

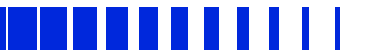


THE CARBON
TRANSITION
THINK TANK

HABITER DANS UNE SOCIÉTÉ BAS CARBONE

DANS LE CADRE DU
**PLAN DE TRANSFORMATION
DE L'ÉCONOMIE FRANÇAISE**

OCTOBRE 2021





En architecture, il y a, si je puis m'exprimer ainsi, deux façons d'être vrai. Il faut être vrai selon le programme, vrai selon les procédés de construction. Être vrai selon le programme, c'est remplir exactement, scrupuleusement, les conditions imposées par un besoin. Être vrai selon les procédés de construction, c'est employer les matériaux suivant leurs qualités et leurs propriétés

EUGÈNE VIOLLET-LE-DUC
CÉLÈBRE ARCHITECTE FRANÇAIS DU XIXE SIÈCLE

AVANT PROPOS

Le secteur du logement est en lien direct avec l'organisation de nos sociétés et c'est d'ailleurs une composante majeure de la structuration spatiale qu'elle induit et produit. La densité et les formes urbaines varient avec les contraintes extérieures, la nécessité de nous regrouper ou la possibilité de nous déplacer pour échanger et nous rencontrer.

Parce qu'il constitue la première couche de notre environnement que c'est l'un des espaces où nous passons le plus de temps, **le logement doit avant tout fournir les services de base qui nous permettent de survivre et de prospérer sous nos climats inadaptés au métabolisme humain**, tout en satisfaisant au principe d'homéostasie².

Le logement est donc l'une des bases de nos conditions matérielles d'existence et il exerce une influence majeure sur l'ensemble de nos vies. C'est pour y répondre que nous avons besoin de logements solides, résistants aux intempéries comme aux intrusions, et pérennes afin d'être transmis. Mais cette solidité génère d'importants impacts au moment de la construction. C'est encore pour répondre encore à ces besoins que nous chauffons nos logements. Nous le faisons de manière moderne avec des énergies qui nous ont apporté le confort et la santé (malgré une précarité énergétique qui persiste dans des proportions significatives), et ont participé au recul de l'insalubrité de l'habitat.

Ce rapport ne s'essaie pas à les chiffrer, mais les co-bénéfices d'un logement de qualité, aux normes énergétiques et environnementales, sont nombreux.

Les enjeux sociaux autour du non-logement, du mal-logement, de la sur-occupation ou de la précarité énergétique sont immenses.

Ils ne sont pas au cœur de ce rapport, qui met l'accent sur les enjeux environnementaux. Néanmoins, la rénovation du parc bâti, principale tâche à mener pour la réduction de l'empreinte environnementale du logement, aura un impact très positif sur la précarité énergétique, et couplée à des politiques d'habitat, elle constitue une opportunité d'action massive.

Ce rapport s'intéresse également à la quantité de logement à construire, et cherchera à prendre en compte les insuffisances du parc actuel, malgré la difficulté à les quantifier.

De nombreuses réflexions ont déjà été menées sur la rénovation énergétique de notre parc de logement et les publications et plaidoyers se succèdent actuellement à un rythme inédit, venant aussi bien d'acteurs institutionnels que d'acteurs de terrain. Les bonnes idées qui n'ont encore pu être testées sont donc légions.

Dans ce contexte, *The Shift Project* n'a pas, à travers le présent rapport, l'ambition de présenter une approche en rupture avec ces nombreux travaux de qualité. Nous n'allons pas non plus proposer des solutions clefs en main pour une mise en œuvre effective de la trajectoire. Nous allons plutôt proposer une vision pertinente qui s'inscrit dans le cadre général du Plan de transformation de l'économie française (PTEF) et de son approche des flux d'énergie, de matière et d'emploi.

Ce rapport doit permettre de prendre du recul en intégrant la transformation du logement à la vision systémique du PTEF, ce qui implique de dépasser le périmètre des objets techniques habituellement considérés et de les considérer en lien avec l'organisation du territoire, et tout ce que nous entendons par « habiter » dans notre société.

² Ou homéothermie en l'occurrence, c'est-à-dire le maintien de la température vitale du corps

À PROPOS DU PTEF

Le Plan de transformation de l'économie française (PTEF) vise à proposer **des solutions pragmatiques pour décarboner l'économie**, secteur par secteur, en favorisant la résilience et l'emploi.

Initié au début du premier confinement, ce plan s'inscrit dans la perspective du fameux « monde d'après », et a vocation à **alimenter le débat public** : entre autres celui qui va précéder l'élection présidentielle de 2022. Il s'agit de concevoir à grande échelle un programme systémique de mesures opérationnelles (réglementaires, économiques, fiscales, sociales, organisationnelles) destinées à rendre l'économie effectivement compatible avec la limite des 2 °C désormais communément prise pour objectif.

L'élaboration du PTEF repose sur quatre piliers :

1. Adopter une **approche globale, systémique** et cohérente du point de vue des lois de la physique et de la technique, et des flux économiques.
2. **S'intéresser aux vraies ressources rares**: les ressources physiques et les compétences, l'emploi étant au cœur du dispositif.
3. **Faire des propositions pragmatiques, opérables** dès à présent, de façon à ouvrir un chemin de décarbonation réaliste et cohérent au sein d'une transformation de long-terme qui impose un rythme de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) d'environ 5 % par an en moyenne dès aujourd'hui.

4. **Ne pas reposer sur le pari de la croissance économique** (ce qui semble particulièrement adapté à la période), ni sur des évolutions technologiques supposées advenir mais encore non éprouvées.

Le PTEF est organisé selon quatre catégories :

1. **secteurs « usages »** : mobilité quotidienne, mobilité longue distance, logement, usages numériques ;
2. **secteurs « serviciels »** : santé, culture, administration publique ; défense, enseignement supérieur et recherche ;
3. **secteurs « amont »** : agriculture-alimentation, forêt-bois, énergie, fret, matériaux et industrie, industrie automobile ;
4. **et enfin chantiers transversaux** : emploi, finance, bouclage énergétique, bouclage matières, villes et territoires.

Certains secteurs (enseignement supérieur et recherche, défense et sécurité intérieure, forêt-bois) ont fait l'objet de recherches préparatoires mais ne seront finalement pas détaillés, au moins dans un premier temps. Certains sujets initialement traités dans des chantiers transversaux (résilience et impacts, villes et territoires), ont finalement été en partie intégrés aux travaux sectoriels ou à d'autres projets du *Shift Project* connectés (comme le projet Stratégies de résilience des territoires). D'autres sujets initialement traités dans des secteurs (la cohérence énergétique et matérielle) sont devenus des chantiers transversaux.

Les 500 000 € collectés en 2020 grâce à près de 4 000 donatrices et donateurs (que nous remercions !), ont permis de réaliser de premières publications en 2020, et de lancer les travaux sectoriels début 2021. Pour aller plus loin, le *Shift Project* a lancé fin avril 2021 un « Appel à contribution » destiné aux entreprises, pour financer et nourrir le PTEF. En parallèle, la consultation « Big Review » lancée en octobre 2020 par les Shifters s'est poursuivie jusqu'à l'été 2021.

En 2020, tous les travaux sectoriels et transversaux ont été menés de front (voir la synthèse). En 2021, les travaux de recherche continuent, cette fois secteur par secteur, en consultant et en mobilisant le plus grand nombre d'acteurs possible. Nous avons publié en avance de phase un premier rapport sur l'aérien, qui tient une place à part dans le PTEF du fait de l'urgence de la situation du secteur : « Pouvoir voler en 2050 ». Après la publication de nombreux rapports intermédiaires (l'administration publique, culture, santé, et emploi, **nous sommes heureux de vous présenter ce tout premier rapport final publié dans le cadre du PTEF.**

Qu'est ce que le Plan de transformation de l'économie française (PTEF) ?

Le PTEF est un vaste programme opérationnel pour nous emmener vers la neutralité carbone.

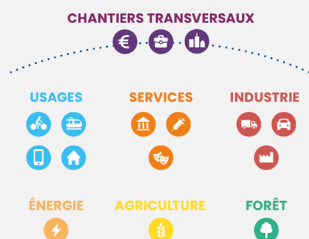
Né dans le sillage de la crise sanitaire, le PTEF vise à proposer des solutions pragmatiques pour **transformer l'économie**, en la rendant :

— **carbonnée** + **résiliente** 📁 **et créatrice d'emplois**



Comment ?

Lancé par le Shift Project en mars 2020, il traite d'une **quinzaine de secteurs** à travers une approche **globale, systémique, et cohérente** du point de vue des lois de la physique et des flux économiques.



Sous forme de rapports sectoriels
(publications sur 2021 et 2022)



Et d'un livre résumant le PTEF
(publication en janvier 2022)

L'objectif

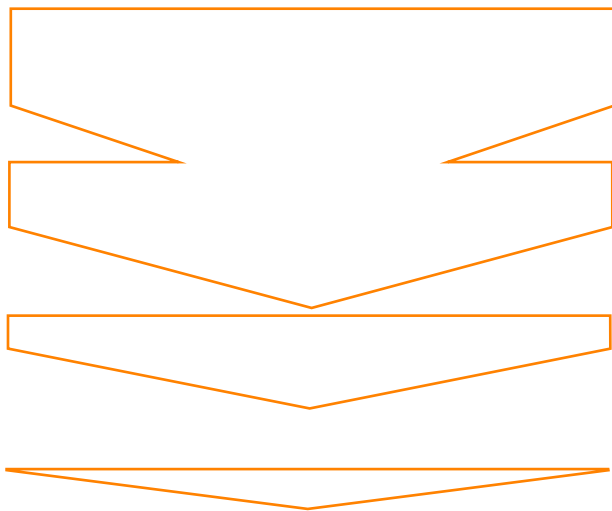


Ce plan a vocation à **peser dans le débat public** qui va précéder l'élection présidentielle de 2022.

Notre objectif est de convaincre un maximum de **décideurs politiques et économiques de planifier la transition**, avec des propositions concrètes et chiffrées.



À PROPOS DU *SHIFT PROJECT*



Le **Shift Project** est un think tank qui œuvre en faveur d'une économie libérée de la contrainte carbone. Association loi 1901 reconnue d'intérêt général et guidée par l'exigence de la rigueur scientifique, sa mission est **d'éclairer et d'influencer** le débat sur la transition énergétique et climatique en Europe.

Le *Shift Project* constitue **des groupes de travail** autour des enjeux les plus décisifs de la transition, produit **des analyses** robustes et chiffrées sur ces enjeux et nous élabore **des propositions** rigoureuses et innovantes. Il mène des campagnes d'**influence** pour promouvoir les recommandations de ses groupes de travail auprès des décideurs politiques et économiques. Il organise également des événements qui favorisent les discussions entre parties prenantes et bâtit des partenariats avec des organisations professionnelles et académiques, en France et à l'étranger.

Le *Shift Project* a été fondé en 2010 par plusieurs personnalités du monde de

l'entreprise ayant une expérience de l'associatif et du public. Il est soutenu par plusieurs **grandes entreprises** françaises et européennes, ainsi que par des organismes publics, des associations d'entreprises et depuis 2020 par des PME et des particuliers. Il est épaulé par un réseau de plusieurs **milliers de bénévoles** présents sur tout le territoire : *The Shifters*.

Depuis sa création, le *Shift Project* a initié **plus de 40 projets d'étude**, participé à l'émergence de deux manifestations internationales (Business and Climate Summit, World Efficiency), et organisé plus de 70 colloques, forums, ateliers et conférences. Il a pu influencer significativement plusieurs débats publics et décisions politiques importantes pour la transition énergétique, en France et au sein de l'Union européenne.

L'ambition du *Shift Project* est de mobiliser les entreprises, les pouvoirs publics et les corps intermédiaires sur les risques, mais aussi et surtout sur les opportunités engendrées par la « double contrainte carbone » que représentent ensemble **les tensions sur l'approvisionnement énergétique et le changement climatique**. Sa démarche est marquée par un **prisme d'analyse particulier**, fondé sur la conviction que l'énergie est un facteur de développement de premier ordre : dès lors, les risques induits par le changement climatique, intimement liés à l'usage de l'énergie, relèvent d'une complexité systémique et transdisciplinaire particulière. **Les enjeux climat-énergie conditionnent l'avenir de l'humanité, il est donc nécessaire d'intégrer cette dimension le plus rapidement possible à notre modèle de société.**

REMERCIEMENTS

Ce rapport final est le fruit d'un travail collectif orchestré par **Rémi Babut**, ingénieur et urbaniste, chef du projet « Logement » au *Shift Project*, **Guillaume Piaton**, ingénieur, co-pilote du projet lors de la rédaction de la V0. L'ensemble de ce travail a été accompagné par **Maxime Efoui-Hess**, coordinateur du secteur du Logement pour le PTEF, et par **Laurent Morel**, administrateur du *Shift Project*.

Les aspects d'emplois, de compétences et de formation ainsi que de financement ont été couverts par **Vinciane Martin** et **Antoine Belloir**, sous la direction de **Yannick Saleman** et en lien avec le chef de projet.

Des professionnels du secteur ont également contribué à la relecture, notamment **Oriane Cebile** ainsi que **Sylvain Baudouin** et **Bruno Hemery**.

Ce projet a bénéficié de l'apport de plusieurs équipes d'étudiants de l'École des Ponts ParisTech, encadré pendant un semestre par le chef de projet **Rémi Babut**, dans le cadre du Séminaire du département Ville, Environnement, Transports (VET). *The Shift Project* remercie l'École des Ponts ParisTech, et en particulier **François-Laurent Touzain**, président du département VET, et **Cécilia Cruz**, responsable académique du département VET, ainsi que les autres intervenants du séminaire qui ont partagé leurs connaissances et ressources avec les étudiants, et les experts qui leur ont accordé du temps au travers d'entretiens.

The Shift Project remercie chaleureusement l'ensemble des étudiants pour leur investissement dans la production de document et d'analyses de qualité.

- Groupe Besoin en construction neuve : **Thérèse Blanchet, Thiago Ikuno, Xu Lu, Sacha Rybaltchenko, Ghadi Zaidan**
- Groupe Artificialisation des sols : **Isadora Araújo Oliveira, Brunilde Bachelet, Andres Garcia-Treceno, Riho Ishii, Julien Munoz, Émile Wallart**
- Groupe Réseaux de Chaleur : **David Bedoya-Taborda, Antoine Bouquaheux, Juan Montani, Hadrien Thebault, Lou Valide, Tommaso Zaini**
- Groupe Évolution liée au changement climatique des besoins en chauffage et de climatisation : **Clément Daguene, Paul Grédigui, Matthieu Maugenest, Damian Pedro Saint Martin, Narciso Sena Fracaroli, Fernanda Teixeira Costa**

Certains résultats et éléments de méthode établis au cours de ce Séminaire ont été directement repris et intégrés au présent rapport ainsi qu'à la méthode de calcul. Les travaux des groupes seront disponibles prochainement.

Ce projet a également reçu le soutien des membres de l'équipe du *Shift Project* et des *Shifters* qui nous ont accordé leur temps, dont **Emma Stokking, Jean-Noël Geist, Alice Finez, Véronique Molénat, Guillaume Allart** et **Alexis Klein** pour la relecture et **Anaïs Carrière, Illan Thibout** et **Thomas Bénézech** pour le graphisme. Nous tenons ici à les en remercier.

L'équipe remercie également l'ensemble des personnes qui ont apporté leur aide, leur expertise et leurs conseils dans l'élaboration de cette publication, ainsi que les organisations ayant bien voulu partager certaines données et expertises comme I4CE.

Nota bene

Les interprétations, positions et recommandations figurant dans ce rapport ne peuvent être attribuées ni aux contributeurs, ni aux relecteurs cités ci-dessus. Le contenu de ce rapport n'engage que le Shift Project.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	14
I. Périmètre et enjeux	15
A. Le parc de logement français : une typologie particulière au sein de l'Europe	15
B. Le logement dans la consommation d'énergie et les émissions du territoire	16
C. Évolutions en cours du secteur	18
II. Un secteur exposé et difficile à transformer	20
A. Le logement face à l'évolution du climat	20
B. Le logement face au prix de l'énergie	20
C. Une multitude d'actions décentralisées qui ne peuvent être pilotées uniquement par l'offre	21
III. Interactions	23
A. Approvisionnement énergétique	23
B. Consommations de matière	23
C. Le logement dans les systèmes territoriaux	23
LE CHEMIN PROPOSÉ PAR LE PTEF	26
I. Faire preuve de sobriété dans les constructions neuves	28
A. Un sujet capital et difficile	30
B. Des impacts importants sur l'artificialisation des sols	31
C. Les leviers de transformation du PTEF sur la construction neuve	34
II. Massifier la rénovation énergétique globale et performante	40
III. Décarboner la chaleur	43
III. Mobiliser le bâtiment comme puits de carbone	51
A. De la nécessité de décarboner l'acte constructif	52
B. Les matériaux de construction dans le PTEF	56
LE LOGEMENT APRÈS TRANSFORMATION	60
I. Description physique du logement après transformation	61

TABLE DES MATIÈRES

II. Les impacts énergie-climat du logement après transformation	63
III. Description concrète des modes de vie	64
IV. Résilience du logement	65
EMPLOI ET FINANCEMENT	67
I. Anticiper l'évolution du besoin en emploi dans le logement	69
II. Accélérer et accompagner la transformaion de l'emploi et des compétences	70
III. Financement des rénovations de logements privés	71
Principales recommandations	71
BIBLIOGRAPHIE	73
ÉQUIPE DU PROJET	75
ANNEXES	76
Modélisation du parc	
A. Données de calcul	77
B. Initialisation	78

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : L'évolution du parc de logement entre 2008 et 2020	15
Figure 2 : Répartition du parc de logement français	16
Figure 3 : Empreinte carbone moyenne par habitant en 2018, ventilée par secteur	16
Figure 4 : Segmentation du parc résidentiel français, 2013	16
Figure 5 : Consommations énergétiques du secteur résidentiel en 2019	17
Figure 6 : Mix énergétique pour le chauffage résidentiel	17
Figure 7 : Évolution des émissions de GES et de la surface totale des logements (scope 1)	18
Figure 8 : Évolution de la contribution des facteurs explicatifs de l'évolution des émissions de CO2 liées aux consommations d'énergie dans le logement entre 1990 et 2016 (scope 1+2)	18
Figure 9 : Taux de logements vacants depuis plus d'un an par commune, en %, 2017	24
Figure 10 : Classification des EPCI selon leur croissance et leur consommation d'espace	25
Figure 11 : Part de la consommation pré- engagée dans la consommation totale et structure de la consommation pré-engagée, selon la catégorie sociale	30
Figure 12 : Répartition des logements selon le nombre d'occupants	31
Figure 13 : Consommation nationale d'espaces naturels, agricoles et forestiers détaillée par usage	32
Figure 14 : L'artificialisation des sols, comptabilisée à travers la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers	32
Figure 15 : Nombre de permis de construire par communes depuis 2017	32
Figure 16 : Trajectoire d'artificialisation dans le cadre d'un scénario <i>Modéré</i> (flux annuels d'artificialisation)	34
Figure 17 : Certains documents locaux peuvent contenir des objectifs chiffrés de production de logements (PLH), voire de trajectoires d'émissions de GES (PCAET, SRADDET)	35
Figure 18 : Scénarios de construction neuve sur la période 2020 – 2050, en nombre annuel de nouveaux logements construits (MI : Maisons individuelles, LC : Logements collectifs)	35
Figure 19 : Scénario Médian utilisé au sein du PTEF sur la production actuelle de nouveaux logements afin d'obtenir une estimation du parc en 2050.	36
Figure 20 : Schéma fonctionnel du modèle d'évaluation des besoins en logements neufs	37
Figure 21 : Besoins en logements neufs supplémentaires par rapport à un scénario tendanciel pour différents scénarii	37
Figure 22 : Évolution du parc de maisons individuelles français par étiquette de performance énergétique	42
Figure 23 : Évolution du parc de logements collectifs français par étiquette de performance énergétique	42
Figure 24 : Évolution du parc par énergie, maison individuelle	44
Figure 25 : Les ventes de PAC aérothermiques depuis 2013	45
Figure 26 : Marché des systèmes de chauffage central individuel en France (toutes énergie)	45
Figure 27 : Évolution du parc par énergie, logement collectif	47
Figure 28 : Facteur d'émission moyen des réseaux de chaleurs français	46

TABLE DES FIGURES

Figure 29 : Évolution des livraisons de chaleur et comparaison avec les objectifs de la PPE	47
Figure 30 : Schéma fonctionnel du modèle	48
Figure 31 : Chaleur de réseaux délivrée dans le résidentiel par source	48
Figure 32 : Consommation des chauffages par type d'énergie (MI)	49
Figure 33 : Consommation des chauffages par type d'énergie (LC)	49
Figure 34 : Consommations d'énergie, logement	49
Figure 35 : Émissions liées à l'usage des logements et comparaison avec la trajectoire SNBC	49
Figure 36 : Facteurs d'émissions et quantité de matière (en italique) utilisés dans le cadre de la modélisation pour les différents actes constructifs pour l'année 2021	52
Figure 36 : Illustration de principe du cumul des émissions de gaz à effet de serre (E,GES,PCE) dans le temps	54
Figure 37 : Répartition de l'empreinte des produits de constructions et équipements par macrolot Données : Observatoire E+C	54
Figure 38 : Empreinte carbone des bâtiments résidentiels européens par matériaux	54
Figure 39 : Émissions moyennes d'un lot par matériaux	54
Figure 40 : Comparaison du poids carbone en teqCO_2 de différents isolants pour résistance thermique donnée ($R = 5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)	55
Figure 41 : Évolution entre 2015 et 2050 des taux d'intégration des différents matériaux au sein des maisons individuelles neuves, à partir de l'étude ADEME susmentionnée	56
Figure 42 : Évolution entre 2015 et 2050 des taux d'intégration des différents matériaux au sein des logements collectifs neufs, à partir de l'étude ADEME susmentionnée	56
Figure 43 : Consommation de matière, logement neuf & rénovation	57
Figure 44 : Consommation de matière biosourcée des logements neufs et rénovés	58
Figure 45 : Consommation de chauffage par système	58
Figure 46 : Comparaison des émissions d'usage et de construction (tout logement confondu)	59
Figure 47 : Parc de logement en 2050 par étiquette énergie (DPE antérieur à juillet 2021)	62
Figure 48 : Évolution des consommations de chauffage et de climatisation du secteur résidentiel à l'horizon 2050 par zones climatiques	65
Figure 49 : Évolution des consommations de chauffage et de climatisation du secteur résidentiel à l'horizon 2050 sous scénario RCP8.5 avec rénovation du parc de logement	66
Figure 50 : Schéma de principe du modèle réalisé pour le secteur Logement du PTEF et des interactions avec les autres secteurs	77
Figure 51 : Comparaison des principales caractéristiques du parc modélisé par <i>The Shift Project</i> avec celle du parc modélisé par le service statistique du ministère de l'environnement (SDES)	78
Figure 52 : Nombre de logement en fonction des combustibles de chauffage	79

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ANAH	Agence nationale de l'habitat	PPE	Programmation pluriannuelle de l'énergie
BBC	Bâtiment basse consommation	PTEF	Plan de transformation de l'économie française
CEE	Certificats d'économie d'énergie	RCU	Réseau de chaleur urbain
CET	Chauffe-eau thermodynamique	RE2020	Réglementation environnementale du bâtiment entrant en vigueur en janvier 2022
CO ₂ e	Équivalent CO ₂ (métrique PRG100)	SCOT	Schéma de cohérence territoriale
CVC	Chauffage, ventilation, climatisation	SDP	Surface de plancher
DPE	Diagnostic de performance énergétique	SHAB	Surface habitable
ECS	Eau chaude sanitaire	SNBC	Stratégie nationale bas carbone
ENAF	Espace naturels, agricoles et forestiers	SRADDET	Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires
ETP	Équivalent temps plein	VRD	Voirie et réseaux divers
FDSE	Fiche de déclaration environnementale et sanitaire	ZAN	Zéro artificialisation nette
GES	Gaz à effet de serre		
GPL	Gaz de pétrole liquéfié		
kWhEF	kilowatts-heures d'énergie finale		
kWhEP	kilowatts-heures d'énergie primaire		
LC	Logement collectif		
MI	Maison individuelle		
PAC	Pompe à chaleur		
PCAET	Plan climat-air-énergie territorial		
PLH	Programme local de l'habitat		
PLU(i)	Plan local d'urbanisme (intercommunal)		
PCI	Pouvoir calorifique inférieur		
PCS	Pouvoir calorifique supérieur		

INTRODUCTION

I. PÉRIMÈTRES ET ENJEUX

A. Le parc de logements français : une typologie particulière au sein de l'Europe

Le bâtiment résidentiel représente aujourd'hui **un dixième des émissions de gaz à effet de serre (GES)** en France, [1], en très grande majorité du fait du **chauffage et des consommations d'eau chaude sanitaire (ECS)**. **Ce parc de logements présente notamment les caractéristiques suivantes :**

- un taux de vacance élevé ;
- une forte proportion de maisons individuelles (73 % des m² résidentiels et 56 % des logements [2]) ;
- une proportion importante de propriétaires occupants dans l'habitat individuel ;
- une proportion importante de logements sociaux dans le collectif ;
- des logements plus petits que nos voisins européens (90 m² en moyenne contre 92 m² en Allemagne, 94 m² au

Royaume-Uni, et jusqu'à 119 m² aux Pays-Bas) ;

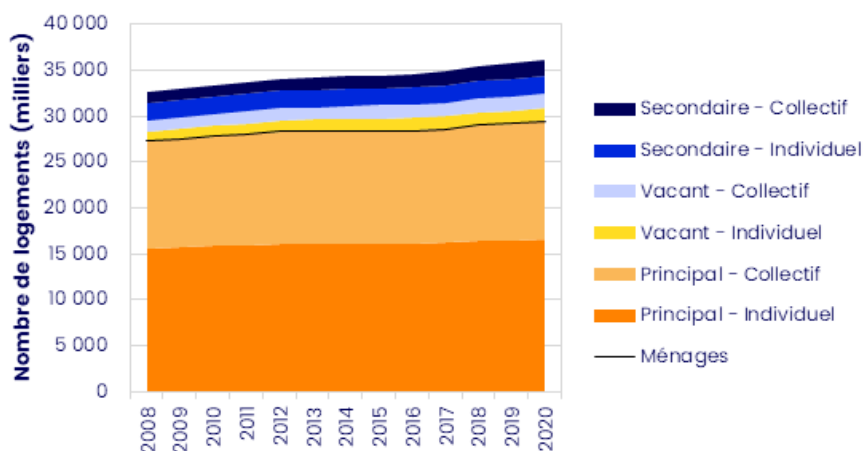
- un rythme d'artificialisation du sol plus forte que plusieurs pays d'Europe.

