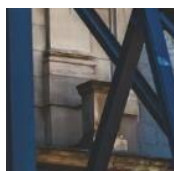




BRIEF RÉNOVATION

Décembre 2023

Brief n°1 :
Rénovation bas carbone,
mesurer pour agir



Qu'est-ce que le HUB des prescripteurs bas carbone ?

Le Hub est une plateforme collaborative portée par l'Institut Français pour la Performance du Bâtiment (IFPEB) en partenariat avec Carbone 4, à destination des donneurs d'ordres du secteur de la construction (Foncières, investisseurs, promoteurs, entreprises générales...).

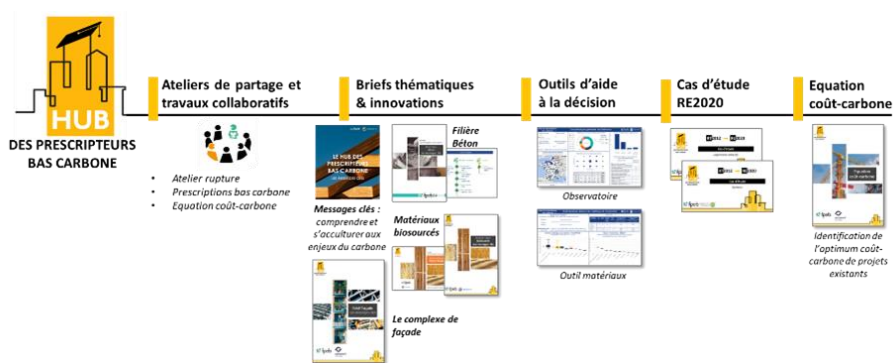


Cette initiative a pour objectif de partager les meilleures pratiques et doter les membres de l'ensemble des outils opérationnels nécessaires à la conception et à la prescription du bas carbone. En 2023, le hub compte une trentaine de maîtres d'ouvrages :



Une communauté de presque 60 maîtrises d'œuvre en fait aussi partie : cabinet d'architecture et bureaux d'études pluridisciplinaires.

L'aventure mobilise de plus en plus : près de 90 membres l'ont ainsi rejointe et développent de nombreux axes de travail. Pour mener à bien sa mission, le Hub dispose actuellement de plusieurs outils d'aide à la prescription :



Le Hub a souhaité poursuivre sa démarche d'aide à la prescription au travers d'études de cas de manière à comprendre et atteindre au mieux l'optimum coût et carbone de la rénovation sur des projets existants.

Ce travail vient compléter les briefs thématiques, qui proposent un décryptage à l'échelle d'un lot ou d'une filière. Ces travaux de décryptage sont menés au travers de l'évaluation de la maturité, de la trajectoire des filières, et de l'identification des innovations bas carbone.

PRÉAMBULE

L'entrée en vigueur de la réglementation environnementale RE2020 a intronisé la comptabilisation des impacts environnementaux au travers de l'ACV (Analyse de Cycle de Vie). Les impacts carbone seront dorénavant comptabilisés dans la construction neuve et associés à des seuils ambitieux et progressifs jusqu'à 2031.

Si l'ensemble de la filière de la construction doit résoudre une nouvelle équation pour concevoir et réaliser des bâtiments neufs conciliant performance environnementale et réalité opérationnelle, elle doit aussi commencer à s'intéresser au carbone dans la rénovation pour contribuer à la décarbonation complète de la filière. La démarche engagée ici constitue un premier pas qui engage nos nombreux partenaires et la filière entière dans l'aventure de la rénovation bas carbone.

> Quelle « élasticité » entre le coût de de la rénovation et la performance carbone ?

Un travail collectif

Une cinquantaine d'experts (promoteurs, architectes, Bureaux d'études, économistes,...)



Le **Hub des Prescripteurs Bas Carbone (le Hub)** a souhaité mieux comprendre et tester l'ensemble des leviers de décarbonation au regard de leurs incidences économiques.

Après une [première phase d'étude menée en 2021 sur les lots architecturaux](#), puis [en 2022 sur les lots techniques](#), les membres du Hub ont souhaité se concentrer **sur le parc existant en 2023**.

Un ancrage dans la réalité opérationnelle

Des projets réels intégrant un programme fonctionnel, des contraintes d'urbanisme, et une conception multicritères



Issu d'un travail collectif mené par une cinquantaine d'experts, de nombreuses variantes seront étudiées sur **des projets réels en cours de réalisation**. Notons que la sélection des projets n'est pas basée sur un critère d'exemplarité carbone, mais sur la diversité des typologies représentées.



Cette étude, qui fera l'objet de plusieurs briefs, a pour ambition de faire évoluer nos pratiques pour mieux maîtriser l'impact carbone des rénovations. Ses objectifs sont de répondre aux questions suivantes :

Brief 1 – Rénovation bas carbone : mesurer pour agir, comment mesurer efficacement et de manière pragmatique l'empreinte carbone d'une rénovation ?

Brief 2 – Maîtriser l'équation coût carbone de la rénovation : Comment mieux maîtriser l'équation coût-carbone ? (surcoûts, leviers, etc.)

Brief 3 – Rénover et/ou démolir reconstruire : comment guider les choix programmatiques ?



DES PRESCRIPTEURS
BAS CARBONE

SOMMAIRE

Résumé exécutif **4**

1 Enjeux des rénovations bas carbone **9**

2 Enjeux de l'évaluation Environnementale des rénovations **17**

3 Organisation des travaux du HUB **25**

4 Enseignements du scénario de base **31**

5 Résultats du scénario de base **49**

6 Conclusions **73**

7 Définitions **75**

8 Pour aller plus loin **79**

9 Annexes **85**



Résumé exécutif

-
- 1 - Une équation construction neuve/rénovation se dessine**

 - 2 - Un budget carbone matériaux dédié à la rénovation s'impose**

 - 3 - Deux combats distincts : décarboner l'énergie, et préserver les ressources matérielles**

 - 4 - Sortir des énergies fossiles le plus rapidement possible**

 - 5 - La conservation de l'existants constitue un enjeu fondamental et nécessite un changement de paradigme**

 - 6 - Optimiser le poids carbone des matériaux**

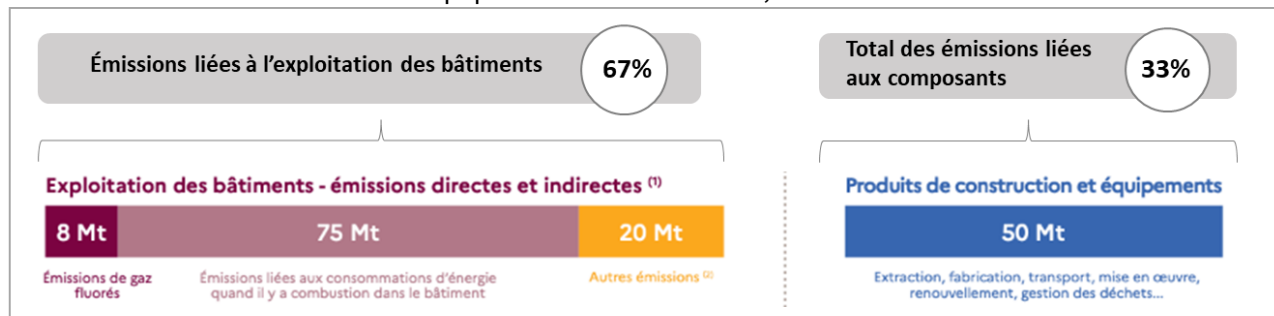
 - 7 - La conservation des éléments existants constitue un enjeu fondamental qui nécessite un changement de paradigme**

RESUME EXECUTIF

> MESSAGE 1 - Échelle France

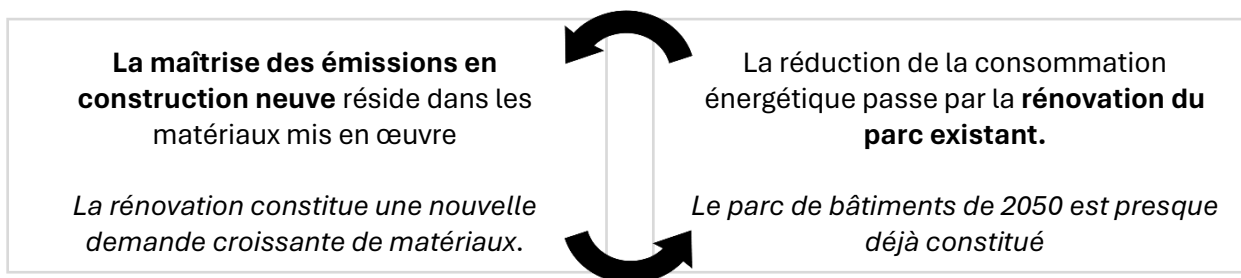
Une équation construction neuve/rénovation se dessine

L'objectif global est d'améliorer drastiquement la performance de l'existant, tout en limitant les émissions liées aux matériaux et équipements mis en œuvre, en rénovation et en construction neuve.



Source : Feuille de route de la décarbonation du bâtiment

Pour 2050, la SNBC vise une décarbonation complète des phases d'exploitation. Or, le parc de bâtiments de 2050 est presque déjà constitué aujourd'hui !



> MESSAGE 2 - Échelle France

Un budget carbone matériaux dédié à la rénovation s'impose



La définition d'un budget carbone matériaux pour la rénovation implique de suivre deux étapes :

1. Définir un budget carbone propre aux matériaux au sein des secteurs de l'économie ;
2. Définir deux allocations distinctes neuf/rénovation de ce budget pour le secteur du bâtiment.



Le respect de ce budget sera conditionné par deux points fondamentaux :

1. La capacité des parties prenantes à « compter le carbone en cycle de vie » de leurs opérations de rénovation ;
2. L'objectivation des opérations de rénovation au travers de critères à respecter pour rester dans la limite de ces budgets, par exemple des seuils quantifiés.

Sur ces deux points, voir le travail réalisé dans la Feuille de route de la filière bâtiment (dont annexe)

RESUME EXECUTIF

➤ MESSAGE 3 - Les chantiers de la rénovation

Deux combats distincts : décarboner l'énergie, et préserver les ressources matérielles

Il est nécessaire de segmenter le budget matériaux de la rénovation en deux : celui lié à la performance énergétique et celui lié à la qualité d'usage

Investissement énergétique

Sont concernées par cet investissement les rénovations de l'enveloppe du bâti, et/ou des équipements influençant la **performance énergétique**.

Il existe un point d'équilibre entre l'impact carbone de ces matériaux, et la réduction de l'impact carbone de l'énergie en exploitation.



Elle permet de respecter l'objectif d'amélioration de l'existant

Budget qualité d'usage

Ce budget est dédié au remplacement des **matériaux obsolètes** (techniquement, architecturalement, esthétiquement, ou simplement par habitude) qui n'influencent pas la **performance énergétique**.

L'objectif est de réduire l'impact carbone de la matière (comme en RE2020 pour le neuf).



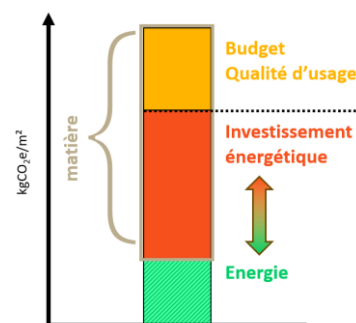
Il ne permet pas d'améliorer la performance carbone en exploitation

Temps de retour carbone (TRC)

Dans ces travaux, le TRC correspond au rapport entre :

1. le budget carbone des matériaux mobilisés par la rénovation énergétique ;
2. et la diminution du budget carbone annuel en exploitation.

Il constitue un bon indicateur de suivi pour la rentabilisation de l'équation matériau-énergie.



➤ MESSAGE 4 - Les chantiers de la rénovation

Sortir des énergies fossiles le plus rapidement possible

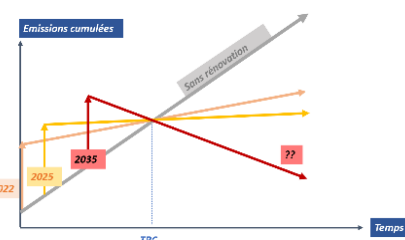
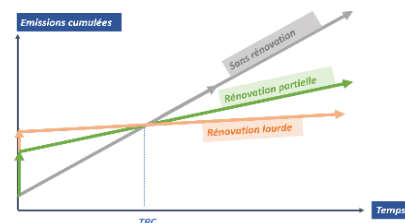
Tous les bâtiments ne sont pas égaux face au potentiel de décarbonation. Dans le cadre d'une rénovation, la question de la sortie des énergies fossiles doit être abordée

Sortir des fossiles...

Il faut aborder la rénovation sous le triptyque confort, facture et fossiles. Si on se donne un objectif de temps de retour carbone, une rénovation lourde impliquera nécessairement la question de la sortie des fossiles.

... le plus rapidement possible

Si on se donne un objectif de temps de retour carbone, plus la rénovation est tardive plus elle doit impliquer une diminution drastique du carbone en exploitation avec un « point de non-retour ». A nouveau, la date de sortie des fossiles devient stratégique.



÷10

C'est la réduction du carbone Energie observée si on sort des fossiles

➤ MESSAGE 5 - cas d'études analysés

La conservation de l'existant constitue un enjeu fondamental et nécessite un changement de paradigme

La rénovation nécessite un travail spécifique et une transformation collective des méthodes. D'une contrainte, l'existant doit devenir un trésor de ressources disponibles, autrement dit une banque de matériaux locaux. **Il faut conserver au maximum pour éviter la mise en œuvre de matériaux neufs** : c'est ce qui se déduit, d'une certaine manière, du budget accessible aux matériaux neufs. Dit autrement, le poids carbone de la matière neuve dépend presque exclusivement de ce que l'on peut conserver, et du poids carbone de la qualité d'usage.

→ Un prérequis pour conserver l'existant est la réalisation d'un **diagnostic ressource / réemploi**, qui consiste en une version plus poussée du diagnostic PEMD* réglementaire. Il doit permettre de montrer le **potentiel de conservation**, c'est-à-dire la part de matériaux conservable.

D'une part, nos retours d'expériences montrent qu'il est très chronophage de trouver des informations fiables sur l'existant. D'autre part, on observe que le poids carbone des matériaux déposés et conservés est finalement assez faible. **Plus que la comptabilité, c'est l'ambition de conservation qui doit primer.**

*Produits équipements matériaux déchets.

3 piliers de conservation

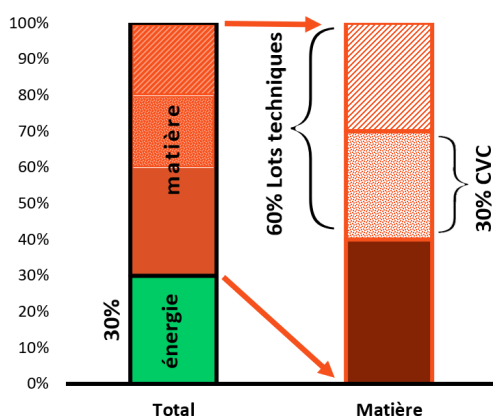
Diagnostic

Assurance

Fiscalité

➤ MESSAGE 6 - cas d'études analysés

Optimiser le poids carbone des matériaux



Même dans le cas d'une rénovation « énergétique », il est primordial et possible d'optimiser le poids carbone de l'ensemble des matériaux.

La rénovation a ceci de particulier que les **lots techniques représentent jusqu'à 65%** de l'impact total des matériaux. Le lot CVC constitue le premier poste du poids carbone total des matériaux : il représente entre 25% et 40% du total.

→ Ces lots pèsent lourdement sur le poids carbone des Matériaux, mais aussi sur celui du contributeur Énergie.

→ Il faut passer par une ACV détaillée pour connaître le détail et identifier les optimisations pertinentes.

Contrairement à ce que l'on peut imaginer, le **lot gros œuvre est rarement nul** et peut représenter une part non négligeable (jusqu'à 15%) du poids carbone total des matériaux, à cause de reprises en sous œuvre ou structurelles.

