

NEUTRALITÉ ET LOGEMENTS

À QUELLES CONDITIONS LE SECTEUR RÉSIDENTIEL PEUT-IL ATTEINDRE LA NEUTRALITÉ CARBONE TELLE QUE DÉFINIE DANS LA SNBC ?

Janvier 2020

Charles Arquin

Associé et Responsable Pôle
Rénovation
Pouget Consultants

Julien Parc

Ingénieur Conseil Rénovation
Pouget Consultants

Julie Daunay

Responsable Pôle Bâtiment –
Immobilier
Carbone 4

Aida Tazi

Consultante Senior
Carbone 4

CONTACT

contact@pouget-consultants.fr
batiment@carbone4.com

En 2017, la France affirme dans son Plan Climat sa volonté d'accélérer la lutte contre le changement climatique et de rester en ligne avec l'Accord de Paris. Cette volonté se traduit par un nouvel objectif : l'atteinte de la neutralité carbone à horizon 2050.

POUGET *Consultants* et Carbone 4 ont cherché à comprendre à **quoi pourrait ressembler le parc résidentiel en 2050, en termes de performances énergétiques et d'équipements de chauffage et eau chaude sanitaire, pour être compatible avec l'objectif de neutralité carbone de la France**, autrement dit avec le budget carbone demandé par la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC).

TABLE DES MATIÈRES

1 LE BÂTIMENT A UN RÔLE À JOUER DANS L'ATTEINTE DE LA NEUTRALITÉ CARBONE EN FRANCE	3
2 QUATRE LEVIERS D' ACTIONS SONT EXPLORÉS POUR LE SECTEUR RÉSIDENTIEL	5
3 POUR CONCLURE, COMMENT PEUT-ON PARVENIR À LA NEUTRALITÉ CARBONE ?	12
QUELQUES MESSAGES COMPLÉMENTAIRES	14
ANNEXES	16

Cette publication a été rédigée par Pouget Consultants
et Carbone 4, et financée par EDF et Promotelec.

LE BÂTIMENT A UN RÔLE À JOUER DANS L'ATTEINTE DE LA NEUTRALITÉ CARBONE EN FRANCE

LA FRANCE VISE LA NEUTRALITÉ CARBONE À 2050

En 2017, la France affirme dans son Plan Climat sa volonté d'accélérer la lutte contre le changement climatique et de rester en ligne avec l'Accord de Paris. Cette volonté se traduit par un nouvel objectif : l'atteinte de la neutralité carbone à horizon 2050.

La neutralité carbone est définie par l'équilibre entre la quantité de gaz à effet de serre émise par les activités humaines dans l'atmosphère (par la combustion d'énergies fossiles, les processus industriels ou l'agriculture) **et celle absorbée par les puits carbone** naturels (océans, forêts) ou technologiques. Cet équilibre entre émissions et absorptions doit être atteint avant 2050 et s'accompagne d'une réduction drastique des émissions mondiales (a fortiori françaises) pour limiter la hausse de la température moyenne mondiale à +2°C par rapport à l'ère préindustrielle.

DES EFFORTS CONSIDÉRABLES SONT ATTENDUS DE LA PART DES SECTEURS RÉSIDENTIEL ET TERTIAIRE

La Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC), qui visait jusque-là une division par 4 des émissions nationales, est en cours de révision pour s'adapter à ce nouvel objectif. Une version projet est sortie en décembre 2018.

Pour le secteur du bâtiment¹, la SNBC implique de viser un **budget carbone restreint à 5 MtCO₂e en 2050 pour être compatible avec la neutralité carbone, soit une réduction des émissions de 95% par rapport à 2015.**

Ce budget se traduit par **des consommations d'énergies limitées, réparties précisément selon différentes sources énergétiques considérées entièrement décarbonées en 2050 (bois, électricité, biogaz, réseaux de chaleur urbains)**. Le mix énergétique cible visé par la SNBC pour le secteur résidentiel est présenté sur la figure 3. Dépasser les volumes de consommation fixés par énergie signifierait en règle générale de recourir aux énergies fossiles pour subvenir aux besoins énergétiques supplémentaires et entraînerait donc un dépassement du budget carbone préconisé pour le secteur résidentiel.

L'objectif de décarbonation du secteur sous-tend également un objectif de performance : le parc doit être 100% BBC (Bâtiments Basse Consommation) en moyenne en 2050².

¹ Au sens de la SNBC, le bâtiment comprend les émissions directes liées aux consommations d'énergie tous usages des bâtiments du parc tertiaire et résidentiel.

² Cet objectif est clairement cité dans la SNBC : « le scénario suppose également qu'une grande majorité du parc de bâtiments [...] est rénovée afin d'atteindre l'objectif d'un parc 100 % BBC (Bâtiments Basse Consommation) en moyenne en 2050. »

Dans ce contexte, POUGET Consultants et Carbone 4 ont cherché à comprendre **à quoi pourrait ressembler le parc résidentiel en 2050, en termes de performances énergétiques et d'équipements de chauffage et eau chaude sanitaire, pour être compatible avec l'objectif de neutralité carbone de la France** (autrement dit avec le budget carbone demandé par la SNBC).

Pour ce faire, les spécificités du parc résidentiel existant ont été prises en compte (11 typologies de bâtiments de logements, couplées aux différents systèmes de chauffage et eau chaude sanitaire existants, ont été modélisés). Ceci a permis de développer des scénarios de rénovation de l'enveloppe des logements et des changements de systèmes énergétiques adaptés (voir la première partie des annexes pour plus d'informations sur la démarche).

La présente note synthétise les résultats les plus notables de l'étude. Les résultats présentés correspondent à une image possible du parc de logements en 2050 respectant le jeu de contraintes imposé par la SNBC.

**“ Objectif de l'étude :
comment le secteur
résidentiel peut-il parvenir à
la neutralité carbone – telle
que décrite dans la SNBC –
en tenant compte des
spécificités du parc ? ”**

QUATRE GRANDS LEVIERS D'ACTION SONT EXPLORÉS POUR LE SECTEUR RÉSIDENTIEL

PROPOSITION POUR ATTEINDRE LA NEUTRALITÉ CARBONE

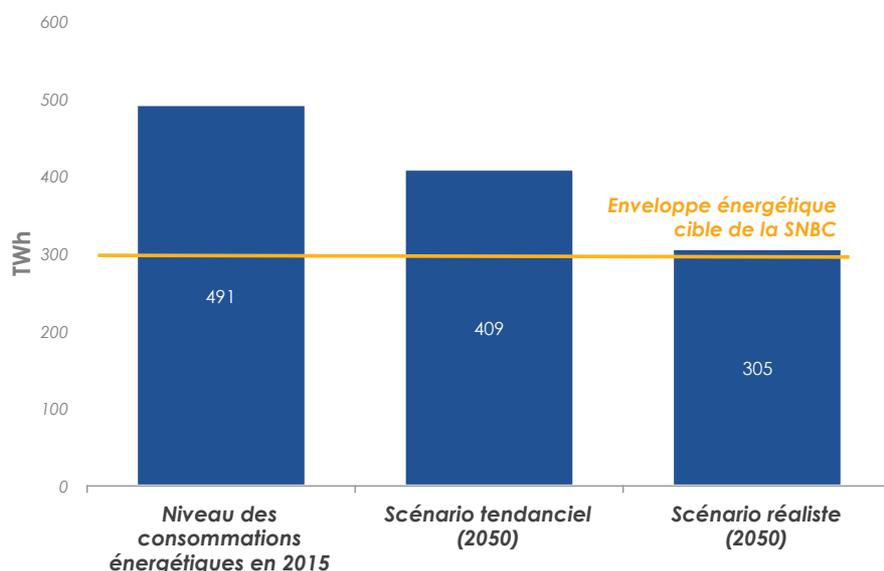
Notre proposition pour atteindre la neutralité carbone telle que définie dans la SNBC pour le secteur du logement est d'agir sur quatre leviers simultanément :

1. **Massifier la rénovation énergétique ;**
2. **Respecter des niveaux d'isolation minimum ;**
3. **Décarboner les énergies de chauffage et d'eau chaude sanitaire (ECS) ;**
4. **Viser un niveau de consommation énergétique ambitieux pour la construction neuve.**

La SNBC définit une enveloppe énergétique de 292 TWh pour le secteur résidentiel, toutes énergies confondues. Deux scénarios ont été étudiés par POUGET Consultants et Carbone 4 :

- Un scénario « tendanciel » s'appuyant sur le rythme de rénovation actuel³
- Un scénario « réaliste » pour lequel 100 % des bâtiments construits avant 2000 sont rénovés sur tous les lots **enveloppe ne présentant pas de difficulté technique lourde** (i.e. hors terre-pleins et façades à caractéristiques spécifiques⁴) avec un niveau d'isolation tel que définis pour le CITE⁵.