En résidence principale, **l'habitat individuel représente 16,3 millions de logements**, en large majorité **occupés par le propriétaire (82 %)**.

L'habitat collectif regroupe 12,6 millions de logements, principalement des immeubles de moins de huit logements et de moins de quatre étages, dont la moitié en copropriété et un tiers en logement social.

Les **résidences secondaires** (environ **10 %**) et **logements vacants** (environ **8 %**) représentent ensemble près d'un cinquième du parc bâti [2]. Il est à noter que les logements vacants le sont pour moitié depuis moins d'un an, ce qui correspondrait à la vacance frictionnelle, nécessaire à la fluidité du parc. L'autre moitié de la vacance traduirait une vacance structurelle.

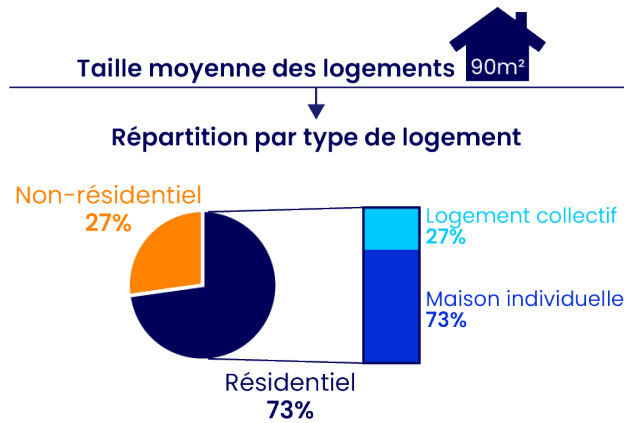
Figure 1 : L'évolution du parc de logement entre 2008 et 2020



Source : The Shift Project.

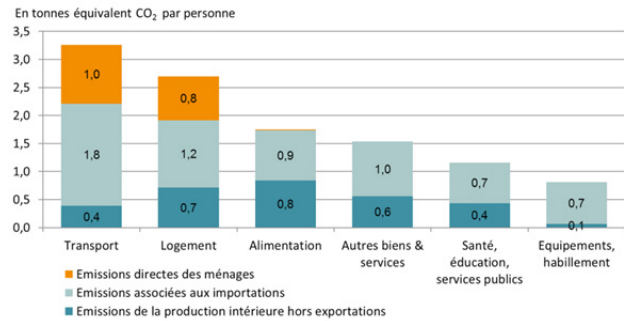
[1] Source : INSEE (2019) Tableaux de l'économie française - 71 Logement

Figure 2 : Répartition du parc de logement français



Source : HCC, Rénover mieux, leçons d'Europe [4] [1]

Figure 3 : Empreinte carbone moyenne par habitant en 2018, ventilée par secteur [5]



Note : l'empreinte porte sur les trois principaux GES (CO₂, CH₄, N₂O)
 Champ : France + départements et régions d'outre-mer (périmètre Kyoto)

B. Le logement dans la consommation d'énergie et les émissions du territoire

Le logement est, après le transport, la deuxième source d'émissions de CO₂ au niveau national.

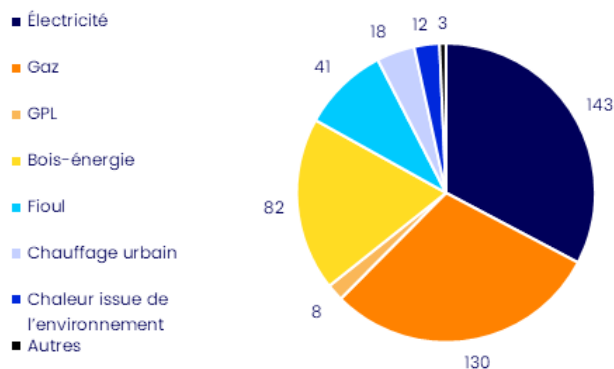
Figure 4 : Segmentation du parc résidentiel français, 2013



Source : The Shift Project [3]

[4] Pour mesurer l'impact du service fourni, nous utiliserons, en complément des indicateurs ramenés à la surface en m² communément utilisés, des indicateurs ramenés à l'habitant et au logement (ex : en complément de la consommation en kWh/m², nous utiliserons des kWh/log et des kWh/hab). Cela permettra de mieux appréhender le bilan carbone de chacun et les effets concrets des leviers de sobriété mobilisés

[5] Sources : Citepa, AIE, FAO, Douanes, Eurostat, Insee. Traitements : SDeS, 2019.

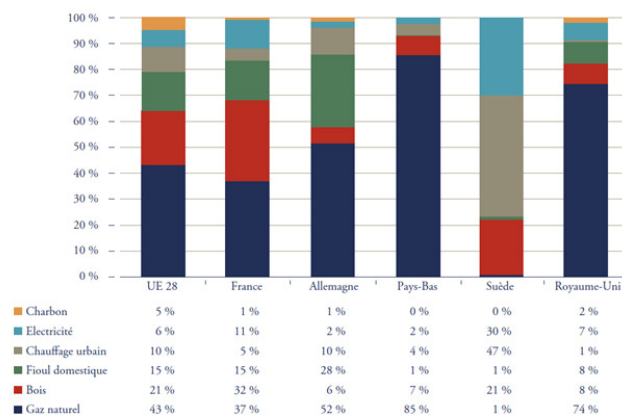
Figure 5 : Consommations énergétiques du secteur résidentiel en 2019

Source : SDES

Comme tous les secteurs de l'économie, **le secteur du logement fait face aux enjeux des décennies à venir**, notamment conditionnés par la **double contrainte carbone**.

Ses objectifs et stratégies d'évolutions doivent donc dès maintenant intégrer une **réduction des émissions** associées aux activités qu'il recouvre, ainsi que la **sortie de sa dépendance aux énergies fossiles**.

On dénombre aujourd'hui entre 2,6 et 5,1 millions de ménages touchés par la **précarité énergétique en France** [6]. L'amélioration de l'habitat doit permettre de diminuer la dépense contrainte que constitue l'énergie de chauffage, encore dépendante à plus de 50 % des énergies fossiles (gaz naturel et fioul domestique notamment).

Figure 6 : Mix énergétique pour le chauffage résidentiel

Source : HCC d'après données Odyssée

Le secteur du bâtiment est un secteur clé dans la gestion de l'énergie puisqu'il impacte le dimensionnement du système électrique, notamment parce que la demande de chauffage est une composante majeure du pic de puissance électrique appelée, en tant que bandeau de consommation important [7] [4]. La réduction des besoins et des puissances nécessaires doit permettre de limiter la contrainte sur le parc de production français (notamment électrique).

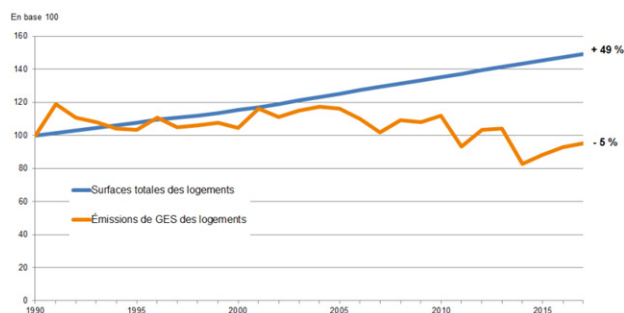
Du fait de leur longue durée de vie, les bâtiments ont la **capacité de stocker du carbone** en intégrant des produits biosourcés. Cette intégration doit être envisagée en cohérence avec les ressources disponibles et la complémentarité ou l'éventuelle concurrence avec d'autres usages (comme le recours à la biomasse pour la génération d'énergie par exemple).

[6] Les chiffres varient selon le mode de comptabilité choisi. La loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement pose une définition de la précarité énergétique : « est en situation de précarité énergétique une personne qui éprouve dans son logement des difficultés particulières à disposer de la fourniture d'énergie nécessaire à la satisfaction de ses besoins élémentaires en raison de l'inadaptation de ses ressources ou de ses conditions d'habitat ».

[7] Dans une journée typique d'hiver, le chauffage représente environ 20 % de la puissance appelée lors de la pointe de puissance liée aux usages du soir.

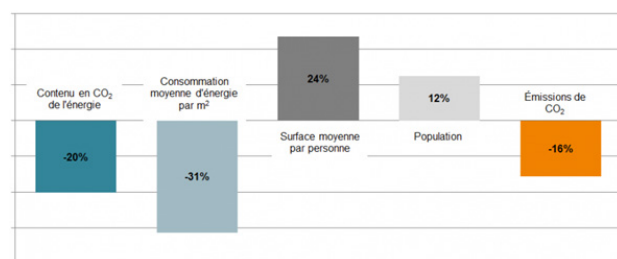
Les émissions associées au secteur du bâtiment, dont le logement, ont tendance à diminuer, mais à un rythme trop faible au vu des objectifs nationaux. Le budget carbone consommé entre 2015 et 2018 surpasse de 16 % celui permis par la première trajectoire de la Stratégie nationale bas carbone (SNBC 1) [5]. Cela est notamment dû à la concurrence de deux grandes tendances contradictoires : d'une part l'amélioration de l'efficacité et de la décarbonation de l'énergie consommée par les bâtiments, d'autre part la croissance de l'espace à chauffer.

Figure 7 : Évolution des émissions de GES et de la surface totale des logements (scope 1)



Source : Les émissions des GES du secteur résidentiel [6]

Figure 8 : Évolution de la contribution des facteurs explicatifs de l'évolution des émissions de CO₂ liées aux consommations d'énergie dans le logement entre 1990 et 2016 (scope 1+2)



Source : Les émissions des GES du secteur résidentiel [6]

[6] Source : <https://ree.developpement-durable.gouv.fr/themes/defis-environnementaux/changement-climatique/emissions-de-gaz-a-effet-de-serre/article/les-emissions-des-gaz-a-effet-de-serre-du-secteur-residentiel>

[6] Ibid. D'après la source, la différence de scope explique les écarts de chiffres avec le graphe précédent. La prise en compte du scope 2, au sein duquel le chauffage urbain est un poste important, induit des différences notables.

En plus de la double contrainte carbone, le secteur résidentiel français se doit d'intégrer dans ses dynamiques d'évolution les autres contraintes environnementales et de résilience qui s'imposent à lui, dont notamment celle de l'artificialisation des sols. L'habitat, et en particulier l'habitat individuel, est en effet de loin le **premier vecteur d'artificialisation des sols**. La vision proposée pour ce secteur dans le cadre du PTEF recherche ainsi la compatibilité avec une contrainte de **zéro artificialisation nette**.

C. Évolutions en cours du secteur

Les méthodologies de mesure et de suivi des impacts énergie et carbone des bâtiments se sont multipliées et perfectionnées au cours des dernières décennies, rendant le bilan carbone des bâtiments de plus en plus fréquent et complet :

- Concernant les bâtiments existants, la part liée à la consommation d'énergie pour le chauffage, l'ECS et le refroidissement est depuis longtemps évaluée par le Diagnostic de performance énergétique (DPE), obligatoire à chaque vente ou pour la mise en location des logements. Celui-ci a été réformé à partir de juillet 2021 pour devenir juridiquement opposable et intègre maintenant l'évaluation d'autres usages (éclairage, ventilation et auxiliaires). Cette évaluation deviendra plus systématique, puisque les bâtiments construits avant 1948 n'en seront plus exemptés comme c'était le cas jusqu'à aujourd'hui.
- Concernant les bâtiments neufs, la RE 2020 (réglementation environnementale du bâtiment entrant en vigueur

en janvier 2022) impose, lors de la conception d'un bâtiment, d'évaluer son empreinte carbone en analyse du cycle de vie, incluant de fait les émissions indirectes liées notamment aux matériaux utilisés dans la construction. Cette analyse de cycle de vie permettra de quantifier les impacts au-delà du critère réchauffement climatique avec d'autres indicateurs environnementaux.

Les évaluations carbone se doivent en effet de prendre en compte les différents scopes d'émissions associés aux activités du bâti :

- Les scopes 1 et 2, qui permettent notamment d'effectuer un suivi des consommations d'énergie des bâtiments (comme celles des Réseaux de chaleur urbain (RCU), au sein du scope 2, qui constitue un secteur de la fourniture d'énergie très majoritairement orienté vers le bâtiment) ;
- Le scope 3 qui permet notamment de suivre et de piloter les évolutions des mix de matériaux utilisés et leurs méthodes de production et de gestion en fin de vie [9].

Ces outils forment un socle méthodologique nécessaire à la réalisation et au déploiement de véritables stratégies de décarbonation du bâti, mais ne se suffisent pas à eux-mêmes. Pour aboutir à une réduction des émissions de GES à la hauteur des objectifs nationaux, il est nécessaire de penser le secteur et ses acteurs à grande échelle et de considérer les interactions qui régissent leurs dynamiques internes et les lient au reste des flux et contraintes de l'économie.

D. Des manques

La mise au point d'une stratégie de décarbonation viable pour le résidentiel ne peut s'affranchir d'une réflexion sur la manière d'habiter et les usages qui y sont

liés : mobilité, aménagement, dynamiques urbaines et de territoires, évolution et structuration des bassins de vie et d'activité, transformation de l'emploi, etc. Ces liens ne sont que trop peu tirés entre les différentes approches.

De manière générale, la stratégie de gestion des sols des collectivités se devrait d'être consolidée avec des prévisions de consommation et d'affectation aux différents usages phasées dans le temps et prenant en compte les diverses ambitions de développement du territoire. Ces prévisions devraient ensuite être suivies de manière dynamique en fonction des autorisations d'urbanisme. Cela permettrait d'être en mesure de piloter de manière plus efficace les évolutions à la fois conjointes et concurrentes des différents équilibres territoriaux (agriculture, étalement urbain, biodiversité, stratégies de développement économique, etc.). Cela doit se faire en favorisant une intégration :

- sectorielle, entre les différents documents thématiques ;
- spatiale, à l'échelle des bassins de vie et même de plusieurs bassins de vie fortement connectés.

Au-delà de la transition en cours vers des documents d'urbanisme intercommunaux tels que les PLUi, cela implique donc un renforcement des mécanismes de coopération entre différentes collectivités face aux dynamiques de concurrence des territoires.

Développer ces axes de travail afin de dresser une vision consolidée des leviers de décarbonation des territoires fait partie des objectifs que The Shift Project ambitionne d'intégrer dans ses travaux sur les questions des « Villes et territoires » [6].

II. UN SECTEUR EXPOSÉ ET DIFFICILE À TRANSFORMER

A. Le logement face à l'évolution du climat

Les modifications des conditions climatiques sont inévitables, et doivent être prises en compte dans les stratégies d'évolution du bâti. La transformation des usages de l'habitat doit non seulement permettre leur décarbonation, mais également les rendre adaptés face aux événements climatiques extrêmes.

- Ainsi, les canicules, dont l'intensification en fait un sujet de santé publique, posent de nouveaux enjeux de confort thermique. Adapter les bâtiments en y améliorant l'isolation et en y installant une ventilation et des protections solaires ainsi qu'un système de rafraîchissement ou une climatisation efficace si nécessaire est une voie plus économe que l'installation de climatiseurs mobiles. Mais cela requiert davantage d'anticipation.
- Les inondations par crues et submersions impliquent par exemple de nouvelles réflexions sur les degrés d'imperméabilisation des sols et sur la gestion des dégradations de long terme sur les bâtiments et les infrastructures (retrait-gonflement des argiles par exemple, fragilisation des ouvrages de génie civil, équipements situés en sous-sol, etc. ^[10]).
- Les incendies dont la durée, la fréquence et la superficie seraient amenées à augmenter, imposent des changements de paradigmes pour certains territoires vis-à-vis de la sécurisation de leurs bassins de vie.

La multiplication et l'intensification de tous ces phénomènes seront d'autant plus importantes que le degré de changement climatique global sera élevé, entraînant une augmentation et une complexification des risques auxquels le bâti se trouve exposé (avec des répercussions évidentes sur sa viabilité économique et sur le système assurantiel). **Il existe donc un double enjeu pour la transformation des modes d'habitation, avec un effet de vases communicants entre atténuation et adaptation** : les efforts non consentis dans l'un seront obligatoirement reportés dans l'autre par les lois de la physique.

B. Le logement face au prix de l'énergie

Si le prix des énergies fossiles s'est maintenu bas ces dernières années, la dépendance aux combustibles fossiles expose les ménages à la volatilité des prix inhérente à ces énergies, ainsi qu'à l'augmentation de la fiscalité carbone ^[8] sans réelle possibilité de s'adapter rapidement à un renchérissement de leur coût, hormis une restriction de la consommation qui se traduirait par un accroissement de la précarité énergétique. Limiter ce risque nécessite une anticipation importante : tout comme on ne peut changer de voiture du jour au lendemain, améliorer son domicile pour qu'il consomme peu d'énergie et y remplacer des systèmes de chauffage fossiles par des systèmes décarbonés est un processus long nécessitant un accompagnement.

^[10] Pour une liste plus complète, voir par exemple Aulagnier et al.

C. Une multitude d'actions décentralisées qui ne peuvent être pilotées uniquement par l'offre

Le marché du logement est le résultat d'une agrégation de multiples dynamiques très autonomes. Les millions de logements diffus constituant le parc sont la propriété de ménages tout aussi nombreux et aux particularités propres (sociologiques, économiques, individuelles etc.). **Agir sur les dynamiques du logement, c'est proposer de déclencher des changements dans des modes d'usages absolument centraux** : l'habitat est à la fois l'un des socles de la vie des individus et un poste d'investissement de très grande envergure pour les ménages. C'est même souvent celui d'une vie. **Les choix des ménages vis-à-vis de leur manière d'habiter et d'investir dans leur logement ne peuvent donc être considérés comme de simples phénomènes déterministes et pilotables.**

Cette complexité implique de construire des stratégies ne s'appuyant pas uniquement sur une réaction des ménages à des mesures agissant sur l'offre, mais s'appuyant également sur la demande.

Les leviers agissant sur l'offre doivent viser la définition d'objectifs et de trajectoires précises pour le bâti, au sein desquels seront proposées des transformations permettant aux constructeurs, promoteurs, artisans et autres acteurs de **développer les compétences et services qui les rendront possibles.** Au-delà de la construction neuve, **un travail sur la valorisation du stock** de logements parfois vacants peut être mené. Il s'agit à la fois de rénover et d'adapter ces logements, mais également de penser leur place dans les systèmes urbains en lien avec les services et infrastructures, pour s'adapter à l'évolution des modes de vie et en faciliter la décarbonation. À une échelle territoriale, cela implique de réfléchir à la répartition des emplois, des polarités

urbaines et des profils des futurs habitants, dans une optique de parcours résidentiel. À ce titre, la concurrence entre territoires (ex : métropolisation excessive au détriment de communes rurales) ou entre formes urbaines (ex : étalement pavillonnaire et commercial au détriment d'un habitat de centre-bourg) peut rendre vains certains des pouvoirs publics. Cette concurrence doit être explicitée pour mettre en place localement les mesures de coopération ou de régulation nécessaires à la réussite d'un projet global.

Les leviers agissant sur la demande doivent notamment permettre de fournir une information claire, vérifiée et surtout accessible : le logement est lié à des investissements importants (tant pour la construction neuve que pour l'achat ou la rénovation) qui ne sont réalisés qu'un nombre de fois limité dans la vie des ménages. **Rendre l'information lisible et disponible en tout instant afin de leur permettre de guider ces investissements au bon moment est ainsi indispensable.** Ceci demande de nombreuses compétences et de nombreux outils qu'il reste aujourd'hui à déployer de manière très large au sein du secteur, au-delà des experts de l'énergétique du bâtiment. Mettre en œuvre une trajectoire de rénovation massive implique **d'emporter la décision de millions de propriétaires** (et, plus complexe encore, des décisions coordonnées dans le cas des copropriétés)

Les outils de subvention et d'incitation, qui se sont révélés insuffisants jusqu'à présent, doivent ainsi être pensés dans cette optique, en prenant en compte ces décisions micro-économiques via des indicateurs adaptés (reste à charge, équilibre en trésorerie par exemple) et des approches impliquant les sciences humaines pour comprendre la diversité des situations.

Les leviers impliquant les pouvoirs publics locaux dans leur rôle de pivot offre-demande se doivent quant à eux d'agir sur les multiples couches de documents stratégiques et réglementaires régissant le droit de l'urbanisme local (SRADDET, SCOT, PLU, PLH, etc.) **afin d'assurer que la cohérence soit continuellement maintenue entre objectifs territoriaux et impératifs de décarbonation du bâti.**

Transformer le secteur du logement passe nécessairement par une conciliation active de l'offre et de la demande qui devra se construire à la fois grâce à des actions sur les compétences des professionnels du secteur et sur le degré d'information des ménages et des acquéreurs. Ainsi seulement une planification efficiente de la transformation et de l'implication des multiples acteurs concernés pourra être construite.



III. INTERACTIONS

Ce travail s'inscrit dans la volonté du PTEF de construire une vision systémique des transformations à engendrer dans la société pour en décarboner les activités. Les conclusions développées dans ce rapport ont ainsi été construites en parallèle des travaux menés sur les autres secteurs et chantiers du Plan. Ceci doit permettre d'assurer la cohérence de l'ensemble et d'explicitier les interactions que les acteurs du logement doivent apprendre à intégrer à leurs réflexions et stratégies de manière systématique.

A. Approvisionnement énergétique

L'état du parc de logements est un paramètre essentiel dans le fonctionnement du **réseau électrique**. Responsable d'environ 25 % de la consommation électrique du territoire ^[1], répartie entre les usages spécifiques et la production de chaleur, le bâti résidentiel est absolument dimensionnant dans les phénomènes de pic de consommation et dans l'équilibre général du réseau.

Il est également à l'origine d'une grande consommation **d'énergie thermique** pour laquelle il convient de mobiliser au mieux la ressource en énergies renouvelables via le solaire thermique, la géothermie, la chaleur fatale et de récupération ainsi que la chaleur issue de l'environnement récoltée par les Pompes à chaleur (PAC) et le bois énergie.

Ces dépendances des évolutions du secteur du logement avec celles du système électrique et des chaînes d'approvisionnement énergétique nationales sont considérées dans le

cadre du PTEF, à la fois du point de vue de l'adaptation liée aux transformations du parc, mais également parce que la disponibilité énergétique des différents vecteurs est l'une des contraintes avec lesquelles le bâti doit être compatible.

B. Consommations de matière

La construction et la rénovation des bâtiments s'appuient sur des flux de matières nombreux et conséquents (ciment et béton, acier, bois, verre, plastiques, cuivre, aluminium, etc.) qui sont liés à des chaînes de valeur souvent fortement carbonées ou sur lesquelles des tensions d'approvisionnement peuvent exister.

Plusieurs des filières de production de ces matériaux (notamment les filières cimentière et sidérurgique) sont étudiées au sein du PTEF, afin de mettre en regard les possibilités de décarbonation de leurs processus de fabrication, les trajectoires qu'elles se doivent de suivre pour assurer leur propre compatibilité avec les objectifs climatiques, et les équilibres offre-demande qui résulteront de ces transformations couplées à celles du marché du logement.

C. Le logement dans les systèmes territoriaux

Les leviers proposés pour traiter le besoin en logements neufs et les problématiques liées à l'artificialisation des sols notamment tiennent compte de la réalité des territoires et de ses autres impératifs tels que la mobilité ou la territorialisation de l'emploi.

^[1] CEREN, Données sur l'énergie dans le résidentiel en France Métropolitaine

À l'échelle nationale, l'importance du taux de vacance des logements, facteur déterminant dans l'évolution des besoins en neuf, peut être interprétée par un hiatus entre la localisation des logements déjà bâtis et celle des emplois. Les distances domicile-travail se sont allongées avec le développement de modes de mobilité plus rapides et accessibles à tous (notamment la voiture), et la relocalisation des emplois, redessinant ainsi les bassins de vie plus vite que n'évolue le parc de logement. À l'échelle des bassins de vie, l'état du parc et son aptitude à répondre aux aspirations des habitants (en termes de localisation, de services de proximité, d'ergonomie du logement, etc.) ainsi que les coûts nécessaires à l'acquisition et l'entretien d'un logement approprié participent également des arbitrages entre l'occupation d'un parc existant vieillissant et des constructions neuves.