Sur un périmètre de matériaux dédiés à la performance énergétique, l'indicateur TRC peut être inférieur à 20 ans. Dans tous les cas, il est **inférieur à 30 ans** dans les projets étudiés.

On remarque, pour 3 des 4 projets, **une forme d'équilibre des contributeurs énergie-matière autour de 800 kgCO₂e/m²** (l'un pouvant être bas et l'autre important, leur somme arrivant à 800).

30 ans C'est le temps de retour carbone maximum observé

RESUME EXECUTIF

➤ MESSAGE 7 issu des cas d'études analysés

La réhabilitation, c'est une approche et des contraintes spécifiques, à intégrer dès la conception

Les réflexions, les méthodes et le travail à faire lors d'une réhabilitation **sont très différents** d'un projet neuf, car **tous les bâtiments ne sont pas égaux** face à la décarbonation.

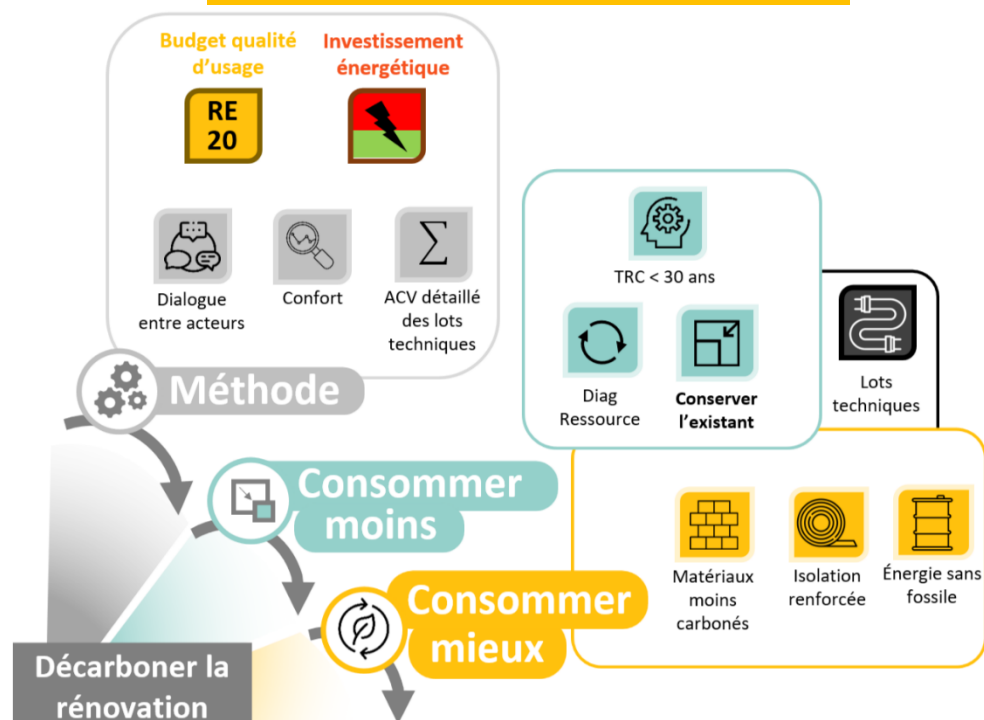
Tout d'abord, il y a la particularité du **patrimoine**. Cette architecture et ces « monuments » que l'on a envie de transmettre sont à distinguer des bâtiments existants. Du fait de son architecture **spécifique, et propre à un usage en particulier**, le patrimoine nécessite : un travail plus conséquent qu'une rénovation thermique « classique » d'un logement ; et des obligations qui pourraient être différenciées. Par exemple, la programmation future d'un bâtiment patrimonial, qui entraîne souvent un changement d'usage, doit absolument être pensée pour les bâtiments, et non en fonction d'une hypothèse hors sol.

épaisseur été programme
renforcement patrimoine
hsp énergivore optimiser
anticiper compacité
emploi usage compétences
composer rénovation qualité
confort plafond gaine
conserve héritage
hauteur carbone contraintes
opacifier structurel
histoire climatiser

Par ailleurs, tous les autres bâtiments existants, en plus du trésor de ressources qu'ils représentent (voir message n°5), nécessitent un travail plus important et approfondi qu'un projet neuf. La réhabilitation pose des contraintes spécifiques à anticiper au maximum. Quelques exemples :

- ① La hauteur sous plafond, parfois trop importante peut contraindre l'optimisation de la compacité.
- ② Elle peut aussi parfois être trop faible et rendre impossible le passage de gaines techniques.
- ③ Le renforcement structurel, si nécessaire, peut alourdir rapidement le bilan carbone et nécessiter une optimisation spécifique.
- ④ Le programme, notamment du confort d'été, peut s'avérer très énergivore.
- ⑤ Le poids carbone de la matière Qualité d'usage peut facilement atteindre des ordres de grandeurs comparable au neuf.

SYNTHESE





1

Enjeux des rénovations bas carbone

La rénovation du parc bâti constitue un enjeu central

Alors, jusqu'où doit-on pousser les curseurs ?

À performances ambitieuses, investissements tout aussi ambitieux

Lever collectivement les freins à la décarbonation : l'ambition du HUB

Décryptage réglementaire

“ En France et partout dans le monde, la démolition se développe malheureusement dans les villes et ne pose plus de problème. Elle n'est plus un tabou. La démolition est devenue une solution à court terme, une décision facile ainsi qu'un mode de génération urbaine, voire un mode de recyclage. Pourtant, la démolition est irréversible. Toute démolition détruit une grande quantité d'informations, de connaissances, de couches, de matériaux et de souvenirs. La vie met du temps à s'établir et à se développer. Ce temps de croissance, d'occupation et d'habitation est extrêmement précieux. Il ne peut être reconstitué. Il est urgent d'arrêter de démolir, d'éliminer, de supprimer, de couper, et de repartir de la ville telle qu'elle est, exactement telle qu'elle est. Faire et inventer avec tout ce que l'on a. Tout bâtiment peut être transformé, réutilisé. Tout arbre peut être soigneusement conservé. Toute contrainte peut être transformée positivement.

Anne Lacaton et Jean-Philippe Vassal, Discours de remise du Prix d'architecture Pritzker 2021

La rénovation du parc bâti constitue un enjeu central

Comprendre l'enjeu carbone à l'échelle mondiale

A l'échelle mondiale, le secteur du bâtiment représente 37% des émissions de dioxyde de carbone¹ (nous utiliserons régulièrement le terme « carbone » pour parler d'émissions de gaz à effet de serre, pour simplifier la lecture dans ce brief). Il est clair, pour les chercheurs du GIEC, que « les stratégies permettant aux villes établies de réaliser d'importantes économies d'émissions de gaz à effet de serre comprennent l'amélioration, la réaffectation ou la modernisation efficaces du parc immobilier »². Non seulement il est possible de réduire l'impact carbone, mais en plus « les systèmes urbains sont essentiels pour réduire fortement les émissions et favoriser un développement résilient face au changement climatique »³.

Le dernier rapport de la Global Alliance for Building Construction pousse plus loin les sujets carbone dans le bâtiment et préconise de « rendre obligatoire l'évaluation de l'impact carbone des matériaux de construction (ACV⁴) dans les projets de construction et de rénovation. »⁵

Pour finir le panorama mondial, ces travaux ont pour but de contribuer :

- à combler « un déficit de recherche notable dans la compréhension du compromis entre le carbone incorporé résultant des rénovations énergétiques et leurs économies de carbone opérationnel, ainsi que des stratégies d'optimisation dans ce contexte. »⁶
- et peut-être servir les premières réflexions si la France venait à suivre la tendance, « les cadres réglementaires devraient continuer à évoluer, soulignant l'importance de la comptabilisation et de l'optimisation des émissions de CO₂e dans les rénovations, à l'instar des normes en vigueur dans les nouvelles constructions. »⁷

1 Issu du rapport, "Building Materials And The Climate : Constructing A New Future" par le Programme des Nations unies pour l'environnement, Global Alliance for Buildings and Construction (GlobalABC) et Yale CEA.

2 Résumé pour les décideurs, AR6, WG3, SPM, C.6.2

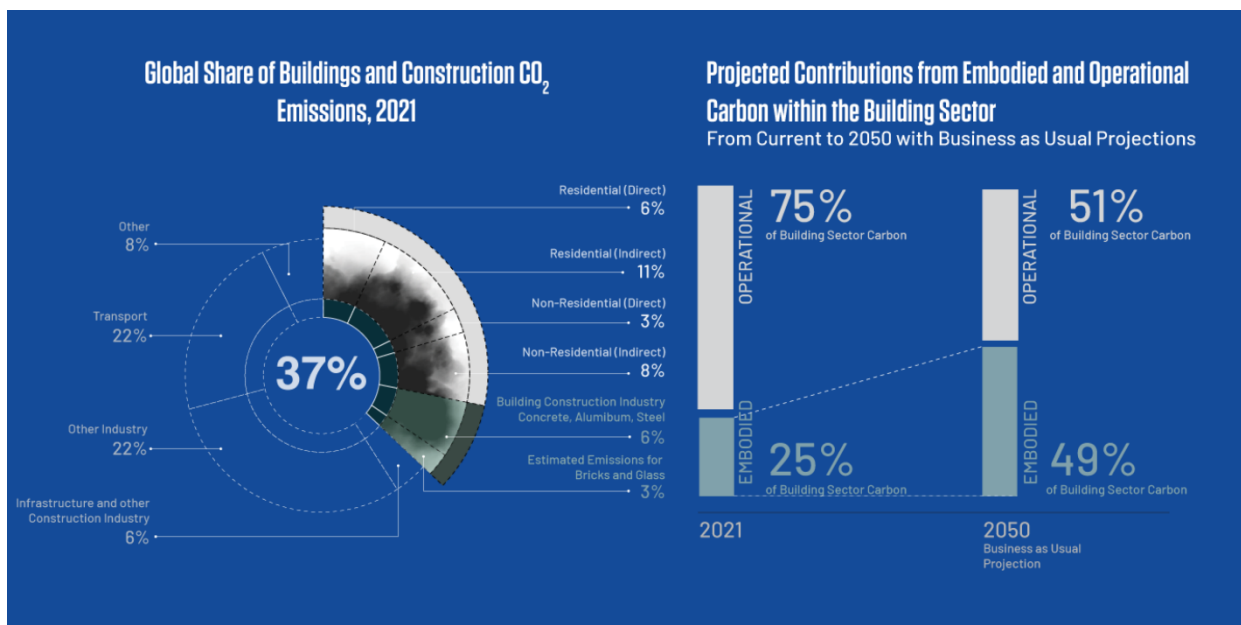
3 Résumé pour les décideurs, AR6, SYR, SPM, C.3.4

4 Analyse de Cycle de Vie

5 Ibid 1.

6 Embodied Carbon of Retrofits, CRREM EPRA Hines et le Programme des Nations unies pour l'environnement

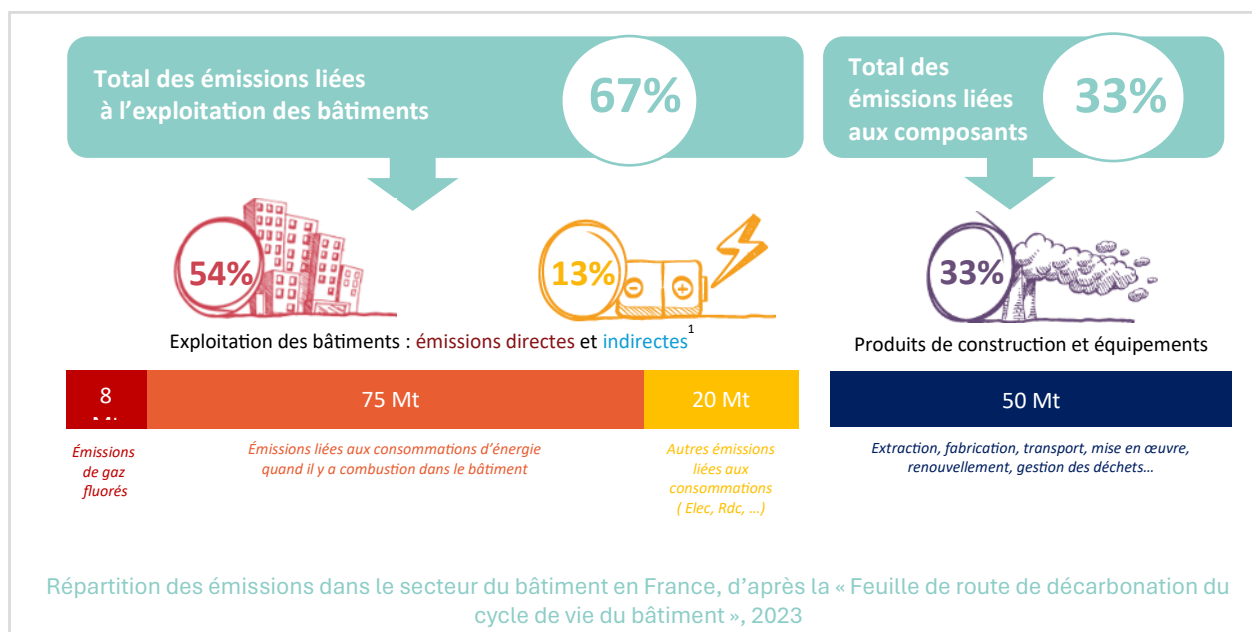
7 Ibid.



Source : Building Materials And The Climate

En France, un secteur en avance mais très émissif aujourd’hui...

En France, le secteur du bâtiment est le deuxième secteur le plus émissif de gaz à effet de serre. En 2019, il a été responsable de l’émission de 153 MtCO₂eq¹. **Cela représente 25% de l’empreinte carbone de la France.** Ces émissions se répartissent entre les émissions liées à l’exploitation des bâtiments (représentant 67% du total), et celles liées aux composants (correspondant aux 33% restants).



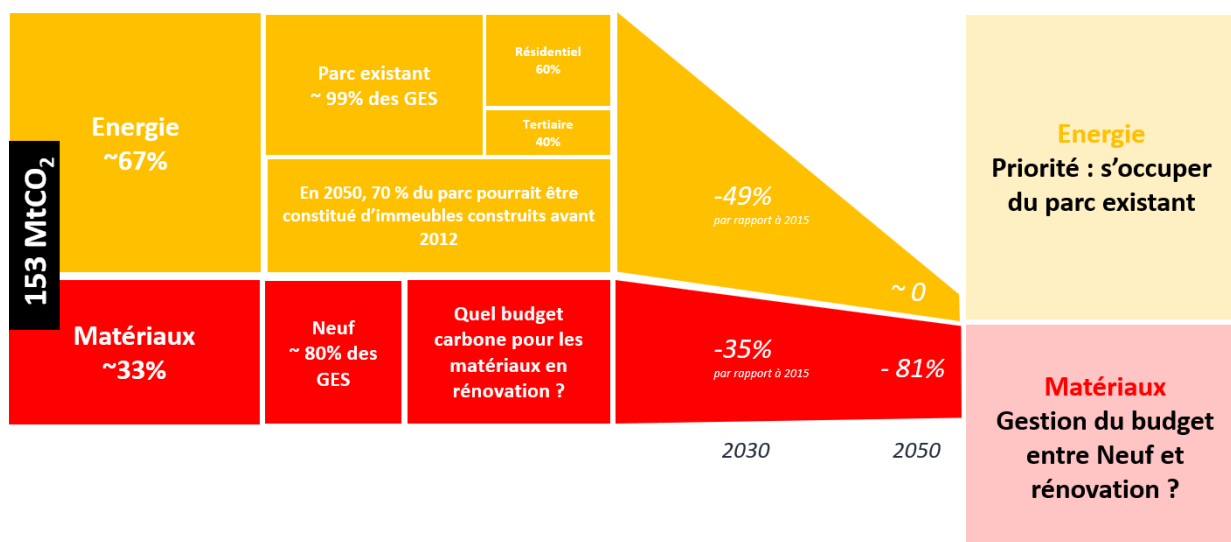
... couplé à une stratégie ambitieuse, qui vise un parc existant...

