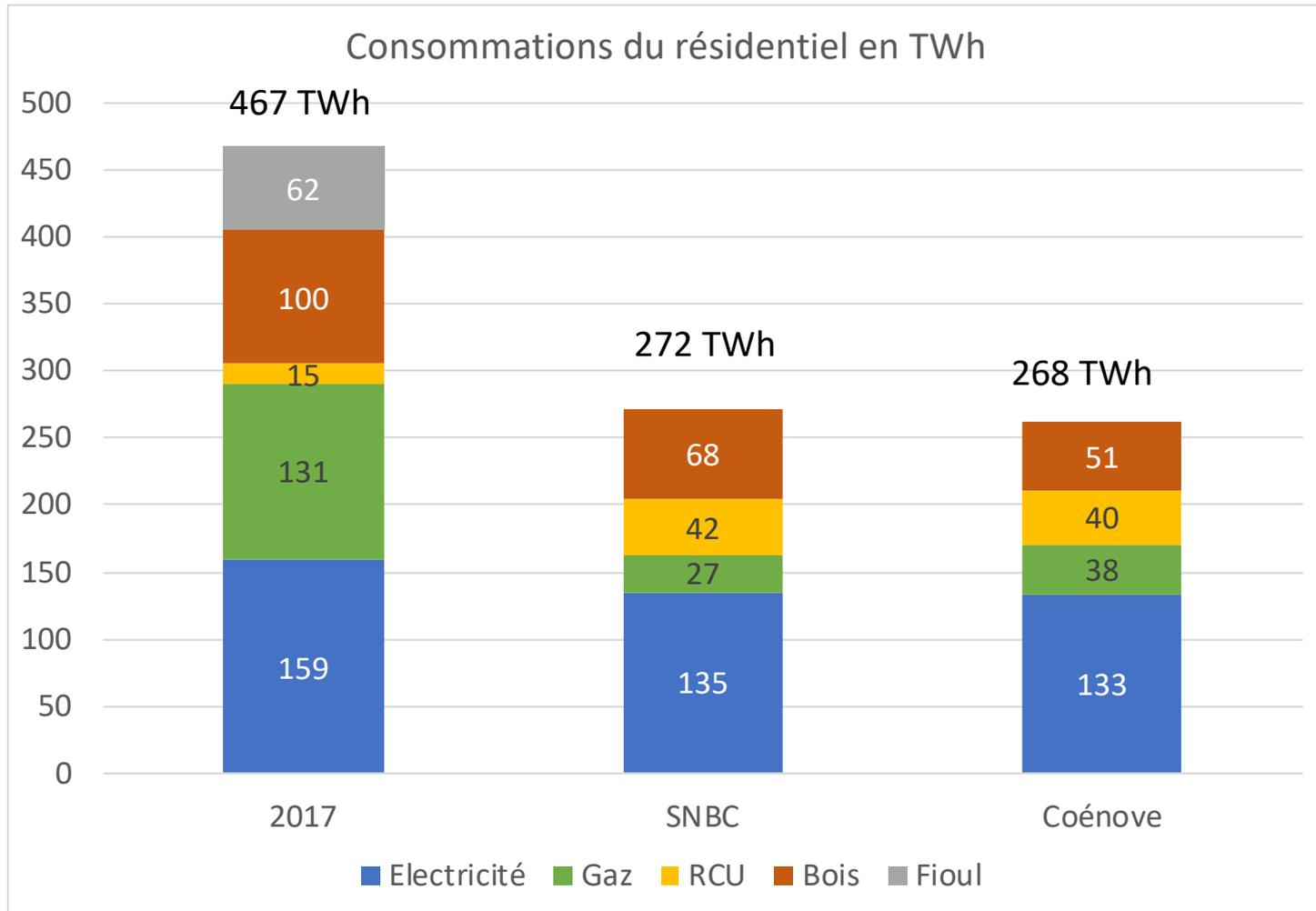
Les infrastructures de distribution de gaz sont maintenues vis-à-vis d'aujourd'hui