Figure 1. Consommation d'énergie finale du secteur résidentiel en 2050 selon le scénario de modélisation (TWh)



Une massification de la rénovation est nécessaire pour que l'ensemble du parc construit avant 2000 soit rénové d'ici 2050

³ 280 000 logements du parc privé rénovés par an niveau BBC Rénovation dont 43 % en logement collectifs (Source OPEN 2015) – 44 000 logements du parc social rénovés par an au niveau BBC Rénovation – 11 Millions de logements rénovés équivalent BBC d'ici 2050 vs 21 Millions dans la SNBC.

⁴ Sont considérées comme façades à caractéristiques spécifiques toutes les façades présentant un caractère architectural ne permettant pas la mise en œuvre d'une isolation par l'extérieur (28 % du parc de logement construit en 2015)

⁵ CITE : Crédit d'Impôts pour la Transition Énergétique. Ce scénario est proche du rythme de rénovation défini dans la SNBC, à savoir 21,8 Millions de rénovation équivalent BBC d'ici 2050 contre 21 Millions de logements visés par la SNBC.

L'exercice de modélisation du parc résidentiel à horizon 2050 montre que la **massification de la rénovation est un enjeu indispensable pour atteindre les objectifs climatiques** de la France dans le bâtiment et doit être amorcée dès à présent.

En effet, un scénario tendanciel mènerait à un échec certain : la consommation énergétique du parc de logements dépasserait de 40% la limite fixée par la SNBC en 2050 et ne permettrait pas de tenir de budget carbone accordé au secteur.

L'étude montre que la rénovation de l'enveloppe de tous les logements construits avant 2000 permet d'approcher le budget énergétique cible accordé au secteur résidentiel. Ceci correspond à une augmentation du rythme à environ 500 000 logements rénovés au niveau BBC Rénovation équivalant en moyenne entre 2020 et 2050.

DES NIVEAUX D'ISOLATION MINIMUM SUPÉRIEURS À CEUX DÉFINIS DANS LA RÉGLEMENTATION ACTUELLE

L'étude réalisée par POUGET Consultants et Carbone 4 révèle une condition sine qua non pour l'atteinte de l'objectif de neutralité carbone : sur le **parc de logements construits avant 2000, tous les lots enveloppe du bâtiment qui ne présentent pas de difficulté technique lourde** (i.e. hors terre-pleins et façades à caractéristiques spécifiques) devront être **rénovés d'ici 2050 avec des niveaux d'isolation a minima égaux à ceux définis par le CITE⁶.**

Une condition : un parc rénové avec des niveaux d'isolation a minima égaux à ceux définis dans le CITE.

Les niveaux définis par la réglementation thermique de l'existant aujourd'hui et dans la future RT-EX éléments par éléments⁷ sont donc **largement insuffisants** pour atteindre l'objectif de neutralité carbone.

Cependant, la définition de niveaux unitaires sur les différents lots n'est pas suffisante. La prise en compte du traitement de l'étanchéité à l'air, des ponts thermiques et la gestion des risques pathologiques est indispensable pour obtenir des rénovations qui atteignent le niveau de performance attendu. **La définition d'un cadre méthodologique pour proposer des gestes de rénovations qui respectent ces critères et vont donc au-delà des simples exigences sur le niveau d'isolation est donc essentielle⁸.**

UNE EXIGENCE DE RÉNOVATION À MODULER EN FONCTION DES LOGEMENTS POUR GARANTIR UN NIVEAU BBC EN MOYENNE SUR LE PARC

En rénovant le parc de logements construits avant 2000 (soit 80 % du parc actuel) selon le scénario « réaliste » défini en partie 1 avec les changements d'énergie présentés plus loin et en construisant des logements neufs très performants, le parc de logements atteint bien **un niveau de performance moyen BBC rénovation⁹, correspondant à un des objectifs de la SNBC pour le bâtiment.**

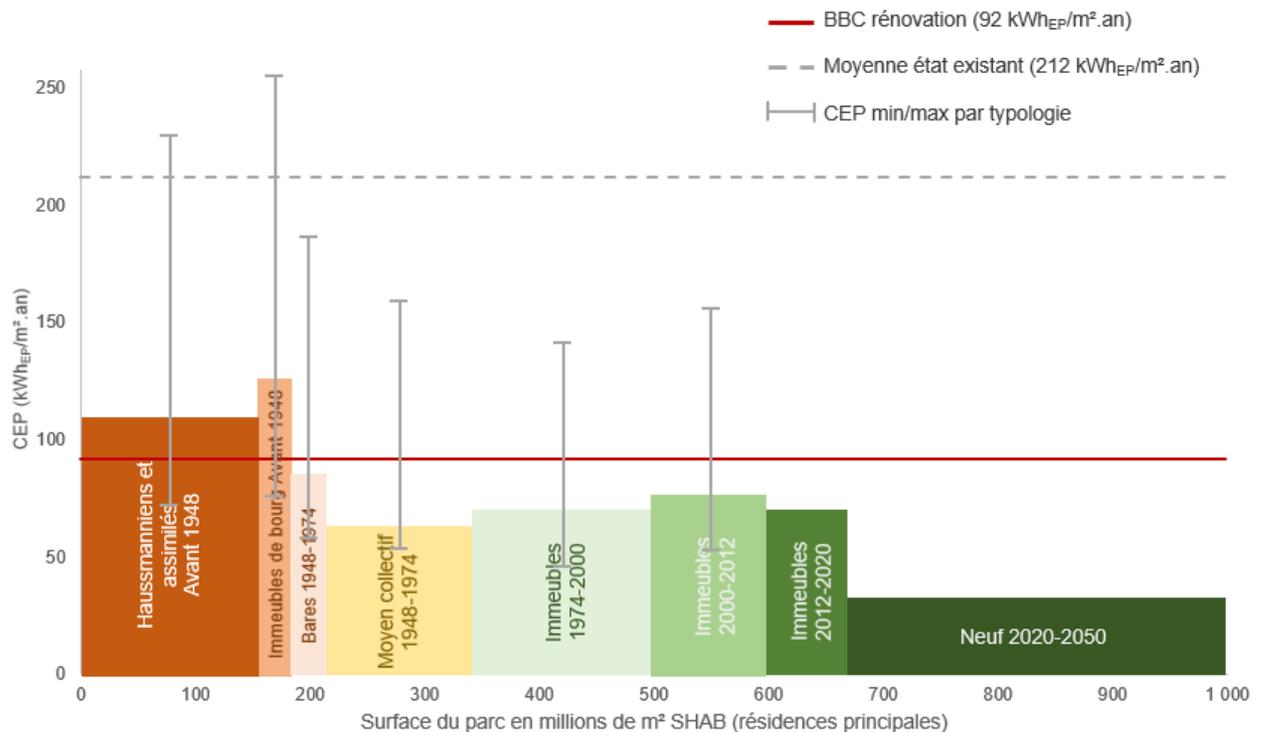
⁶ CITE : Crédit d'Impôt pour la Transition Énergétique, les niveaux d'isolation sont ceux définis en 2019

⁷ Arrêté du 22 mars 2017 modifiant l'arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants

⁸ Voir par exemple le projet B2C2, lauréat de l'appel à projet Recherche de l'ADEME en 2017, qui vise à la définition d'un cadre méthodologique des rénovations « BBC Compatible »

⁹ La rénovation au niveau BBC de 92 kWh_{ep}/(m².an) correspond à une performance de 80 kWh_{ep}/m².an, modulée selon la zone climatique

Figure 2. Parc des logements collectifs modélisé à horizon 2050 selon le scénario « réaliste »¹⁰



L'étude montre que **le niveau BBC est atteint en moyenne sur le parc résidentiel, tous les logements rénovés n'atteignent pas individuellement le niveau BBC.**

Dans certains cas, la rénovation de l'enveloppe n'est pas réaliste techniquement (cf. note p.5) et le seuil BBC n'est alors pas atteint, même en moyenne sur la typologie :

- La typologie d'immeuble collectif Haussmannien et assimilés, pour laquelle l'isolation des façades sur rue est techniquement difficile, présente par exemple un Cep moyen de 105 kWhEP/(m².an) avec des variations comprises entre 75 et 225 kWhEP/(m².an) en fonction du système énergétique.
- La typologie « maison rurale construite avant 1948 » est sur terre-plein et présente généralement une façade avec un caractère patrimoniale. Les résultats varient alors entre 75 et 350 kWhEP/(m².an) et une moyenne sur la typologie de 215 kWhEP/(m².an), soit plus de 2 fois supérieure au niveau BBC Rénovation.