Pourtant, la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC), dans son scénario de référence, pose des objectifs ambitieux. Pour le secteur du bâtiment, elle vise une décarbonation complète des phases d'exploitation² d'ici 2050. Les émissions liées aux composants sont, elles, liées aux objectifs du secteur de l'industrie. Ce dernier est supposé réduire ses émissions de 81% entre 2015 et 2050.

Or, en 2050, d'après cette même SNBC, 70% du parc immobilier aura été construit avant 2012, c'est-à-dire avant l'entrée en vigueur de la RT2012. Le parc immobilier devrait alors avoir atteint un niveau moyen BBC Réno, c'est-à-dire présenter une consommation énergétique moyenne inférieure à une valeur de l'ordre de 80kWh/m²/an.

Ce niveau est loin d'être atteint par le parc existant aujourd'hui, et construire du neuf bas-carbone ne sera, dès lors, pas suffisant pour permettre de satisfaire les objectifs climatiques de la France à l'horizon 2050.

Ainsi, la rénovation massive du bâti français s'impose comme la voie de décarbonation principale et incontournable.



Les défis pour le bâtiment⁸

D'après la feuille de route de décarbonation du cycle de vie du bâtiment (Ministère de la Transition Écologique, 2023)

... mais qui manque d'un budget matériaux

Comme on peut le voir dans le schéma de l'impact carbone du bâtiment en France, les deux tiers du bilan carbone du bâtiment sont liés aux consommations d'énergie, et donc à l'existant. À l'inverse pour la matière, 80% de son impact est lié aux bâtiments neufs. Or, actuellement, une faible part de la matière est utilisée pour corriger le problème majeur des consommations énergétiques. Cette répartition est d'autant plus problématique si on se place dans une trajectoire de décarbonation à 2050, dans laquelle l'impact des matériaux doit drastiquement diminuer. Quelle part attribuer aux matériaux servant à rénover massivement ? La logique voudrait que la majorité du bilan de la matière soit affecté à l'existant.

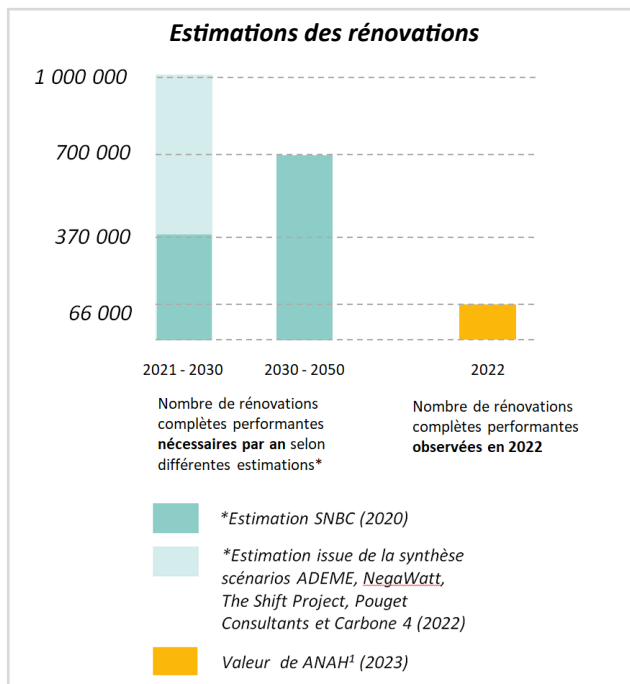
⁸ Sur les scopes 1 et 2, les chiffres ne tiennent pas compte des fuites résiduelles « incompressibles » de gaz (gaz fluorés, gaz renouvelables).

Alors, jusqu'où doit-on pousser les curseurs ?

Un rythme des opérations de rénovation à accélérer fortement...

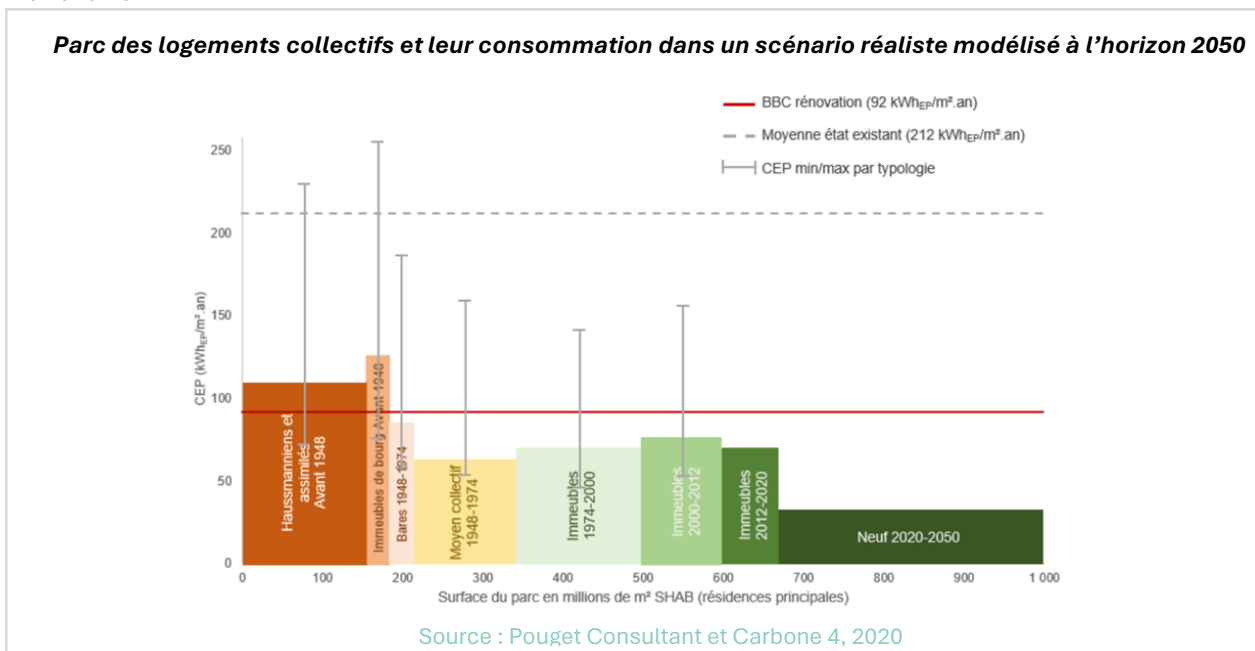
Afin d'atteindre l'objectif de neutralité de la France à l'horizon 2050, un certain nombre de rénovations complètes et performantes sont attendues. Ce nombre varie, selon les estimations, entre 370 000 et 1 000 000 par an sur la période 2021-2030. L'écart entre les estimations peut notamment s'expliquer par la prise en compte, ou non, du retard pris par le secteur depuis 2015.

En réalité, si on observe bien plus de 700 000 gestes de rénovations⁹ en 2022, seuls 66 000 logements ont été rénovés globalement, ce qui est bien en dessous des objectifs des différentes estimations.



... tout comme le niveau de performance visé par ces opérations

En 2050, la SNBC cible un parc, en moyenne, à un niveau BBC rénovation. Que signifie cette moyenne ? Certains bâtiments, en raison de contraintes techniques, ne sont pas en mesure d'atteindre les niveaux de réduction d'émissions fixés (c'est le cas, par exemple, des bâtiments haussmanniens). Afin d'atteindre le niveau BBC, en moyenne et à l'échelle nationale, il faut donc compenser pour ces bâtiments. Dès lors, il devient nécessaire, pour les bâtiments largement en mesure d'atteindre et de dépasser l'objectif imposé, de pousser le curseur au-delà de l'objectif BBC rénovation.



9 Sources : <https://www.anah.fr/presse/detail/actualite/plus-de-700-000-logements-renoves-en-2022-lactivite-de-lanah-se-poursuit-a-un-tres-haut-niveau-et-confirme-la-tendance-engagee-en-2021/>

À performances ambitieuses, investissements tout aussi ambitieux

Réorienter les financements vers des opérations efficaces

En 2020, le Haut Conseil pour le Climat plaidait déjà pour **la suppression des aides aux gestes individuels** de MaPrimeRénov' et des Certificats d'Économie d'Énergie d'ici 2023, afin de n'offrir des aides qu'à la condition de l'atteinte d'un **certain niveau de performance**. Cette recommandation se poursuit dans son rapport de 2022, où est suggérée la mise en cohérence et l'unification des dispositifs d'aide, dont MaPrimeRénov', afin de faciliter les rénovations globales. On observe, par ailleurs, que 2023 ne semble pas faire exception à cette trajectoire d'évolution, puisqu'au 1^{er} février, les forfaits « rénovation globale » ont vu leur montant augmenté, tandis que les ménages les plus aisés se sont vus privés d'aide au financement pour l'isolation thermique en mono-geste.



Le neuf et la rénovation sont intrinsèquement liés.

Un bâtiment construit pour être performant environnementalement aura de plus faibles besoins de rénovation (notamment sur le plan environnemental), et toute sous-performance en rénovation imposera à terme un effort supplémentaire sur le neuf. En effet, à l'échelle nationale, un budget global d'émissions (ainsi que de consommations par vecteur énergétique) doit être respecté. Or, si le parc existant est plus émissif, alors la production neuve doit pouvoir contrebalancer ce retard, et être d'autant plus performante.

Le neuf représente également un laboratoire d'innovation important pour de futures applications en rénovation. Maintenir une réglementation ambitieuse sur le neuf pourrait, dès lors, contribuer à l'émergence d'une réglementation tout aussi ambitieuse pour l'existant (le Dispositif Éco Énergie Tertiaire concernant l'immobilier tertiaire, tout comme l'opposabilité du DPE et l'interdiction de location assortie concernant l'immobilier résidentiel, démontrent bien une montée en puissance de ces sujets.)

Lever collectivement les freins à la décarbonation : l'ambition du Hub

La SNBC 2 ne permettait pas de distinguer spécifiquement les émissions liées à l'industrie des matériaux de construction de celles liées au reste de l'industrie. La récente feuille de route décarbonation du secteur du bâtiment apporte de premiers éclairages sur ce point en détaillant :

1. La répartition des émissions liées aux produits de construction entre les secteurs : 45% liées à l'industrie, 29% au secteur de la production d'énergie, 18% au traitement des déchets et 8% au transport ;
2. La répartition des émissions du secteur de l'industrie entre les produits de ces différentes industries : 24% liées à la chimie, 26% à la métallurgie, 27% aux autres matériaux (dont le verre) et 23% autres produits (dont produits de construction).

Il reste donc à :

- Définir la capacité de chacun de ces sous-secteurs/sous-produits à contribuer à la décarbonation des produits de construction et équipements
- Parvenir, à terme, à différencier deux budgets carbone distincts à allouer à la construction neuve et à la rénovation (sur ce point la feuille de route sectorielle propose également un état des lieux à date : 80% neuf / 20% rénovation).



C'est l'objectif de ce brief : **d'harmoniser les questions** méthodologiques et **d'évaluer les gisements** disponibles de réduction des émissions par la rénovation

Décryptage réglementaire

Pour mémoire, les aspects réglementaires liés à la rénovation ne concernent que l'énergie.

Ces aspects réglementaires sont :

- **La réglementation thermique des bâtiments existants (RT Existant** : RT Global ou éléments par éléments), s'applique (tant aux bâtiments tertiaires qu'aux bâtiments résidentiels) dès lors que des travaux de rénovation sont prévus par le maître d'ouvrage (sous certaines conditions), voir une partie de la définition dans le chapitre 7 : *La réglementation thermique globale*.
- **Le décret tertiaire**, ayant pour objectif de réduire les consommations énergétiques des bâtiments tertiaires jusqu'à -60 % d'ici 2050 ;
- **Le diagnostic de performance énergétique (DPE)**, évaluant l'impact de la consommation d'énergie d'un bâtiment en termes d'émissions de gaz à effet de serre, vise l'interdiction progressive de la location des passoires énergétiques.



Aucun cadre réglementaire n'existe pour encadrer l'impact carbone lié aux matériaux d'une rénovation, mais plusieurs labels permettent déjà d'évaluer la qualité de rénovation d'un bâtiment.

2024

Il existe des labels volontaristes...



Le label BBC Rénovation Effinergie vise une consommation d'énergie de 80kWh/m²/an. Il n'impose cependant pas de seuil sur les émissions liées aux matériaux de construction (fabrication, mise en œuvre, fin de vie).^{10, 11}

Un arrêté paru en octobre 2023 annonce la parution du label BBC Rénovation Effinergie 2024, en janvier 2024. Cette mise à jour introduit un **palier maximum sur le carbone émis**, via l'obtention d'un niveau DPE, et des exigences sur l'isolation et la ventilation. Cette mise à jour initie également une valorisation de la rénovation par étape, à la condition stricte d'un plan visant l'obtention du niveau BBC Réno 2024 sur le long terme.



Le Référentiel BBCA Rénovation¹² V1.0 se découpe en trois objectifs principaux :

1. La réduction des émissions de GES (sur les phases de construction et d'exploitation avec des plafonds)
2. Le stockage du carbone
3. L'innovation pour le climat via la valorisation de l'économie circulaire.

10 Sources : <https://www.effinergie.org/web/les-labels-effinergie/effinergie-renovation>

11 Sources : <https://www.effinergie.org/web/les-labels-effinergie/effinergie-renovation/1654>

¹² <https://www.batimentbas carbone.org/renovation-bas-carbone/>

... et des méthodes de comptabilité en développement

Le programme **NZC Rénovation**, piloté par l'Alliance HQE France GBC et financé par la Fondation REDEVCO, s'est terminé début 2022. L'objectif était de mettre en évidence des leviers efficaces pour la réduction des émissions de carbone du marché français de la rénovation. Le projet a également permis la rédaction d'un guide de bonnes pratiques.

La méthode **Quartier Energie Carbone**¹³, développée dans le cadre d'un projet ADEME et soumise à un comité de pilotage regroupant notamment le CSTB, Efficacity et Elioth by Egis, ainsi que l'Alliance HQE et l'association BBKA, propose une méthodologie pour réaliser des bilans en analyse de cycle de vie des projets d'aménagement. Plus d'informations relatives à cette méthode sont proposées en annexe.

La **méthode rénovation du label Bas Carbone**¹⁴ est développée par le CSTB. Son objectif est de valoriser la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES), liée à l'emploi de matériaux ou produits moins émetteurs de GES que la moyenne des produits similaires. Ces matériaux sont moins émetteurs du fait de leur réemploi ou de leur meilleure capacité d'isolation (thermique). Cette méthode permet de valoriser, à l'issue d'un chantier, les impacts évités par l'utilisation de matériaux et produits à faible impact carbone ou issus du réemploi.



Un cadrage réglementaire défini en rénovation est nécessaire, et peut être développé en s'inspirant des labels et méthodes existantes.

¹³ <https://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/5802-methode-quartier-energie-carbone.html>

¹⁴ <https://label-bas-carbone.ecologie.gouv.fr/la-methode-renovation>



2

Enjeux de l'évaluation environnementale des rénovations

**Enjeux et objectifs de l'évaluation
environnementale des rénovations**

**Les différents types de rénovation :
De quoi parle-t-on ?**

**Comment mesurer le gain carbone en
exploitation ?**

Prise en compte des composants en rénovation

**Rénovation ou déconstruction/reconstruction :
Comment choisir ?**

Les enjeux méthodologiques en conclusion

Enjeux et objectifs de l'évaluation environnementale des rénovations

“ Faire de la transformation un acte de création à part entière, plus sensible, plus attentif, plus subtile, renouer avec une forme de continuation des situations qui a toujours existé, enjambant ainsi le XXe siècle marqué par l'esprit de rupture, prendre un nouveau départ, tels sont les enjeux majeurs. [...] L'architecture de la transformation est plus qu'un domaine ou qu'une discipline, c'est une réponse aux défis environnementaux et sociétaux, ainsi l'architecture renoue avec sa vocation et ses fondamentaux comme l'art de transformer la réalité comme la vie.