# Principaux enseignements



**Le scénario Coénove dépasse les objectifs de réduction de consommation du secteur résidentiel**



## Enseignement n°2

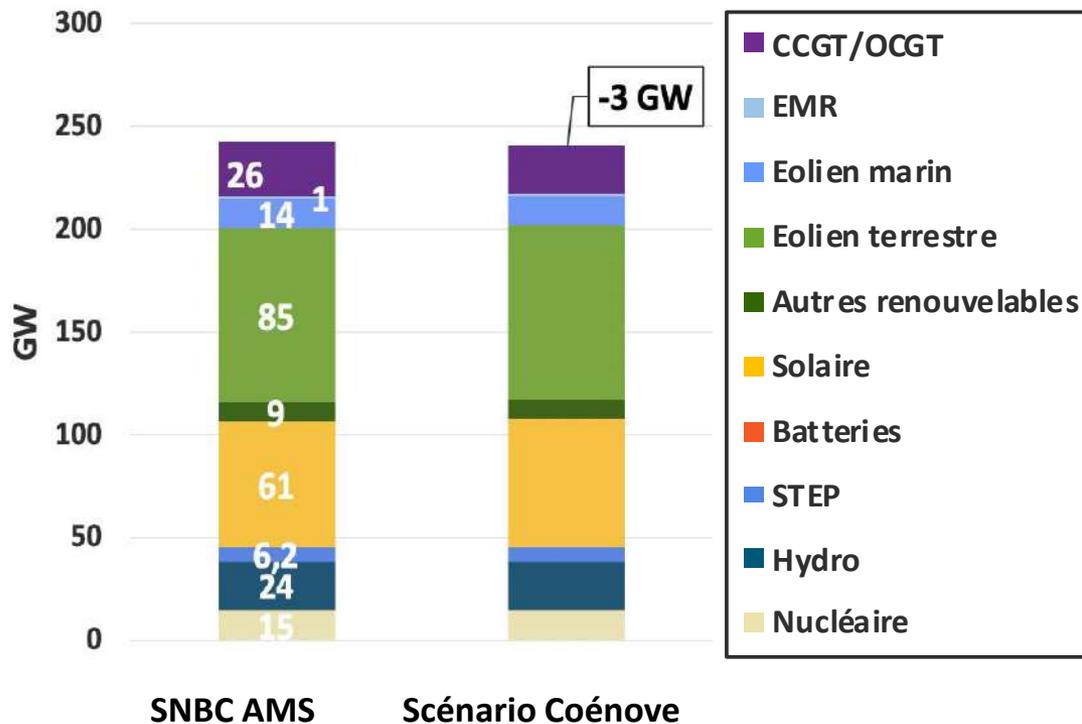
Par rapport au scénario SNBC, le scénario Coénove présente :

- Une pointe hivernale plus faible
- Une consommation électrique plus faible et donc plus d'électrolyse pour la production de H2

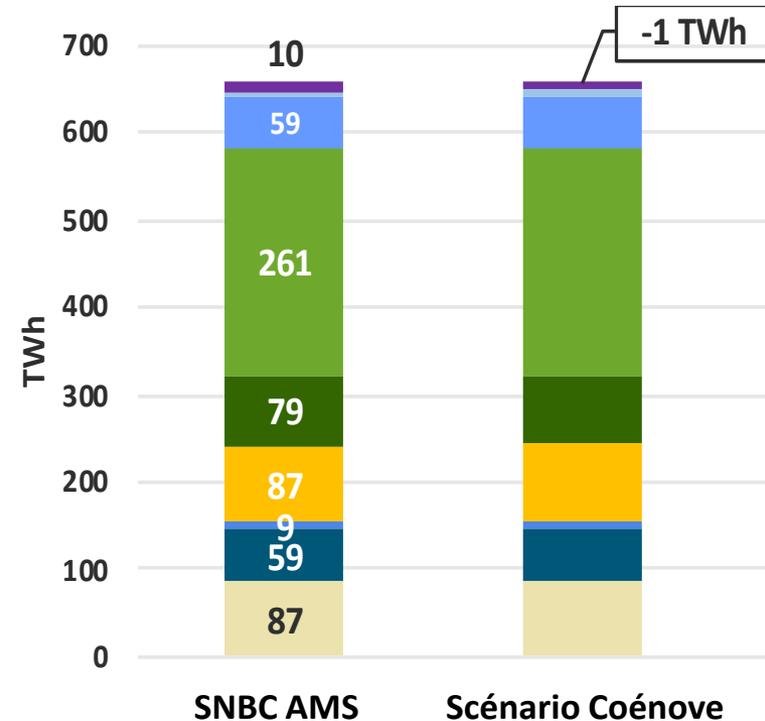
	2012	2050 SNBC	2050 Coénove
<b>Pointe de consommation d'électricité à 19h (GW)</b>			
<b>Total</b>	<b>102</b>	<b>114,1</b>	<b>109,4</b>
<b>Différence /2012</b>		<b>+12,1 GW</b>	<b>+7,4 GW</b>
<b>Consommation d'électricité (TWh)</b>			
<b>Résidentiel</b>		<b>135</b>	<b>-2 TWh</b>
<b>Electrolyse</b>		<b>52</b>	<b>+3 TWh</b>
<b>Export</b>		<b>1</b>	<b>+1</b>