Le rythme de construction neuve restant cependant élevé, y compris dans les territoires où le nombre d'emplois stagne ou diminue, il en découle une augmentation globale continue de l'étalement urbain, produisant des espaces territoriaux à faible densité ne jouissant pas de la proximité des services de consommation courante, complexes à desservir en transports en commun, et de fait très dépendants des véhicules personnels.

Figure 9 : Taux de logements vacants depuis plus d'un an par commune, en %, 2017

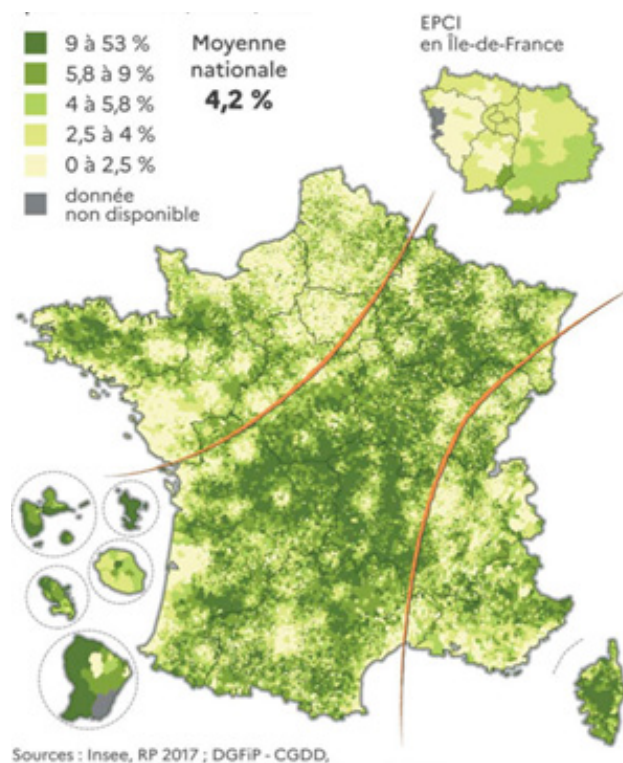
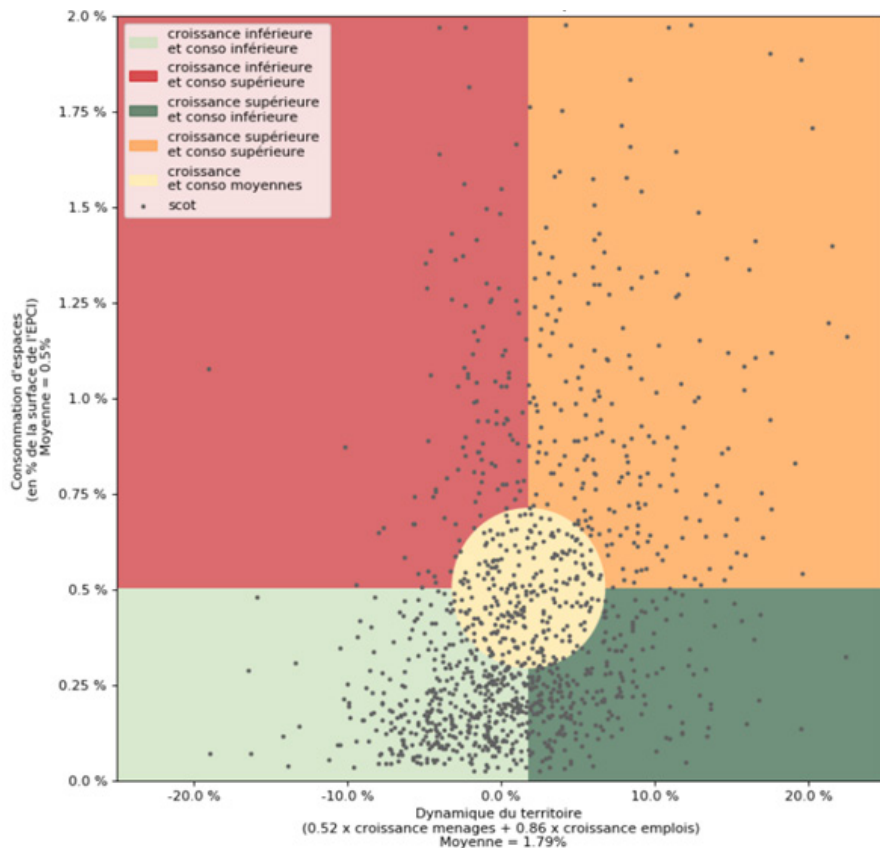


Figure 10 : Classification des EPCI selon leur croissance et leur consommation d'espace



Source : Cerema [10]
Note : Presque tous les territoires examinés continuent à s'artificialiser, dans certains cas malgré une dynamique négative. On constate de plus une forte dispersion de la consommation d'espace en regard de la dynamique du territoire.

Les pratiques actuelles de construction neuve engendrent ainsi des impacts directs (consommations énergétiques et émissions des matériaux de construction, consommation des ménages supplémentaires, etc.) auxquels s'ajoutent des externalités d'autres natures, notamment l'artificialisation des sols, dont le logement est l'un des vecteurs principaux, en particulier au travers de la forme pavillonnaire et des besoins en desserte qu'elle induit. Si cette artificialisation est au centre de nombreux débats aujourd'hui, c'est parce qu'elle engendre des effets indésirables forts sur les typologies territoriales et nuit aux capacités de production agricole, à la biodiversité des espaces, à la capacité des sols à stocker du carbone ou à fournir d'autres services

écosystémiques tels que la gestion des eaux pluviales [11] [12].

Les transformations présentées dans le cadre de ce rapport sont construites, modélisées et consolidées de manière à ce qu'elles s'inscrivent dans une trajectoire cohérente d'évolution des usages interagissant avec les manières d'habiter en lien avec le contexte économique, la répartition de l'emploi sur les territoires et les transformations de la mobilité. **La prise en compte de ces multiples interactions au sein de nos modélisations est à ce stade une première ébauche, bien entendu partielle, de l'exercice. Elle nécessitera d'être approfondie par la suite.**

01

LE CHEMIN PROPOSÉ
PAR LE PTEF

Les transformations proposées par le PTEF pour le secteur du logement s'organisent autour de quatre axes d'action :

AXE 1 : FAIRE PREUVE DE SOBRIÉTÉ DANS LES CONSTRUCTIONS NEUVES

AXE 2 : MASSIFIER LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE GLOBALE ET PERFORMANTE

AXE 3 : DÉCARBONER LA CHALEUR

AXE 4 : MOBILISER LE BÂTIMENT COMME PUIXS DE CARBONE.

Nous tenons pour acquis que la décarbonation de ce secteur ne pourra émerger que d'une combinaison de l'ensemble de ces axes d'action. Nous avons donc cherché à activer l'ensemble des leviers d'effet significatif qui semblaient accessibles afin de faire baisser autant que possible les émissions carbonées du bâti.

Concernant les techniques, technologies et modes constructifs mobilisés pour suivre la trajectoire de décarbonation, ce rapport se contente d'examiner quelques grandes familles qui ont aujourd'hui la maturité technologique pour passer à l'échelle ou s'y maintenir et qui joueront certainement un rôle majeur dans la décarbonation.

Il va de soi que les améliorations et innovations attendues (augmentation des coefficients de performance des PAC par exemple) comme celles issues de technologie émergentes ou encore inconnues ont un rôle à jouer même si elles ne sont pas mentionnées ici (on pense notamment à l'émergence de la construction hors-site, au développement de certains systèmes solaires ou de climatisation, aux développements de la géothermie la rendant plus accessible pour le logement, etc).

I. FAIRE PREUVE DE SOBRIÉTÉ DANS LES CONSTRUCTIONS NEUVES



La trajectoire du PTEF en bref

- Une réduction progressive du nombre de logements neufs construits chaque année, en cohérence avec la démographie
- Une réduction rapide et marquée de la proportion de maisons individuelles au sein de la construction neuve
- Une évolution de la structure et la territorialisation de l'emploi ainsi qu'un développement des infrastructures qui permettent un ralentissement, voire une inversion, de la métropolisation (voir autres fiches sectorielles du PTEF)

Principales recommandations

- Agréger les trajectoires locales et régionales dans un outil de suivi pour accroître la réactivité du pilotage de la construction neuve à l'aide de plusieurs indicateurs à définir avec les parties prenantes : nombre de logements, artificialisation, empreinte carbone, qualité de la desserte en transports en commun...
- Utiliser les outils de suivi et de pilotage comme support de discussion entre collectivités territoriales pour susciter des arbitrages et converger vers une trajectoire compatible avec la SNBC, de manière concertée
- Penser de manière conjointe les stratégies de l'emploi et de sa territorialisation en lien avec les besoins de construction neuve, en considérant le stock inoccupé (logements vacant et secondaires) comme une ressource
- Rendre les liens juridiques entre documents stratégiques et d'urbanisme de différentes échelles plus contraignants

Comme dans la plupart des démarches de réduction des impacts, le premier levier d'action consiste à endiguer les sources d'augmentation de ses impacts. Il convient donc de **limiter la construction de nouveaux logements au besoin**, la construction neuve étant :



Ces impacts sont particulièrement importants pour l'habitat individuel qui ne bénéficie pas des effets de mutualisation du bâti collectif.

Sur la période récente, environ 410 000 nouveaux logements sont actuellement construits en France chaque année, tandis que très peu sont détruits, pour une création de seulement 230 000 nouveaux ménages chaque année sur le territoire ^[14]. Le rythme de construction atteint ainsi presque deux fois le strict besoin quantitatif de nouveaux habitats principaux, ce qui s'explique notamment par des décalages géographiques entre disponibilité et besoins en logements, notamment entre les zones pourvoyeuses d'emplois et le parc de logements constitué.

Sur une période plus étalée, remontant jusqu'à 2013, la tendance est déjà visible :

Tableau 1 : Évolution des logements par catégories et évolution des ménages à partir de données INSEE

Nombre de nouveaux logements/an sur la période 2013-2018

Résidences principales	232 000
Résidences secondaires et logements occasionnels	57 000
Logements vacants	79 000
Ensemble des logements	368 000

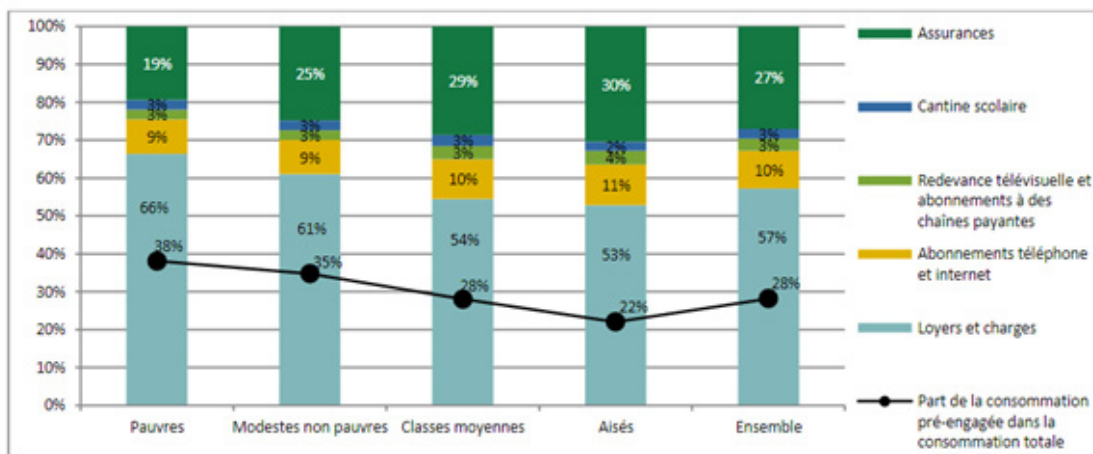
Note : Les chiffres sur le logement représentent les flux nets en considérant les constructions neuves et les mutations du parc existant. Les créations de résidences secondaires et les logements vacants ne proviennent a priori pas de nouveaux logements mais de la réaffectation de logements existants

^[14] Voir paragraphe IV. Mobiliser le bâtiment comme puit de carbone pour des comparaisons entre neuf et rénovation

^[15] Moyenne des mises en chantier 2017-2019, Sit@del et Séries longues du bulletin trimestriel sur le logement et la construction, SOeS

^[16] INSEE, Le Parc de logements en France au 1er janvier

Figure 11 : Part de la consommation pré- engagée dans la consommation totale et structure de la consommation pré-engagée, selon la catégorie sociale



Lecture : En 2011, 38% de la consommation totale des ménages pauvres est pré-engagée. Les loyers et charges représentent 66% de leur consommation pré-engagée.

Champ : France métropolitaine, ménages ordinaires dont le revenu fiscal déclaré au fisc est positif et dont la personne de référence n'est pas étudiante.

Source : Insee, enquête Budget de Famille 2011.

Source : DREES [13]

A. Un sujet capital et difficile

L'encadrement de la construction neuve reste un sujet complexe, l'habitat étant un service primordial et essentiel (reconnu comme un droit par la loi française). Le logement est une dépense contrainte et importante dans le budget des ménages. Comme le montre une note de la DREES de 2018, le logement et l'ensemble de ses composantes (loyers, remboursements d'emprunts, factures d'eau ou d'énergie, charges, assurances pour l'habitation) représentent autour de 70 % des dépenses pré-engagées des ménages, qui représentent elles-mêmes en moyenne 28 % du budget des ménages, et 38 % du budget des ménages les plus pauvres. Ces dépenses contraintes évoluent à la hausse depuis plusieurs décennies, le prix du logement y jouant un rôle important

en progressant à un rythme supérieur à l'inflation [14].

Les grands objectifs tendanciellement intégrés par les acteurs du secteur se situent à hauteur de 500 000 nouveaux logements construits par an à l'échelle nationale, mais sont aujourd'hui remis en question [15] sans qu'une nouvelle valeur ait été largement communiquée. Constatant un déficit principalement sur la production de logements collectifs en zones tendues, le gouvernement actuel s'engage cependant sur une relance de la production, passant en partie par le logement social (250 000 logements sur deux ans) [16].

Une territorialisation des objectifs de production est menée par les instances locales, outillées par les services centraux [17].

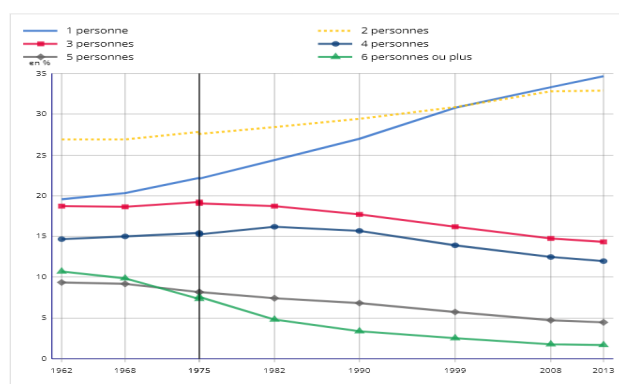
[14] <https://www.banquedesterritoires.fr/le-ministre-julien-denormandie-promet-une-politique-publique-du-logement-profondement>

[15] https://www.gouvernement.fr/sites/default/files/document/document/2021/05/dossier_de_presse_premier_ministre_jean_castex_-_relancer_la_construction_durable_de_logements_dans_les_territoires.pdf

[17] Voir par exemple : <https://www.cohesion-territoires.gouv.fr/territorialisation-de-la-production-de-logements-methodologie-et-outil-destination>

Divers dispositifs donnent des objectifs en termes de production de logements neufs. Il s'agit par exemple des Programmes Locaux de l'Habitat (PLH), de la Territorialisation de l'Offre de Logement (TOL) en Ile-de-France puis du Schéma Régional de l'Habitat et de l'Hébergement (SRHH). Les objectifs quantitatifs n'en sont pas atteints et la demande reste forte dans certains secteurs [18].

Figure 12 : Répartition des logements selon le nombre d'occupants



La décohabitation a été l'un des facteurs majeurs de l'augmentation du besoin en logement. Parallèlement à cela, on constate en moyenne une augmentation des surfaces moyenne des logements en maison individuelle alors que celle des appartements stagne [19]. Ces deux phénomènes résultent en une augmentation des surfaces par personnes. Cette évolution, associée à la réduction des défauts de confort du parc de résidences principales [20], est a priori positive pour la qualité de vie, même si on peut en questionner l'apport au-delà d'un certain seuil. Cependant, elle renchérit la quantité de volumes à chauffer, y compris dans des

logements anciens et consommateurs moins densément habités. Ce chiffre moyen cache de plus des disparités et ne traduit pas à lui seul la qualité de l'habitat, une dégradation de l'habitabilité des logements neufs étant déplorée par les observateurs [15].

Enfin, des difficultés structurelles persistent : augmentations significatives des personnes sans domicile [21], persistance du mal-logement et des logements indécents, etc. Parmi les leviers mobilisés pour y répondre, on trouve différents mécanismes d'encouragement à la production de logement, comme la loi Pinel centrée sur les zones tendues. On trouve aussi des signes de début de décloisonnement des politiques de rénovation et d'habitat, notamment urbaines, avec par exemple le dispositif Denormandie.

B. Des impacts importants sur l'artificialisation des sols

Le sujet de l'artificialisation, de ses conséquences sur les territoires et de ses effets sur les objectifs de résilience fait l'objet d'un traitement qui est récemment devenu sérieux et central [22]. À l'heure actuelle, ces réflexions ne s'imposent pas à la construction neuve comme une contrainte à part entière [23], le logement (et en particulier la maison individuelle) restant pourtant le premier vecteur d'artificialisation.

[18] Voir par exemple : http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/driea_novembre2018_territorialisationproductionlogementidf_bilan2017-2.pdf ou spécifiquement sur le logement social : <https://www.iesechos.fr/industrie-services/immobilier-btp/logements-sociaux-chute-libre-en-ile-de-france-1317690>

<https://www.insee.fr/fr/statistiques/4238401?sommaire=4238781>

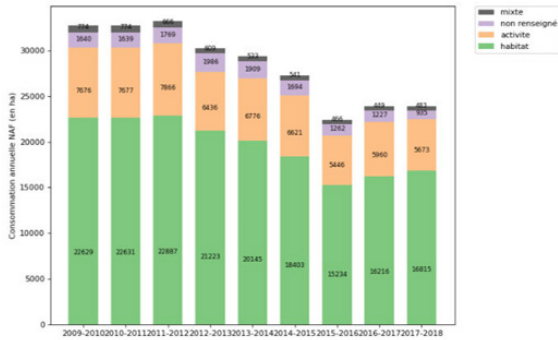
[19] <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4238401?sommaire=4238781>

[20] Source INSEE : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1281324#titre-bloc-1>

[21] Voir par exemple les circulaires du 29 juillet 2019 et du 24 août 2020

[22] Comme le mentionne le communiqué de presse à propos de la mission confiée à François Rebsamen au sujet des freins à la construction de logement : « Cette réflexion sera également conduite en intégrant la problématique de lutte contre l'artificialisation des sols et de sobriété foncière, qui ne saurait être opposée à l'enjeu prioritaire de construction de logements, a fortiori dans les zones tendues. »

Figure 13 : Consommation nationale d'espaces naturels, agricoles et forestiers détaillée par usage



Source : Portail de l'artificialisation des sols

Les rythmes et les pratiques actuelles de construction de logements ne sont pas compatibles avec l'atteinte d'un objectif de Zéro artificialisation nette (ZAN). Ces rythmes sont les produits de multiples prises de décisions à travers les documents stratégiques territoriaux, les règlements (inter)communaux que sont les PLU et PLUi, ainsi que par les permis de construire. Ils aboutissent à un étalement urbain croissant, générateur de déplacements principalement portés par les modes de mobilité routiers et leurs infrastructures. Le développement de ces espaces doit aujourd'hui être davantage intégré dans les approches stratégiques territoriales en s'assurant de la cohérence des politiques sectorielles, entre elles mais également entre d'une part les objectifs et documents macroscopiques du territoire (enjeux environnementaux, stratégies de développement économique et de l'emploi, atténuation et adaptation au changement climatique) et d'autre part les réalisations locales et opérationnelles.

Figure 14 : L'artificialisation des sols, comptabilisée à travers la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers [24]

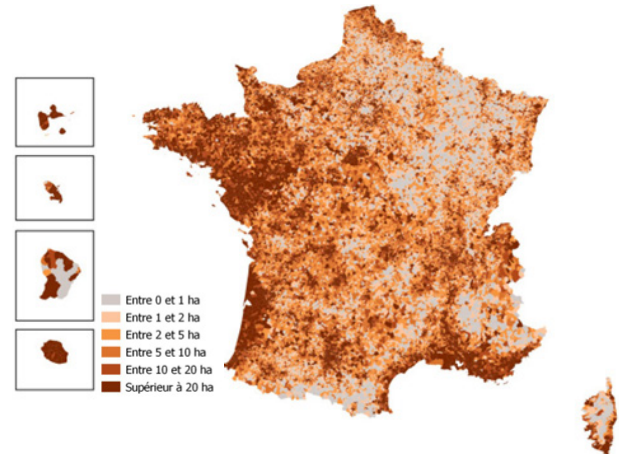
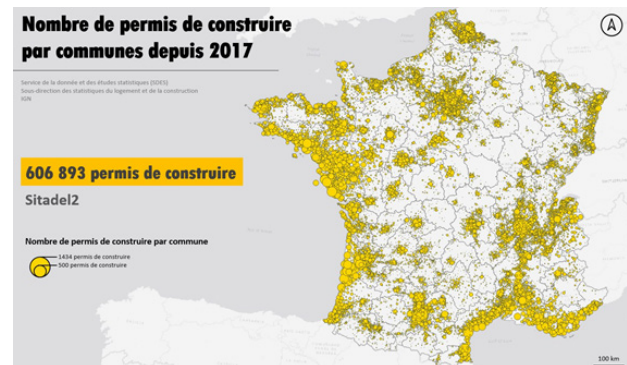


Figure 15 : Nombre de permis de construire par communes depuis 2017



Ces problématiques étant largement différenciées par territoire, leur gestion tient ses leviers principaux dans la déclinaison de ces considérations au niveau des territoires et de leurs particularités, dans une approche permettant de faire dialoguer les échelons locaux, régionaux et nationaux. Un dialogue à la fois montant et descendant doit permettre de s'assurer de la pertinence de la déclinaison des objectifs nationaux au niveau local, tout en vérifiant leur compatibilité avec ces objectifs, tel

¹⁴ Source : <https://artificialisation.biodiversitetousvivants.fr/determinants-artificialisation-2009-2019>

que le suggère le récent rapport *Neutralité et territoires* [16] au sujet de la déclinaison locale de la SNBC.

Les évolutions urbaines et des lieux de vie sont l'ultime point de croisement de problématiques dont la multiplicité impose de travailler à une cohérence exhaustive entre les maillons, outils et acteurs des territoires. Il s'agit donc bien à la fois de :

- **fixer des objectifs nationaux déclinés localement et des trajectoires quantitatives pour la construction neuve** : ceci doit permettre d'assurer que les orientations génériques du logement français provoquent une structuration du secteur en accord avec ses impératifs de décarbonation ;
- **décliner les objectifs macroscopiques au niveau des territoires, par leur recoupement avec les enjeux de transformations et de résilience du territoire** : transformations économiques et de l'emploi engendrées par le PTEF, transformations des espaces et des répartitions d'activités sur le territoire (surfaces agricoles, bassins industriels, surfaces urbanisées et infrastructures de mobilité), enjeux environnementaux dont l'artificialisation des sols ;
- **mettre en place des stratégies concrètes et réglementaires pour assurer la cohérence des différents niveaux d'orientation des décisions et des acteurs territoriaux** (cohérence des documents d'urbanisme et des délivrances de permis de construire avec les schémas territoriaux, subordination de certaines décisions d'urbanisme à leur compatibilité avérée avec les objectifs de résilience du territoire, etc.).

Zoom : Artificialisation des sols

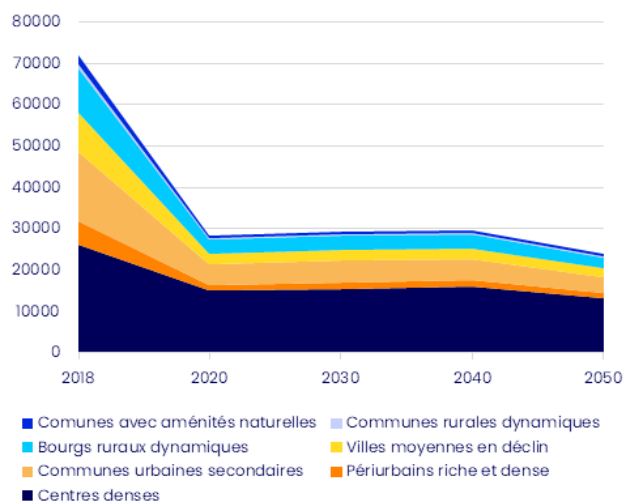


Le sujet de l'artificialisation des sols a fait l'objet de travaux d'étudiants de l'ENPC encadrés par *The Shift Project* [17]. Il s'agissait de mieux comprendre la notion d'artificialisation des sols et ses déterminants, ainsi que d'évaluer la sensibilité de l'artificialisation à plusieurs leviers de réduction tels que la répartition des logements neufs entre individuel et collectif, la taille des logements, la hauteur des bâtiments, le taux de vacance des logements...

Afin de prendre en compte les disparités locales, au sein du modèle, la France métropolitaine a été découpée en plusieurs zones géographiques correspondant au zonage du modèle Otelo, en lien avec les évaluations faites sur la construction de logements neufs (voir Zoom : Besoins en logements neufs).