Philippe Prost, *L'architecture ou l'art de transformer le réel*, in *D'Architectures* 303 de nov-déc 2022

L'évaluation environnementale d'une opération de rénovation doit permettre principalement de :

- S'assurer que la rénovation est **pertinente environnementalement**, c'est-à-dire qu'elle permet effectivement de réduire les impacts environnementaux du bâtiment **sur son cycle de vie** ;
- Identifier les leviers bas carbone pour réduire au maximum les émissions de GES ;
- Aider à la décision pour choisir entre rénovation/reconstruction/extension.

Pour répondre à ces objectifs, l'enjeu est de minimiser les émissions à venir. En effet, ce sont les seules émissions sur lesquelles des leviers de décarbonation peuvent être activés, les émissions passées ayant déjà eu lieu. La comptabilisation des émissions à venir permettra également la comparaison avec des budgets carbone issus de la SNBC.

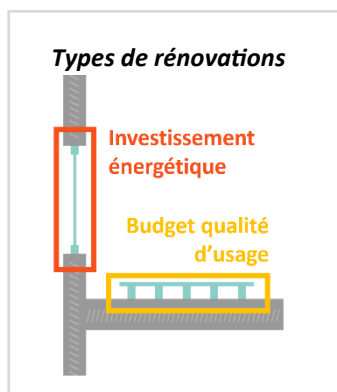
Les différents types de rénovation : un investissement énergétique VS un budget Qualité d'usage

Les définitions associées aux différents types de rénovations ne sont pas normalisées. On différencie généralement les types de rénovations selon la nature des lots/ sous-lots impactés par les travaux. Selon le nombre et la nature des lots impactés, on parle de rénovations « légères », à « lourdes ». Ces dernières concernent notamment des travaux sur la superstructure, l'infrastructure, voire le lot VRD. Cette distinction n'est pas la plus pertinente pour étudier les rénovations. On va, dans ce rapport, faire référence à la définition réglementaire de la rénovation « thermique globale » (voir chapitre 7 : *La réglementation thermique globale*).

On peut classer les travaux de rénovation en deux budgets selon leur cause :

1

Un investissement énergétique pour améliorer la performance énergétique (voire carbone) du bâtiment en exploitation, qui conduit à minima à rénover l'enveloppe du bâti et/ou les équipements influençant la performance thermique (lot CVC).



2

Un budget dédié à l'amélioration de la qualité d'usage. L'« obsolescence » partielle du bâtiment, peut conduire à une rénovation lourde ou légère. L'obsolescence peut être matérielle, réelle ou non, ou de nature esthétique / sociale / d'usage. On parle parfois d'une rénovation d'agrément

Ces deux catégories peuvent se cumuler. Il est fréquent que la rénovation permette à la fois une amélioration thermique, mais aussi une remise aux goûts du jour.



Si on veut comparer l'impact carbone de l'apport de la « Matière ayant un impact sur la performance énergétique », avec la réduction carbone de l'énergie en exploitation associée, il semble important de distinguer 2 budgets carbone :

- 1) Le budget carbone des matériaux « hors rénovation énergétique », appelés dans la suite « Matériaux Qualité d'usage »
- 2) L'investissement nécessaire dans les matériaux dédiés à la rénovation thermique / énergétique, appelés dans la suite « Matériaux énergétiques ».

Ces notions seront développées dans les prochaines parties du brief.

Mesurer le gain carbone grâce au temps de retour carbone (TRC)

Le temps de retour carbone

En 2022, le programme NZC Rénovation de l'Alliance HQE-GBC¹⁵, utilisant la méthode d'ACV Rénovation HQE de 2018, a permis de tirer deux grands enseignements :

- Le temps de retour carbone (TRC) est un indicateur pertinent ;
- L'impact carbone des composants est important.

En effet, pour mesurer la performance carbone d'une rénovation énergétique, on doit pouvoir comparer la situation « avant rénovation » (l'état initial / « s'il n'y avait pas eu de rénovation ») à celle « après rénovation » (le bâtiment rénové).

Les émissions énergétiques lors de l'exploitation du bâtiment « après rénovation » devraient être inférieures à ces mêmes émissions « avant rénovation » (hors effet rebond). Il s'agit donc de comparer : les émissions carbone induites par les composants neufs mis en œuvre au cours de la rénovation, avec les émissions carbone évitées sur l'énergie en exploitation grâce à la rénovation. Si le gain carbone en exploitation est supérieur aux émissions induites par la mise en œuvre des composants neufs, alors la rénovation est bien profitable !

Le TRC traduit la période au bout de laquelle les émissions liées aux composants neufs deviennent inférieures aux gains carbone sur l'exploitation du bâtiment. **Ce TRC doit être inférieur à une**

¹⁵ <https://www.hqegbc.org/international-alliance-hqe-gbc/nzc-renovation/>

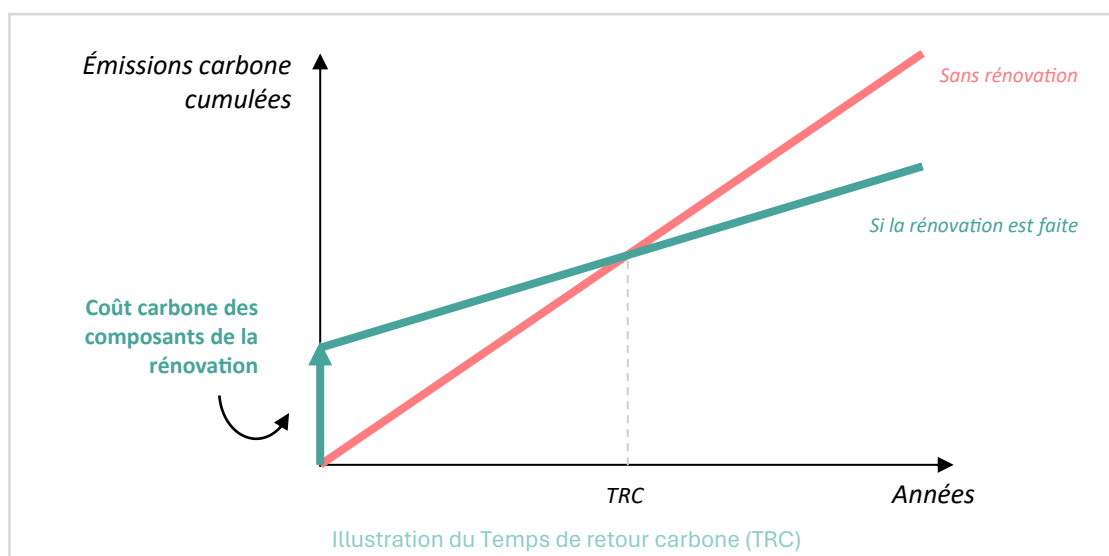
période de référence (PER), autrement la rénovation est contre-productive. Mathématiquement parlant, un TRC supérieur à 50 ans serait infini.

Verbatim d'un porteur de projet :



“ L'adoption du temps de retour carbone comme critère est un progrès notable dans nos méthodes, nous incitant à réfléchir sur la relation entre la diminution de la consommation et les ressources nécessaires pour y parvenir. Il est clair que considérer séparément les émissions de l'exploitation et de la rénovation n'est pas adéquat, étant donné leur interdépendance. Cependant, se limiter à la rénovation énergétique ne suffit pas pour des bâtiments obsolètes. Il est donc judicieux d'intégrer le concept de budget de qualité d'usage, soulignant que la rénovation peut éviter des émissions par rapport à la construction neuve, tout en le vérifiant.”

Hersilie Lépine, G-ON



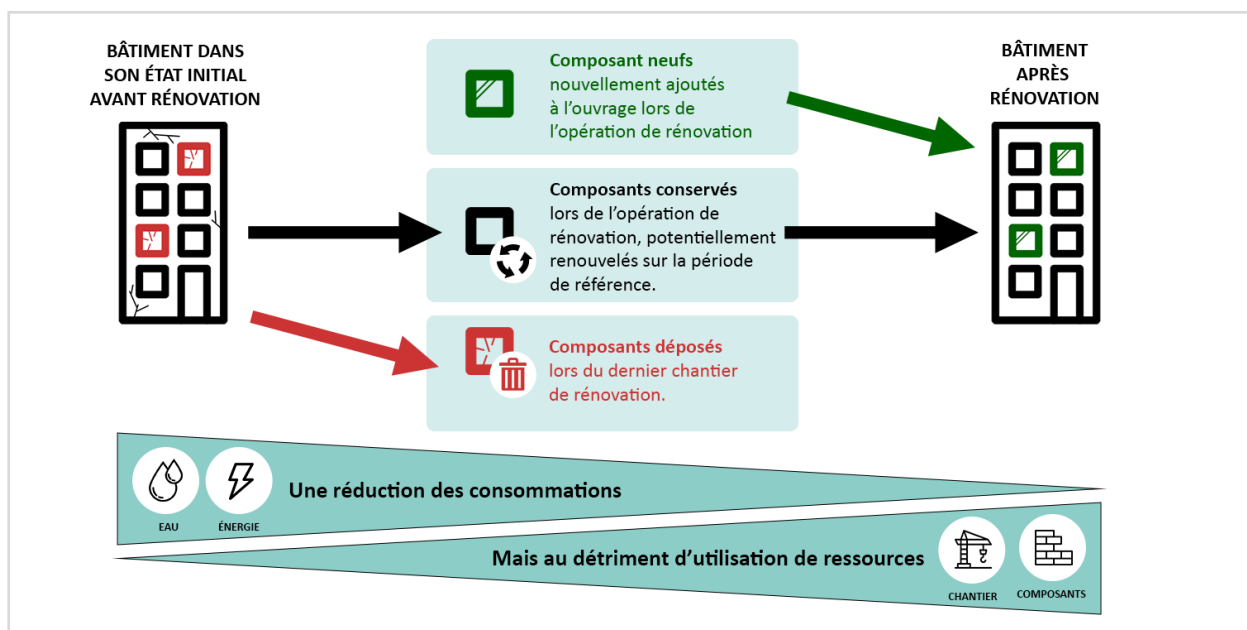
Le concept de temps de retour carbone peut être comparé au **Temps de Retour sur Investissement**. Le temps de retour sur investissement représente le nombre d'années nécessaires pour récupérer le montant initial d'un investissement. Plus un TRI est faible, plus un investissement peut être considéré comme rentable.

Prise en compte des composants en rénovation

Quels sont les impacts environnementaux d'une rénovation ?

Pour réaliser l'évaluation environnementale d'une opération de rénovation, les contributions à prendre en compte sont les mêmes que pour le neuf : composants, énergie, eau et chantier.

La complexité par rapport au neuf réside dans la décomposition des composants en trois catégories : **neufs, conservés et déposés**.



Répartition des composants utiles à la rénovation

Comment compter les impacts carbone des différents types de composants lors d'une rénovation ?

Différentes méthodes existent pour évaluer les impacts carbone en fonction du type de composant. La méthode choisie par le Hub pour cette étude Rénovation est la méthode **Quartier Energie Carbone (QEC)** :



Pour les éléments neufs :

L'impact carbone du composant sur la totalité de son cycle de vie ainsi que son renouvellement est pris en compte.



Pour les éléments conservés :

L'impact carbone de la vie en œuvre du composant au prorata de sa durée de vie restante, ainsi que sa fin de vie, sont pris en compte (et ses éventuels renouvellements sur la PER).



Pour les éléments déposés :

L'impact carbone du composant de la fin de vie du composant seulement est pris en compte.

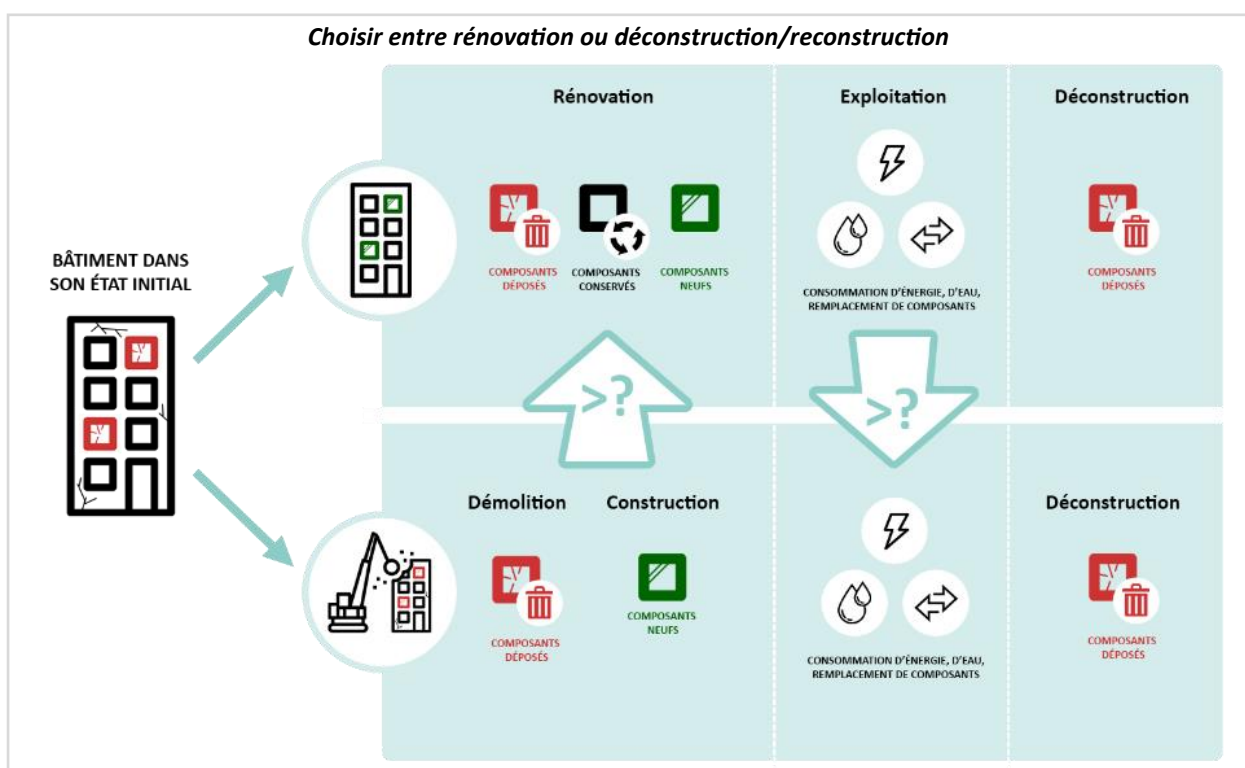
Plus d'informations sur la méthode Quartier Energie Carbone et d'autres méthode de comptabilité en rénovation sont disponibles en annexe.

Rénovation ou déconstruction/reconstruction : comment choisir ?

Le bilan

Pour comparer une rénovation à une situation existante ou à une démolition/reconstruction, il faut prendre en compte l'ensemble de l'impact carbone, à la fois les matériaux neufs utilisés mais aussi l'impact des matériaux mis en déchèterie, ainsi que les gains énergétiques liés aux réductions de consommation.

Dans le cas d'une rénovation, l'impact carbone de la matière est généralement plus faible que pour une construction neuve. Mais à l'inverse, un bâtiment ancien rénové aura généralement un impact carbone de l'énergie en exploitation plus important qu'un bâtiment neuf. Le bilan entre ces deux impacts doit permettre de faire un choix et le TRC peut aider à cela.



Quelle prise de décision ?



Verbatim d'un porteur de projet :

“ On ne travaille pas dans un bâtiment existant comme on conçoit un projet neuf. Une construction neuve est dessinée pour répondre au programme, la conception s'adapte au programme, en tenant compte évidemment du site, du contexte. En revanche, dans l'existant, c'est plutôt le programme qui doit s'ajuster sur le bâtiment, sur les surfaces qu'il propose, la matérialité qui le constitue, son implantation dans le site et son orientation, ses façades plus ou moins vitrées, son fonctionnement physique, thermique, structurel, quitte à faire évoluer le programme au cours des premières esquisses, en coordination avec la maîtrise d'ouvrage. Le projet doit composer avec l'existant, et non l'inverse.