# Le scénario Coénove nécessite moins de centrales thermiques à flamme

**Capacités installées**



**Production**



## Enseignement n°4

Par rapport au scénario SNBC, le scénario Coénove conduit à une consommation de gaz renouvelable supplémentaire de 9 TWh compatible avec les contraintes sur la ressource

	2050 SNBC	2050 Coénove
<b>Bilan Gaz</b>		
Résidentiel	27 TWh	+11 TWh
CCGT	18 TWh	-2 TWh
<b>Total</b>	<b>45 TWh</b>	<b>+9 TWh</b>
<b>Production gaz renouvelable</b>		
Méthanisation	24 TWh	+6 TWh
Injection H2	21 TWh	+3 TWh

# Modélisation économique



# Hypothèses Coénove sur les coûts et les performances

## Production d'énergie

- Système électrique : hypothèses de coût de l'étude Ademe
- Méthanisation et pyrogazéification : 60€/MWh
- Trajectoire taxe carbone de la SNBC

## Projection de coûts et de performance des équipements

- Basée sur les travaux de la Commission Européenne (Projet ASSET)
- PAC hybride : coût de l'équipement similaire à celui d'une PAC
- Amélioration très importante du COP des PAC

	Actuel	2050
Chaudière à condensation	0,87	0,98
PAC Gaz	1,3	1,96
PAC air/eau	3,3	4,98
PAC air/air	2,38	3,75

**Rendements de génération des équipements de chauffage**

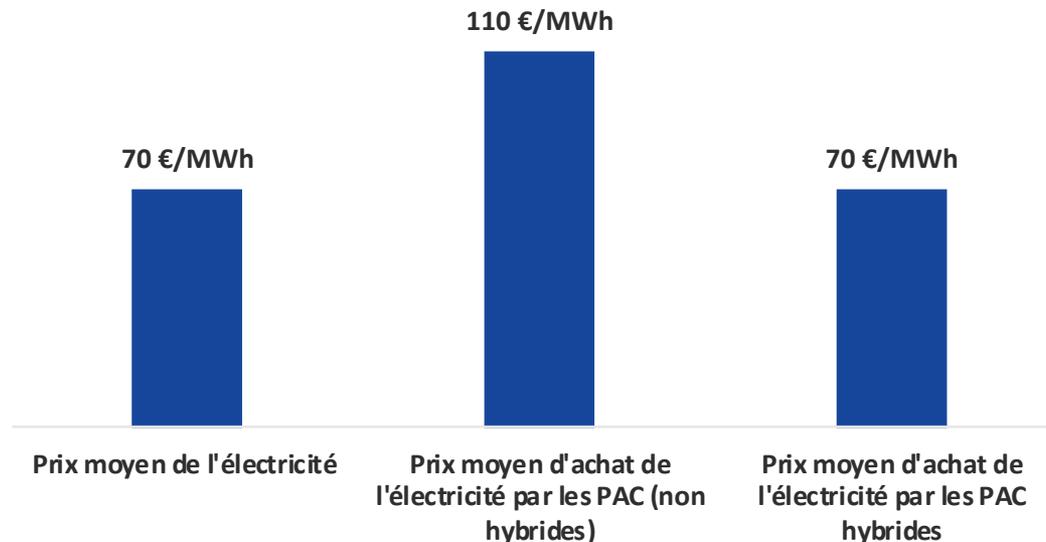
## PRIX D'ACHAT DE L'ÉLECTRICITÉ

Coût moyen de l'électricité : **70 €/MWh** en 2050 dans le scénario SNBC

Le prix d'achat de l'électricité par les PAC est de **40€/MWh** supérieur au prix moyen de l'électricité sur le marché, les PAC consommant plus aux heures où le prix de l'électricité est le plus élevé