Il ressort de la modélisation que les leviers les plus efficaces se trouvent au niveau de la substitution des logements individuels par des logements collectifs dans la construction neuve. Cette mesure a donc été adoptée au sein du PTEF. L'augmentation du taux de construction en renouvellement urbain, densifiant des espaces déjà artificialisés, est également très efficace et correspond aux politiques de densification menées dans les grandes métropoles. Enfin la diminution de la taille des logements et de la vacance ont des effets modérés mais significatifs.

Figure 16 : Trajectoire d'artificialisation dans le cadre d'un scénario Modéré (flux annuels d'artificialisation)



Source : The Shift Project [17]

C. Les leviers de transformation du PTEF sur la construction neuve

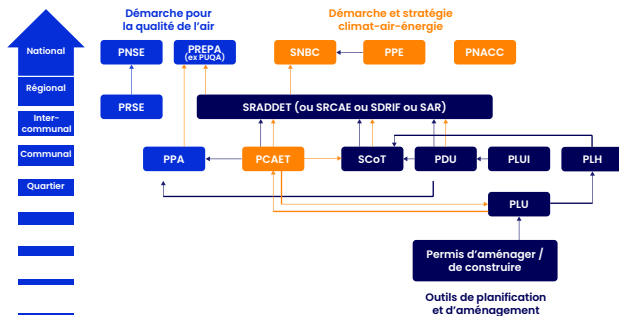
En lien avec les différents volets du PTEF et l'évolution de la territorialisation de l'économie et de l'emploi qu'ils vont impliquer, les impacts importants de la construction de logement renforcent la nécessité de réfléchir et de piloter cette territorialisation, en considérant les logements vacants et les résidences secondaires comme un stock exploitable pour fournir du logement au plus grand nombre et à faible coût en ressources. Cela ne sera possible que si la transition permet de donner à ces territoires une désirabilité suffisante.

Le PTEF se propose donc de **réduire rapidement la construction neuve de maisons individuelles (MI) à environ un tiers de la production actuelle, tout en maintenant la production de logements collectifs (LC) à son niveau actuel, afin de parvenir rapidement à une production**

compatible avec l'objectif de Zéro artificialisation nette (ZAN), voire Zéro artificialisation brute étant donné que la possibilité de renaturer massivement reste inaccessible aujourd'hui.

- Cela commence par une réduction drastique de la construction de logements destinés à un usage d'habitat secondaire ainsi que de la construction dans les zones comptant une proportion importante de logements vacants, qui doivent être accompagnées pour rendre ces logements attractifs afin qu'ils reviennent sur le marché (à la manière du programme *Action Cœur de ville* en cours). Des outils réglementaires et fiscaux peuvent être mobilisés en ce sens (aides à la pierre, fiscalité du foncier...)
- Cela passe aussi par un meilleur chaînage entre les documents d'urbanisme (SRADDET > SCoT > PLU) *a minima* en s'assurant de la cohérence inter-échelle par un processus de concertation renforcé entre les acteurs, et au mieux en renforçant leurs liens juridiques, de la *prise en compte* vers la *compatibilité* et de la *compatibilité* vers la *conformité*, afin que les documents opposables *in fine* (PLU) permettent d'encadrer la réalisation de ces trajectoires.

Figure 17 : Certains documents locaux peuvent contenir des objectifs chiffrés de production de logements (PLH), voire de trajectoires d'émissions de GES (PCAET, SRADDET)



Source : CETE Ouest [25]

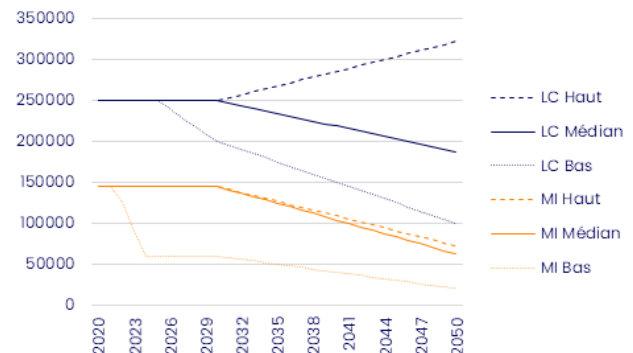
Les résultats quantitatifs présentés dans ce rapport sont issus d'une modélisation construite autour de trois scénarios d'évolution de la construction neuve :

- **le scénario Bas**, qui reprend les trajectoires de construction neuve et de rénovation modélisées dans le cadre de la première version du PTEF [6]. Ce scénario correspond à une restriction volontariste de la quantité de construction neuve, possible uniquement dans le cadre d'une modification des dynamiques de la géographie de l'emploi [6] ;
- **le scénario Médian**, qui propose une diminution moins importante et moins rapide de la construction neuve. Ce scénario correspond à une poursuite du rythme actuel, la diminution de la construction étant dictée principalement par une croissance démographique moindre.
- **le scénario haut**, qui retranscrit le rythme actuel de construction neuve. Il permet un maintien du nombre d'emplois liés à la construction neuve au prix d'impact environnementaux supplémentaires

(artificialisation, matière, énergie) et nécessite probablement des mesures supplémentaires de soutien et de stimulation de la construction

Ces trois scénarios nous permettent d'évaluer les sensibilités des impacts énergie, carbone et des dynamiques d'emplois à l'évolution du rythme de construction neuve. L'objectif des analyses présentées ici est d'explorer les conséquences concrètes et indirectes des leviers sur la construction neuve notamment, au travers du **scénario Médian**. Au-delà de l'efficacité énergétique du bâti et de l'efficacité carbone des modes constructifs et des matériaux, il nous paraît intéressant de poser la question de la quantité de bâti en ce qu'elle est génératrice d'impacts conséquents et significatifs en ordre de grandeur.

Figure 18 : Scénarios de construction neuve sur la période 2020 – 2050, en nombre annuel de nouveaux logements construits (MI : Maisons individuelles, LC : Logements collectifs)



Le scénario Bas proposé ici est repris de la précédente version du PTEF [6], dans laquelle un maximum de leviers étaient activés. Ce scénario est basé sur une baisse rapide de la construction de maisons individuelles afin d'atteindre les proportions permettant d'envisager le Zéro artificialisation nette et un maintien du rythme de construction de logements collectifs jusqu'en 2025.

[25] <https://fr.slideshare.net/reseauxchaleur/plu-et-densification-des-reseaux-de-chaleur>

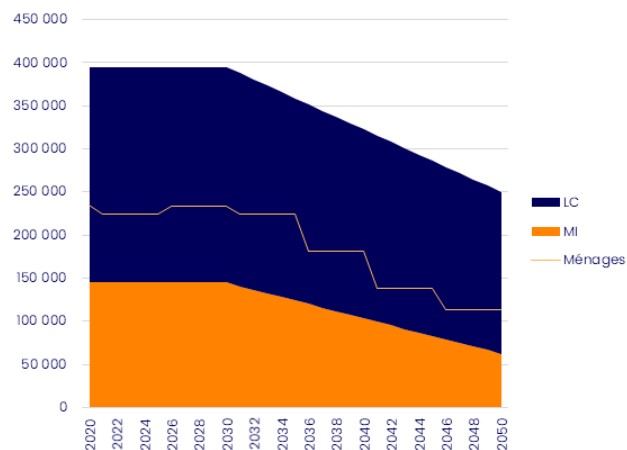
Puis, la construction de MI et LC diminuent conjointement pour suivre la courbe de l'accroissement des ménages, qui devrait ralentir. Bien que la prévision soit difficile sur ce sujet et à ces échelles de temps, il nous a paru intéressant d'examiner plusieurs scénarios afin d'envisager l'emploi à l'échelle du PTEF. En effet, le nombre d'emploi en jeu implique une anticipation importante de la part de la filière et des pouvoirs publics.

Le scénario Médian maintient le rythme de construction actuel jusqu'en 2030, puis la production de logement amorce une baisse concomitante avec la démographie prévisionnelle. En 2050, on ne construit plus que 250 000 nouveaux logements chaque année, dont un quart seulement sont des maisons individuelles. Cette trajectoire reste plus conservatrice que le scénario Avec Mesures Existantes de la SNBC, qui tombe en 2050 à 210 000 logements neufs par an.

Le scénario Haut maintient le rythme de création de logement actuel, mais la production se concentre sur le logement collectif pour favoriser la réduction de l'artificialisation.

Le scénario de création de nouveaux ménages utilisé ici est issu de (INSEE, 2012). Il est considéré comme un paramètre exogène du plan, dépendant de grandes tendances de société (natalité, immigration, âge de mise en concubinage, divorce, accueil des seniors...) sur lesquels le plan n'a pas d'impact direct.

Figure 19 : Scénario Médian utilisé au sein du PTEF sur la production actuelle de nouveaux logements afin d'obtenir une estimation du parc en 2050.



La production de logement reste supérieure à la création de nouveaux ménages, ce qui laisse possible la fluidité des migrations des zones moins attractives vers les zones plus attractives (créatrices de vacance de logements). On considère qu'à partir de 2030, le plan a pu limiter cette tendance car il sous-tend une réindustrialisation et un renforcement du secteur agricole propres à revaloriser l'attractivité de territoires (notamment ruraux) aujourd'hui en perte d'habitants et où des logements sont vacants ou transformés en résidences secondaires. Cette tendance pourrait même potentiellement s'inverser, aboutissant à terme à un besoin annuel de nouveaux logements pour des résidences principales inférieur au nombre de nouveaux ménages.

Afin de pouvoir véritablement conclure quant aux caractères trop drastiques ou insuffisamment poussés de ces scénarios de construction, des études plus approfondies seraient nécessaires sur les lieux actuels de stocks et de création de logements vacants, les dynamiques de migration des ménages, ainsi que sur la

localisation des emplois créés et détruits par le PTEF. Il serait également utile d'évaluer les évolutions possibles des dynamiques de démolition de logements, aujourd'hui très faibles, et dont l'augmentation pourrait révéler certains nouveaux leviers d'action sur le bâti [18].

Les effets rebonds des transformations sont de plus à examiner consciencieusement, notamment concernant l'augmentation de la demande en mobilité en cas de décalage croissant entre les zones d'habitat et d'emploi. Bien que l'ensemble de ces travaux n'aient pu être menés à l'heure actuelle dans le cadre du PTEF, il nous a paru essentiel d'explorer le potentiel du levier d'action que constitue le nombre de constructions neuves et leur type, qui est considéré comme un paramètre exogène dans de nombreux scénarios, plutôt que comme une transformation pilotable du bâti.

Figure 20 : Schéma fonctionnel du modèle d'évaluation des besoins en logements neufs [19]

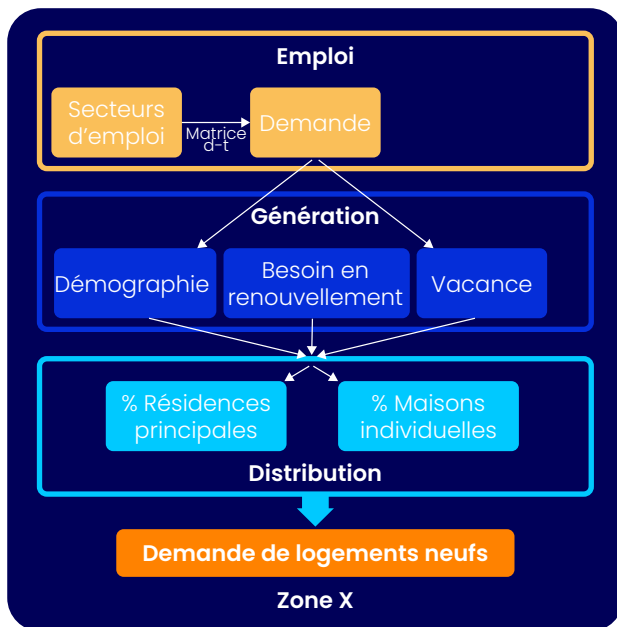
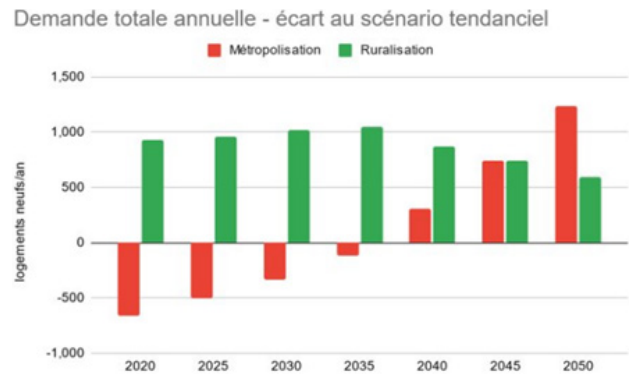


Figure 21 : Besoins en logements neufs supplémentaires par rapport à un scénario tendanciel pour différents scénarii



Zoom : Besoins en logements neufs

Le sujet de l'évaluation des besoins en logements neufs a fait l'objet de travaux d'étudiants de l'ENPC encadrés par *The Shift Project*. Il s'agissait de mieux comprendre et de modéliser le lien de ces besoins en logements neufs avec le stock de logements existants et vacants et la territorialisation de l'emploi dans le cadre d'une restructuration significative de l'économie telle que proposée par le PTEF, ainsi que les paramètres démographiques les plus influents.

Différents outils et données existants ont été adaptés et combinés tels que la base de données des emplois au lieu de travail de l'INSEE et le zonage Otelo afin de différencier les aires géographiques selon leurs dynamiques économiques et d'habitat.

Il ressort de ces travaux que la démographie est le facteur prépondérant dans la détermination de la demande.



Cependant, à mesure que celle-ci se stabilise, les logements vacants deviennent un facteur de plus en plus important, en particulier dans les territoires ruraux disposant d'un stock important de logements inoccupés.

Mettre à profit ce potentiel et faire reculer la vacance implique une mise à niveau du parc afin qu'il corresponde aux normes de confort moderne, qui pourrait se coupler avantageusement à la rénovation thermique mise en avant dans ce rapport. Au-delà de la territorialisation de l'emploi, créer les conditions de l'attractivité du parc existant implique de revoir les dispositifs fonciers et fiscaux qui le rendent aujourd'hui peu concurrentiel face au neuf, dont les externalités ne sont pas prises en compte (artificialisation, impact matière et GES...).

Au-delà du nombre de logements, il est important d'alimenter des réflexions concrètes sur **la surface mise à disposition par habitant**. La surface pourrait en effet être **envisagée au travers des services qu'elle rend accessibles aux habitants** plutôt que de manière indifférenciée, cela afin de **réduire la surface chauffée par personne suivant les usages** (dans le cadre de mutualisation d'espaces au sein de certaines formes d'habitats collectifs, de chauffage plus sélectif en priorisant les pièces de vie et certains moments de la journée suivant leur profil d'utilisation, etc.). Le fait que les scénarios se concentrent sur du logement collectif devrait mécaniquement aboutir en moyenne à une réduction des surfaces produites, ceux-ci étant généralement moins spacieux que les logements individuels.

Cela pourrait être l'occasion de réfléchir à l'agrandissement de la surface moyenne des logements collectifs neufs, qui sont parfois qualifiés de trop petits, en particulier dans certains contextes tendus ^[26].

D'autres réflexions peuvent rendre accessibles de nouveaux leviers de réduction des surfaces nécessaires par personne.

La **fluidification** du parc peut permettre de vivre dans un logement qui reste proche des besoins des ménages lorsque leur situation change, par exemple en optant pour un logement de surface plus petite après le départ des enfants du ménage. Ce type de réflexions ne peut cependant bien entendu pas se contenter d'être théorique ou général, en ce qu'elles posent des questions attenantes à des socles culturels et individuels (conception du lien social, capacité des enfants à rendre visite à leurs parents, etc.). Elles ne constituent ainsi pas des leviers à part entière, mais bien des explorations complémentaires à mener sur les changements de modes de vie proposés et induits par les transformations proposées sur le bâti.

Le développement de l'**habitat participatif, ou co-habitat**, constitue une autre des transformations des modes d'habitat dont le potentiel à grande échelle reste encore peu étudié, bien que de récents aménagements législatifs tendent à le faciliter ^[27]. Il présente plusieurs intérêts potentiels pour la décarbonation : mutualisation de certains équipements et espaces, mutualisation des déplacements, facilitation du maintien à domicile des personnes âgées, réinvestissement de typologies d'habitat qui trouverait difficilement un usage pour une famille nucléaire unique (bâti ancien trop vaste par exemple).

^[26] Voir par exemple la tribune : https://www.lemonde.fr/idees/article/2020/04/24/la-taille-et-la-qualite-des-logements-doivent-etre-un-chantier-auquel-nous-devrons-nous-atteler_6037651_3232.html

^[27] Voir par exemple : <https://www.ecologie.gouv.fr/habitat-participatif-cadre-juridique-habiter-autrement>

Dans le contexte actuel (peu de démolitions et un rythme de construction soutenu), la sensibilité à la surface des constructions neuves est faible, d'autant plus que celles-ci sont performantes énergétiquement. Hormis l'importance de la décarbonation de leur construction, le sujet est donc surtout celui de l'artificialisation, qui se joue principalement sur le choix du foncier, de la forme urbaine et de la densité. Cela pose notamment des questions d'acceptabilité sociale : impact sur les paysages, contraintes de la vie de voisinage, demande d'espace extérieur privatif, etc. auxquelles un travail sur la désirabilité des modes de vie doit répondre.

Plusieurs pistes de développement du modèle construit dans le cadre de ce rapport sont déjà identifiées à ce stade afin d'affiner les évaluations et impacts : intégration des effets de la modification de la structure d'emploi liée au PTEF et de sa territorialisation sur les besoins en logement, repositionnement de bâtiments tertiaires en logements, intégration de l'artificialisation induite, prise en compte de l'impact carbone du changement d'usage des sols, etc.

Les suites des travaux du PTEF initieront la connexion des conclusions du secteur logement avec celles des secteurs industriels en lien avec les matériaux de construction, à savoir les filières cimentière et sidérurgique. Cela permettra de comprendre quelles compatibilités ou contraintes existent entre les trajectoires de décarbonation du bâti et celles des secteurs amonts qui l'alimentent.

II. MASSIFIER LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE GLOBALE ET PERFORMANTE



La trajectoire du PTEF en bref

- Une montée en puissance rapide de la filière de rénovation pour atteindre en 10 ans 1 million de logements rénovés chaque année
- Rénovation des logements les plus énergivores et consommateurs des énergies les plus carbonées en premier
- Rénovation globale en une fois de tous les logements d'étiquette énergie DPE supérieures à C, vers des étiquettes A, B ou C

Principales recommandations

- Obligation conditionnelle de rénovation, déclenchée par l'étiquette DPE. Le seuil de déclenchement se renforce progressivement selon un calendrier annoncé très à l'avance
- Modifier le système d'aides financières de manière à pousser au regroupement des travaux
- Augmenter fortement l'activité liée au ciblage et à l'accompagnement
- Faire appliquer le décret Travaux embarqués
- Envisager la possibilité d'un congé pour rénovation à l'image des congés pour déménagement existant au sein de certaines conventions collectives

Au vu de l'ambition des objectifs nationaux de décarbonation du bâtiment (diminution des émissions de 95 % à horizon 2050), il est évident que l'ensemble des leviers à notre disposition doivent être activés dès maintenant, sans plus avoir le temps d'une dépriorisation de certains d'entre eux. Le débat sur une priorité à donner à la performance de l'enveloppe ou à la décarbonation des systèmes en devient de fait caduc.

C'est en substance ce que conclut par exemple l'étude RTE-ADEME [9], qui détaille trois conditions pour rendre les ambitions nationales possibles :

- la rénovation du parc au niveau BBC,
- l'électrification du chauffage,
- assurer cette électrification via des PAC.

L'étude *Neutralité et logement* [20] formule des conclusions proches : nécessité de porter à leur potentiel maximum tous les éléments pouvant faire l'objet d'une rénovation (tout en tenant compte des particularités du bâti vernaculaire, de la morphologie, des obligations liées au patrimoine, etc.) et de changer massivement de vecteur énergétique.

Les modélisations mises au point dans le cadre du PTEF, construites sur la base d'une approche différente de ces deux études, mènent à des conclusions du même type.

Le PTEF propose en effet de systématiser la **rénovation globale et performante si possible en une seule fois**, au détriment des gestes de rénovations mono-lots (ou « fragmentés »). Des mesures réglementaires fortes, rendant progressivement **obligatoire** la rénovation pour les logements les plus énergivores et émetteurs de GES,

permettent d'améliorer **rapidement** la performance du parc, entraînant une forte diminution des besoins de chauffage. Les logements rénovés globalement atteignent des étiquettes de performance énergétique A, B ou C du DPE, et la qualité de ces rénovations se renforce avec le temps, les compétences de la filière et l'adaptation des offres.

Bien qu'ayant vu récemment des renforcements (modérés) des aides, les rénovations globales en une seule fois, qui adressent l'ensemble des lots de travaux, restent aujourd'hui marginales en France. S'il est possible de fragmenter une rénovation globale en deux voire trois étapes sans dégrader excessivement la performance atteinte en fin de parcours [21], **il est certain que l'ensemble des rénovations doivent être menées dans une approche globale.** Grâce à des outils qu'il reste à consolider et à répandre plus largement tels que le Passeport Efficacité Énergétique [28] ou B2C2 [29], il est possible d'envisager les blocages futurs et les difficultés techniques induites par un parcours par étapes. Ces référentiels techniques s'accordent cependant sur la nécessité de traiter l'ensemble des lots de travaux en un nombre d'étapes restreint. Ces étapes doivent donc regrouper une quantité importante de travaux [30], parfois complexe à concilier avec l'occupation du logement. Faire basculer les rénovations qui sont menées majoritairement geste par geste aujourd'hui [22] vers des rénovations plus globales implique de saisir certaines opportunités telles que les ventes dans l'individuel, ou les travaux d'entretien important (toiture, ravalement de façade) dans le collectif.

^[9] The Shift Project est un des contributeurs du projet. Plus d'informations : www.experience-p2e.org/

^[20] <http://www.planbatimentdurable.fr/methodologie-d-encadrement-des-renovations-bbc-par-al519.html>

^[28] L'ensemble des lots d'enveloppe (toiture, murs extérieurs, ouvrants, sols) ainsi que les systèmes (programmation du chauffage, génération du chauffage et de l'eau chaude sanitaire, ventilation) sont importants pour atteindre une bonne performance énergétique. La coordination entre ces lots est également cruciale pour limiter les ponts thermiques, augmenter l'étanchéité à l'air et dimensionner des systèmes cohérents avec les performances d'enveloppe

^[30] Le DPE est devenu opposable en juillet 2021, permettant d'envisager une telle obligation.

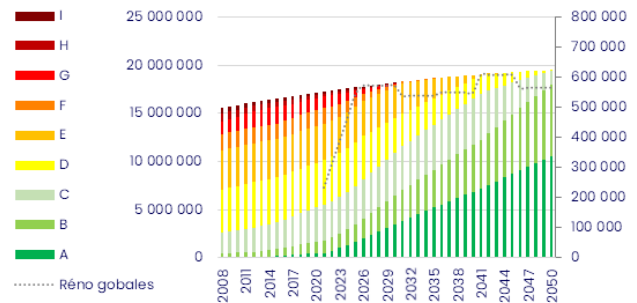
Pour les maisons individuelles, cela nécessite de mettre en place une obligation de rénovation en cas de résultats du DPE trop pénalisant ^[31]. Celle-ci peut être conditionnée à l'existence d'une offre locale satisfaisante ^[32]. Pour les logements collectifs, le décret « Travaux embarqués » pourrait être renforcé (limitation des dérogations, meilleur contrôle). En parallèle, cela implique d'augmenter l'activité liée au ciblage et à l'accompagnement des logements à rénover en priorité.

Une réduction des consommations liées à la production en eau chaude sanitaire est possible grâce à diverses améliorations (dimensionnement plus juste des ballons, équipements hydro-économes...) et la mobilisation de systèmes tirant parti des énergies renouvelables locales (panneaux solaires thermiques, chauffe-eaux thermodynamiques...).

La rénovation commence par les logements les plus consommateurs (étiquettes énergie F et G), et alimentés par les énergies les plus carbonées (fioul et gaz), et remonte progressivement. Ainsi, les économies les plus substantielles sont faites rapidement, limitant l'atteinte au budget carbone d'ici à 2050. Cela correspond par exemple à la mise en place conjointe de dispositifs de ciblage et d'accompagnement des ménages et d'une obligation de rénovation progressive.

En 2050, l'ensemble des logements antérieurs à 2012 ont été rénovés. La filière de la rénovation se maintient afin de rénover les logements plus récents.

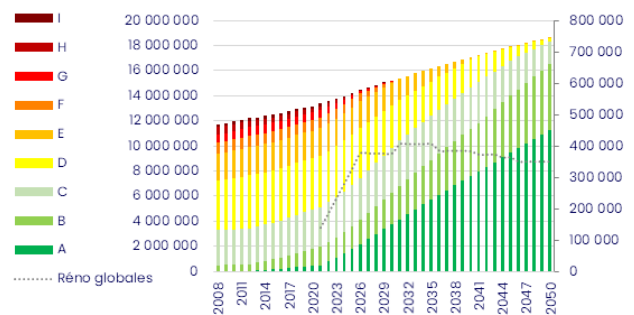
Figure 22 : Évolution du parc de maisons individuelles français par étiquette de performance énergétique



Commentaire : Le stock de logement se lit sur l'échelle de gauche et le flux de rénovation sur celle de droite

Source : The Shift Project

Figure 23 : Évolution du parc de logements collectifs français par étiquette de performance énergétique



Commentaire : Le stock de logement se lit sur l'échelle de gauche et le flux de rénovation sur celle de droite

Source : The Shift Project

^[31] Le DPE est devenu opposable en juillet 2021, permettant d'envisager une telle obligation.