Charline Rey, Vurpas Architectes

De nombreux paramètres influencent l'évaluation carbone :

- Programmation et conception.
- Typologie d'usage du bâtiment (logement, bureau, enseignement...).
- Mode constructif, forme, compacité, localisation...
- État de l'existant (structure...), niveau de performance énergétique atteignable/visé par la rénovation versus niveau réglementaire de l'option construction neuve.
- Évolution de l'usage et des surfaces (par exemple une maison individuelle devenant un logement collectif).



Et au-delà du carbone, **d'autres paramètres vont influencer la prise de décision :**

- **Dimension culturelle et sociale** : valeurs patrimoniale et culturelle (bâtiment classé, bâtiment haussmannien...), intégration architecturale et urbanistique, etc.
- **Politiques publiques** : stratégie nationale bas carbone, objectif d'atteindre le « zéro artificialisation nette », etc.
- **Dimension économique** : coût de déconstruction/reconstruction vs. coût de rénovation performante, coût des énergies, etc. Arrive-t-on à faire tourner le bilan ?

Les enjeux méthodologiques en conclusion

Temps de retour carbone

Comme évoqué précédemment, en comparant les émissions de gaz à effet de serre (GES) liées aux **matériaux**, avec les émissions de GES liées à **l'énergie en phase d'exploitation**, l'indicateur du temps de retour carbone permet de vérifier la réduction effective des émissions de GES par la rénovation.

Le TRC évoqué dans ce brief se focalise sur un périmètre restreint de matériaux : ceux qui impactent les consommations énergétiques. Ce périmètre de matériaux est appelé « **Matériaux énergétiques** ».

Composants conservés et déposés

L'évaluation des impacts liés aux **matériaux neufs fait consensus** car elle correspond à ce qui est réalisé en analyse de cycle de vie de bâtiments neufs (bien cadrée par E+C-, puis la RE2020) mais **ce n'est pas le cas pour les composants conservés et déposés.**

Il existe plusieurs méthodes (voir dans les Annexes) pour prendre en compte les impacts carbone des composants conservés et déposés : amortissement au prorata de la durée de vie résiduelle, considérés comme nuls, comptabilisation des impacts à venir. On observe dans les projets étudiés un faible poids carbone de ces matériaux conservés et déposés. On peut en conclure que la méthode de comptabilité importe peu, tant **qu'un maximum de matériaux est conservé, ce qui évite la mise en œuvre de matériaux neufs.**

Si le poids carbone des matériaux conservés est faible (ici cela fait référence au renouvellement dans le cas d'une durée de vie inférieure à 50 ans), **le poids carbone des matériaux neufs évités (permis par la conservation), lui, est fort.** Cette observation est à mettre en parallèle du gain qu'il est possible d'atteindre grâce au réemploi. Pour rappel, ce gain est d'environ 100kgCO₂e/m² à horizon 2030 en tertiaire, d'après une étude du Booster du Réemploi.

Comparaison entre rénovation et déconstruction/rénovation

La comparaison, en termes d'impact carbone, de la rénovation et de la déconstruction/reconstruction nécessite de trouver l'optimum entre : le carbone émise exploitation, et celui induit par la mise en œuvre de matériaux lors de la rénovation.



La prise en compte du carbone en rénovation.

C'est un sujet complexe mais de nombreux sujets méthodologiques sont en réflexion et seront traités dans les travaux du Hub :

- Rénover ou reconstruire ?
- Comment prendre en compte le changement de surface et/ou d'usage ?
- Comment prendre en compte les composants ne participant pas à la rénovation thermique ?
- Comment prendre en compte le réemploi ?
- Quelles aides sont nécessaires à l'application des méthodes ACV ?
- Comment peuvent-elles être simplifiées ?
- Quels sont les seuils à respecter ?



Verbatim d'un membre du HUB :

“ Vers une interprétation temporelle des émissions.

La pratique de la quantification du « bilan carbone » d'une opération de rénovation révèle l'enjeu d'adresser massivement, à grande échelle et au bon rythme, la problématique d'une planification maîtrisée de la décarbonation du parc existant avec des outils permettant de capturer la répartition temporelle des émissions au cours du cycle de vie de chaque actif.

Des objectifs distincts visant la décarbonation globale énergie/matière

A ce titre, à l'instar des projets neufs, la définition d'objectifs performanciers systématiques et partagés entre MOA et MOE nous paraît être une voie d'apprentissage fructueuse et compatible avec le pilotage des trajectoires à l'échelle du parc dans son ensemble.

Jocelyn Urvoy, Elioth by Egis



3

Organisation des travaux du Hub

Que cherche-t-on à résoudre dans le cadre des ateliers Rénovation ?

Le programme et le cadre méthodologique

Hypothèses principales communes aux quatre projets

Que cherche-t-on à résoudre dans le cadre des ateliers rénovation ?



Mesurer efficacement et de façon pragmatique l'impact carbone d'une rénovation

Questionner les indicateurs, les ordres de grandeur, les diagnostics permettant de mieux mesurer l'impact d'une rénovation et de mieux guider les orientations programmatiques.



Maitriser l'équation coût carbone / choisir les meilleures solutions bas-carbone

Déterminer des ordres de grandeur, en carbone et en coûts, pour se concentrer sur les lots et les leviers les plus prometteurs.



Répondre ensemble à des questions opérationnelles récurrentes

Des questions peuvent parfois bloquer ou freiner le passage à l'action :

- Mon bâtiment est en bon état mais il a un impact carbone lié à l'énergie élevé : dois-je rénover alors que de nombreux matériaux sont en excellent état ?
- Doit-on préserver l'existant à tout prix ou démolir reconstruire dans certains cas ?
- Comment tenir compte des enjeux carbone lors d'un changement d'usage ou d'une intensification d'usage, qui évite potentiellement l'artificialisation des sols ailleurs ?
- Si je réalise une rénovation lourde, ne faudrait-il pas en profiter pour systématiquement sortir des énergies fossiles ? notamment pour améliorer le TRC ?



Impacter les politiques publiques

Être force de proposition auprès des politiques publiques pour une prise en compte plus ambitieuse et pragmatique du carbone en rénovation.

Le programme et le cadre méthodologique

Le programme

Pour répondre aux différents objectifs posés précédemment, le Hub propose d'étudier des projets réels, portés par des membres du Hub. **À chaque projet est dédiée une équipe multidisciplinaire, elle-même formée de membres du Hub.**

Afin de répondre aux questions opérationnelles énoncées, trois « scénarios » seront successivement appliqués aux projets, chacun de ces scénarios étant porteur d'une problématique de rénovation propre.

Un scénario de base est étudié préliminairement, établissant l'état initial de manière homogène entre les 4 projets, et au cours duquel est réalisée et/ou consolidée son ACV. Ce scénario de base permet la prise en main du projet par les équipes, ainsi que de déterminer les premiers enjeux et enseignements éventuels entre les différents projets.

Les 4 projets et leurs porteurs respectifs

Les acteurs ci-dessous sont doublement impliqués : dans le projet réel, et dans les ateliers rénovation du Hub.

Équipe n°1 avec un projet porté par :



Image : ASYLUM / VURPAS





Bureaux transformés en bâtiment de logements et services : **changement d'usage**

Équipe n°2 avec un projet porté par :



Image : Ory





Bâtiment d'enseignement

Équipe n°3 avec un projet porté par :



Image : DGM & Associés




Bâtiment de bureaux

Équipe n°4 avec un projet porté par :

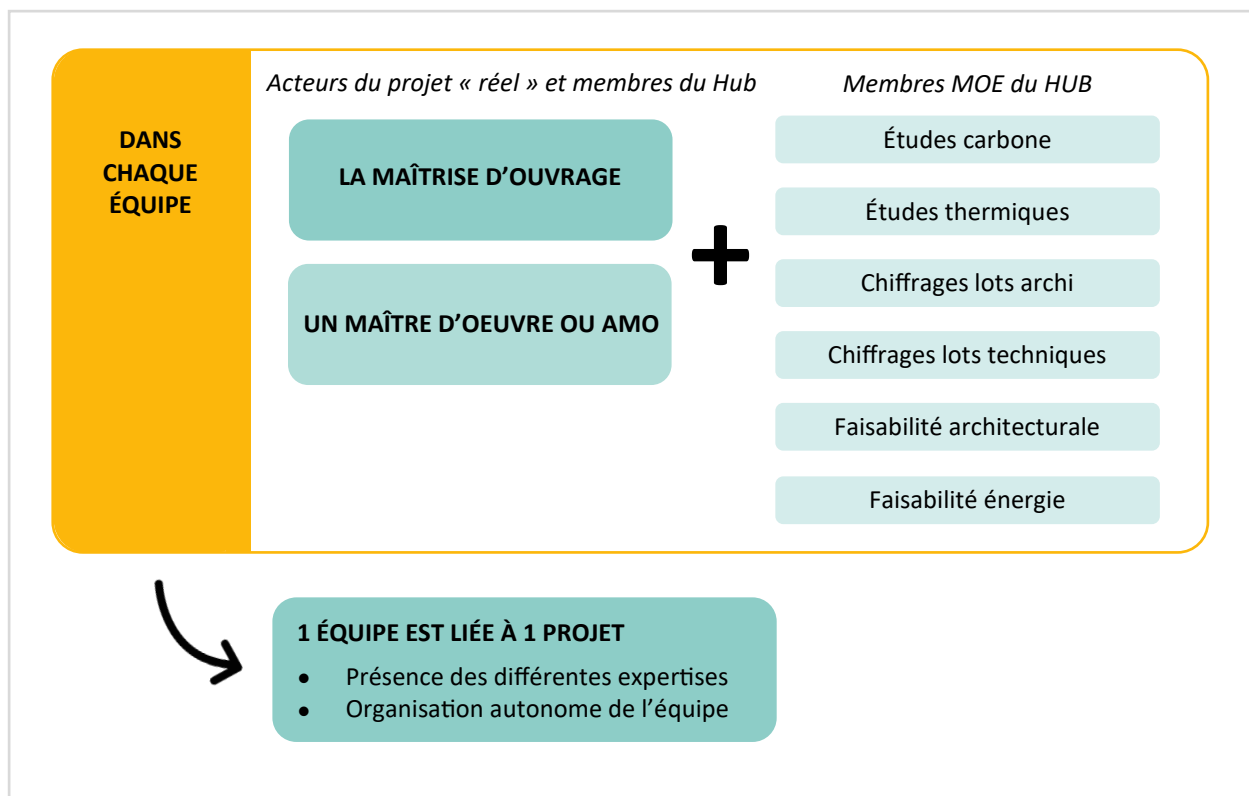


Image : Tecnova



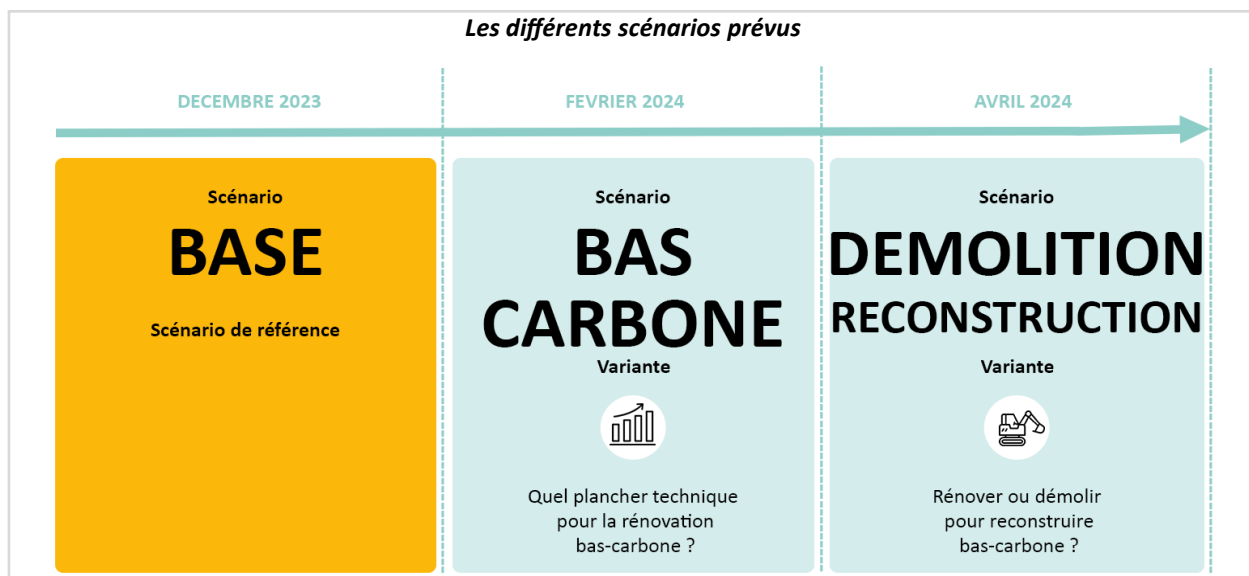

Bâtiment de logements

La composition des équipes



Les scénarios d'études

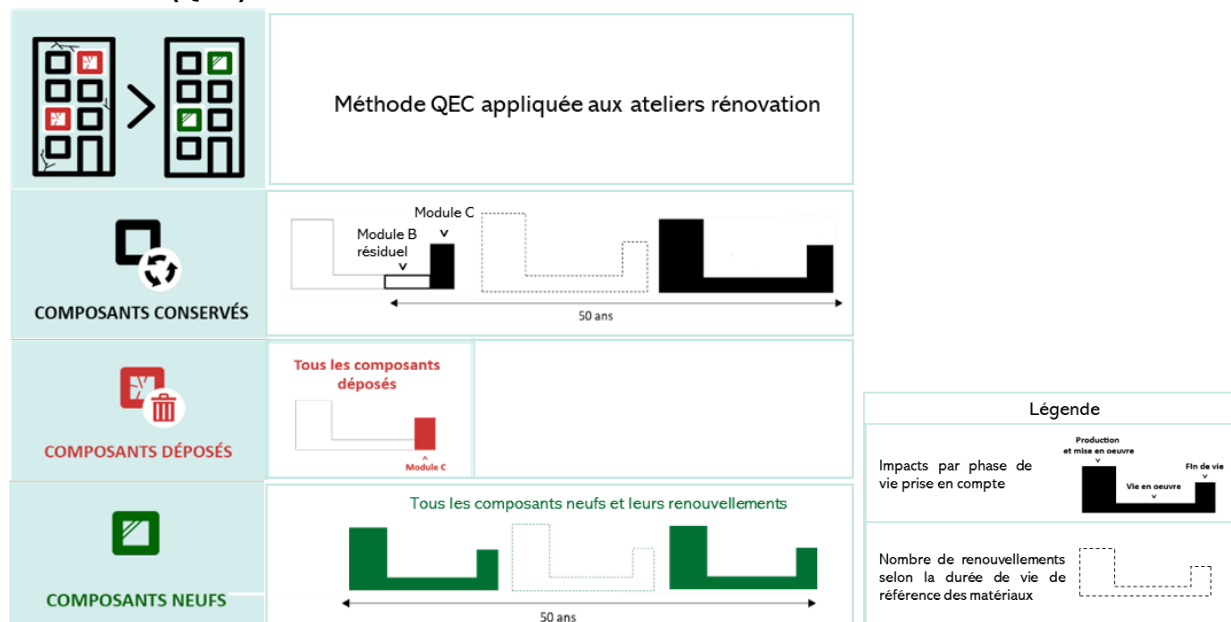
Les quatre projets seront étudiés par leur équipe sous le prisme de différents scénarios successifs, reflétant chacun une question opérationnelle propre :



Hypothèses de calcul communes aux 4 projets

Cette partie liste les **hypothèses communes** aux quatre projets d'étude. Les hypothèses spécifiques à chaque projet sont disponibles dans les parties « *Contexte, hypothèses et périmètre de calcul spécifiques au projet* » de la partie 5 « *Résultats du scénario* ». Plus de détails sur les hypothèses sont disponibles dans les annexes (document disponible uniquement aux membres du Hub des prescripteurs bas carbone).