- En 2017, la différence est de **20€/MWh** seulement

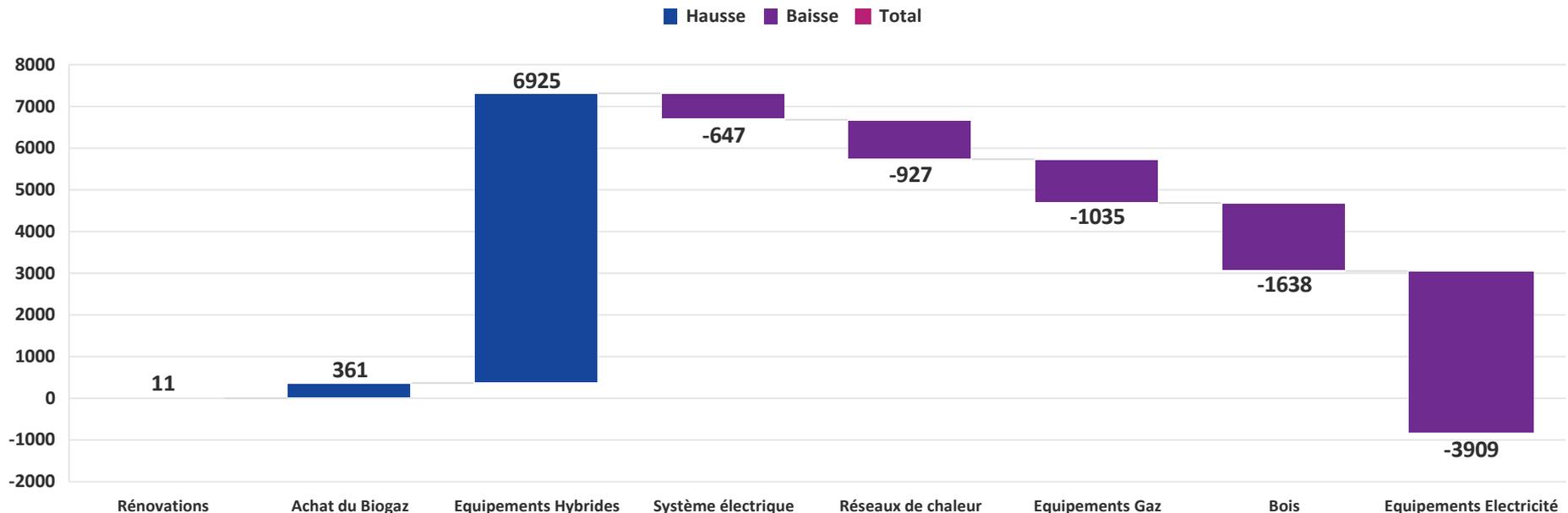
Profitant de l'appel à la chaudière gaz lors des pointes de la consommation, le prix d'achat de l'électricité par les PAC hybride reste égal au prix moyen sur le marché.



# Le scénario Coénove présente un coût complet inférieur de 881 M€ par rapport au scénario SNBC

Différence de coûts complets entre le scénario «Coénove» et le scénario »NBC AMS''

**Total : gain de 881 millions d'€**



La **diversification du mix énergétique** et le développement de **solutions hybrides** permettent :

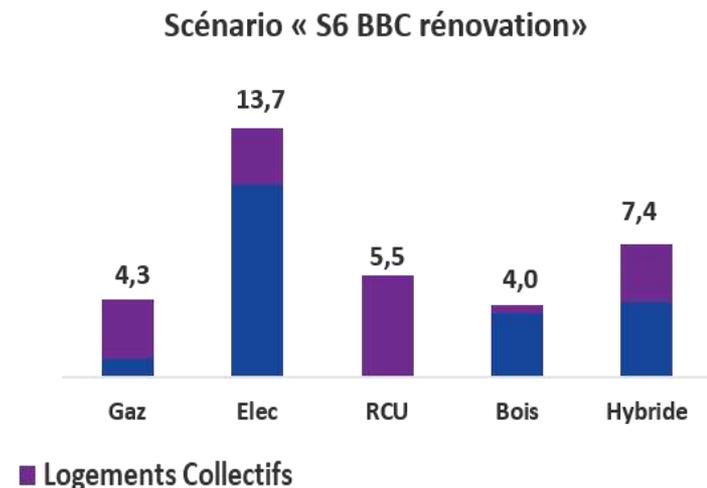
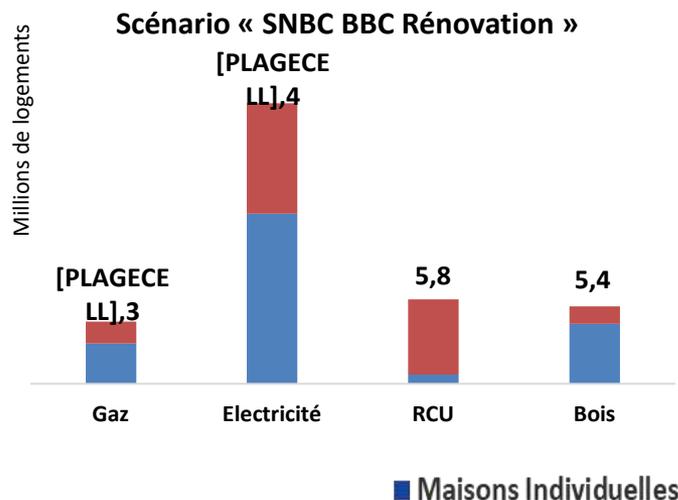
- Des économies réalisées sur le **système électrique** : la baisse de la pointe électrique permet de réduire les coûts de production d'électricité et de limiter les renforcements du réseau
- D'utiliser au mieux les infrastructures existantes
- D'éviter des **investissements** sur les pompes à chaleur, le chauffage au bois et les réseaux de chaleur