À l'inverse, certaines typologies peuvent atteindre un niveau de performance qui va au-delà du niveau BBC rénovation. C'est par exemple le cas des immeubles construits après 1974 ou des maisons pavillonnaires qui présentent des Cep moyens de 60 kWhEP/(m².an). Cependant, même pour ces typologies, certains systèmes énergétiques mènent à des consommations conventionnelles supérieures au niveau BBC Rénovation (immeubles chauffés avec des radiateurs électriques notamment).

Ce niveau BBC rénovation moyen cache donc des disparités importantes essentiellement liées au potentiel de la typologie (architecture, taux de vitrage, compacité, etc.). **Il ne peut être un objectif absolu pour tous les logements**, au risque de :

- faire des mauvais choix de conception (changement d'énergie non adapté aux objectifs nationaux par exemple) ;
- ne pas aller assez loin dans la rénovation de certains bâtiments quand un niveau de Cep inférieur au BBC Rénovation est atteignable sans grande difficulté ;

¹⁰ Voir la partie « Annexe » pour le parc de maison individuelle modélisé à horizon 2050 selon le scénario « réaliste ».

- ne pas réaliser les travaux de rénovation car ceux-ci sont trop chers ou irréalisables par rapport à l'objectif fixé.

L'exigence réglementaire sur la rénovation de l'existant devra être modulée en fonction des caractéristiques initiales du bâtiment tout en conservant une exigence sur les niveaux d'isolation (niveaux supérieurs ou égaux au CITE dès lors qu'on intervient sur le bâti).

RÉNOVER LES LOGEMENTS PERMET DE MAÎTRISER LES FACTURES ÉNERGÉTIQUES

L'analyse économique associée au scénario « réaliste » montre que malgré la disparité de consommations énergétiques d'une typologie de logements à l'autre, la mise en œuvre du scénario permet d'aboutir à **des factures maîtrisées** pour l'ensemble des ménages : 85 % des logements pourraient atteindre des factures énergétiques inférieures à 1 000 € TTC (voir l'annexe).

Par ailleurs, **l'investissement global nécessaire pour les travaux énergétiques représenterait 18 Mds € par an d'ici 2050** dont 13,3 Mds € pour les travaux sur l'enveloppe. Ce chiffre est cohérent avec celui annoncé par la Fédération Française du Bâtiment, à savoir 14 Mds € par an¹¹.

CERTAINS GISEMENTS N'ONT PAS ÉTÉ CONSIDÉRÉS À CE STADE CAR ENCORE TROP INCERTAINS... ILS SERONT NÉANMOINS À PRENDRE EN COMPTE AU FUR ET À MESURE DE LA TRAJECTOIRE VERS 2050

La modélisation d'un scénario plus ambitieux de rénovation, pour lequel tous

les logements construits avant 2000 sont rénovés **sur tous les lots** de l'enveloppe, y compris les lots difficiles techniquement à traiter tels que les terre-pleins, et des systèmes, **avec des niveaux supérieurs au CITE**, montre que les consommations énergétiques du secteur résidentiel pourraient être inférieures à l'enveloppe énergétique prévue par la SNBC. Il existe un gisement d'environ 50 TWh par rapport au budget énergétique accordé au secteur.

Le développement de produits ou techniques innovantes permettant de lever les difficultés actuelles sur certains lots de l'enveloppe pourrait apporter plus de marge de manœuvre pour relever le défi SNBC 2050, **notamment pour le bâti ancien**. De plus, certaines opérations pourraient viser un niveau d'isolation supérieur à celui défini dans le CITE.

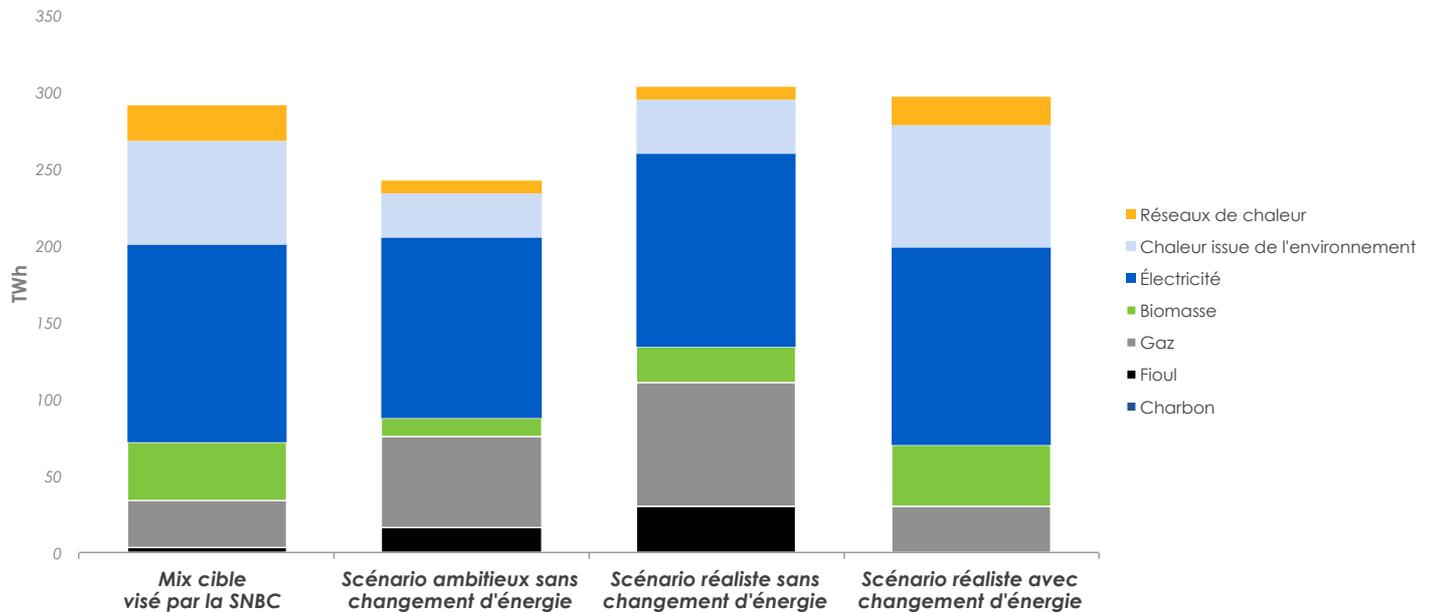
Enfin, le scénario « réaliste » ne prévoit pas d'amélioration de l'enveloppe des bâtiments construits après 2000, or la performance énergétique pourrait être embarquée lors des travaux liés à la vétusté de ces logements (menuiseries, ravalement...) pour se donner plus de chance de relever le défi de la SNBC.

Un changement massif vers des énergies décarbonées pour les productions de chauffage et d'eau chaude sanitaire (ECS)

L'étude montre clairement que **des changements d'énergies, donc de systèmes énergétiques, sont incontournables** pour répondre aux deux autres objectifs de la SNBC : un mix énergétique et un budget carbone précis en 2050.

Le scénario « ambitieux sans changement d'énergie »¹² illustré ci-dessous traduit un volume d'énergie (en TWh) qui respecte bien l'enveloppe donnée par la SNBC (« mix cible SNBC ») mais pas la répartition par énergie : les consommations de gaz sont deux fois supérieures.

Figure 3. Mix énergétique du secteur résidentiel en 2050 selon le scénario considéré (TWh)



Les équipes POUGET Consultants et Carbone 4 proposent donc un scénario « réaliste avec des changements d'énergie » qui permet d'aboutir à un mix énergétique proche de celui défini dans la SNBC.

Les paragraphes suivants présentent les changements d'énergies nécessaires entre aujourd'hui et 2050. Les logigrammes présentés dans l'annexe permettent de visualiser pour l'ensemble du parc résidentiel les changements de systèmes de production de chauffage et d'ECS modélisés dans le scénario « réaliste ».

LE FIOUL : UNE SORTIE COMPLÈTE D'ICI 10 ANS !