^[32] Voir par exemple cette tribune, co-signée par The Shift Project : <https://www.capital.fr/immobilier/rendons-la-renovation-energetique-obligatoire-lorsquelle-est-interessante-pour-les-menages-1399362>

^[33] <https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LIGIARTI000034671994/2017-07-01>

III. DÉCARBONER LA CHALEUR



La trajectoire du PTEF en bref

- Changement d'énergie vers une source bas-carbone de tous les chauffages fossiles (excepté quelques logements collectifs au gaz)
- Maximisation de l'exploitation de chaleur fatale et de chaleur renouvelable
- Raccordement de 5 millions de logements collectifs à un réseau de chaleur
- Changement d'énergie vers la pompe à chaleur pour plus de 10 millions de logements
- Recours limité au bois et à l'effet Joule

Principales recommandations

- Lancer immédiatement au niveau des intercommunalités un effort de connaissance du parc local de bâtiments (consommations, mode de chauffage, dernière rénovation) afin d'identifier les potentiels de création et de raccordement et de les coordonner avec les projets urbains
- Recourir davantage aux obligations raccordement RCU
- Stopper tout soutien aux fossiles y compris dans les aides financières à la rénovation globale

À l'occasion de ces rénovations, les logements passent systématiquement vers des modes de chauffage et de génération d'eau chaude décarbonés. Les modes de chauffages les plus fréquents sont détaillés ci-après. Selon les cas ils peuvent être également générateurs d'eau chaude sanitaire (ECS) ou complétés par des systèmes performants (chauffe-eau thermodynamique, solaire, etc.).

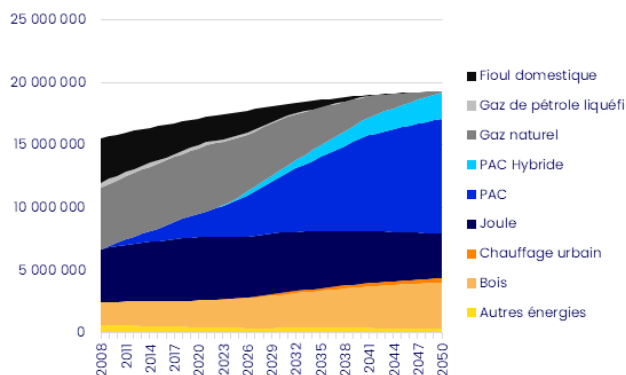
La production électrique locale n'a pas été envisagée ici car elle n'est pas jugée comme un vecteur de décarbonation important du parc de logement. Sa place dans le PTEF en général relève du secteur Énergie.

Pour la maison individuelle, les systèmes de chauffage utilisés sont :

- Pompe à chaleur (PAC) (air/eau, air/air...)
- PAC hybride
- Chaudière bois
- Inserts bois + convecteurs performants
- Chauffage électrique à effet Joule (convecteurs, accumulateurs, panneaux radiants, etc.)
- Dans des proportions moindres, d'autres modes tels que les systèmes solaires combinés

En 2050, il ne reste plus aucune maison individuelle alimentée au gaz, fioul ou charbon.

Figure 24 : Évolution du parc par énergie, maison individuelle



Source : The Shift Project

Pour le logement collectif, les systèmes de chauffage utilisés sont :

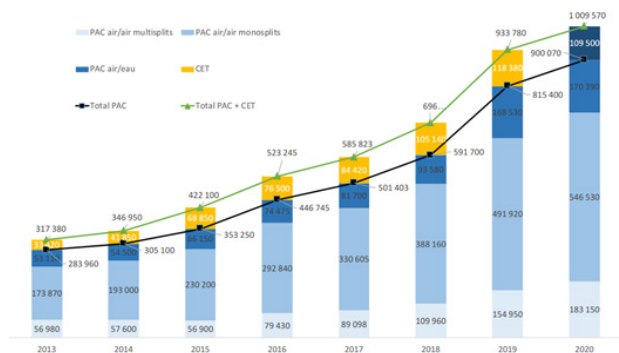
- Réseau de chaleur urbain
- PAC air/eau collective
- PAC hybride
- PAC air/air
- Effet Joule pour chauffage et ECS. 30 % des systèmes fonctionnant totalement à l'effet Joule sont conservés pour tenir compte des contraintes techniques qui s'imposent à certains immeubles.
- Chaudières gaz : pour des questions de difficultés techniques dans les changements d'approvisionnement énergétique lors des rénovations de logements collectifs, certaines chaudières gaz sont conservées (35 % des chaudières gaz collectives existantes et 75 % des chaudières gaz individuelles existantes) dans le logement collectif.
- Dans des proportions moindres, d'autres modes tels que les systèmes solaires combinés.

Zoom : Les pompes à chaleur

Permettant d'exploiter la chaleur issue de l'environnement direct (air, sol) avec une quantité moindre d'électricité, les pompes à chaleur se présentent comme un moyen approprié de décarboner la chaleur, en particulier dans l'habitat individuel. Elles doivent cependant faire face à des contraintes techniques, spatiales, architecturales et de coût.

Si une transition rapide et massive nécessaires depuis les systèmes de chauffages fossiles vers des modes décarbonés tels que la pompe à chaleur ne semble pas évidente au premier abord, du fait notamment de nouvelles compétences à mobiliser pour l'installation et l'entretien de ces appareils, les récentes observations du marché sont plutôt encourageantes. Elles montrent une capacité de la filière à se construire et à monter en charge.

Figure 25 : Les ventes de PAC aérothermiques depuis 2013



Source :

De plus, la RE2020 et ses exigences de décarbonation pourraient accélérer cette tendance, la construction neuve étant réputée structurante pour le marché du bâtiment.

Les PAC aérothermiques constituent l'écrasante majorité du marché de la pompe à chaleur.

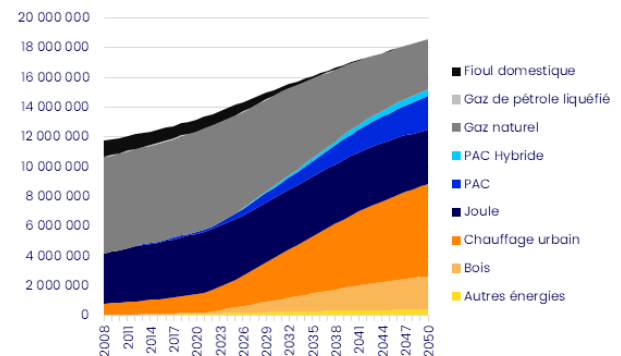
Figure 26 : Marché des systèmes de chauffage central individuel en France (toutes énergie)

Types d'appareils	2018	2019	2020	Évolution 2019 - 2020
Chaudières bois	12 135	18 650	17 800	-5%
PAC géothermiques	3 080	3 475	3 005	-14%
PAC air/eau	93 580	168 530	170 390	1%
PAC air/air	498 120	646 870	729 680	13%
Chaudières classiques gaz ou fioul	117 000	83 000	75 000	-10%
Chaudières à condensation gaz ou fioul	544 000	515 000	510 000	-1%
Total	1 267 915	1 435 525	1 505 875	5%

Source : Uniclîma pour les chiffres de chaudières gaz et fioul, obser'ER pour les autres filières

Depuis 2019 seulement, il se vend plus de chauffage central individuel décarboné que fossile.

Figure 27 : Évolution du parc par énergie, logement collectif



Dans tous les logements, l'énergie de cuisson devient systématiquement l'électricité à mesure de leur rénovation, afin d'augmenter la disponibilité du biogaz

pour d'autres usages non substituables. Cela est cohérent avec la baisse de la densité d'usage liée à la fin du chauffage au gaz, qui rendra les coûts d'entretien de

ce réseau plus difficiles à assumer.

Un nombre important de logement collectifs sont raccordés aux réseaux de chaleur urbains, ce qui doit permettre de densifier les réseaux de chaleur et d'améliorer leur rentabilité, diminuée par une demande de chaleur en baisse suite aux rénovations thermiques. L'hypothèse est faite que ces réseaux de chaleur

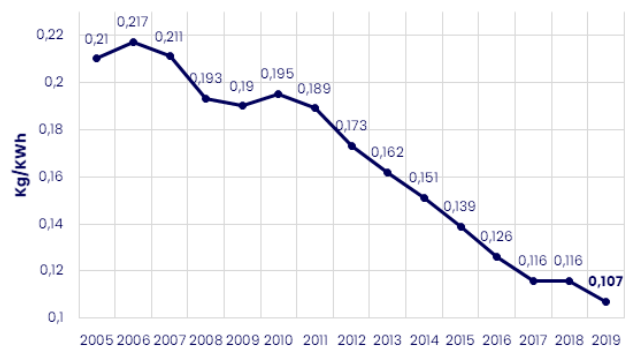
s'alimentent en chaleur renouvelable et bas carbone : biomasse, géothermie, ordures ménagères, récupération de chaleur sur eaux usées, etc. Le facteur d'émission moyen des réseaux de chaleur bénéficie donc en 2050 d'une valeur faible à 11 gCO₂e/kWh en moyenne nationale. **La pénétration des pompes à chaleur diverses (air-eau, air-air, hybrides) est importante.**

Zoom : Les réseaux de chaleur

Capable de fournir de la chaleur à un grand nombre de logements en mutualisant la production, les réseaux de chaleur ont un rôle à jouer pour décarboner la chaleur utilisée dans les environnements urbains denses (mais pas uniquement). Ils permettent de mobiliser des sources d'énergie décarbonées difficilement accessibles individuellement (géothermie profonde, chaleur fatale industrielle, combustion des déchets...) et en limitant les impacts environnementaux (filtration des particules de la combustion du bois par exemple). En tant qu'énergie de réseau, leur décarbonation se prête à un pilotage « par l'offre », par l'action d'un nombre limité de gestionnaires de ces réseaux.

Les réseaux de chaleur sont en constante décarbonation depuis 2006. Cette décarbonation repose très largement sur l'intégration croissante d'énergie renouvelable aux sources de production de chaleur (15 TWh renouvelable contre 10,5 TWh fossiles). Au sein des énergies renouvelables, c'est avant tout sur la biomasse que repose la croissance d'une production encore dominée par la valorisation énergétique (combustion des déchets).

Figure 28 : Facteur d'émission moyen des réseaux de chaleur français



Source : FEDENE / SNCU, 2020

Cependant, les stratégies nationales (PPE-SNBC) prévoient non seulement la décarbonation de ces réseaux, mais également leur montée en puissance, avec une quantité d'énergie délivrée largement supérieure à l'actuelle. Cela suppose le raccordement d'un grand nombre de bâtiments supplémentaires. L'étude *Neutralité et Logement* [20] estime par exemple que cela représenterait 6 millions de logements supplémentaires, pour moitié dans le neuf et pour moitié dans l'existant, alors qu'aujourd'hui seuls 1,2 millions de logements sont raccordés [34]

La complexité du raccordement massif des logements existants est organisationnelle avant d'être technique. En effet :

- Mettre en place un réseau de chaleur est long, de l'ordre de la décennie.

^[34] <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/consommation-denergie-par-usage-du-residentiel>

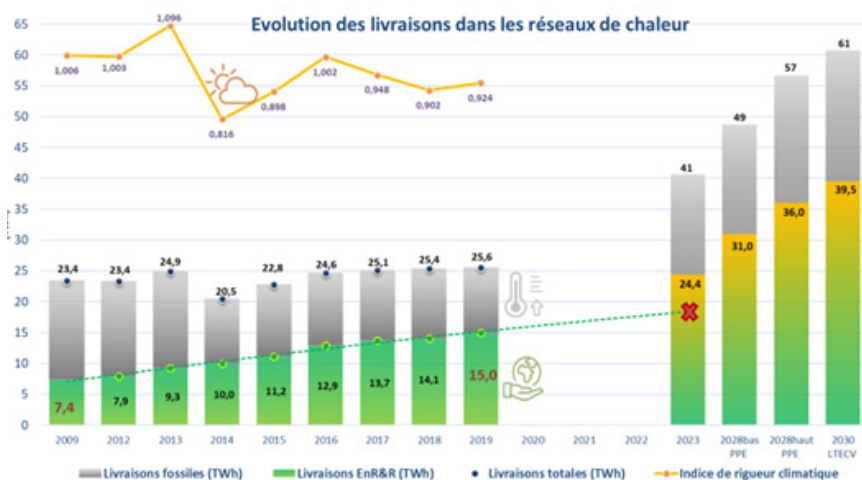
- Les investissements initiaux sont élevés, même si en coût global les réseaux de chaleurs rivalisent avec les autres solutions de chauffage.

De plus, les économies d'énergie liées à la rénovation vont amener les réseaux de chaleur à se dédensifier et ainsi réduire les bénéfices et la capacité des gestionnaires à investir dans leur entretien, d'où la nécessité de densifier ces réseaux en raccordant de nouveaux bâtiments. La trajectoire considérée au sein du PTEF n'a pas différencié les performances d'enveloppe atteintes selon les sources d'énergie [35]. Il pourrait être cependant être intéressant d'envisager de limiter ces exigences pour les bâtiments bénéficiant d'une énergie très bas carbone comme c'est le cas sur certains réseaux. Ce régime d'exception, qui vise à maximiser l'efficacité

carbone des investissements à réaliser à des échelles distinctes (bâtiment pour la rénovation, ensemble de bâtiments pour les réseaux de chaleur) reste à définir.

Raccorder des bâtiments existants implique d'avoir un mode de chauffage compatible (généralement : centralisé, à distribution hydraulique), cela se fait idéalement à la faveur d'une rénovation, afin que le changement de système de chauffage se fasse en cohérence avec les performances d'enveloppe. De plus les projets d'urbanisme neufs peuvent faciliter le déploiement ou le verdissement des réseaux de chaleur car ils permettent de raccorder un nombre de bâtiments important sur une durée courte. Les utiliser comme levier implique la synchronisation avec les projets de rénovation.

Figure 29 : Évolution des livraisons de chaleur et comparaison avec les objectifs de la PPE [24]



Les collectivités, qui sont à la manœuvre sur la plupart de ces démarches doivent donc avoir une bonne connaissance des parcs bâtis sur leurs territoires afin de pouvoir rapidement évaluer l'intérêt d'étendre ou densifier un réseau dans une zone précise et synchroniser les différentes démarches. Il faut pour cela connaître certaines caractéristiques du parc existant :

consommations, mode de chauffage, année estimée de la prochaine rénovation... Un effort de connaissance important est donc à mener rapidement (d'autant plus que la mise en œuvre des réseaux est longue) par les collectivités pour enrichir leurs systèmes d'information géographique. Cet effort est amorcé par de nombreuses collectivités mais doit être systématisé.

[24] En dehors des logements chauffés à l'électricité dont le facteur d'énergie primaire impose une meilleure performance d'enveloppe pour atteindre les meilleures étiquettes DPE

Il devrait être facilité par l'ouverture des bases de données telles que celle de l'observatoire DPE. Il complétera et facilitera la réalisation des schémas directeurs des réseaux de chaleur, obligatoire pour les collectivités possédant un réseau. L'examen de l'opportunité de création pour les collectivités n'en disposant pas à ce jour doit être systématisé également, y compris dans des communes petites et peu denses dont certaines ont démontré la possibilité de mettre en œuvre un réseau. Cet effort de connaissance doit permettre de recourir beaucoup plus fréquemment à la procédure de classement des réseaux, qui permet de rendre le raccordement des bâtiments obligatoires dans certaines zones. Pour les bâtiments existants dans ces secteurs, un choix pourrait être à réaliser entre une rénovation bas carbone et le raccordement au réseau selon des critères financiers et de performance carbone.

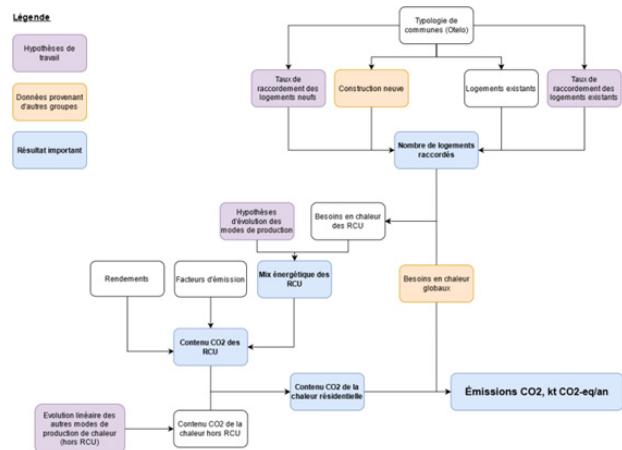
Plusieurs éléments de ce zoom ont bénéficié de l'apport de travaux étudiants encadrés par *The Shift Project* [25]. Ces travaux ont été l'occasion d'établir un modèle pour examiner :

- la faisabilité du raccordement des

bâtiments résidentiels en proportion suffisante selon différentes typologies de communes, en lien avec les hypothèses de construction neuve et de rénovation.

- les sources d'énergie mobilisables et le facteur d'émission de GES moyen qui en découle.

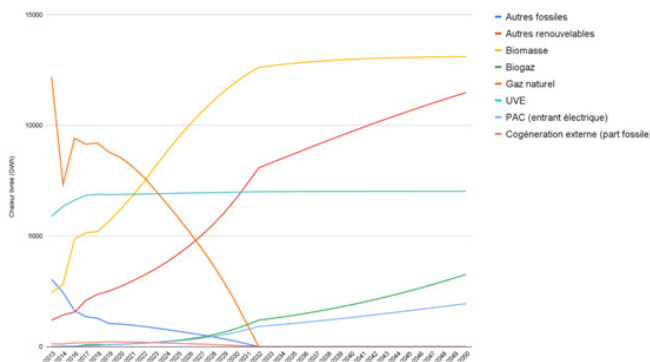
Figure 30 : Schéma fonctionnel du modèle



Source : *The Shift Project* [25]

Les conclusions de ces travaux ont également été utilisées dans la modélisation de la trajectoire du PTEF, qui en reprend le scénario dit « Ambitieux ».

Figure 31 : Chaleur de réseaux délivrée dans le résidentiel par source [25]

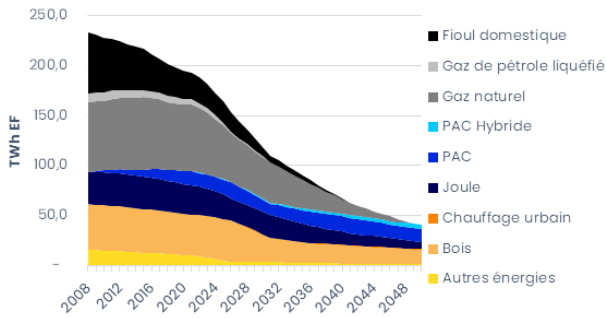


Source : *The Shift Project*

Combinées à l'amélioration de la performance des enveloppes, ces évolutions du parc se traduisent par

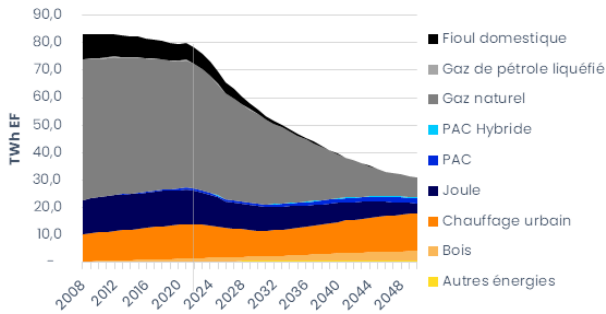
les consommations énergétiques de chauffage suivantes :

Figure 32 : Consommation des chauffages par type d'énergie (MI)



Source : The Shift Project

Figure 33 : Consommation des chauffages par type d'énergie (LC)



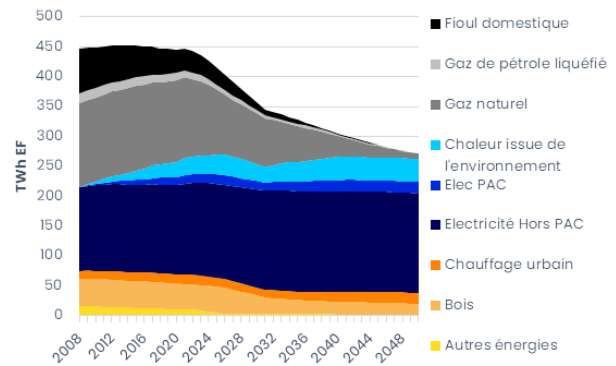
Source : The Shift Project

Ces évolutions sur le chauffage associées à celles sur l'eau chaude sanitaire permettent de limiter la quantité d'énergie consommée malgré un accroissement considérable du parc. La consommation de biomasse diminue, ce qui est une bonne nouvelle pour la disponibilité préservation d'une ressource clef dans le cadre de la décarbonation. La consommation d'électricité se développe malgré les efforts d'efficacité énergétique et le recours limité à l'électricité pour le chauffage, du fait de l'accroissement du parc et des usages qui l'accompagnent.

Les émissions du secteur sont ensuite déduites de ces consommations et de l'évolution des facteurs d'émission

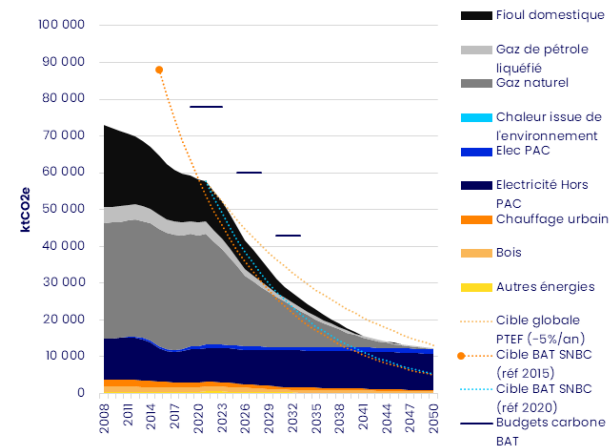
des différentes énergies et de leurs décarbonations respectives.

Figure 34 : Consommations d'énergie, logement



Source : The Shift Project

Figure 35 : Émissions liées à l'usage des logements et comparaison avec la trajectoire SNBC



Source : The Shift Project

Malgré ces trajectoires très ambitieuses, on constate que respecter les enveloppes attribuées au secteur dans le cadre de la SNBC est difficile. Des mesures complémentaires de décarbonation sont nécessaires pour y parvenir. Il pourrait s'agir en premier lieu d'une décarbonation plus poussée de l'énergie et en particulier via l'électricité.

Au sein du PTEF, ce travail sera à ajuster suite à l'instruction complète du secteur de l'Énergie. Un travail plus précis doit être réalisé sur les facteurs d'émission et en intégrant les usages du bâtiment hors chauffage et ECS, pour que les valeurs données ici soient comparables au budget carbone de la SNBC exprimé en valeur absolue (à ventiler entre le logement et les autres bâtiments). Cependant, la trajectoire relative tracée ici ^[36] traduit bien le défi que représente la décarbonation du secteur.

Ces hypothèses et les trajectoires qu'elles engendrent participent à donner un rythme de décarbonation du bâti compatible avec les enjeux nationaux. Il est toutefois essentiel de comprendre qu'elles restent très ambitieuses au vu de la situation actuelle (rythme de rénovation, modification de l'offre des installateurs de chauffage, etc.). Les questions indispensables à soulever sont désormais celles des conditions sans lesquelles ces trajectoires ne se réaliseront jamais en pratique, et donc des moyens à mettre en œuvre afin d'en faire un véritable outil de catalyse des transformations et non un simple exercice théorique.

Un travail sur l'évolution des besoins de chaleur et de froid face au réchauffement climatique et à la transformation des usages (tendancielle ou souhaitable dans une optique bas carbone) a été amorcé mais n'a pas encore pu être intégré au modèle à ce stade. Pour une précision accrue, le rôle de la rénovation globale des logements et de la pénétration des techniques passives (ombrières, puits provençaux, etc.) seraient à étudier, de même que des modifications des pratiques (ex : utilisation de sous-vêtements techniques, baisse des consignes de chauffage ou, à l'opposé, relèvement des standards de confort).

[36] -7,85 %/an d'émission correspond au taux moyen de décarbonation annuel pour un passage de 88Mt CO₂e en 2015 à 5Mt CO₂e en 2050 tel que le prévoit la SNBC pour le secteur du bâtiment en général.

IV. MOBILISER LE BÂTIMENT COMME PUIITS DE CARBONE



La trajectoire du PTEF en bref

- Décarbonation de la construction selon une trajectoire proche de la RE2020, prolongée et renforcée jusqu'en 2050
- Baisse de l'utilisation par unité de surface des matériaux les plus carbonés et augmentation de l'utilisation de matériaux bas carbone, dont des matériaux biosourcés
- Stabilité de la consommation de matériaux biosourcés à horizon 2050

Principales recommandations

- Tenir ou renforcer l'abaissement des seuils $Ic_{\text{construction}}$ prévus dans la RE2020
- Soutenir la création de FDES présentant un potentiel bas carbone dans des filières difficilement industrialisables
- Envisager à moyen terme la mesure, puis éventuellement la réglementation des produits mis sur le marché afin d'utiliser la rénovation pour augmenter les puits de carbone (stockage dans les matériaux isolants notamment), tout en veillant à ne pas ralentir la trajectoire de rénovation qui reste à la fois la principale nécessité et la principale difficulté

A. De la nécessité de décarboner l'acte constructif

Au-delà de la recommandation de bon sens de travailler sur le besoin et la programmation tel qu'évoqué dans le paragraphe I, des avancées techniques importantes sont à attendre dans la décarbonation de l'acte constructif au sens large, en englobant dans ce terme toutes les étapes du cycle de vie de la matière, du berceau à la tombe (ou au berceau à nouveau) : sourcing, production, construction, utilisation, fin de vie.