**Sensibilité à l'objectif de rénovation**



## Sensibilité à l'objectif de rénovation

- Construction du scénario « SNBC – Variante BBC Rénovation » :
  - Le parc de logement est identique au scénario SNBC
  - Les objectifs BBC Rénovation sont atteints à 80%
    - De manière homogène sur l'ensemble des vecteurs énergétiques et type de bâtiment
    - **Autrement dit : les rénovations appliquées dans les scénarios de référence, sont supposées efficaces à 80%**
- Construction du scénario « Coénove – Variante BBC rénovation »
  - Le parc de logement est identique au scénario « Complémentarités » (6ème scénario)
    - **80% des maisons individuelles gaz** sont équipées de PAC hybrides. **Les maisons individuelles gaz restantes (1 M logements) sont équipées de PAC gaz**
    - **50% des logements collectifs chauffés au gaz** sont équipées de PAC hybrides. **Les logements collectifs gaz restants ( 3 300 000 logements) sont équipés de condensation.**
  - Les objectifs BBC Rénovation sont atteints à 80%



- **Consommations d'énergie finale**
  - Une augmentation identique de consommation d'électricité et de gaz de 1 TWh
  - Une augmentation globale de l'ordre de 8 à 11 TWh
- **Profil de demande d'électricité**
  - Une augmentation moindre de la pointe dans le scénario « complémentarités »
    - ✓ +0,7 GW vs +1,4 GW
    - ✓ Centrale gaz supplémentaire : +0,6 GW vs +1 GW
    - ✓ Les PACs hybrides sont davantage bénéfiques pour le système électrique lorsque les objectifs de rénovation ne sont pas atteints
- **Bilan Gaz**
  - Une augmentation identique de consommation de gaz de 2 TWh répartis en :
    - ✓ +1 TWh de consommation supplémentaire dans les logements gaz
    - ✓ +1 TWh de consommation supplémentaire dans les centrales gaz
- **Coûts complets**
  - Un gain annuel de 640 M€ qui diminue mais qui reste significatif

# Conclusions



## ... En guise de conclusion

- **Le scénario étudié répond aux objectifs de la SNBC en matière de neutralité carbone ... et ne présente que des avantages vis-à-vis du scénario de référence :**
1. Une meilleure gestion de la pointe électrique hivernale et une économie importante en coût global
  2. Une sécurité d'approvisionnement renforcée par un mix énergétique plus équilibré
  3. Un volume de gaz renouvelable (méthanisation et Power to Gas) cohérent avec les trajectoires de la SNBC et le potentiel identifié par l'ADEME\* :
    - porteur de nombreuses externalités positives
    - garantissant l'utilisation rationnelle d'un actif existant et amorti à la disposition de la collectivité (230.000 km de réseau)
  4. Un plus grand réalisme des hypothèses d'évolution des marchés et des technologies