La décarbonation du parc résidentiel ne peut passer que par **l'élimination complète de l'usage du fioul** dans les logements.

La SNBC actualisée en fait une priorité : « À court terme, prioriser l'abandon du chauffage individuel au fioul d'ici 10 ans ». 3,5 millions de logements devront, avant 2030, renoncer au fioul pour privilégier l'usage d'énergies décarbonées.

LE GAZ : ENVIRON 40% DES LOGEMENTS CHAUFFÉS AU GAZ DEVRAIENT Y RENONCER D'ICI 2050

La SNBC indique que la consommation totale de gaz du secteur résidentiel en 2050 devra être de 31 TWh¹³, ce qui correspond à une **baisse drastique de l'usage du gaz dans le résidentiel : -80% par rapport à 2015**. Le gaz consommé en 2050 sera en totalité du biogaz dans la projection de la SNBC. Dépasser le budget énergétique prévu pour le gaz pourrait nécessiter le recours au gaz fossile et donc un dépassement du budget carbone.

¹² Scénario pour lequel tous les logements construits avant 2000 sont rénovés **sur tous les lots** de l'enveloppe et des **systèmes, avec des niveaux supérieurs au CITE mais conservant l'énergie présente à l'état existant**

¹³ Scénario de référence de la SNBC

L'isolation des logements ne suffira pas seule à réduire d'autant les consommations de gaz, des changements d'énergies de grande ampleur devront être mis en œuvre. L'étude montre que **5 millions de logements seraient concernés d'ici 2050** par ces changements, dont voici une répartition possible :

- 2,7 millions de maisons individuelles, construites avant 2012¹⁴
- 2 millions de logements collectifs en chaufferie collective gaz, construits avant 2012¹⁵
- 300 000 logements collectifs disposant d'un chauffage individuel gaz, construits avant 2012.

Ce choix de priorisation des changements du gaz vers des énergies décarbonées dans la modélisation est dû à la **maturité des solutions alternatives existantes**. Les solutions thermodynamiques en maison individuelles et les réseaux de chaleur en logements collectifs ont ainsi été privilégiées en remplacement du gaz et du fioul dans le scénario « réaliste », telles que préconisées par la SNBC¹⁶.

RÉSEAU DE CHALEUR URBAIN : UNE CONSOMMATION PROSPECTIVE QUI SEMBLE SURDIMENSIONNÉE

Pour atteindre les consommations de chaleur urbaine prévues par la SNBC, l'étude montre qu'il serait nécessaire de **raccorder près de 6 millions de logements aux réseaux de chaleur, dont plus de 3 millions de logements existants** et environ 3 millions de logements neufs¹⁷.

Les 3 millions de logements existants à raccorder aux réseaux de chaleur urbains à horizon 2050 sont équivalents à la totalité

du parc de logements construits avant 2012, chauffés collectivement au gaz et au fioul et qui ne seraient pas détruits ou n'auraient pas changé d'usage vers du tertiaire par exemple. Ces changements d'énergies vers de la chaleur urbaine semblent être surdimensionnés au regard de la capacité de raccordement aux réseaux de chaleur des bâtiments et de la capacité de transformation des chaufferies collectives par des sous-stations. En effet, une partie du parc de logement collectif se situe dans des zones urbaines ou péri-urbaines peu denses dans lesquelles le potentiel de création d'un réseau de chaleur est faible. Par ailleurs, les chaufferies situées en toitures permettent difficilement un raccordement à un réseau de chaleur.

Afin de palier ce manque de réalisme, l'étude menée par Carbone 4 et POUGET Consultants propose une image du parc résidentiel en 2050 qui respecte le niveau de performance cible BBC rénovation en moyenne sur le parc et le budget carbone de la SNBC mais diffère légèrement de la SNBC sur le mix énergétique (un peu moins de réseaux de chaleur, un peu plus de chaleur issue de l'environnement)¹⁸ : il a été considéré un raccordement de 5 millions de logements collectifs aux réseaux de chaleur urbains d'ici 2050 (contre 6 millions estimés précédemment).

L'étude révèle qu'un **renforcement de la réglementation sur la performance énergétique de la construction neuve est incontournable**. La SNBC considère que les logements construits en 2050 devront atteindre une consommation de 20kWh_{ef}/ (m².an) et préconise un renforcement progressif de l'exigence sur le neuf.

¹⁴ Les maisons individuelles restantes, chauffées au gaz et construites avant 2012, devront néanmoins intégrer une source d'énergie renouvelable pour la production d'eau chaude sanitaire et/ou le chauffage (solaire ou pompe à chaleur)

¹⁵ Les logements collectifs restants, disposant d'une chaufferie gaz collective et construits avant 2012, devront néanmoins intégrer une source d'énergie renouvelable pour la production d'eau chaude sanitaire (solaire ou pompe à chaleur)

¹⁶ Voir diagrammes des changements d'énergie en annexe

¹⁷ Hypothèses issues du mix énergétique pour la construction neuve du scénario de référence de la SNBC

¹⁸ Le mix énergétique est conservé pour les vecteurs biomasse, électricité, biogaz. Seule la part de RCU est diminuée et compensée par une part plus importante de chaleur issue de l'environnement. La consommation énergétique globale est similaire à celle du scénario SNBC.

Cependant, pour atteindre le mix énergétique en 2050, le scénario de POUGET Consultants et Carbone 4 considère que l'ensemble des bâtiments construits à partir de 2020 devront atteindre cette consommation en 2050. Ne pas respecter cette condition entraînerait un dépassement du budget énergétique accordé au secteur résidentiel, et donc également du budget carbone. Ainsi, une **consommation moyenne en 2050 du parc construit à partir de 2020 de 40 kWh/m².an¹⁹ aurait pour conséquence de faire dépasser de 18 TWh le budget énergétique²⁰** accordé au secteur résidentiel.

La tenue de la condition de 20kWh/m².an en 2050 pour les bâtiments construits à partir de 2020 nécessite de construire dès aujourd'hui des bâtiments en capacité d'évoluer naturellement vers ce niveau de performance à horizon 2050. Ceci passe par le **traitement initial des éléments irréversibles** tel que l'enveloppe thermique du bâtiment et **d'anticiper les évolutions futures des systèmes de production** d'énergie (ex : intégration de chaleur renouvelable). La prise en compte du confort estival dès la conception est également primordiale afin que **l'adaptation nécessaire des bâtiments aux météos de demain n'impliquent pas des consommations supplémentaires** non maîtrisées.

**Logements neufs : dès 2020,
construire des logements
compatibles avec l'objectif
« 20 kWh/m².an en 2050 »**

¹⁹ Cette consommation correspond à un scénario dans lequel la future réglementation permettrait de construire des logements neufs sans exigence forte sur l'enveloppe. À titre de comparaison, une reconstitution avec le mix énergétique entre 2012 et 2018 donne un Cef actuel de la construction neuve de près de 50 kWh/m² par an en moyenne.

²⁰ Ce volume d'énergie inclut les calories issues de l'environnement.

POUR CONCLURE, COMMENT PEUT-ON PARVENIR À LA NEUTRALITÉ CARBONE ?

L'atteinte de la neutralité carbone pour le parc résidentiel est conditionnée à l'efficacité énergétique des logements et aux recours aux énergies décarbonées. Le parc doit être **massivement rénové** (à des rythmes encore jamais vus) et chacune des opérations de rénovation doit **garantir un niveau de performance énergétique minimal** accompagné de la mise en place de **solutions énergétiques décarbonées** pour pourvoir aux besoins énergétiques restants. La performance moyenne du parc résidentiel doit être au niveau BBC rénovation, mais cette exigence ne peut

être exigée pour tous les bâtiments. Certains logements devront aller plus loin que l'exigence BBC, d'autres ne pourront pas atteindre le niveau pour des raisons techniques et/ou économique (coût marginal élevé). Le passage des énergies fossiles vers des énergies décarbonées est une orientation incontournable pour avoir une chance de réussir cet objectif d'intérêt général. La construction neuve a également un rôle à jouer : tous les projets qui sortiront de terre dès 2020 doivent être compatibles avec l'objectif 2050.