- Des Analyses du Cycle de Vie (ACV) ont été réalisées à différentes phases selon l'avancement de chaque projet : 2 projets très amonts avec des pré-métrés (ceux de Bureaux et Logements collectifs) ; et 2 projets avec métrés exhaustifs et détaillés (ceux de la Résidence Service Sénior et Enseignement supérieur).
- Les **résultats ACV ont été exploités en statique** (sur 50 ans) à partir du fichier exporté de l'outil **Maestro Env rénovation**, mis à disposition par le CSTB.
- L'**impact des matériaux conservés/déposés** a été estimé selon la **méthode Quartier Energie Carbone (QEC)** :



Par défaut, dans cette méthode et dans ces travaux, la durée de vie de conservation (appelée « Module B résiduel » sur le schéma ci-dessus) est estimée égale à la durée de vie de référence. En effet, à dire d'experts, la plupart des matériaux de construction conservés et réemployés ont été considérés comme « ayant la même durée de vie que des matériaux neufs ».

Dans le cas des matériaux « conservés » qui subissent un renouvellement (sur 50 ans), l'impact carbone des matériaux neufs de renouvellement est inclus, toutes phases de vie comprises. En conséquence, plus la durée de vie de conservation d'un matériau est faible, plus le taux de renouvellement est élevé sur 50 ans, et donc plus son impact carbone est élevé.

Plus de détails à ce sujet sont disponibles en Annexe : dans la partie *Nuances méthodologiques ayant posé des questions ou des difficultés lors des ateliers rénovation*.

- Un **diagnostic déchets**, plus ou moins poussé et tendant vers un diagnostic PEMD selon les projets¹⁶, était disponible. Il a, en général, contribué à l'estimation et à la quantification des éléments réemployés, réemployables¹⁷, conservés et/ou déposés.

¹⁶ Le décret d'application du PEMD datant de mars 2023, les diagnostics réalisés dans le cadre des ateliers ne pouvaient être que des diagnostics déchets (selon arrêté en vigueur avant mars 2023, soit arrêté de 2011).

¹⁷ En vue du scénario suivant des ateliers rénovation : scénario à « budget illimité »

- La majorité des **lots techniques** a été saisie en mode **forfaitaire**. Le lot 8 (CVC) a pu être détaillé pour chaque projet.
- En première approche, des fiches spécifiques (FDES/PEP) ou fiches collectives ont été privilégiées dans la mesure du possible, sinon des Données Environnementales par Défaut (DED) ont été sélectionnées par défaut (conformément à la méthode RE2020).
- Les **consommations d'énergie primaire (Cep)**, avant et après rénovation, sont issues des calculs de la RT globale, sauf pour le projet de Bureaux, traité en RE2020.
Par conséquent, avant et après rénovation : les **facteurs en énergie primaire** sont conformes à la RT globale (=2,58).
- Les **facteurs d'émission carbone de l'énergie par postes** sont ceux de la RE2020
- Les **postes de consommation étudiés** correspondent aux usages classiques de la RT : chaud, froid, ECS, éclairage, ventilation et auxiliaires.
- Le **contributeur chantier** incluse, pour le chiffrage économique, la démolition et la dépose (sans le coût du désamiantage, déplombage, etc.). Le contributeur chantier est bien inclus dans les ACV, sauf pour le projet de logements collectifs.
- Le poids carbone des **éléments déposés** est inclus dans le **poids carbone total des matériaux** (et non dans le contributeur chantier).
- Un « **périmètre des matériaux dédiés à la rénovation énergétique** » a été défini en accord avec le périmètre proposé par la RT globale (voir *Définitions* en Partie 7 ; en Annexe *Périmètre des matériaux dédiés à la rénovation énergétique des 4 projets*). Chaque lot/sous lot a été jugé (par les porteurs de projet) comme « ayant, ou non, un impact sur la rénovation énergétique de leur projet ». L'objectif étant de pouvoir allouer un ordre de grandeur (en coût et carbone) à la rénovation énergétique à l'échelle du projet, cette estimation est à appréhender en ordre de grandeur.
- Le **temps de retour carbone** (TRC) exprimé pour chaque projet ne se focalise que sur le périmètre « des matériaux dédiés à la rénovation énergétique » présenté ci-dessus. De plus, le coefficient de sécurité des DED (estimé à 30% du poids carbone d'une DED) a été retiré pour le calcul des TRC.
- Il n'y a pas de **réemploi** (ni in situ ni ex situ), sauf pour la résidence sénior.
- Les bénéfices économiques associés en exploitation ne sont pas inclus dans le périmètre des études de chiffrage.



4

Enseignements du scénario de base

Ce qu'on cherche à résoudre dans le scénario de base

Rappel méthodologique : une nouvelle manière de répartir le budget carbone en rénovation

Priorité 1 : réduire au plus tôt les émissions d'exploitation

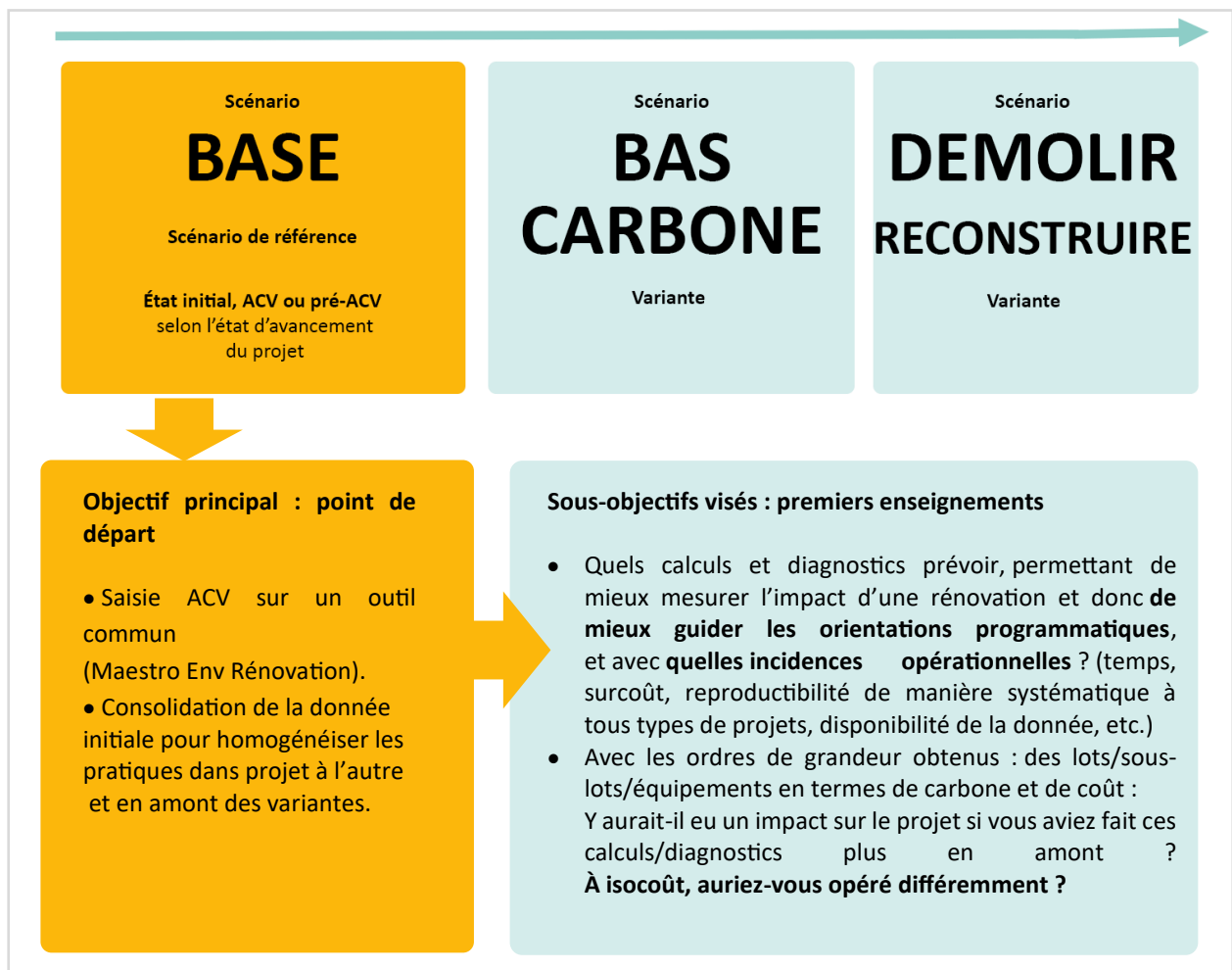
Priorité 2 : conserver l'existant

Priorité 3 : optimiser le poids carbone des matériaux

Priorité 4 : anticiper les contraintes spécifiques de la rénovation

Ce qu'on cherche à résoudre dans le scénario de base

Méthodologie par scénarisation



Pour rappel, le scénario de base consiste en l'analyse du projet de rénovation initial, et la réalisation de son ACV. Le scénario de base permet aux équipes de se familiariser avec les projets, et **d'en tirer des premiers enseignements**.

Rappel méthodologique : une nouvelle manière de répartir le budget carbone en rénovation

Dans la réglementation RE2020, on trouve d'un côté le contributeur Energie, et de l'autre le contributeur Matière. En rénovation, la distinction semble plus subtile. En effet, il faut souvent cumuler deux approches usuelles de la rénovation d'actifs immobiliers.

D'un côté, il y a un investissement énergétique qui nécessite la mise en œuvre de matériaux pour réduire les consommations énergétiques. Il existe un point d'équilibre entre : l'impact carbone des matériaux, et la réduction de l'impact carbone de l'énergie associée.

→ Il faut à la fois améliorer la performance énergétique, réduire les consommations énergétiques et à la fois réduire l'impact carbone associé. Ces réductions doivent aussi se regarder sous l'angle de factures énergétiques des utilisateurs.

D'un autre côté, il y a un budget lié à la qualité d'usage. Ce budget concerne la mise en œuvre ou le remplacement des matériaux obsolètes (techniquement, architecturalement, ou simplement par habitude), qui n'impactent pas la performance énergétique. Ce budget ne permet donc pas d'améliorer la performance carbone de l'énergie en exploitation. L'objectif est de réduire au maximum l'impact carbone de cette matière.

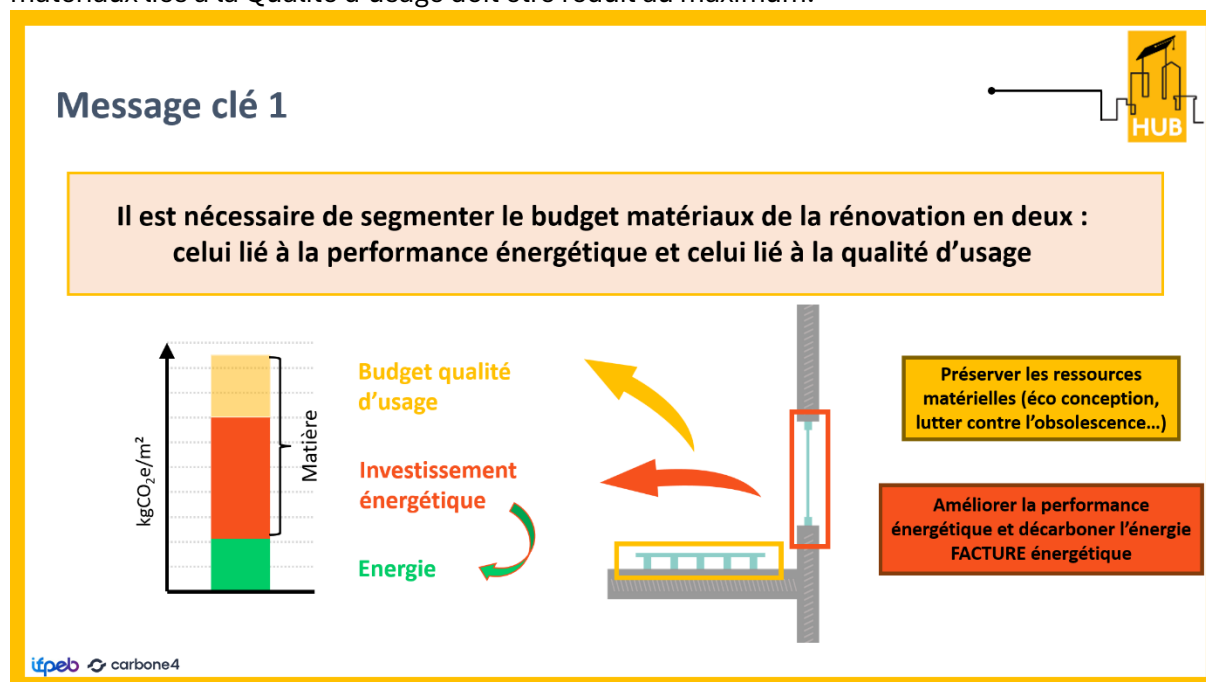
→ Il faut préserver les ressources matérielles (éco conception, lutte contre l'obsolescence...)



Nouvelle règle :

“ Il est nécessaire de segmenter le budget carbone des matériaux de la rénovation en deux : celui lié à la **performance énergétique** et celui lié à la **qualité d'usage**.

Cette répartition du budget carbone a pour corollaire l'étude du TRC sur le seul périmètre des matériaux liés à la performance énergétique. En parallèle, l'impact carbone du périmètre des matériaux liés à la Qualité d'usage doit être réduit au maximum.



Message issu du webinaire du HUB

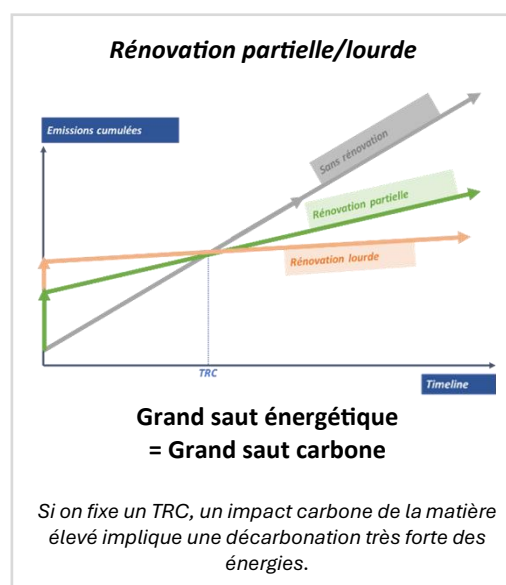
Priorité 1 : réduire au plus tôt les émissions d'exploitation

Tous les bâtiments ne sont pas égaux face au potentiel de décarbonation. Dans le cadre d'une rénovation, la question de la sortie des énergies fossiles doit être abordée.

Rénovation tardive : des émissions d'exploitation qui auraient pu être évitées

Dans un objectif de neutralité carbone à horizon 2050, le budget matériau alloué à une rénovation devrait être lié à l'économie de carbone en exploitation associée. Plus une rénovation est tardive, plus on cumule des émissions d'exploitation qui auraient pu être évitées en rénovant plus tôt. Il y a donc urgence à agir.

Le corollaire de la rénovation est la mise en œuvre de matériaux, et l'impact carbone qui leur est associé. En effet, plus on rénove lourdement (afin de diminuer l'impact carbone de l'énergie en exploitation), plus on met en œuvre des matériaux (qui pèsent sur l'impact carbone au moment de la rénovation). Autrement dit, dans un objectif de neutralité carbone à horizon 2050, **le budget matériau alloué à une rénovation devrait être lié à l'économie de carbone en exploitation associée.**



En rénovation, l'objectif principal est d'améliorer le confort et/ou de réduire les consommations énergétiques (et donc la facture), alors que le changement des systèmes énergétiques peut parfois passer en second rang, voire être très compliqué. Pourtant, sous l'angle du carbone, le levier numéro un de décarbonation d'un bâtiment est **la sortie des fossiles**, avec des gains carbone possibles très importants, de l'ordre de 800 kgCO₂e/m².