Pour approfondir le volet de la ressource matérielle et des émissions de GES qui y sont associées de la stratégie globale de décarbonation du logement, il est nécessaire de faire état de quelques ordres de grandeur.

1. Construction et rénovation

La rénovation d'un bâtiment présente un impact beaucoup plus limité que la construction d'un bâtiment de même surface. La rénovation est ainsi nettement moins consommatrice de matériaux que la construction neuve. À titre de comparaison, elle consomme au niveau national environ 1000 fois moins de matière (en masse) que le neuf en 2015, et à horizon 2050, malgré d'importants efforts sur la rénovation et de fortes restrictions sur le neuf, ce ratio est de l'ordre de 12.

Figure 36 : Facteurs d'émissions et quantité de matière (en italique) utilisés dans le cadre de la modélisation pour les différents actes constructifs pour l'année 2021

		Construction	Rénovation globale
Maison individuelle	Carbone	641 kgCO ₂ e/m ²	47 kgCO ₂ e/m ²
	<i>Matière</i>	<i>1 440 kg/m²</i>	<i>38 kg/m²</i>
Logement collectif	Carbone	736 kgCO ₂ e/m ²	148 kgCO ₂ e/m ²
	<i>Matière</i>	<i>1 900 kg/m²</i>	<i>27 kg/m²</i>

Source : The Shift Project

Par m² de surface habitable (SHAB), une rénovation est environ 10 fois moins émettrice de carbone et permet de réduire fortement les consommations d'énergie et les émissions de GES. Cela en fait un moyen extrêmement efficace de réduire l'empreinte carbone des bâtiments. Le CEREMA calcule par exemple un « temps de retour carbone » (temps nécessaire pour que les économies carbone d'exploitation compense l'investissement carbone en rénovation) inférieur à un an sur un panel de maison rénovées Bâtiment basse consommation (BBC) [26]. Même si les bâtiments rénovés n'atteignent pas les performances énergétiques des bâtiments neufs, la rénovation est plus efficace que la démolition-reconstruction dans la grande majorité des cas. Cette dernière peut cependant être plus économe en carbone dans certains cas, en particulier lorsqu'il est techniquement impossible de se passer d'un mode de chauffage fossile lors de la rénovation d'un logement existant [27].

Cela est lié au fait que les actes constructifs mis en œuvre lors de la construction ou lors de la rénovation sont de natures très différentes : le gros œuvre notamment implique des matériaux plus carbonés en quantité plus importante, telle que le

^[26] Les facteurs d'émissions présentés sont basés sur le label E+C- pour la construction, des retours d'expérience [26] et des outils d'aide à la décision [27] pour la rénovation. Ils permettent d'envisager les ordres de grandeurs, mais pourrait largement être affinés dans la mesure où peu d'informations permettant d'établir des ratios représentatifs de la production nationale de logement sont disponibles actuellement. Les données sur lesquelles se basent ces ratios étant établies en cycle de vie (ACV) dont la décomposition par modules n'est pas communiquée, il est notamment difficile d'évaluer quelle part est émise à la date de la construction. Le retranchement de la part des émissions liée à l'entretien, au renouvellement et à la fin de vie a été négligé en première approche. Si la majorité des matériaux et systèmes concentre leur impact sur leur phase de production, certains tels que les matériaux biosourcés présentent une proportion importante d'émission en fin de vie. Le modèle pourrait de fait être amélioré également en estimant mieux les impacts liés aux démolitions.

détaille le paragraphe suivant.

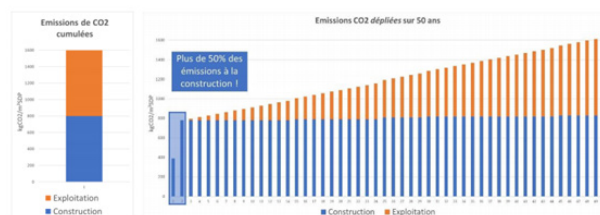
2. Construction

Les méthodes d'évaluation de l'empreinte carbone du bâtiment ont progressé ces dernières années, si bien qu'elles sont récemment entrées dans la loi, avec la réglementation environnementale du bâtiment (RE2020) t soumis devront faire l'objet d'une Analyse de cycle de vie (ACV), calcul d'impact permettant notamment de chiffrer les émissions dues au bâtiment. Celles-ci devront rester sous un certain seuil dont le niveau d'exigence doit être progressivement renforcé. Ce seuil est exprimé en kgCO₂e par m² de surface habitable bâtie, ce qui encourage à l'efficacité carbone des modes constructifs, mais pas directement à la sobriété sur les programmes.

Pour les bâtiments résidentiels, un échéancier donnant les seuils à respecter jusqu'en 2035 a déjà été publié ^[38]. C'est **une opportunité importante pour la décarbonation de l'industrie de la construction**, qui pourra participer également à la décarbonation de la rénovation, la construction neuve étant structurante pour le marché.

Bien que très variables selon les bâtiments et le choix du couple constitué par le mode constructif et l'énergie de chauffage, à l'échelle d'un bâtiment, les émissions de GES lors de sa construction et durant le reste de sa vie sont d'ordres de grandeur comparables. Il faut cependant garder en tête que les émissions liées à la construction sont (presque) intégralement réalisées lors de la livraison du bâtiment tandis que les émissions liées à l'usage s'accumulent progressivement sur toute la durée de vie du bâtiment (prise conventionnellement à 50 ans).

Figure 36 : Illustration de principe du cumul des émissions de gaz à effet de serre (E,GES,PCE) dans le temps



Source : Contribution à la concertation sur la RE2020, Pouget Consultants

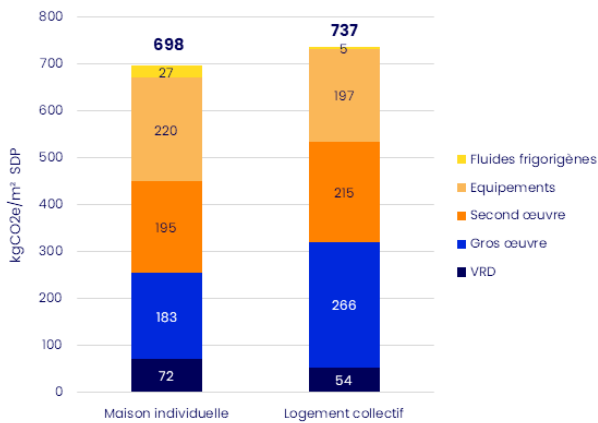
Les données recueillies pendant l'expérimentation préparatoire à la mise en place de la RE2020 permettent de mettre en évidence quelques chiffres quant à la répartition des émissions entre les différents lots :

1. Voirie et réseau divers (VRD)
2. Fondation et infrastructure
3. Superstructure et maçonnerie
4. Couverture et charpente
5. Cloisonnement et doublage
6. Façade, menuiseries extérieures et isolation
7. Revêtements
9. Installations sanitaires
10. Réseaux d'énergie
11. Réseaux de communication
12. Appareils élévateurs et autres équipements
13. Production locale d'énergie
14. Fluides frigorigènes

^[38] https://www.legifrance.gouv.fr/oda/article_lc/LEGIARTI000043882625

Il est à noter que les lots 8 à 12 font l'objet d'un chiffrage forfaitaire surévalué ^[39] (autour de 200kg au total) dans l'attente du raffinement de la méthode de calcul et de l'enrichissement de la base INIES ^[40], regroupant les données d'impact des matériaux et systèmes.

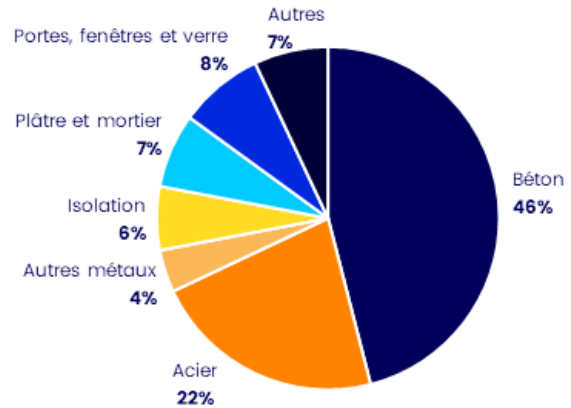
Figure 37 : Répartition de l'empreinte des produits de constructions et équipements par macrolot Données : Observatoire E+C-



Émissions moyennes de gaz à effet de serre (indicateur E,GES,PCE) dues à la construction des logements répertoriés par l'observatoire E+C- selon les macrolots d'ACV bâtiment ^[41]

Ces graphiques ne peuvent revendiquer d'être absolument représentatifs, mais ils donnent un ordre d'idée des postes à traiter en priorité: ceux impliquant des matériaux « lourds » ayant un rôle structurel, d'où l'importance du choix du mode constructif.

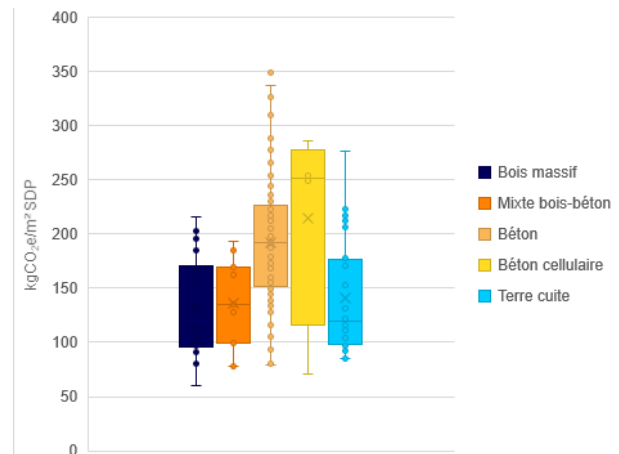
Figure 38 : Empreinte carbone des bâtiments résidentiels européens par matériaux



Source: Embodied Carbon Benchmark for European buildings, One Click LCA ^[28]

La construction devrait évoluer vers une diversification des modes constructifs, et au sein de chaque mode l'utilisation d'une diversité de matériaux selon les fonctions qu'ils doivent remplir.

Figure 39 : Émissions moyennes d'un lot par matériaux



Données : Observatoire E+C- Analyse : The Shift Project

^[39] 219kg/m² en MI et 204kg/m² en LC plus précisément

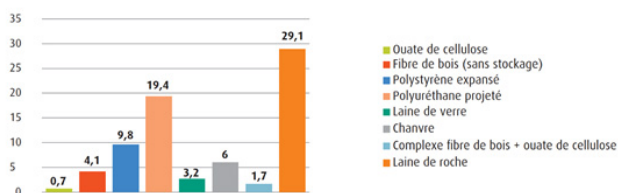
^[40] La base INIES regroupe les données environnementales et sanitaires relatives aux matériaux de constructions (FDES) et équipements (PEP). Ces données sont déclaratives et établies par les fabricants selon un processus d'analyse de cycle de vie normé

^[41] Gros œuvre regroupe les lots 2 à 4, Second œuvre les lots 5 à 7 et Équipements les lots 8 à 13

Les constructions intégreront progressivement plus de bois et de matériaux biosourcés, qui restent aujourd'hui plus émetteur de carbone malgré les efforts engagés par la filière, du fait d'un processus de fabrication impliquant une forte intensité énergétique (hautes températures) et un processus chimique dégageant du carbone (décarbonatation). Le béton continuera à être utilisé et la filière doit poursuivre ses efforts de réduction de l'intensité carbone. Des propositions sont faites au sein de la fiche sectorielle *Ciment-Béton* du PTEF.

De même pour les isolants, même s'ils ont un poids carbone bien plus limité que les matériaux structurels, le volume de rénovation envisagé dans le PTEF suppose de limiter leur impact carbone et de les mobiliser autant que possible pour le stockage. Les différents isolants ne rendent de plus pas tous les mêmes services (inertie et impact sur le confort d'été, épaisseur à performance égale...) et certains isolants conventionnels ont déjà une empreinte carbone très restreinte, à l'image de la laine de verre par exemple. Il en est de même pour les autres matériaux de construction.

Figure 40 : Comparaison du poids carbone en teqCO_2 de différents isolants pour résistance thermique donnée ($R = 5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)



Source : Cerema [26]

Certains isolants biosourcés ont l'avantage de mobiliser des matériaux à croissance rapide et à cycle annuel qui sont souvent

des sous-produits agricoles, tels que la paille ou les balles de riz. Cela permet de les valoriser et de stocker dans les isolants pour plusieurs décennies du carbone extrait de l'atmosphère à un rythme annuel, soit beaucoup plus rapidement que le bois dont la croissance et le renouvellement de la ressource se fait sur plusieurs décennies.

En effet, en plus d'une intensité carbone souvent réduite, les matériaux biosourcés ont un rôle à jouer en tant que puits de carbone, pour augmenter le stock de carbone conservé de manière stable hors de l'atmosphère. Bien qu'ayant une durée de vie limitée qui implique un potentiel relargage du carbone stocké en fin de vie, les bâtiments sont en place pour suffisamment longtemps pour constituer un stock de carbone stable et conséquent. De plus, les débouchés et les techniques de valorisation en fin de vie peuvent encore évoluer vers une réduction d'impact d'ici la dépose des matériaux utilisés aujourd'hui en construction.

Au-delà des matériaux, des optimisations se répandront probablement dans les années qui viennent sur des choix de formes qui auront un impact sur les indicateurs carbone. Par exemple, la compacité a tendance à réduire le développé de façade et de vitrage ainsi que les consommations énergétiques, mais a plutôt un impact néfaste sur d'autres critères d'habitabilité tels que la luminosité ou la ventilation naturelle identifiés par ailleurs au sein d'autres démarches gouvernementales [42].

Le sujet des déchets de construction serait également intéressant à investiguer. L'entrée en vigueur en 2022 de la Responsabilité élargie du producteur (REP) dans le secteur du bâtiment va probablement stimuler les réflexions et l'afflux d'information sur ce sujet.

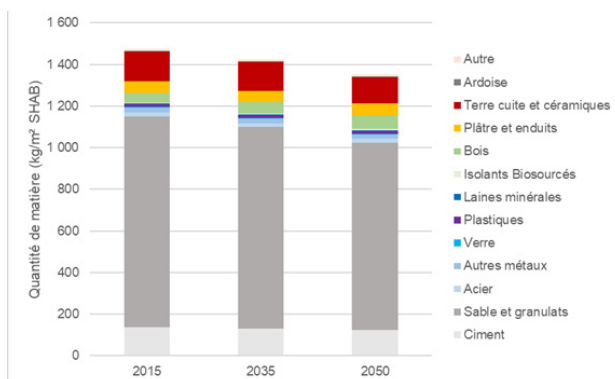
[42] Voir par exemple le rapport Girometti-Leclercq de septembre 2021 : <https://www.ecologie.gouv.fr/emmanuelle-wargon-rend-public-rapport-mm-girometti-et-leclercq-sur-qualite-dutilisation-du-logement>

B. Les matériaux de construction dans le PTEF

Pour établir la trajectoire du PTEF, nous nous référons à l'étude *Prospectives 2035 et 2050 de consommation de matériaux pour la construction neuve et la rénovation énergétique BBC* de l'ADEME, elle-même inspirée du scénario médian de **développement des matériaux biosourcés** de l'étude TerraCrea (scénario BS++) qui est plus rapide que le scénario tendanciel, mais moins rapide que les scénarios reposant sur une forte croissance de l'isolation biosourcée ou de la maison à ossature bois.

Le sujet de l'estimation des taux d'intégration des différents matériaux est complexe car il nécessite de croiser des estimations *bottom-up* à partir d'hypothèses techniques sur la mise en œuvre des matériaux au sein des différents éléments constructifs pour des typologies de bâtiments variées et leur évolution dans le temps, avec des estimations *top-down* permettant de vérifier la cohérence macroscopique des quantités consommées à l'échelle nationale. Nous renvoyons donc ici aux études susmentionnées pour plus de précisions [43].

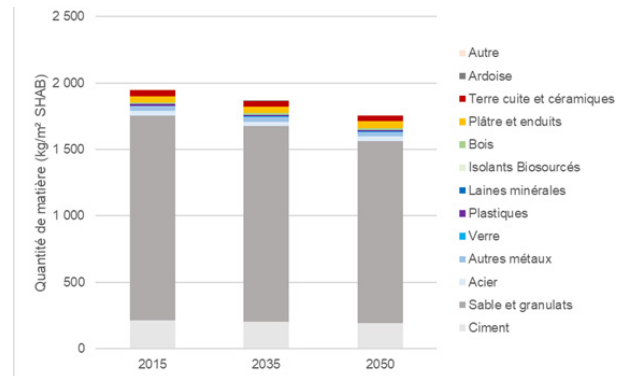
Figure 41 : Évolution entre 2015 et 2050 des taux d'intégration des différents matériaux au sein des maisons individuelles neuves, à partir de l'étude ADEME susmentionnée



Source : The Shift Project

[43] Il a été porté à notre connaissance un important décalage d'ordre de grandeur entre la consommation d'isolants présentée dans l'étude susmentionnée et la production industrielle destinée au marché français de ces mêmes isolants. Dans l'attente d'un audit et d'une consolidation des données, nous invitons donc nos lecteurs et lectrices à les considérer avec prudence, en particulier concernant les isolants, mais également concernant les autres matériaux.

Figure 42 : Évolution entre 2015 et 2050 des taux d'intégration des différents matériaux au sein des logements collectifs neufs, à partir de l'étude ADEME susmentionnée

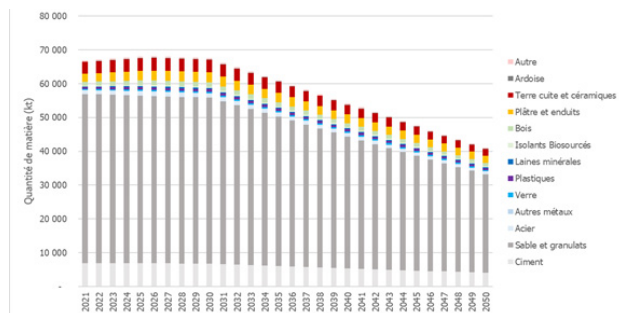


Source : The Shift Project

Cette information étant moins dimensionnante, l'approche est moins détaillée et se base uniquement sur une estimation moyenne des taux d'intégration de matériaux sur la période 2015-2050 estimée par l'étude ADEME susmentionnée. Les taux d'intégration de matériaux issus de l'étude ADEME sont ensuite appliqués aux scénarios d'évolution du parc de logements utilisés au sein du PTEF.

Cette approche pourrait être détaillée davantage pour refléter une pénétration plus importante des isolants biosourcés et des super-isolants (tels que les panneaux sous vide) au détriment des laines minérales ou isolants organiques aujourd'hui majoritaires. Les isolants biosourcés ont l'avantage de stocker du carbone. Afin de préciser le rôle que peut jouer cette caractéristique dans la décarbonation du parc de logement, la contribution du stockage devrait être envisagée de manière dynamique en intégrant l'empreinte carbone en cycle de vie des matériaux (sourcing, fabrication, transport... jusqu'à la fin de vie).

Figure 43 : Consommation de matière, logement neuf & rénovation



Source : The Shift Project

Les grandes tendances constatées à ce stade sont :

- la baisse globale des consommations de matière principalement due à la réduction de la construction neuve, fortement consommatrice de matériaux, et notamment des matériaux présentant les contenus en énergie et en carbone gris les plus importants ;
- seuls les matériaux isolants sont consommés en plus grande quantité, du fait de l'important effort d'amélioration thermique de l'existant, mais ils pèsent peu en masse ;
- une augmentation importante de la pénétration des isolants biosourcés dans le neuf et en rénovation (en part de marché et en proportion par m² rénové) ;
- une stabilité globale de la consommation des matériaux biosourcés (catégories Isolants biosourcés + bois) du fait de la réduction du volume de construction neuve, qui permet de s'assurer de l'absence de risque sur la ressource en bois disponible. Le maximum de consommation annuelle de ressources biosourcées lors du pic est supérieure à la consommation en 2050, mais revient rapidement dans l'enveloppe actuelle,

notamment grâce à la baisse rapide de la construction neuve de maisons individuelles, qui est la typologie la plus intégratrice de bois.

- du point de vue de l'empreinte carbone, un effort conséquent sur la décarbonation des constructions et une pénétration plus importante des matériaux stockant du carbone pourrait aboutir à long terme à des ordres de grandeurs similaires entre l'empreinte des constructions et le carbone stocké dans le bâtiment pendant sa durée de vie. Des rénovations impliquant une forte proportion de matériaux biosourcés sont déjà proches de cette équivalence en ordre de grandeur.

Les émissions dues à l'acte constructif (construction, rénovation), qu'il s'agisse de la production des matériaux et de leur acheminement ou du chantier, sont imputables au secteur de l'industrie. Cependant, il nous a paru intéressant ici de nous essayer à un chiffrage de ces émissions à l'échelle nationale, afin de les mettre en perspective avec les émissions liées à l'usage des bâtiments. Pour une vision encore plus large, il pourrait être intéressant d'examiner les émissions liées au changement d'usage des sols lors de la construction des bâtiments par exemple.

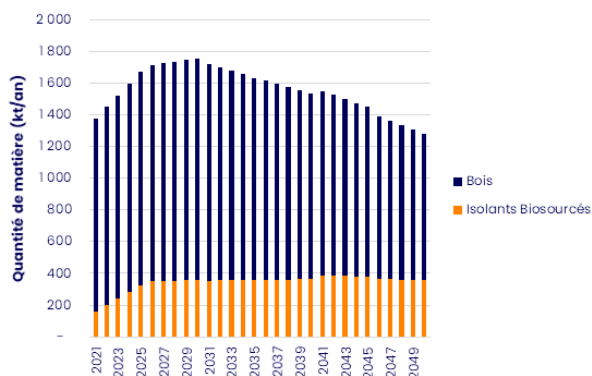
La SNBC 1 (2015) situe l'empreinte carbone de la construction de bâtiments autour de 10Mt/an, soit entre 2 % et 3 % des émissions territoriales françaises. La présente estimation est presque 2,5 fois plus élevée juste pour logement, ce qui renchérit l'importance de prêter attention à ce poste. Cet écart est probablement dû à la différence d'approche (tableau entrée-sortie) ou à la différence entre les facteurs d'émissions employés (à consolider). En effet, ceux de la Base Carbone de l'ADEME, sur lesquels se base probablement la SNBC, sont plus anciens et bien inférieurs [44]

^[44] Établis sur la base du rapport HQE Performance [31] de 2013, époque à laquelle sensiblement moins de données environnementales (FDES, PEP) étaient disponibles, donne 425 kgCO₂e/m² SHON pour les maisons individuelles et 525kgCO₂e/m² SHON pour les logements collectifs, là où le seuil CI du label E+C- est à E,GES,PCE=700 kgCO₂e/m² SDP pour les maisons individuelles et E,GES,PCE=800 kgCO₂e/m² SDP pour les logements collectifs

au seuil et retours d'expériences issus de démarches plus récentes telles que le label E+C-. L'empreinte carbone prospective des constructions neuves a été établie sur la base de ce niveau et d'une évolution se calquant sur le calendrier d'abaissement de l'indicateur IC construction annoncé dans le cadre de la RE2020, puis d'une prolongation de tendance, cohérente avec les ambitions des secteurs industriels du PTEF à - 5 % par an. L'estimation de cette tendance d'évolution aussi loin dans le futur ne peut à ce stade être rendue plus robuste.

Note : Les besoins en bois estimés dans cette fiche pour le logement devront faire l'objet de travaux supplémentaires afin de consolider les interactions que ces évaluations auront avec les autres secteurs au sein du PTEF. Le bâtiment tertiaire, notamment, n'a pas été ici pris en compte.

Figure 44 : Consommation de matière biosourcée des logements neufs et rénovés

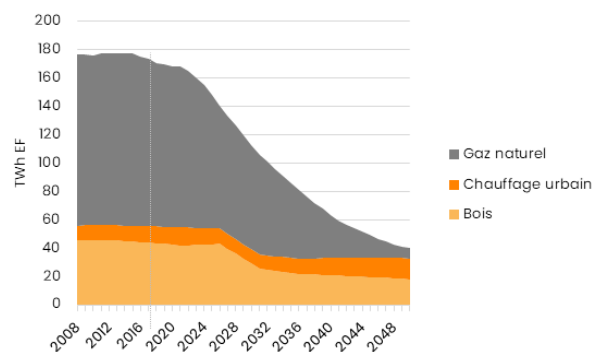


Malgré l'augmentation sensible du nombre de logements chauffés directement au bois ou connecté à un réseau de chaleur qui en inclut dans son mix, la demande en bois de chauffage baisse grâce aux efforts conséquents d'isolation.

Les besoins de biomasse liés à la fabrication

de biogaz nécessaire dans quelques logements collectifs, restent à évaluer plus précisément, mais la consommation de cette source d'énergie est faible en 2050. Dans la trajectoire proposée par le PTEF, le logement n'impose donc pas durablement de stress supplémentaire à la ressource en biomasse.