Figure 4. Cinq actions clés pour atteindre la neutralité carbone dans le logement, telle que définie par la SNBC en 2050



Cet objectif de neutralité carbone, détaillé par la SNBC, constitue un défi d'envergure pour le secteur ! Si **les niveaux de performance cibles sont techniquement accessibles** (que ce soit pour l'existant ou la construction neuve), il est certain que les **difficultés majeures seront de mobiliser les acteurs** (professionnels de la filière, occupants, gestionnaires de parc, acteurs publics...) pour que le **rythme de rénovation soit soutenu** jusqu'en 2050, d'une part, et que des **réflexes de changements d'énergie** soit également intégrés d'autre part.

Au-delà d'un package d'aides financières accessibles et intelligibles pour les ménages, au-delà d'une offre de qualité proposée par les professionnels de la filière – qui doivent être suffisamment nombreux, l'atteinte de l'objectif de la SNBC sera conditionnée par des **évolutions réglementaires** :

- Inciter à rénover en conditionnant les subventions à l'efficacité énergie **et carbone** en exploitation des gestes de rénovation
- Définir les logements à rénover en priorité (« passoire énergétique ») en intégrant **le critère carbone** en complément du critère énergie qui est le seul utilisé aujourd'hui. Exiger la rénovation de ces passoires énergétiques et carbone lors d'une vente ou d'un changement de locataire
- Revoir le niveau de rénovation cible à 2050 (« BBC ») qui, tel que défini actuellement, n'est pas pertinent pour tous les logements, pour qu'il soit compatible avec la SNBC et tienne compte des spécificités des logements. Intégrer dans le DPE un parcours de rénovation préconisant des bouquets de travaux compatibles avec la SNBC.
- Fixer dans la Réglementation Environnementale 2020 des niveaux de performance carbone compatibles avec les objectifs de la SNBC.

Par ailleurs, ces résultats permettront d'alimenter les travaux en cours sur la définition des passoires énergétiques.

Une **prise de conscience rapide et généralisée des ménages quant aux bénéfices liés à la rénovation des logements permettra également de rendre cette opération attractive et désirable**. En effet, la contribution à un objectif d'intérêt général ne sera pas - hélas - le moteur du changement. Nous devons œuvrer pour promouvoir l'amélioration du confort de vie, la gestion de la qualité d'air, la sécurisation de la facture énergétique, l'amélioration de la valeur vénale du bien immobilier auprès des ménages et leur donner envie d'enclencher des travaux !

QUELQUES MESSAGES COMPLÉMENTAIRES

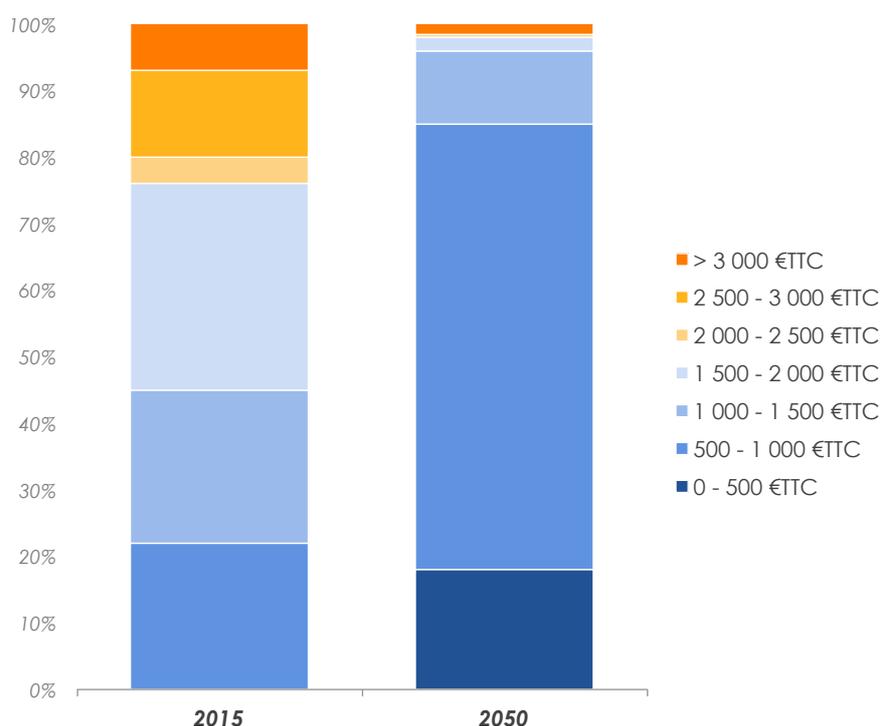
L'IMPACT CARBONE DES GESTES DE RÉNOVATION BIEN PLUS FAIBLES QUE LES ÉMISSIONS QU'ILS PERMETTENT D'ÉVITER

D'un point de vue carbone, il est judicieux de réaliser des travaux de rénovation même en prenant en compte les matériaux et équipements mis en œuvre : pour 1 tonne de CO₂e investie dans les travaux de rénovation énergétique, environ 7 tonnes de CO₂e sont économisées sur 25 ans d'exploitation du bâtiment.

RÉDUIRE LES ÉMISSIONS CARBONE TOUT EN RÉDUISANT LA FACTURE

Le scénario « réaliste » montre que l'impact sur la facture des ménages serait largement positif. Le graphique suivant présente les factures modélisées à partir des consommations conventionnelles. Ces factures incluent les abonnements annuels individuels aux différentes énergies et la maintenance des équipements de chauffage et d'eau chaude sanitaire (équipements collectifs et individuels), avec des prix de l'énergie considérés constants et pris égaux à ceux observés en 2018. On constate que 85% des logements en 2050 auront une facture inférieure à 1000 €TTC par an contre 20% en 2015. Aucune taxe carbone n'a été prise en compte.

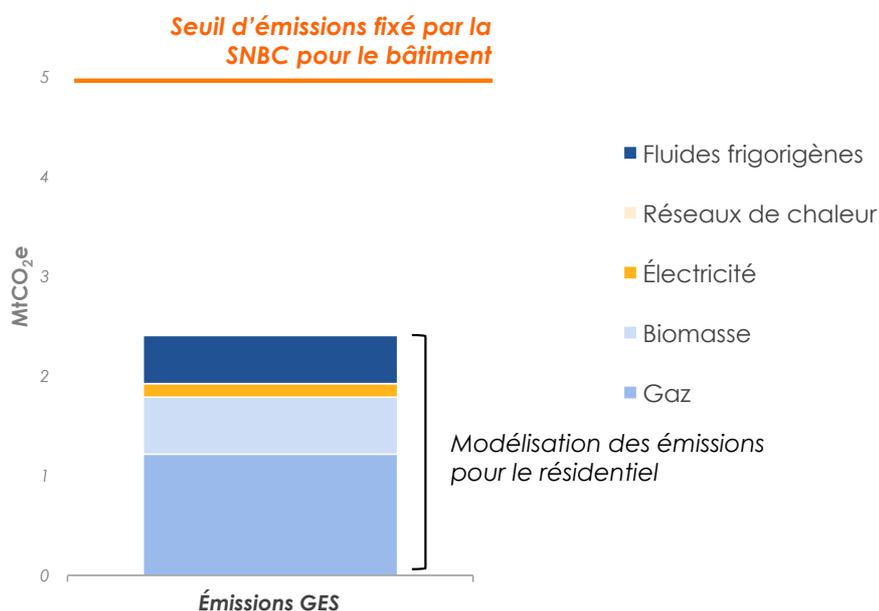
Figure 5. Répartition des factures énergétiques des ménages en 2015 et 2050 selon le scénario réaliste avec changement d'énergie (€ TTC)



EN 2050, LES ÉMISSIONS DU SECTEUR RÉSIDENTIEL SONT DOMINÉES PAR LES FUITES DE BIOGAZ

La SNBC prévoit pour le parc résidentiel et tertiaire un budget carbone de 5 MtCO₂e en 2050. Le scénario « réaliste » ici modélisé correspond à 2,6 MtCO₂e en 2050 pour le secteur résidentiel seul, ce qui est cohérent avec le budget carbone estimé. Le secteur de l'énergie étant supposé quasi-entièrement décarboné à horizon 2050, la majeure partie des émissions modélisées sont associées aux fuites de biogaz. Les fuites de fluides frigorigènes, nécessaires au fonctionnement d'équipements tels que les pompes à chaleur, ne représentent qu'une faible portion des émissions du parc résidentiel en 2050.