La question de la sortie des fossiles doit, dès lors, être systématiquement abordée en rénovation, idéalement au moment des travaux, ou dans une stratégie à moyen terme.

Le tryptique

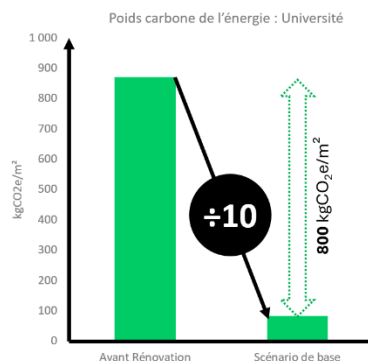
Peu importe le type ou l'objet de la rénovation, les travaux doivent traiter le confort, les consommations ou la décarbonation. Ces trois piliers doivent être pris en compte dans l'opération, idéalement au moment des travaux, éventuellement dans un plan à moyen terme.

L'équilibre matière/énergie peut se mesurer grâce au **temps de retour carbone (TRC)**.

Message clé 2



Dans le cadre d'une rénovation la question de la sortie des énergies fossiles doit être abordée



ifpeb carbone4

Message issu du webinar du HUB

Définir un temps de retour carbone sur les consommations énergétiques

En RE2020, les indicateurs Energie et Matière sont distincts, et ont chacun un seuil propre. Dès lors, l'impact de la matière est réduit d'un côté, et celui de l'énergie de l'autre. Pourtant, on sait aussi que l'impact Matière oriente l'impact Energie, en suivant la règle simple qui stipule que : « plus de matière doit permettre de réduire davantage les consommations énergétiques » (attention cette règle peut être modulée).

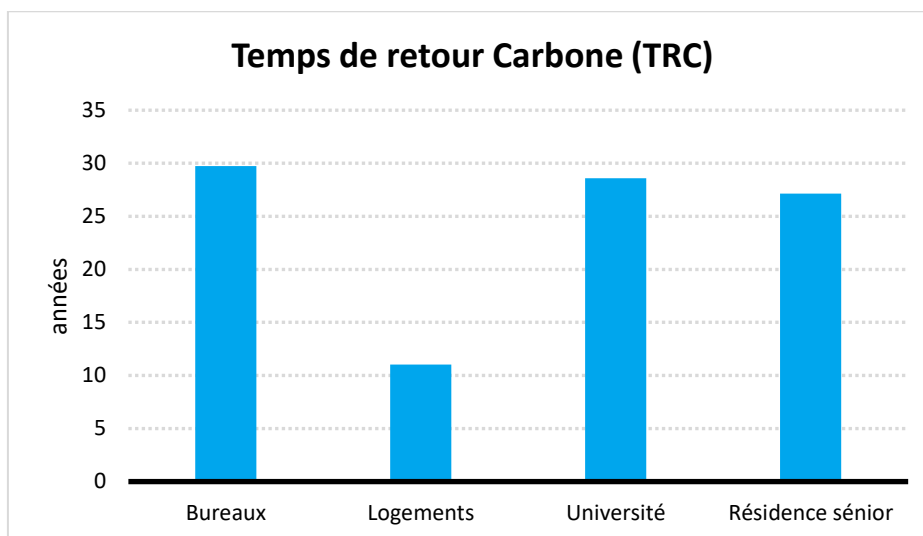
Avec les projets de rénovation, et en ayant séparé l'investissement en Matière énergétique d'une part, et le budget Matière Qualité d'usage d'autre part (c'est important ici), on remarque rapidement que la **logique Matière / Energie est parfaitement suivie**. Le travail et la logique en rénovation sont bien souvent l'utilisation ciblée de matière permettant la réduction des consommations (en prenant en compte la qualité architecturale et d'usage, qui relèvent de l'autre budget). En se projetant en termes de seuils, il paraît logique de **cumuler les indicateurs Energie et Matière**, afin que les interactions de l'un sur l'autre se reflètent dans un indicateur unique, dont l'objectif est d'être le plus bas possible.

Un autre point notable est la difficulté de corrélérer un niveau de consommation, à la qualité d'une rénovation, tant les chiffres de la consommation énergétique (en carbone) sont disparates, avec des valeurs allant de moins de 100 gkCO₂e/m² à 800 kgCO₂e/m² (un facteur 8). La consommation seule ne permet donc pas de qualifier une rénovation. À l'inverse, **le cumul des indicateurs Energie / Matière peut décrire « physiquement » bien mieux une rénovation**, car l'écart des valeurs est bien plus faible (facteur 1,5) et il est possible de rendre un peu plus comparable différentes rénovations (voir schéma « message clé 3 »).

Il semble exister un seuil autour de 800 kgCO₂e/m² ou 30 ans de TRC. Ces chiffres ne sont pas définitifs mais on sent quand même qu'il est possible de trouver un seuil. (N.B. le projet nettement au-dessus des 800 est un projet qui nécessite un chiffre spécifique, c'est le cas particulier d'un patrimoine)

Dès lors, en plus du cumul des indicateurs énergie / matière, **le TRC sur les consommations énergétiques apparaît comme un indicateur pertinent**, et peut-être plus simple pour qualifier une rénovation en termes d'impact carbone.

Comme précisé plus haut avec la séparation du budget Matière, le TRC est calculé sur l'investissement énergétique seulement, et non sur le budget qualité d'usage.



<30 ans Temps de retour carbone (TRC) des 4 projets étudiés



Le Hub recommande d'identifier, pour tout projet de rénovation, deux budgets carbone distincts :

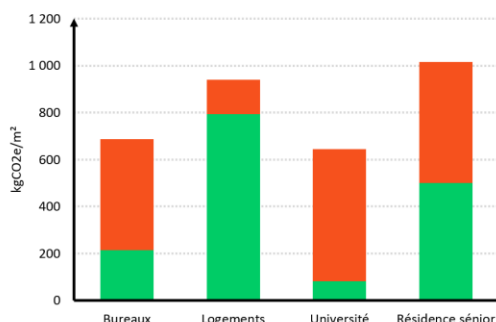
- 1) Un **budget carbone lié à la rénovation énergétique**, avec un temps de retour carbone de 30 ans maximum.
- 2) Un **budget carbone lié aux autres travaux**, à comprimer au maximum (via le réemploi par exemple).

Se pose la question de la délimitation du périmètre de cette rénovation énergétique. L'Arrêté du 13 juin 2008, relatif à la performance énergétique des bâtiments existants de surface supérieure à 1000 mètres carrés lorsqu'ils font l'objet de travaux de rénovation importants, offre une possible délimitation de ce périmètre.



Message clé 3

À la différence de la RE2020 pour le neuf, l’empreinte carbone d’une rénovation pourrait être pilotée suivant une métrique unique cumulée [énergie x matériaux]



Par exemple on pourrait viser un seuil à :

800 kgCO₂e/m²

et/ou

un TRC < 30 ans

ifpeb carbone4

Message issu du webinaire du HUB

Rénovation par étapes

Le Hub recommande de procéder à une rénovation globale, pour des raisons de gains carbone, de facilité technique ou de simplicité de mise en oeuvre, ainsi que pour éviter un délai trop long entre deux étapes. Mais opérationnellement, il est parfois nécessaire de passer par une rénovation par étape. Pour approfondir, on pourra se reporter pour aux publications de l’Ademe (« Rénovation performante par étapes » ET « Travaux par étapes : les points de vigilance »). Deux points cependant à noter :

Quand réaliser une rénovation par étape ?

Une rénovation par étape est possible dans un contexte particulier, par exemple dans le cas d’une possibilité d’un raccordement au réseau de chaleur dans un certain délai. Dans le cas de surfaces trop petites, une rénovation par étape paraît trop complexe (augmentation des frais) et serait donc à éviter. Mais **l’addition simple de travaux qualifiés de « travaux BBC-compatibles » n’est pas suffisante.**

Dans quel ordre procéder ?

Commencer par la réduction des besoins, via l’isolation, est recommandé. Une rénovation par étape « à l’envers », commençant par un remplacement de la production par exemple, est déconseillée. **Mais dans un contexte particulier comme un bâtiment patrimonial, la recommandation de commencer par l’isolation ne doit pas devenir une raison poussant à l’inaction.** Sortir des fossiles doit être une action sans regret.



Priorité 2 : conserver l'existant

“ La question de fond est finalement la suivante : avec quel matériau devons-nous travailler aujourd'hui ? Les situations existantes constituent pour nous le matériau fondamental de l'architecture. C'est cela qu'il faut savoir regarder et faire évoluer.

Anne Lacaton in "Tout ce qui nous entoure est patrimoine"

Si cela peut paraître évidemment, la conservation d'un maximum de matériaux constitue le premier et le plus grand levier pour décarboner les matériaux de rénovation.

Les matériaux conservés : un enjeu opérationnel plutôt que méthodologique

Les retours des différentes équipes dans leur projet de rénovation ont montré la difficulté à recenser les matériaux existants et leur impact carbone. L'exercice est chronophage et source d'hypothèses très fortes (performance environnementale, date de pose...). Cette connaissance permet de calculer l'impact des matériaux conservés/déposés. Or, l'impact des matériaux conservés a été mesuré à moins de 3% du total des émissions liées aux produits et matériaux de construction (pour 3 des 4 projets étudiés).

D'autre part, ne pas déposer un composant, c'est surtout éviter de devoir en poser un neuf en remplacement. Cela justifie davantage de ne pas se préoccuper de l'empreinte carbone « résiduelle » du composant conservé.

La **difficulté méthodologique** pour compter ce carbone, couplée au **relativement faible impact carbone des matériaux existants**, conduisent à conclure que l'enjeu principal n'est pas la méthode, mais plutôt le **potentiel de conservation**.



Rex des projets

Dans une première estimation, la somme des matériaux conservés et réemployés correspond seulement à 3 à 5 kgCO₂e/m², soit 1 à 3% du total de l'empreinte carbone Matériaux.

Une nécessaire transformation collective

La conception se fait actuellement généralement indépendamment de l'existant. L'état de l'existant doit devenir une donnée d'entrée pour la conception. Cela ne sera possible que via une transformation collective.

“ Il semble aujourd'hui nécessaire d'envisager le patrimoine de façon plus ouverte et plus large, et de considérer sa transformation comme un des enjeux de la ville actuelle. C'est la seule manière de travailler à partir de toutes les situations existantes : les révéler, les enrichir, les transformer, les réparer et les protéger dans certains cas. Cela requiert un regard très sensible et précis. Il est donc toujours question de prolonger des cycles de vie, sans exercer d'a priori. ”

Jean-Philippe Vassal in "Tout ce qui nous entoure est patrimoine"



Verbatim d'une équipe :

“ La réhabilitation du bâti existant et le réemploi de matériaux ou équipements, dès que cela est possible, est le “point zéro” d'une démarche environnementale : en mobilisant les ressources déjà existantes pour en faire une matière à projet, on évite à la fois la production de déchets de construction et l'approvisionnement en matériaux neufs, tout en limitant l'imperméabilisation des sols. Qu'il soit remarquable ou plus ordinaire, le bâti existant est une matière à projet vivante : il présente une valeur matérielle en tant que ressource bâtie, mais aussi des valeurs sociales et culturelles à transmettre et réinterpréter.

Charline Rey, Vurpas Architectes

COMMENT LE RÉEMPLOI PEUT-IL ÊTRE FAVORISÉ ?

Une fois l'existant conservé au maximum, le réemploi doit être l'action numéro deux. En premier lieu, un diagnostic ressource (plus poussé que le diagnostic PEMD) est indispensable pour favoriser le réemploi et avoir une vision claire de ce qui peut être conservé / réemployé. De plus, spécifiquement sur le périmètre des équipements techniques, un audit technique complémentaire est nécessaire pour assurer un diagnostic pertinent de ce qui est réemployable (in-situ et/ou ex-situ).



Le nouveau diagnostic PEMD

Ce nouveau diagnostic réglementaire obligatoire est plus complet que son prédécesseur, le diagnostic déchets. Il ne couvre cependant pas le réemploi de manière suffisamment précise pour pouvoir réellement entamer une démarche efficace. Le diagnostic PEMD indique que des matériaux peuvent être réemployés, mais il n'a pas vocation à indiquer si les matériaux sont réellement réemployables.

Le diagnostic ressources

Le diagnostic ressource est un élément important afin de définir **la stratégie économie circulaire d'un projet**. Il apporte toutes les clés pour un arbitrage éclairé de la **valorisation des matériaux**, en croisant différents paramètres, tels que le coût de dépose, la facilité de dépose et de repose, des exigences techniques pour sa repose ainsi que l'acceptabilité de ce dernier. Parfois il est nécessaire d'aller plus loin dans des études complémentaires afin de confirmer les premières conclusions du diagnostic ressource (test de dépose, étude de structure etc.).



Potentiel de réemploi

Tous les bâtiments ne sont pas égaux face au potentiel de réemploi des composants. Par exemple, un bâtiment plus récent pourrait offrir davantage de possibilités de réemploi. Dans tous les cas, un diagnostic ressource est nécessaire pour arbitrer !

Outre la réalisation des différents diagnostics, la capacité de réemploi lors d'un projet de rénovation dépend aussi de trois facteurs :

1

L'assurabilité du matériel réemployé :

S'assurer que le matériel réemployé est assurable nécessite des discussions en amont et de l'anticipation.



Rex des projets

Pour un des projets étudiés, le réemploi n'a pas été possible pour des **chemins de câble**, en raison de l'assurabilité.

2

La fiscalité :

La doctrine fiscale actuelle favorise les opérations de réhabilitations lourdes, avec un objectif sous-jacent d'amélioration de la performance énergétique de ces actifs rénovés, grâce à la remise à neuf d'une majeure partie des produits de construction et équipements. Cette volonté d'encourager à réduire drastiquement les consommations énergétiques par une rénovation en profondeur se justifie parfaitement dans l'approche énergétique menée jusqu'à maintenant. Cependant, une approche plus complète Energie + Carbone introduit une nouvelle limite. En effet, dans le cadre d'un calcul en Analyse de Cycle de Vie (ACV), il semble que l'incitation systématique à déconstruire les éléments existants (pourtant parfois encore fonctionnels et performants) puisse, dans certains cas, être contre-productive du point de vue carbone.

Le Hub souhaite donc réfléchir à conserver le moteur que constitue une fiscalité avantageuse pour la rénovation, en proposant, à moyen terme, de modifier la doctrine fiscale actuelle pour favoriser la frugalité matérielle tout en intégrant une ambition environnementale à la hauteur des enjeux. À court terme, le Hub se concentrera justement sur ce dernier point au travers de l'ensemble des travaux menés dans le cadre des « équations coûts-carbone de la rénovation », pour définir sous quelles conditions la performance après rénovation d'un immeuble peut être considérée comme « équivalente à celle d'un immeuble neuf » et ainsi profiter du régime fiscal associé.

Un décryptage plus complet, disponible en annexe, permet d'explicitier plus en détails les tenants et aboutissants de cette problématique fiscale. Elle reprend également une proposition de modification de la doctrine actuelle issue d'une première proposition de Paris La Défense dans le cadre des « États généraux de la transformation des tours » et amendée dans le cadre des travaux du Hub en cours sur la rénovation.



Rex des projets

Sur un projet de réhabilitation, une MOA a été contrainte de déposer des menuiseries extérieures afin de démontrer une « remise à neuf » de l'immeuble et bénéficier du régime d'exonération fiscale du neuf. Pourtant, elle souhaitait conserver ces menuiseries car jugées fonctionnelles et suffisamment performantes (voir les détails en annexe).

3

La priorisation, tant par la maîtrise d’œuvre que par la maîtrise d’ouvrage :

Le réemploi in situ, via le potentiel de conservation, doit devenir une donnée d’entrée du projet, définie en amont, plutôt qu’une question posée une fois que tous les autres paramètres sont fixés.