Figure 45 : Consommation de chauffage par système

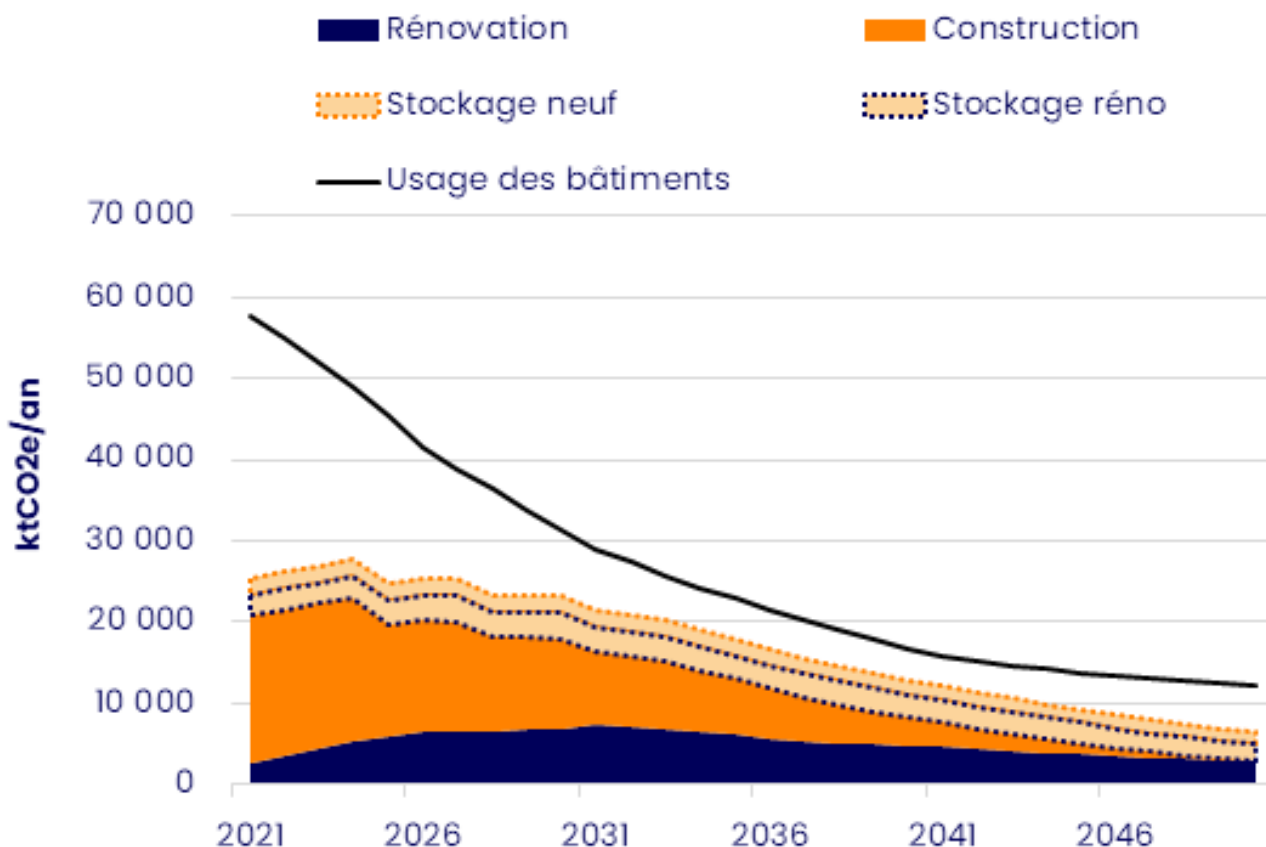


Source : The Shift Project

Les estimations en termes de consommation de matière et d'impact carbone des constructions doivent encore faire l'objet d'une mise en cohérence, en lien avec les secteurs industriels producteurs de ces matériaux, qui font l'objet d'un rapport dans le cadre du PTEF. Une fois des trajectoires de décarbonation établies pour ces matériaux, et l'évolution prospective de leurs facteurs d'émission déterminée, il sera nécessaire de calculer le facteur d'émission moyen de l'acte constructif à partir de l'intégration des différents matériaux pour s'assurer de la cohérence entre les trajectoires matière et carbone proposées ici de manière disjointe.

En comparant les émissions des GES liées à l'acte constructif, on se rend compte qu'elles sont dans les ordres de grandeur comparables aux émissions liées à l'exploitation des bâtiments (64Mt CO₂e/an pour l'usage des logements contre 27Mt CO₂e/an pour la construction et la rénovation).

Figure 46 : Comparaison des émissions d'usage et de construction (tout logement confondu)



Source : The Shift Project

Commentaire : les aires en pointillés (stockage carbone) se retranchent aux aires pleines (émissions)

02

LE LOGEMENT APRÈS
TRANSFORMATION



I. DESCRIPTION PHYSIQUE DU LOGEMENT APRÈS TRANSFORMATION

Après transformation, le parc de logements compte 22% de logements supplémentaires à horizon 2050. L'ensemble de ces logements présente **des consommations d'énergie faibles** grâce à la généralisation d'une isolation performante. En effet, plus aucun logement n'est évalué au-delà de l'étiquette C du DPE (en énergie primaire).

Les fourchettes de consommation conventionnelles telles que simulées lors

de l'établissement d'un DPE sont rappelées dans le tableau suivant, ainsi que les consommations réelles associées, prises en compte dans le cadre de l'exercice de modélisation. Les consommations prises en compte par le DPE couvrent le chauffage, la production d'ECS et la production de froid. Elles n'incluent donc pas les autres usages (éclairage, auxiliaires et ventilation, usages mobiliers...).

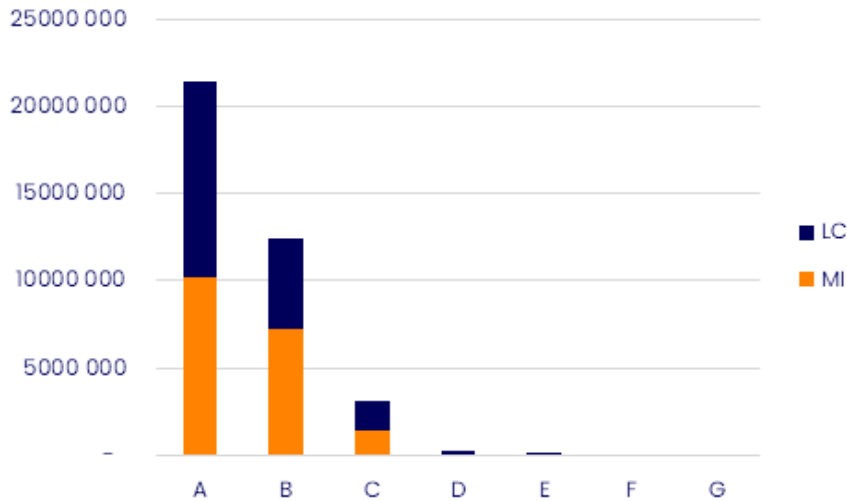
Étiquette énergie du DPE	Conso conv min	Conso conv Max	Conso conv moy utilisée	Conversion conso réelles	Conso réelle
	kWh/m ² .an	kWh/m ² .an	kWh/m ² .an	-	kWh/m ² .an
A	0	50	40	130%	52
B	51	90	70	110%	77
C	91	150	120	85%	102
D	151	230	190	75%	142,5
E	231	330	280	65%	182
F	331	450	390	60%	234
G	450	600	525	55%	288,75
(H)	600	800	700	55%	385
(I)	801	∞	850	55%	467,5

Note : les étiquettes H et I n'existent pas dans le DPE, mais sont utilisées ici pour tenir compte des logements très consommateurs [32]. Des coefficients sont appliqués pour tenir compte du décalage entre consommations conventionnelles et réelles [33].

Les énergies fossiles ne chauffent plus aucun logement en 2050, en dehors de quelques logements collectifs au gaz et de la composante fossile qui peut subsister sur les réseaux de chaleur. Le biogaz peut assurer l'approvisionnement (à confirmer en fonction de la disponibilité et priorisation des usages tels qu'envisagée dans les autres secteurs du PTEF).

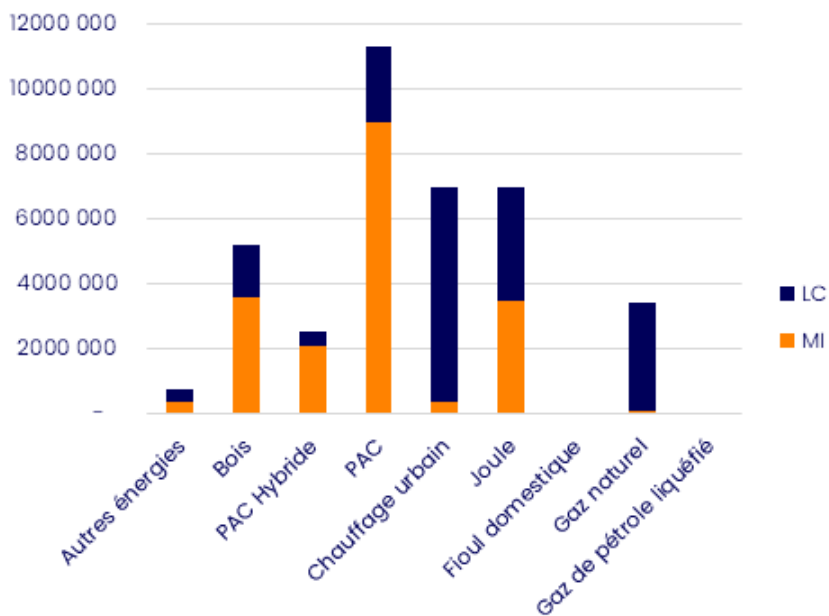
En termes de consommation d'énergie, le parc en 2050 se répartit de la façon suivante :

Figure 47 : Parc de logement en 2050 par étiquette énergie (DPE antérieur à juillet 2021)



Source : The Shift Project

Figure 48 : Parc de logement en 2050 par mode de chauffage principal



Source : The Shift Project

II. LES IMPACTS ÉNERGIE-CLIMAT DU LOGEMENT APRÈS TRANSFORMATION

La baisse d'**impacts énergie-climat** de la construction neuve après transformation reste à évaluer de manière précise. Elle devrait toutefois **diminuer de plus de 75 %** du fait de l'importante diminution des surfaces neuves, de la décarbonation des processus industriels permettant la fabrication des matériaux de construction et des processus de mise en œuvre, ainsi que du remplacement partiel de certains matériaux aux émissions incompressibles (décarbonation lors de la fabrication du ciment notamment).

Note : nous ne sommes pas encore certains d'atteindre les objectifs, le chiffrage de phénomènes présidant tant à la hausse qu'à la baisse des émissions de GES restant à effectuer ou à affiner ; les principales marges de manœuvre sont une réduction supplémentaire des besoins en énergie via l'enveloppe et la maîtrise de la demande, une décarbonation supplémentaire des vecteurs énergétiques, ou une sobriété accrue en m²/personne.

III. DESCRIPTION CONCRÈTE DES MODES DE VIE

Le logement en 2050 ressemble beaucoup au logement actuel soulagé de nombreux problèmes de précarité énergétique, pathologies du bâtiment, qualité de l'air, confort d'été. Il ne nécessite pas de transformation d'usages majeure. Grâce à une action de communication et de pédagogie accompagnant la mise en œuvre des rénovations, les ménages prennent conscience de l'impact énergétique de leur logement, et l'utilisent de manière plus économe. L'accompagnement des ménages dans la durée, les communications publiques et privées renforcées et la fréquence des rénovations participent du renforcement de la culture de toutes et tous sur le sujet. Cela permet de limiter l'effet rebond, et la rénovation est même l'occasion d'encourager des pratiques plus économes grâce à une « conscience énergétique » accrue par la discussion avec des spécialistes ou des proches.

Il n'existe plus ou presque de ménages en restriction de chauffage. Le logement personnel est une fierté, la rénovation des logements et leurs performances thermiques et environnementales sont devenus des sujets de discussion courants, qui participent autant de la valeur des logements que d'autres paramètres aujourd'hui déterminants (proximité des transports en communs, des services, des espaces verts, vues, taille...).

Les ménages sont globalement davantage endettés, mais la baisse des dépenses de chauffage (dès que les investissements nécessaires à la rénovation sont compensés) libère du pouvoir d'achat. Les logements sont globalement plus sains grâce à l'utilisation de matériaux moins néfastes pour la santé, et la systématisation de la ventilation mécanique.

Les nouvelles constructions qui viennent agrandir le parc de logement étant majoritairement des immeubles collectifs, il est maintenant plus fréquent d'habiter un appartement qu'une maison.

La résidence secondaire est un bien plus luxueux qu'auparavant. Un grand nombre de ces résidences continue d'exister, cependant il est très rare d'en voir de nouvelles se construire.

Note : nous n'avons pas exploré les marges de manœuvre en termes de sobriété en m²/personne qui pourraient se faire jour à travers les modes d'habiter (pour les résidences principales : colocation, co-habitat, autopromotion, habitat léger, etc. ; pour les résidences secondaires : mutualisation-partage, etc.).

IV. RÉSILIENCE DU LOGEMENT

Les logements en 2050 sont plus confortables, plus ergonomique et plus sains. En cas de baisse subie de l'approvisionnement pétrolier en France, le logement n'est plus directement affecté. Les besoins énergétiques des bâtiments étant faibles, il est plus simple de substituer un mode à un autre (ex : radiateur électrique de secours). En cas de canicule, les logements restent plus frais et habitables.

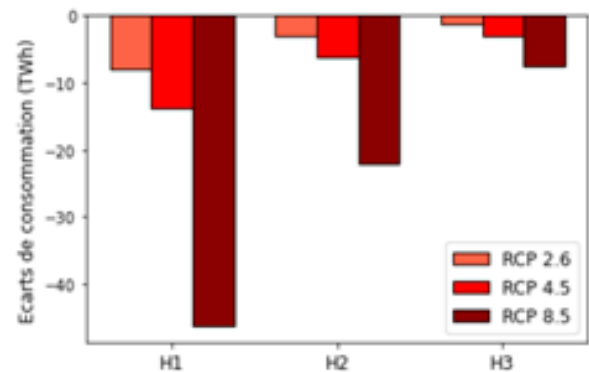
Zoom : Évolution des besoins en chaud et froid au regard du changement climatique



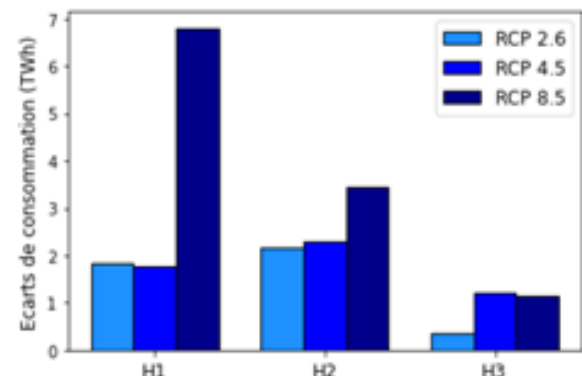
Le sujet de l'évolution des besoins de chaud et de froid au regard du changement climatique a l'objet de travaux d'étudiants de l'ENPC encadrés par *The Shift Project* [35]. Il s'agissait d'estimer l'impact sur les consommations d'énergie de différents scénarios de changement climatique, à l'aide des données DRIAS [45]. En effet, le réchauffement du climat en cours devrait provoquer une baisse des consommations de chauffage en hiver et une hausse de l'inconfort thermique en été, induisant ainsi la nécessité de climatiser davantage certains bâtiments pour des raisons de santé ou de confort, le tout de manière différenciée à l'échelle nationale.

Un modèle utilisant une approche basée sur les Degrés Jours Unifiés (DJU) de chaud et de froid a donc été réalisé avec une maille régionale.

Figure 48 : Évolution des consommations de chauffage et de climatisation du secteur résidentiel à l'horizon 2050 par zones climatiques [35]



(a) Evolution des besoins de chauffage



(b) Evolution des besoins de refroidissement

Il en ressort que dans le cas d'un scénario de réchauffement extrême de type RCP8.5 [46], aujourd'hui considéré comme peu probable par les experts [47], les consommations de chauffage pourraient fortement diminuer (de l'ordre de 10 %) tandis que les consommations

[45] Le projet DRIAS (<http://www.drias-climat.fr/>) met à disposition des projections climatiques régionalisées réalisées par des laboratoires français.

[46] RCP signifie Representative Concentration Pathway. C'est un mode de classification des scénarios d'évolution du climat présentés par le GIEC. Les chiffres accolés à RCP représentent le forçage radiatif résultant de la trajectoire d'évolution des concentrations en GES atmosphériques modélisée dans le scénario. 8.5 traduit ainsi un forçage radiatif de 8,5W/m². Les RCP existent entre 2,6W/m² (où l'on trouve les trajectoires permettant de respecter l'accord de Paris) et 8,5W/m² (traduisant une combustion improbablement élevées de fossiles).

[47] <https://www.nature.com/articles/d41586-020-00177-3>

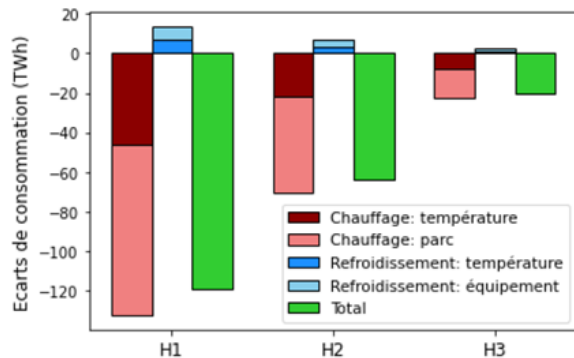
de climatisation augmenteraient très largement, y compris dans les zones les plus tempérées. Cependant, sur l'année entière, cela se traduit par une baisse globale des consommations quel que soit le scénario.

Cette réduction des consommations est toutefois sans commune mesure avec celle qui est nécessaire pour atteindre les objectifs climatiques. Bien que significative elle reste largement inférieure à ce qu'il est possible d'atteindre par la rénovation des logements.

Concernant spécifiquement les besoins de froid, il est souligné la nécessité d'encourager les solutions passives de lutte contre la surchauffe et de limiter le recours aux climatiseurs mobiles, plus énergivores et moins confortable que les climatiseurs fixes.

Les effets du changement climatique tels qu'examinés dans cette étude doivent encore être intégré au modèle utilisé dans le cadre du PTEF.

Figure 49 : Évolution des consommations de chauffage et de climatisation du secteur résidentiel à l'horizon 2050 sous scénario RCP8.5 avec rénovation du parc de logement [35]





03

**EMPLOI ET
FINANCEMENT**



L'anticipation des effets sur l'emploi et les compétences des transformations du secteur est essentielle, aussi bien pour en permettre la décarbonation que pour faciliter la transition professionnelle des personnes. On propose ici une quantification du besoin en emploi de la transformation à échéance 2050, et on examine les conditions pour y répondre : les besoins en compétences et donc en formation pour atteindre de hauts niveaux d'efficacité énergétique, les possibilités et les conditions de reconversion et de recrutement face aux variations de volume d'emploi, et la réorganisation du secteur pour répondre aux enjeux de matériaux.

Le périmètre retenu correspond aux activités du bâtiment dédiées à la construction et l'entretien-rénovation de logements. N'y ont pas été inclus les emplois du bâtiment tertiaire, bien qu'ils soient concernés par les mêmes enjeux ; n'y ont pas non plus été inclus les autres activités liées au bâtiment :

- l'ingénierie de construction et du développement de l'économie circulaire du bâtiment, du fait du manque de données quantitatives à date, et compte tenu de problématiques de reconversion moins critiques au niveau ingénieur ;
- les activités de la promotion immobilière, même si on peut estimer que les pratiques en seront bouleversées ;
- des activités en amont de la filière (matériaux, fournitures, machines...) ; les matériaux sont traités dans les secteurs correspondants du PTEF : « industrie lourde » (ciment et acier) et « forêt et bois » (bois).

I. ANTICIPER L'ÉVOLUTION DU BESOIN EN EMPLOI DANS LE LOGEMENT

On estime que le secteur de la construction et de la rénovation de logements représente actuellement près de 890 000 emplois en équivalent temps plein (ETP) en 2018 ^[48].

L'entretien-rénovation représente 460 000 ETP, soit un peu plus de la moitié de l'activité ; et on estime à environ 70 000 ETP le volume d'emploi dédié à de la rénovation thermique actuellement ^[49]. La construction neuve représente quant à elle près de 430 000 ETP.

Les objectifs de rénovation thermique énergétique s'accompagnent d'un besoin en emploi d'environ 110 000 ETP supplémentaires au plateau de rénovation (années 2041 à 2045), pour atteindre au total 180 000 ETP dans la rénovation thermique ; et 570 000 ETP dans l'ensemble des activités d'entretien et de rénovation. Ce chiffrage se base sur une estimation des coûts hors taxes pour une rénovation BBC de 406 €/m² rénové en maison individuelle et 257 €/m² en logement collectif ^[50], et un ratio de 5,46 ETP par million d'euros de chiffres d'affaires hors taxes ^[51]. *Avec une taille moyenne de logement de 113 m² en individuel et 63 m² en collectif, cela représente environ quatre maisons individuelles ou 11 logement collectifs rénovés par un équivalent temps plein sur une année.*

Dans la construction neuve, les différentes projections permettent de donner une fourchette de l'évolution de l'emploi. On estime à partir des données actuelles d'emploi et de volume d'activité (en nombre de logements construits) que la

construction d'un logement neuf représente sur l'ensemble du parc 1,08 ETP (1,6 pour les maisons individuelles et 0,7 dans le collectif). Ainsi, pour donner un ordre d'idée :

- Dans un scénario *business as usual* (fourchette haute) où 400 000 logements neufs sont construits annuellement, le besoin en emploi reste constant à environ 430 000 ETP.
- Dans un scénario de sobriété très forte (fourchette basse) où on construit 120 000 logements par an à horizon 2050, dont une forte proportion de logements collectifs (100 000), le besoin en emploi chute à presque 110 000 ETP en 2050, soit une chute de 320 000 ETP (- 75 %).
- Dans un scénario intermédiaire que l'on situe à 250 000 logements neufs par an (65 000 maisons individuelles et 185 000 logements collectifs), on tombe à environ 245 000 ETP en 2050, soit une baisse de 185 000 ETP (- 43 %).

Enfin, l'évolution du besoin en emploi dépend d'autres facteurs qui n'ont pas été pris en compte ici : l'économie circulaire du bâtiment et l'utilisation de matériaux biosourcés pourraient augmenter le besoin en emploi dans le neuf comme la rénovation. **La généralisation de techniques industrielles de rénovation énergétique déplacera les emplois depuis la mise en œuvre sur chantier vers les industriels fournisseurs de solutions de rénovation hors-site.** Ces mouvements d'activité n'ont pas pu être quantifiés faute de données disponibles.

^[48] Sur 1 431 000 ETP dans l'ensemble du bâtiment : salariés des entreprises de travaux de construction spécialisés (NAF 43) hors démolition et préparation de sites (NAF 43.1), ainsi que de la construction de bâtiments résidentiels et non résidentiels (NAF 41.2) ; et indépendants de la construction dont micro-entrepreneurs. ESANE 2018, INSEE non-salariés 2018. La répartition entre résidentiel et tertiaire puis entre neuf et rénovation est réalisée sur la base de la répartition du chiffre d'affaires du secteur FFB Le bâtiment en chiffres 2018.

^[49] L'estimation du volume d'emploi actuel dédié aux rénovations thermiques est basée sur une estimation du chiffre d'affaires hors taxes de la rénovation thermique, qui serait entre 11,5 et 14 milliards d'euros (CGEDD 2017, Aides à la rénovation énergétique des logements privés) en incluant l'ensemble des gestes de rénovation thermique, y compris les gestes réalisés en dehors de rénovations globales. On utilise la valeur intermédiaire de 12,75 M€, à laquelle on applique un ratio de 5,46 ETP/M€, de CA HT (codes NAF 43.21, 43.22, 43.29A, 43.31, 43.32A, 43.32B, 43.91B et 43.99A, ESANE 2018). Cette estimation est toutefois à considérer avec prudence, dans la mesure où, d'une part, l'estimation de chiffre d'affaires dédiée à la rénovation est une fourchette très large, et d'autre part, l'estimation du chiffre d'affaires total de l'entretien-réparation du CGEDD (43,4 milliards d'euros) est cohérent avec les données FFB 2018 (45 milliards dans la rénovation de logement, 140 milliards dans l'ensemble du bâtiment) qui sont en incohérence avec les données ESANE (211 milliards dans l'ensemble du bâtiment).

^[50] EnerTech 2018, Analyse des coûts de la rénovation énergétique des logements en France

^[51] ESANE 2018 Codes NAF 43.21, 43.22, 43.29A, 43.31, 43.32A, 43.32B, 43.91B et 43.99A

II. ACCÉLÉRER ET ACCOMPAGNER LA TRANSFORMATION DE L'EMPLOI ET DES COMPÉTENCES

La massification de la rénovation thermique globale, en plus d'un besoin de main-d'œuvre supplémentaire, requiert une montée en compétences du secteur : une meilleure coordination entre les corps d'état, une évolution des pratiques et des gestes métiers et un renforcement de l'accompagnement des travaux devront être développés. Cette montée en compétences doit être menée en tenant compte des spécificités du secteur, majoritairement composé de TPE et PME ayant peu de temps et de moyens à allouer à la formation, et dont l'essentiel des artisans ne sont pas passés par une formation initiale. Elle doit donc s'appuyer sur la formation continue, en assurant la demande de formation de la part des entreprises – renforcement de FEEBAT (site de formation aux métiers de la rénovation énergétique), développement de dispositifs de formation sur chantier et soutenus par les grands donneurs d'ordre d'un territoire – autant que sur l'évolution des formations initiales.