**Le gaz devenu renouvelable, un atout essentiel de la réussite de la SNBC**

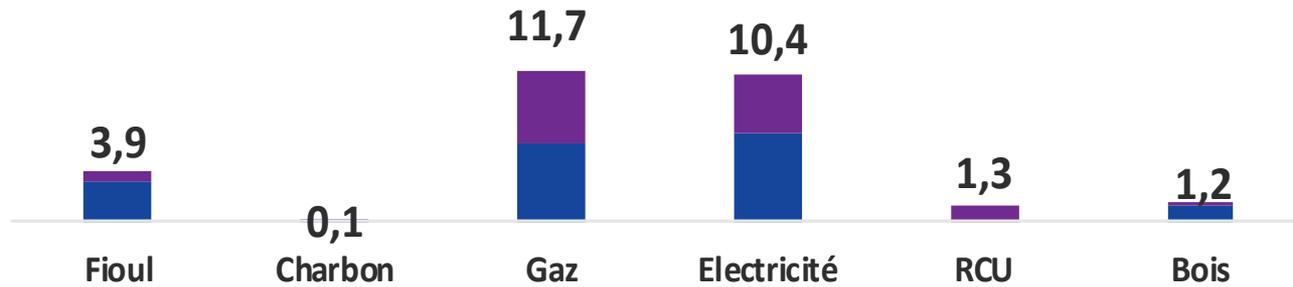
*\*195 TWh au total tous secteurs, (vs 460 TWh aujourd'hui)*

# Annexes

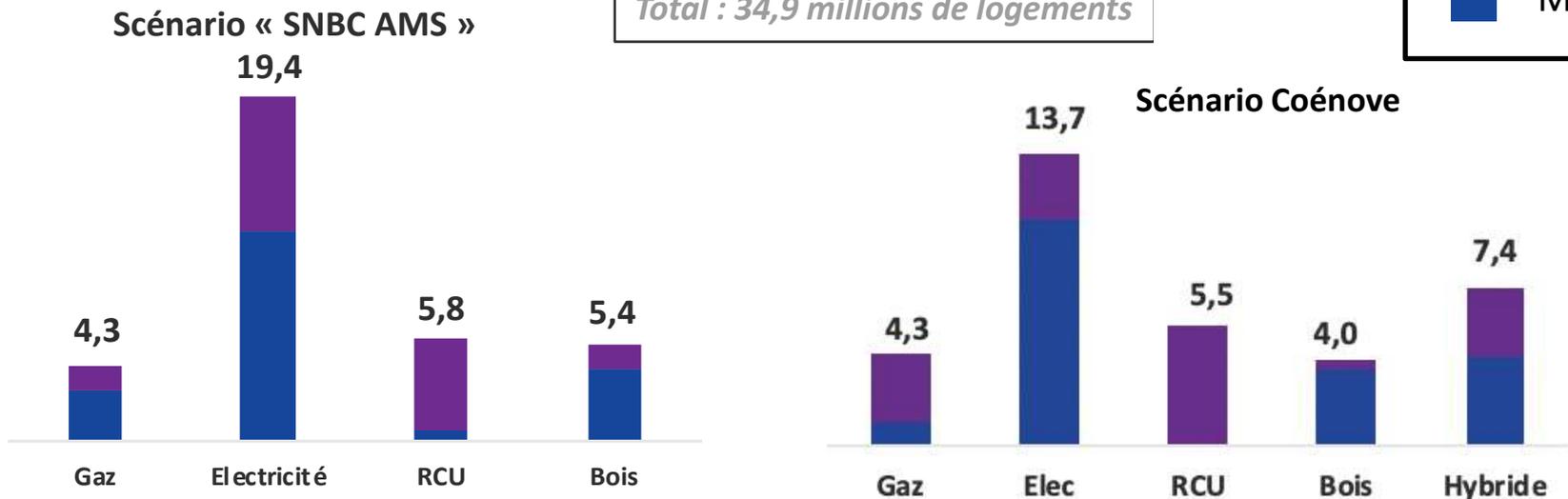
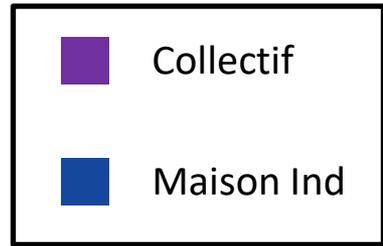


# Vers un mix énergétique plus équilibré dans le secteur résidentiel

**Parc de logements en 2015**  
*Total : 28,6 millions de logements*



**Parcs de logements en 2050**  
*Total : 34,9 millions de logements*



### Hypothèses de transferts pour les maisons individuelles rénovées

### Hypothèses de transferts pour les logements collectifs rénovés