Figure 6. Emissions du secteur résidentiel en 2050 selon le scénario réaliste avec changement d'énergie (MtCO₂e)



NB : la SNBC prévoit, pour les budgets énergétiques projetés à horizon 2050, des vecteurs énergétiques seraient entièrement décarbonés. Seules les fuites de biogaz et de fluides frigorigènes sont ici prises en compte. Dans les différentes modélisations il a néanmoins été considéré qu'une fois les budgets énergétiques dépassés, un recours aux énergies fossiles avait lieu. Ceci explique les émissions non nulles pour l'électricité dans le scénario « réaliste » par exemple.

L'ÉVOLUTION D'USAGES ÉNERGÉTIQUES DANS LE BÂTIMENT, AUTRES QUE LE CHAUFFAGE ET L'EAU CHAUDE, DOIVENT ÊTRE PRISES EN COMPTE DANS LES RÉNOVATIONS

Les résultats de cette étude sont valables en considérant les consommations sur les autres usages telles que proposées par la SNBC (climatisation, cuisson, électricité spécifique). En particulier, le changement climatique et l'augmentation des épisodes caniculaires devraient avoir un impact sur le besoin de refroidissement. Le scénario référence de la SNBC prévoit une multiplication par 3 des consommations liées à la climatisation dans le logement par rapport à 2015 (3 TWh en 2050 contre 1 TWh en 2015). Ces évolutions climatiques et donc d'usages doivent être anticipées dès aujourd'hui dans les projets de rénovation, en privilégiant notamment les solutions de rafraîchissement à la climatisation (protections solaires, brasseurs d'air, etc.).

ANNEXES

DÉMARCHE DE L'ÉTUDE

Afin de mener l'exercice de reconstitution du parc de logements en 2050, compatible avec la vision SNBC, POUGET Consultants et Carbone 4 se sont appuyés sur un corpus de textes fondant la nouvelle Stratégie Nationale Bas Carbone. Ce corpus comprend la version de décembre 2018 de la SNBC actualisée²¹ ainsi que la version de mars 2019 de la synthèse du scénario de référence de la stratégie française pour l'énergie et le climat²².

Le parc résidentiel existant a été modélisé à partir de 11 typologies de bâtiments de logements (5 typologies de maisons individuelles et 6 de bâtiments collectifs), représentatives de la diversité du parc de logements français en termes de période constructive, taille, performance énergétique initiale, etc. Pour chacune de ces typologies, plusieurs couples d'équipements techniques ont été définis (chauffage et eau chaude sanitaire). L'ensemble de ce travail a permis de modéliser le parc de résidences principales actuel, correspondant à celui du CEREN en termes de nombre de logements par type d'énergie²³.

Pour chacune de ces typologies, plusieurs scénarios de rénovation de l'enveloppe et de changement des équipements (chauffage, ECS et ventilation) ont été modélisés avec le moteur Th-C E ex de la réglementation thermique existante, sous 3 climats métropolitains représentatifs. Certains systèmes de chauffage ou d'ECS n'étant pas nécessairement modélisables avec ce moteur de calcul, des estimations ont été réalisées à partir de corrélations avec le moteur Th-BCE de la RT 2012.

Les autres usages du secteur résidentiel (cuisson, climatisation, électricité spécifique...) ont été modélisés avec les hypothèses retenues dans le scénario de la SNBC. Les calculs ont été réalisés en considérant un climat actuel.

Les graphiques suivants présentent la reconstitution du parc en 2015, pour les différentes typologies prises en compte, avec le Cep moyen et la surface totale dans le parc²⁴.

²¹ Projet de Stratégie Nationale Bas Carbone – Version Projet Décembre 2018 - <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Projet%20strategie%20nationale%20bas%20carbone.pdf>

²² Synthèse du scénario de référence de la stratégie française pour l'énergie et le climat - Direction Générale de l'Énergie et du Climat - 15/03/2019

²³ Données énergies 1990-2016 du secteur résidentiel - <https://www.ceren.fr/publications/les-publications-du-ceren/>

²⁴ La consommation énergétique modélisée est surestimée par rapport à celle du mix énergétique de 2015, les calculs étant réalisés avec des hypothèses de chauffage conventionnelles. Cependant, la répartition par type d'énergie dans le mix et dans le nombre de logement est lui cohérent par rapport aux données de 2015.

Figure 7. Parc résidentiel modélisé en 2015 en logements collectifs²⁵

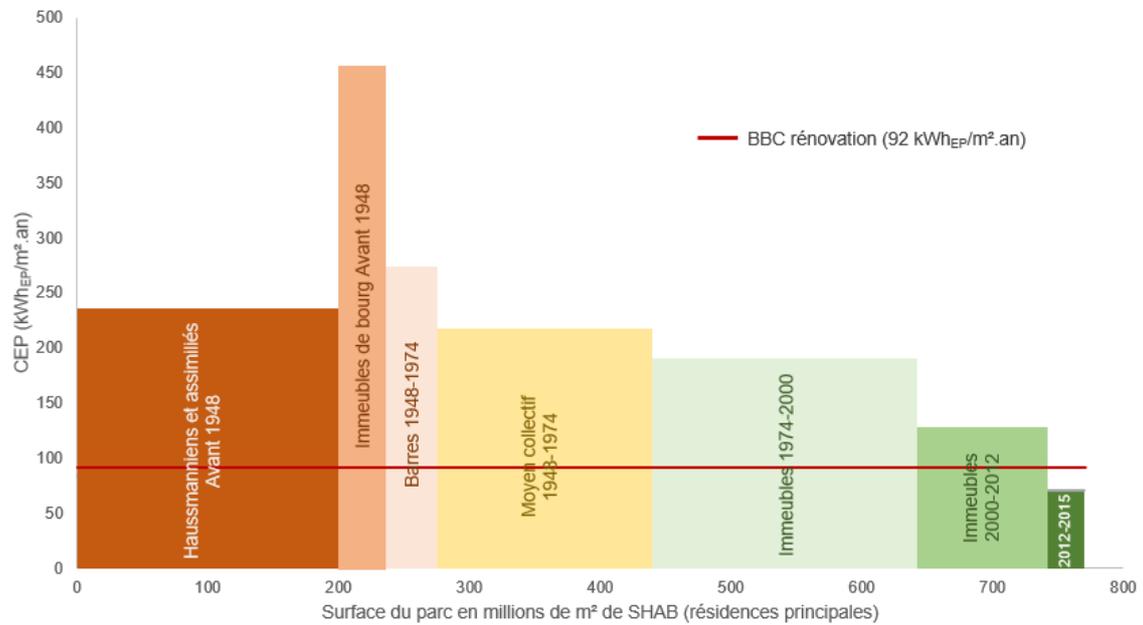
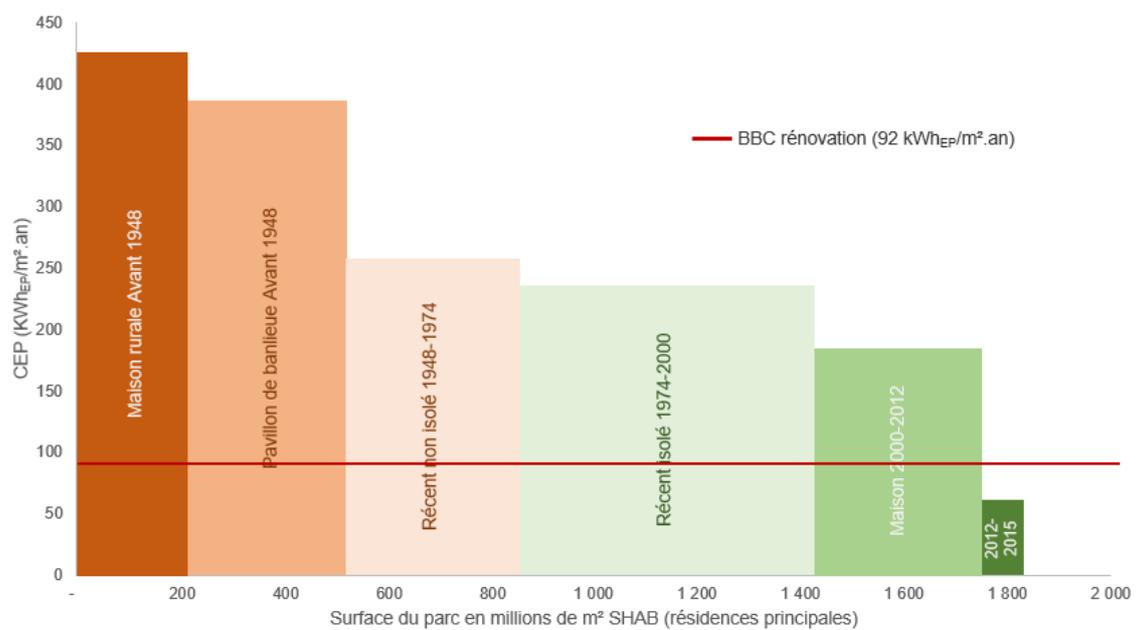