L'évolution du volume d'activité, dans le neuf comme dans la rénovation, doit aller de pair avec un accompagnement des transferts d'activité depuis le neuf et vers la rénovation. La baisse anticipée du besoin en main-d'œuvre dans la construction neuve en parallèle de la forte hausse dans la rénovation pose la question des possibilités de transferts entre les deux, si ces deux mouvements s'opèrent simultanément. Par ailleurs, le besoin en main-d'œuvre dans la rénovation implique de renforcer l'attractivité des métiers du bâtiment, en particulier de la rénovation

pour permettre la reconversion d'actifs hors BTP ou l'augmentation du nombre de formations initiales – des initiatives locales existent mais ne laissent pas encore la place à des conclusions.

Les enjeux de matériaux ont également des effets sur l'emploi : le développement des matériaux biosourcés ou de l'économie circulaire nécessite de mettre en œuvre des formations pour faire évoluer les compétences et changer les pratiques.

Pour réorganiser les filières et les pratiques autour du biosourcé comme du réemploi et de la réutilisation des matériaux, l'ensemble des acteurs devrait bénéficier de formations : donneurs d'ordre, maîtres d'œuvre, architectes, assureurs, juristes, etc. De même, sur les chantiers, les artisans devront être accompagnés pour faire évoluer leurs pratiques. Enfin, l'économie circulaire étant intense en emploi peu qualifié (en particulier les activités de déconstruction sélective, de réemploi et de réutilisation), elle semble constituer une piste pertinente pour des transferts d'activité depuis la construction neuve, amenée à diminuer. La réutilisation de matériaux pose néanmoins des difficultés assurantielles et logistiques (gestion du stockage).

III. FINANCEMENT DES RÉNOVATIONS DE LOGEMENTS PRIVÉS

Pour massifier la rénovation énergétique de logements privés et améliorer son impact carbone, l'action de l'État doit s'appuyer sur des leviers réglementaires et d'accompagnement, mais aussi sur des leviers financiers. Le coût d'une rénovation performante reste en effet conséquent et constitue un frein pour lancer des travaux. Les aides existantes s'orientent par exemple encore trop peu vers les rénovations globales, les plus performantes. Ainsi, seuls 6 % des travaux de rénovations de maisons individuelles en 2019 permettaient un saut de deux classes ou plus de DPE [52]. Les risques supportés par les ménages restent donc significatifs.

Principales recommandations

L'analyse des travaux récents permet d'avancer plusieurs propositions [32], [33],[1], [34], [35], [36] :

- **Augmenter les plafonds des aides pour diminuer le reste à charge des rénovations, en ciblant particulièrement les ménages les plus modestes.** En effet, les règles d'écrêtement et de plafonnement en vigueur aujourd'hui ne permettent pas de financer des projets de rénovation globale et performante.
- **Faire évoluer les aides pour les simplifier et inciter fortement à la rénovation globale.** Les montants des aides actuelles incitent davantage à des rénovations « geste par geste » qu'à des rénovations globales et performantes.
- **Permettre l'accès à des crédits adaptés pour le financement du reste à charge.**

La durée de remboursement de l'éco-prêt à taux zéro pourrait être relevée pour les rénovations les plus performantes, et permettre ainsi un amortissement plus progressif du coût des travaux – ce qui serait en outre plus en phase avec leur durée de vie.

- **Assurer une meilleure distribution des prêts subventionnés.** L'éco-prêt à taux zéro étant insuffisamment distribué, la simplification de l'instruction technique des dossiers et la mise en concurrence des banques pourraient constituer des pistes intéressantes.
- **Améliorer la qualité des travaux et renforcer les contrôles, en coordonnant les aides avec la montée en compétence discutée dans la section Emploi de ce rapport.** Le niveau d'exigence vis-à-vis de la qualité des travaux de rénovation doit être relevé au même rythme que celui auquel les professionnels montent en compétences grâce à l'impulsion publique.
- **Expérimenter une conduite des rénovations par des opérateurs finançant les coûts des travaux et se remboursant sur les économies d'énergie, tout en renforçant le maillage du territoire par un service public d'information neutre et indépendant.** Ce modèle proposé par France Stratégie permettrait aux ménages de ne pas avoir à supporter le coût des travaux.

^[52] Résultats enquête TREMI 2020 (La rénovation énergétique des logements – Bilan des travaux et des aides entre 2016 et 2019, Observatoire national de la rénovation énergétique)

La mise en œuvre de telles politiques publiques devra prêter une attention particulière à **l'inclusion et à l'adaptation à l'ensemble des logements et des publics cibles** : maison individuelles et logements collectifs, propriétaires occupants ou bailleurs, aisés ou plus modestes. Par ailleurs, **les ménages doivent bénéficier, dans leurs projets de rénovation, d'un accompagnement via des moyens humains conséquents, en quantité comme en compétences**, pour permettre un véritable changement d'échelle dans le volume et la qualité des rénovations conduites.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] – **C. Le Quéré**, « Rénover mieux : Leçons d'Europe », Haut Conseil pour le Climat, nov. 2020
- [2] – « Le parc de logements en France au 1er janvier 2018 », INSEE, 2018.
- [3] – **B. Mallié**, « Performance Énergétique du Bâtiment – Programme de rénovation thermique du parc existant 2015-2050 », The Shift Project, 2013.
- [4] – **J.-M. Jancovici, A. Schuller, S. Timsit, et Z. Vasselin**, « Évolution de la demande électrique à moyen et long terme : quels impacts pour la gestion de la pointe électrique en 2030 et 2050 », Carbone 4, nov. 2019.
- [5] – **C. Le Quéré**, « Agir en cohérence avec les ambitions, Rapport annuel Neutralité Carbone », Haut Conseil pour le Climat, 1, juin 2019. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.hautconseilclimat.fr/publications/rapport-2019/>
- [6] – « PTEF v1 – Vers un Plan de transformation de l'économie française en faveur du climat et de la résilience », The Shift Project, oct. 2020.
- [7] – **S. Aulagnier, N. Almosni, F. Dupont, et F. Lefebvre-Naré**, « Étude prospective sur les impacts du changement climatique pour le bâtiment à l'horizon 2030 à 2050 », ADEME / Burgeap, janv. 2015.
- [8] – **J.-N. Geist**, « Le financement des chaudières gaz par le Crédit d'impôt transition énergétique (CITE) : Les nouveaux gilets jaunes », The Shift Project, nov. 2018.
- [9] – « Réduction des émissions de CO₂, impact sur le système électrique : quelle contribution du chauffage dans les bâtiments à l'horizon 2035 ? », RTE / ADEME, déc. 2020.
- [10] – **M. Bocquet**, « L'artificialisation et ses déterminants d'après les Fichiers fonciers », Cerema, déc. 2019. [En ligne]. Disponible sur: <https://artificialisation.biodiversitetousvivants.fr/determinants-artificialisation-2009-2017>
- [11] – **Julien Fosse**, « Objectif "Zéro artificialisation nette" : quels leviers pour protéger les sols ? », France Stratégie, juill. 2019.
- [12] – **A.-C. Loisier et A.-L. Petel**, « Les enjeux de l'artificialisation des sols : diagnostic », Comité pour l'économie verte, févr. 2019.
- [13] – **M. Lelièvre et N. Rémila**, « Dépenses pré-engagées: quel poids dans le budget des ménages? », DREES / ONPES, 25. [En ligne]. Disponible sur: <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/publications/les-dossiers-de-la-drees/depenses-pre-engagees-quel-poids-dans-le-budget-des-menages>
- [14] – **R. Bigot**, « Les classes moyennes sous pression », CREDOC, 2019, mars 2009. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.credoc.fr/publications/les-classes-moyennes-sous-pression>
- [15] – **P. Dutheil et S. Rabaté**, « Nos logements, des lieux de vie à ménager », IDHEAL, août 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://idheal.fr/etudes-actions>
- [16] – **C. Dugast et al.**, « Neutralité et territoires, un cadre d'action collectif pour la neutralité carbone en France », juin 2021. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.carbone4.com/neutralite-et-territoires-un-cadre-daction-collectif-pour-la-neutralite-carbone-en-france/>
- [17] – **I. Araujo-Oliveira et al.**, « Séminaire VET 2021 de l'ENPC – Artificialisation des sols », The Shift Project / ENPC, Publication à venir.
- [18] – **O. Piron**, « Parc ancien : la rénovation énergétique n'est pas la panacée », Politique du logement, avr. 14, 2020. Consulté le: nov. 23, 2020. [En ligne]. Disponible sur: <https://politiquedulogement.com/2020/04/parc-ancien-la-renovation-energetique-nest-pas-la-panacee/>
- [19] – **T. Blanchet, T. Ikuno, S. Rybaltchenko, G. Zaidan, et R. Babut**, « Séminaire VET 2021 de l'ENPC – Besoins en logements neufs », The Shift Project / ENPC, Publication à venir.

- [20] - **C. Arquin, J. Parc, et J. Daunay**, « Neutralité et logement », Pouget Consultant - Carbone4, Synthèse d'étude, janv. 2020.
- [21] - « La rénovation performante par étapes », Dorémi / Enertech, janv. 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://bibliothèque.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/4168-renovation-performante-par-etapes.html#/44-type_de_produit-format_electronique
- [22] - **Observatoire national de la rénovation énergétique (ONRE)**, « La rénovation énergétique des logements. Bilan des travaux et des aides entre 2016 et 2019. », mai 2020. Consulté le: sept. 10, 2021. [En ligne]. Disponible sur: https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2021-05/rapport_onre_%20mai2021.pdf
- [23] - « Suivi du marché 2020 des pompes à chaleur individuelles », Observatoire des énergies renouvelables, juill. 2020. Consulté le: sept. 20, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/etudes/Observ-ER-Marche-2020-pompes-a-chaleur20210617.pdf>
- [24] - « Les Réseaux de chaleur et de froid, Résultats de l'enquête annuelle - Edition 2020 », FEDENE / SNCU. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.fedene.fr/wp-content/uploads/sites/2/2021/01/EARCF-Rapport-Global-%C3%A9dition-2020-Restitution-enquete-r%C3%A9seaux.pdf>
- [25] - **D. Bedoya Taborda et al.**, « Séminaire VET 2021 de l'ENPC - Réseaux de chaleur », The Shift Project / ENPC, Publication à venir.
- [26] - **S. Mirtain-Roth et J. Burgholzer**, « 500 maisons rénovées basse consommation, Enseignements opérationnels des programmes "Je rénove BBC" en Alsace », Cerema / EDF, juin 2017.
- [27] - **M. Sié, T. Rieser, J. Payet, et C. Julien**, « I3E - Élaboration d'une méthodologie d'évaluation d'indicateurs énergétiques, économiques, et environnementaux (I3E) pour l'aide à la décision entre différentes solutions de rénovation », ADEME / Cycleco / Enertech, oct. 2017.
- [28] - « Embodied Carbon Benchmark for European buildings », One Click LCA, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.oneclicklca.com/fr/eu-embodied-carbon-benchmarks/>
- [29] - « Prospectives 2035 et 2050 de consommation de matériaux pour la construction neuve et la rénovation énergétique BBC », ADEME, 2019.
- [30] - **P. Besse, H. Valkhoff, et L. Floissac**, « Projet de recherche TerraCrea », Laboratoire de Recherche en Architecture de Toulouse, Les Amis de la Terre France, 2014.
- [31] - **A. Lebert, S. Lasvaux, F. Grannec, S. Nibel, F. Achim, et N. Schiopu**, « Capitalisation des résultats de l'expérimentation HQE Performance. Analyse statistique - Action 22 », CSTB, oct. 2013.
- [32] - **J. Marchal et E. Lagandre**, « Modélisation des performances énergétiques du parc de logements - Etat énergétique du parc en 2008 », ANAH, janv. 2008.
- [33] - **DGEC**, « Ambition climatique et rénovation performante pour 2028 et 2050 ». avr. 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ecologie.gouv.fr/plan-renovation-energetique-des-batiments>
- [34] - « Évaluation des impacts des récentes réformes de l'octroi des primes et des prêts « Énergie & Logement » en Wallonie », ICEDD / SONECOM, janv. 2019.
- [35] - **C. Daguene et al.**, « Séminaire VET 2021 de l'ENPC - Évolution des besoins en chaud et en froid dans le secteur résidentiel », The Shift Project / ENPC, Publication à venir.
- [36] - **T. Merly-Alpa, N. Riedinger, et M. Baudry**, « Le parc de logement par classe de consommation énergétique », SDES, sept. 2020.

ÉQUIPE DU PROJET

LES AUTEURS

Rémi Babut,
The Shift Project, chef de projet

Rémi Babut pilote le projet Logement du Shift depuis 2020. Il a reçu le diplôme d'ingénieur civil de l'École des Ponts ParisTech, spécialisé en environnement et aménagement, ainsi que celui du Mastère Aménagement et Maîtrise d'ouvrage Urbaine (MS AMUR). Il travaille en tant qu'ingénieur-urbaniste chez Franck Boutté Consultants depuis 2016. En parallèle de cet emploi, il prend en charge de 2018 à 2021 le pilotage de l'association Expérience P2E, qui développe le Passeport Efficacité Énergétique, un outil de médiation et d'ingénierie énergétique à destination des maisons individuelles. Rémi enseigne le design paramétrique pour la performance environnementale, appliqué aux bâtiments et formes urbaines, au sein du Mastère Design by Data.

Maxime Efoui-Hess,
The Shift Project, coordinateur de projet

Maxime Efoui-Hess est coordinateur du projet logement au sein du PTEF. Il est diplômé du parcours Énergie, Transport, Environnement de l'ISAE-SUPAÉRO et du parcours Dynamique du Climat de l'Université Paul Sabatier à Toulouse et de l'École nationale de la météorologie (ENM). Après avoir travaillé sur les mécanismes physiques du développement caniculaire en climat futur en France et en Europe, au sein du Centre européen de recherche et de formation avancée en calcul scientifique (CERFACS), à Toulouse, il a rejoint l'équipe du Shift pour coordonner les travaux sur les technologies numériques et sur l'industrie. Il est co-auteur avec Hugues Ferreboeuf des rapports « Lean ICT – Pour une sobriété numérique » (The Shift Project 2018) et « Déployer la sobriété numérique » (The Shift Project, 2020), et auteur principal du rapport « Climat : l'insoutenable usage de la vidéo – Un cas pratique pour la sobriété numérique » (The Shift Project, 2019).

Yannick Saleman,
The Shift Project, pilote emploi et finance du PTEF

Yannick Saleman a rejoint le Shift en 2020 pour piloter les chantiers emploi, finance et macroéconomie/résilience du PTEF. Également Shifter actif, il anime

le groupe local de La Réunion et coordonne les outre-mers. Il est ingénieur des Ponts ParisTech, titulaire d'un Master en Finance et Économie de la London School of Economics et d'un Master en Affaires Publiques de Columbia University. Après 4 ans sur les marchés financiers, il travaille près de 8 ans à la Banque Mondiale en Inde et en Afrique sur des politiques de transformation économique. Il est l'auteur de travaux cités sur les politiques industrielles, et a mené des équipes multisectorielles pour la conception et la mise en œuvre de projets en Afrique de l'Ouest et dans l'Océan Indien, dans une approche systémique et liant développement et environnement.

Vinciane Martin,
The Shift Project, chargée de projet Emploi

Vinciane Martin a rejoint l'équipe du Shift pour travailler sur les sujets d'emploi et de finance dans le cadre du PTEF. Diplômée de HEC Paris, elle a réalisé des stages dans l'économie sociale et solidaire, puis dans le capital-investissement. Au cours de sa formation, elle s'est également engagée pour l'intégration des enjeux écologiques dans l'enseignement supérieur et dans les stratégies d'entreprise, au sein du collectif Pour un Réveil Écologique.

Antoine Belloir,
The Shift Project, coordinateur de projet

Antoine a rejoint l'équipe du Shift Project pour contribuer au PTEF sur les sujets de l'emploi et du financement. Élève ingénieur à l'École polytechnique en mathématiques appliquées, il a réalisé un stage en entreprise dans l'industrie et effectué un stage de recherche au Collège de France. Il effectuera un double diplôme avec l'ENSAE pour compléter son parcours scientifique par une formation spécialisée en économie et finance. »

GRAPHISME & MISE EN PAGE

Thomas Bénézech, Shifter

Anaïs Carrière, *The Shift Project*, chargée de communication

Crédit photo : Any Mlgn (@anymlgn), sous licence Unsplash

ANNEXES

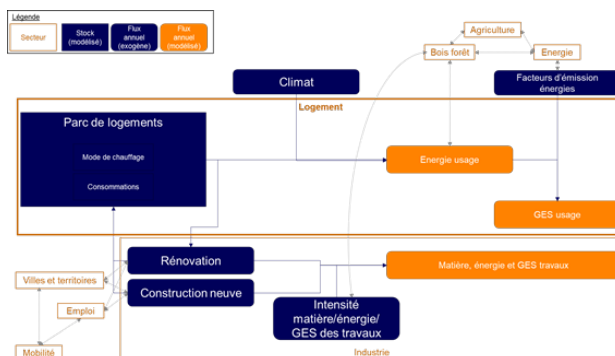
MODÉLISATION DU PARC

Afin de quantifier de manière diachronique la consommation d'énergie et l'empreinte carbone du parc de logement, nous avons choisi de le caractériser par le biais des étiquettes énergie (en énergie primaire) telles que délivrées par le DPE et des modes de chauffage principaux.

Le parc décrit se limite aux logements principaux en France métropolitaine. Deux parcs sont modélisés séparément : le parc de maisons individuelles et le parc de logements collectifs.

Cette modélisation réalisée sous Excel connaît certaines limites liées à l'outil de calcul d'une part, et aux données disponibles d'autres part.

Figure 50 : Schéma de principe du modèle réalisé pour le secteur Logement du PTEF et des interactions avec les autres secteurs



A. Données de calcul

Si certains services de l'Etat ou collectivités disposent d'une modélisation détaillée de leur parc, notamment à travers l'outil EnerTer, aucune donnée publique fiable et récente n'existe quant à la répartition du

parc par performance thermique et par mode de chauffage.

Les seules données publiques connues à ce sujet sont celles de l'étude de l'ANAH sur les performances du parc en 2008 [32], qui ont donc été reprises comme base pour la modélisation du parc. L'utilisation de données basées sur cette étude explique la présence de logements sous étiquettes H et I, qui n'existe pas en réalité, mais avait été utilisées par l'ANAH pour estimer les consommations des logements les plus énergivores de la classe G.

À ce titre, il semble que la connaissance du parc et de son évolution dans le temps pourrait être encouragée par **une ouverture plus grande des données, notamment en séries longues**. Ces données seraient notamment nécessaires pour **mieux comprendre les effets des différentes politiques publiques**, ainsi que la **sensibilité de la filière de la rénovation à la volatilité qui caractérise ces politiques** (subventions changeantes notamment).

L'évolution du parc de 2008 à 2020 a été reconstituée en croisant des données issues de diverses sources dont la base DPE, la série d'études OPEN-TREMI-ONRE et les données du CEREN.

La modélisation assume des hypothèses simplifiées liées à un travail en énergie primaire. Bien que l'énergie primaire traduise moins bien la réalité physique à l'échelle de chaque logement, il ne nous a pas semblé souhaitable de se baser sur une modélisation en énergie finale, afin de pouvoir transcrire plus facilement les effets des politiques publiques, qui sont basées sur l'énergie primaire.

Des hypothèses d'équirépartition de l'effort et de la performance permettent d'éviter la complexification du modèle, au détriment de la précision quant à la capacité des logements à atteindre un certain niveau de performance selon leur mode de chauffage (et le coefficient d'énergie primaire) ou leur typologie (caractérisée par leur période de construction par exemple). On pourra citer comme référence à ce sujet l'étude Neutralité et logement [20].

Par exemple (et afin d'éviter de complexifier la lecture par trop d'indices variables), pour calculer le flux annuel de logement classés D chauffés au GPL lié à la rénovation, la formule serait :

$$F_{D,GPL} = -N_{D>ABCDEFGH} * \%_{GPL} + N_{ABCDEFGH>D} * \sum_{modesCH} \%_{modeCH} * \%_{modeCH>GPL}$$

De même, on suppose une certaine équirépartition entre les modes de chauffage des logements démolis. Cependant, on a considéré que les logements les plus consommateurs constituaient la majorité des logements démolis.

Les étiquettes et modes de chauffages attribués aux logements neufs sont basés sur des données accessibles. Concernant le croisement de ces deux paramètres, on a supposé une équirépartition (ignorant ainsi la difficulté plus grande à atteindre une étiquette A en EP pour un logement chauffé à l'effet Joule pâtissant d'un CEP de 2,58 ou la difficulté à installer une pompe à chaleur dans un logement mal isolé par exemple).

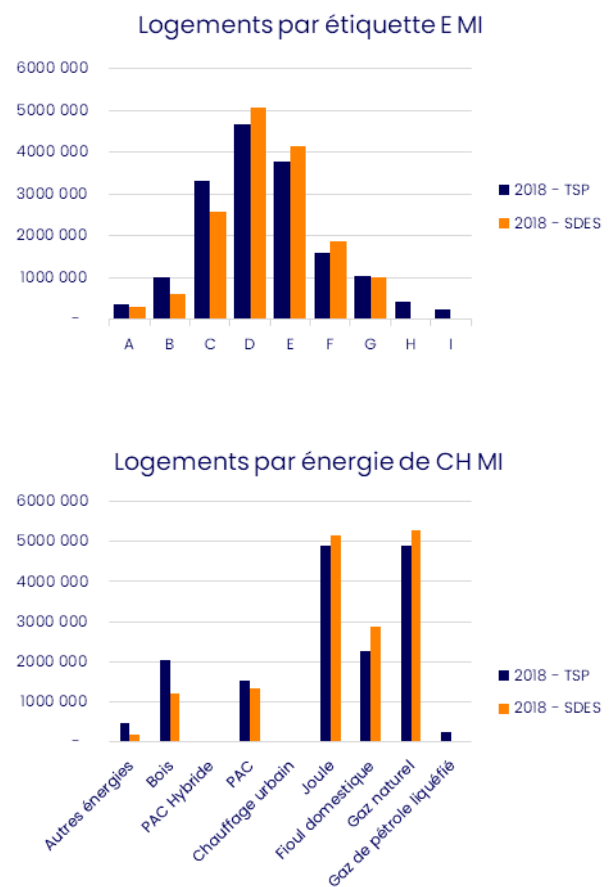
Enfin, on a supposé que les logements qui devenaient des résidences secondaires ou des logements vacants étaient également équirépartis selon étiquettes et énergie de chauffage.

Les résultats obtenus sont cohérents avec la modélisation du parc réalisée par le SDES du parc en 2018 [36] ainsi qu'avec les

consommations proposées par le CEREN, bien que dans le cas des logements individuels comme collectifs, on remarque la même tendance « d'aplatissement de la Gaussienne » (moins de logements dans les classes médianes, plus dans les classes extrêmes), probablement liée à la méthode d'estimation initialement choisie par l'ANAH.

B. Initialisation

Figure 51 : Comparaison des principales caractéristiques du parc modélisé par *The Shift Project* avec celle du parc modélisé par le service statistique du ministère de l'environnement (SDES)



Une forte incertitude existe dans les estimations officielles (SDES, INSEE, CEREN) sur le nombre de logement utilisant le bois comme énergie principale de chauffage, ainsi par conséquent que sur la consommation d'énergie qui en découle. On remarque que la quantité de maisons chauffées au bois est sensiblement supérieure dans notre estimation à celle du SDES, qui nous semble sous-estimée d'après le croisement avec d'autres bases de données telles que le Recensement INSEE. L'estimation The Shift Project (TSP) se rapproche de cette donnée (en sommant bois, GPL et autres). Cependant, comparée à la donnée INSEE, elle comporte un total PAC+Joule qui dépasse largement la catégorie « Électricité » de l'INSEE.

C. Impact sur le changement climatique

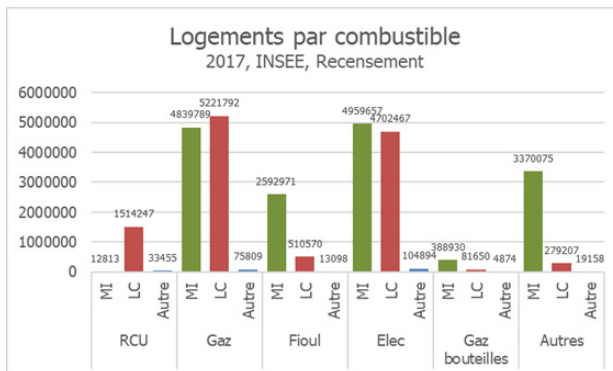
Afin d'être sur une base comparable, le chantier et les déplacements de personnel qu'il induit n'ont été pris en compte dans aucun des cas.

Construction : niveau CI du label E+C- auquel on retranche 25kg/m²SDP pour le contributeur Eau.

Rénovation :

- REX JRBBBC pour la MI [26]
- I3E pour le LC [27]

Figure 52 : Nombre de logement en fonction des combustibles de chauffage



The Shift Project est un think tank qui œuvre en faveur d'une économie libérée de la contrainte carbone. Association loi 1901 reconnue d'intérêt général et guidée par l'exigence de la rigueur scientifique, notre mission est d'éclairer et influencer le débat sur la transition énergétique en Europe. Nos membres sont de grandes entreprises qui veulent faire de la transition énergétique leur priorité.

www.theshiftproject.org

Contacts presse :

Rémi Babut

Chef de projet Logement
remi.babut@theshiftproject.org

Emma Stokking

Porte-parole du Plan de transformation de l'économie française
emma.stokking@theshiftproject.org
07 86 53 39 84