Figure 8. Parc résidentiel modélisé en 2015 en maisons individuelles

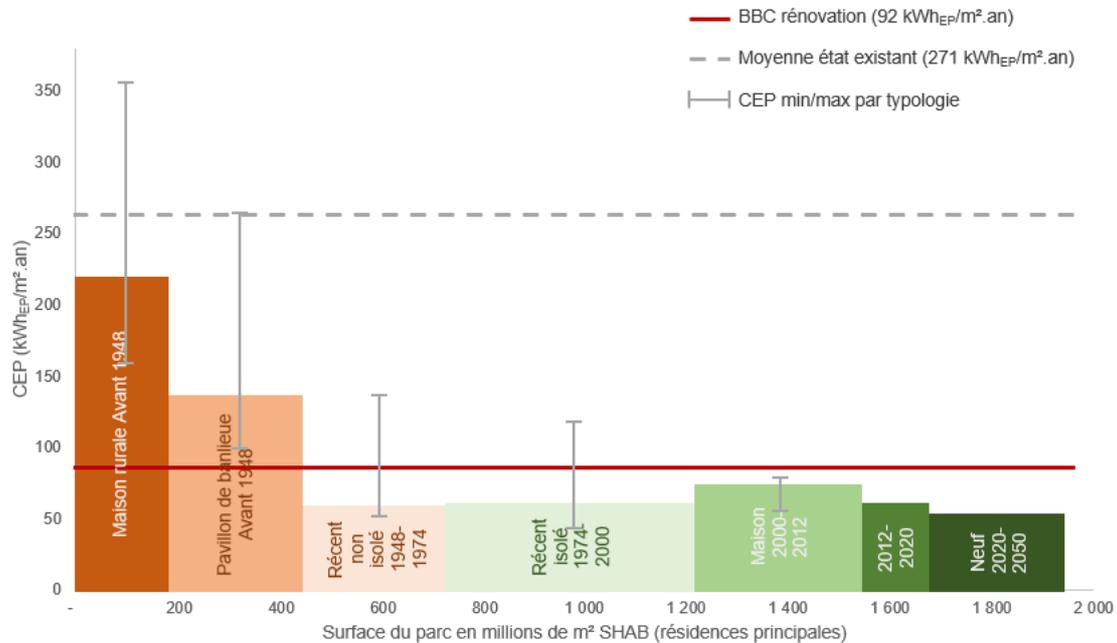


²⁵ La valeur du niveau BBC Rénovation moyenne sur le parc résidentiel est de 92 kWhEP/(m².an), elle tient compte de la répartition du nombre de logements par zone climatique (modulation du 80 kWhEP/(m².an)).

PARC DES MAISONS INDIVIDUELLES MODÉLISÉ SELON LE SCÉNARIO « RÉALISTE » EN 2050

Le graphique suivant présente les Cep moyen, min et max des différentes typologies de maisons individuelles pour le scénario de rénovation réaliste.

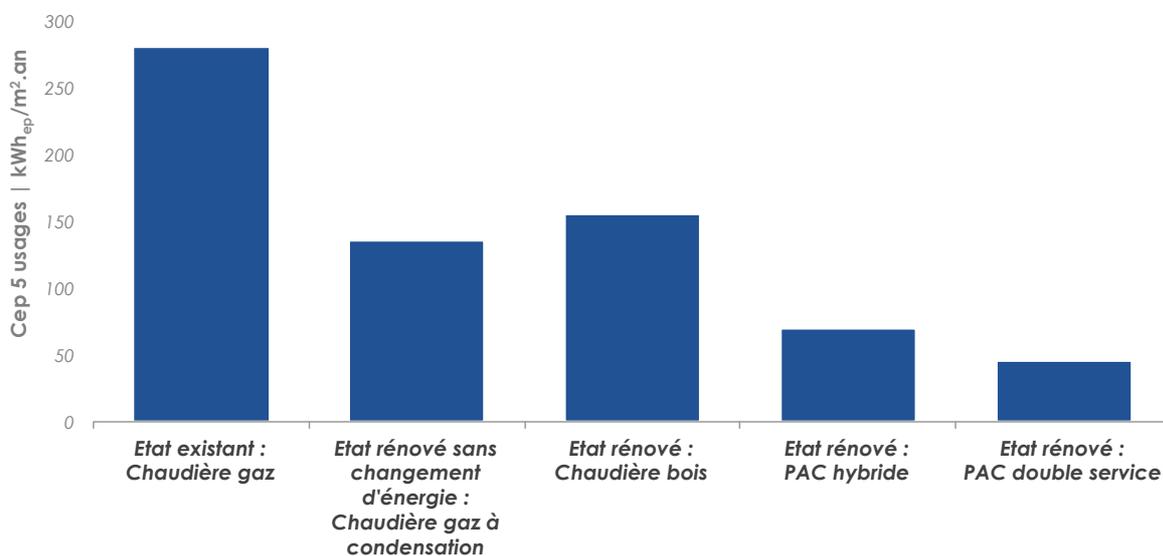
Figure 9. Parc des maisons individuelles modélisé selon le scénario « réaliste » en 2050²⁶



EXEMPLE DE RÉSULTATS DE MODÉLISATION THERMIQUE POUR UNE TYPOLOGIE DE MAISON INDIVIDUELLE

La figure suivante présente un exemple de sortie des simulations thermiques réalisées dans le cadre de l'étude.

Figure 10. Exemple de résultats de simulation pour la typologie « Pavillon banlieue » | Le Cep est modulé en fonction de la part de la typologie dans chaque zone climatique²⁷



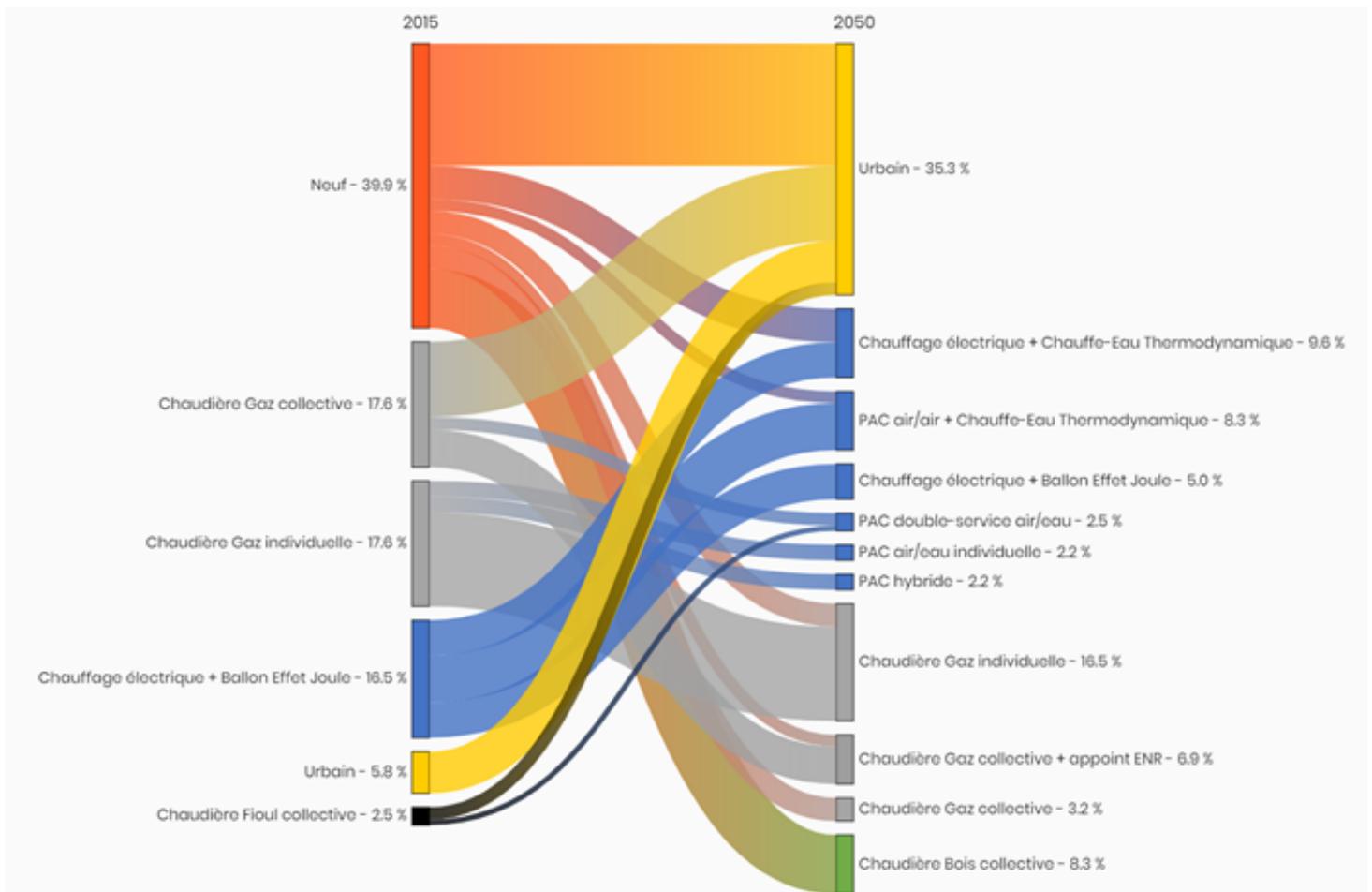
²⁶ Les valeurs min et max correspondent aux variations de Cep dues aux systèmes énergétiques pour un même niveau de rénovation de l'enveloppe.

²⁷ Les modélisations pour les systèmes thermodynamiques ont été réalisées avec des COP moyens projetés de 4 (Voir Annexes)

QUELS SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES POUR UN SCÉNARIO RÉALISTE ET COMPATIBLE AVEC LES BUDGETS ÉNERGÉTIQUES ET CARBONE DE LA SNBC ?

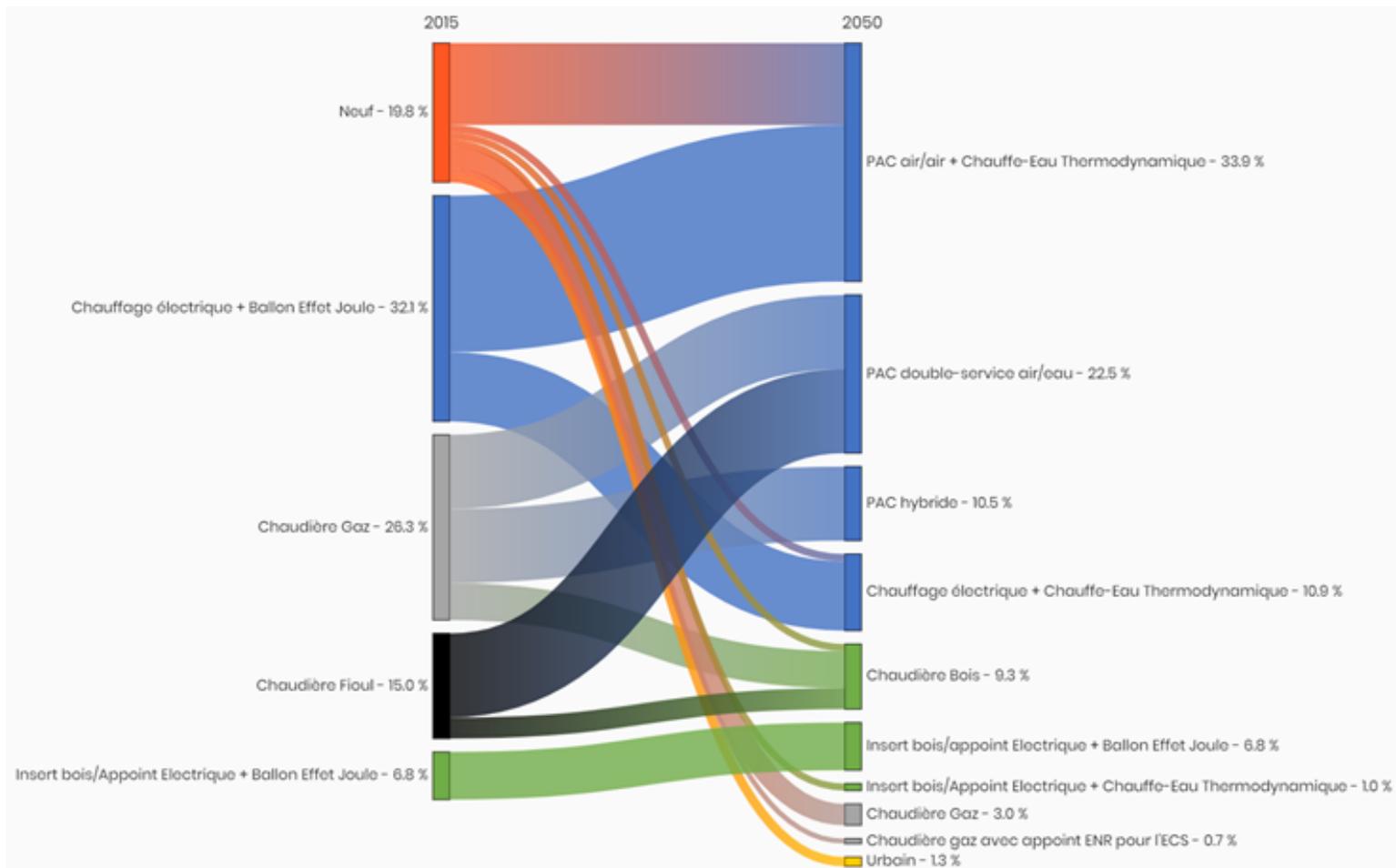
Les diagrammes de flux ci-dessous présentent les changements de systèmes énergétiques proposés par POUGET Consultants et Carbone 4 pour répondre au scénario réaliste compatible avec la neutralité carbone telle que décrite dans la SNBC de mars 2019.

Figure 11. Changements d'énergies pour le parc de logements collectifs pour être en phase avec la vision apportée par la SNBC²⁸



²⁸ Les Le mix énergétique pour la construction neuve est celui proposé dans le scénario de référence de la SNBC

Figure 12. Changements d'énergies pour le parc de maisons individuelles pour être en phase avec la vision apportée par la SNBC²⁹



POMPES À CHALEUR : UN COP MOYEN À 4 EST INDISPENSABLE POUR RÉUSSIR LE PARI DE LA SNBC

Pour réussir à répondre aux budgets énergétique et carbone de la nouvelle SNBC, le coefficient de performance (COP) des pompes à chaleur doit être de 4 en moyenne sur le parc résidentiel à horizon 2050, pour le neuf et l'existant. Ce niveau de performance semble réaliste aux vues des équipements actuels et des évolutions récentes des performances des PAC.

²⁹ Le mix énergétique pour la construction neuve est celui proposé dans le scénario de référence de la SNBC



Bureau d'étude thermique et fluides, l'activité de **Pouget Consultants** se situe au croisement des métiers de l'immobilier et de la performance énergétique et environnementale.

Nous œuvrons au quotidien, autour de deux pôles d'activité construction et rénovation, sur des missions de conseil, de recherche et développement et d'études techniques de la conception jusqu'à l'exploitation avec **pour vocation la maîtrise de l'énergie, bâtiments basse consommation, bâtiments haute qualité environnementale.**

Nos valeurs :

- Ecouter : comprendre les besoins, soigner la communication, entendre l'utilisateur
 - Agir : raisonner avec pragmatisme, agir collectivement, concevoir demain
 - Maintenant : devancer les tendances, donner la direction
 - Autrement : apporter une vision nouvelle, réaliser des bâtiments confortables, désirables et responsables
-



Carbone 4 est le premier cabinet de conseil indépendant spécialisé dans la stratégie bas carbone et l'adaptation au changement climatique.

Animée par des valeurs d'engagement, d'intégrité et d'audace, l'équipe Carbone 4 est formée de plus de quarante collaborateurs passionnés et experts : des compétences techniques à la stratégie, finance et gestion de projet.

Notre objectif commun depuis 2007 : **guider nos clients dans la compréhension du monde qui se dessine.**

En permanence à l'écoute des signaux faibles, nous déployons une vision systémique de la contrainte énergie-climat, et avons à cœur d'accompagner la nécessaire transformation technique d'une transformation humaine.

Nous mettons notre rigueur et notre créativité en œuvre pour transformer nos clients en leaders du défi climatique et embarquer les acteurs dans le changement.