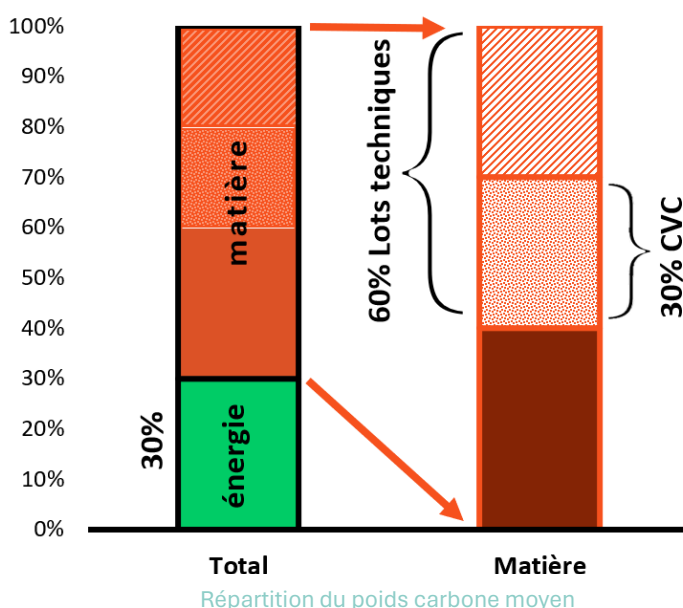
La maîtrise d’œuvre doit être mature et formée sur le sujet du réemploi. Les coûts de cette expertise supplémentaire, ainsi que le temps nécessaire à la mise en place du réemploi, doivent être pris en considération par la maîtrise d’ouvrage également.

Priorité 3 : optimiser le poids carbone des matériaux

La nouvelle règle des 60%

Contrairement au neuf soumis à la RE2020, où le poids carbone de la matière est divisé en trois parts égales (gros œuvre, second œuvre et lots techniques), les projets étudiés en rénovation ont une répartition différente. En effet, les lots techniques représentent 60% du poids carbone de la matière en rénovation.

Le peu d’éléments de structure mise en œuvre en rénovation entraîne une surreprésentation des lots techniques. Ceux-ci représentent donc entre 50% et 65% de l’impact carbone des matériaux.

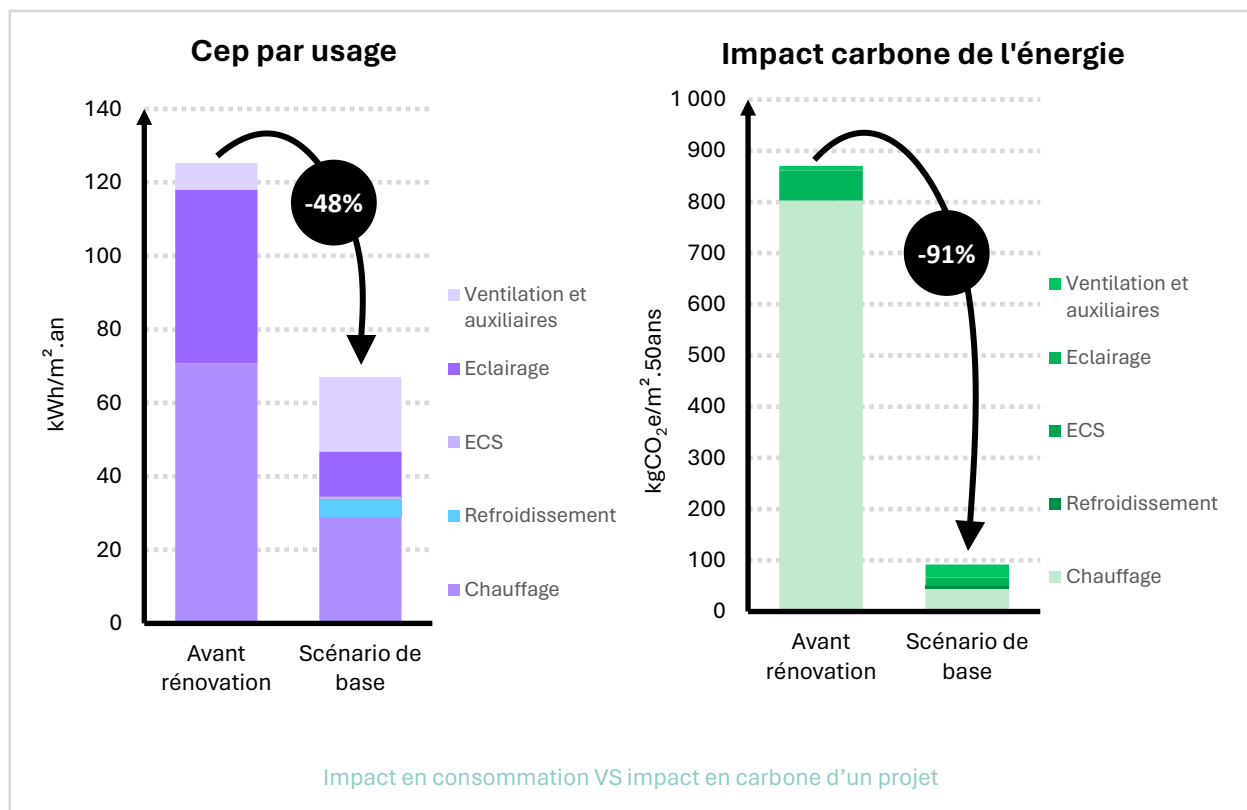
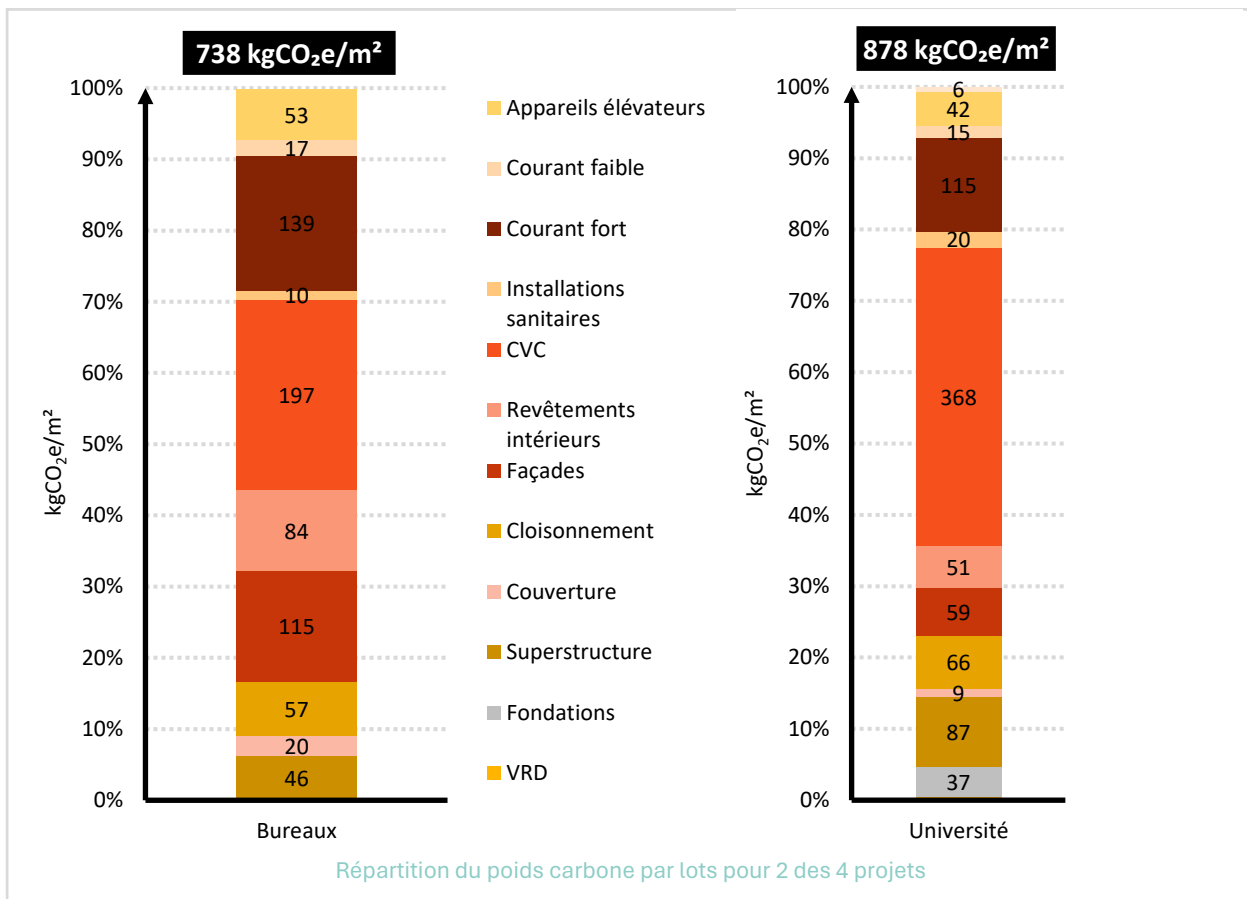


60% C'est la part des lots techniques dans le poids carbone matière

Le lot CVC : premier poste d’émissions, mais aussi plus gros potentiel de décarbonation

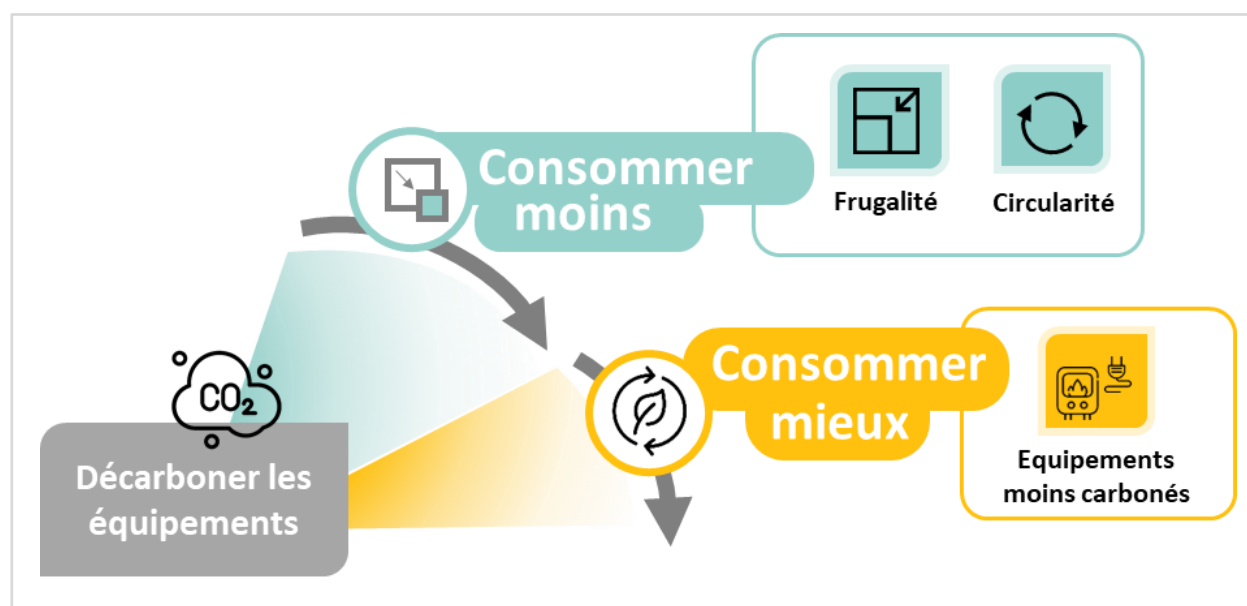
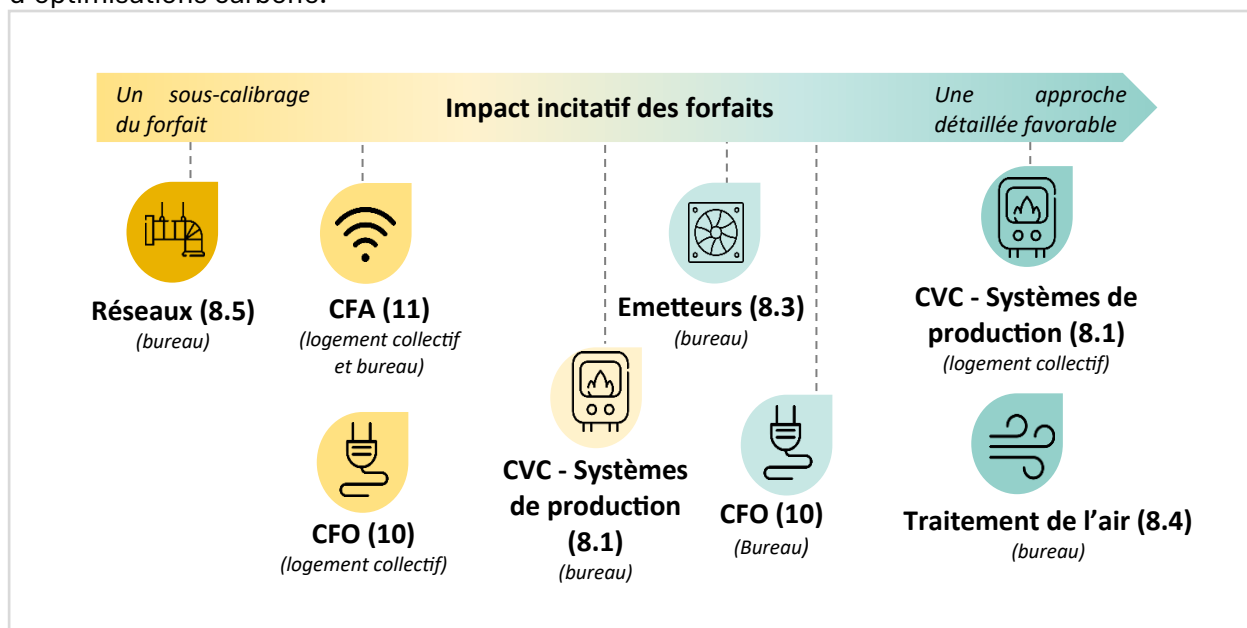
Le lot CVC contribue à augmenter de manière significative les émissions des composants dans les projets étudiés, mais c’est également celui qui contribue le plus à diminuer les émissions d’exploitation une fois la rénovation finie. Par ailleurs, se concentrer sur le lot CVC assure des choix structurants, par exemple sur le confort d’été, et donc assure d’une certaine manière la résilience du bâtiment.

Dans le cas d’un des projets étudiés, l’investissement carbone dans le lot CVC s’est traduit par une réduction de 48% de l’énergie en exploitation, et de 91% des émissions carbone.



Un potentiel pour le lot CVC qui implique de faire son analyse carbone de manière détaillée

Comme cela avait été présenté dans le Brief Lots Techniques du Hub¹⁸, la calibration des valeurs forfaitaires du lot CVC dans le cas des bureaux est défailante et empêche ainsi de mesurer l'impact carbone détaillée de ce lot. Or, la Mesure est un prérequis nécessaire pour envisager l'étude d'optimisations carbone.



Extraits du Brief Lot technique du Hub des prescripteurs bas carbone

¹⁸ Voir <https://www.ifpeb.fr/webinaire-hub-des-prescripteurs-bas-carbone-quelle-equation-cout-carbone-pour-reussir-la-re2020/>



Verbatim d'un membre du Hub :

“ La réhabilitation la plus bas-carbone d'une construction existante sera toujours celle qui y ajoutera la plus faible quantité de matériaux, même biosourcés. L'implémentation amont d'une conception qui prescrit le sobre et le frugal est le seul bras de levier pertinent que chaque architecte responsable doit s'efforcer de suivre, en collaboration scrupuleuse avec la conception créative associée d'un BET Fluides, tout autant responsable, en faveur d'une réduction optimale des besoins de ressources et de consommations énergétiques primaires du bâtiment futur.

Clémence Béchu, Béchu + Associés

L'isolation représente toujours un bon investissement carbone

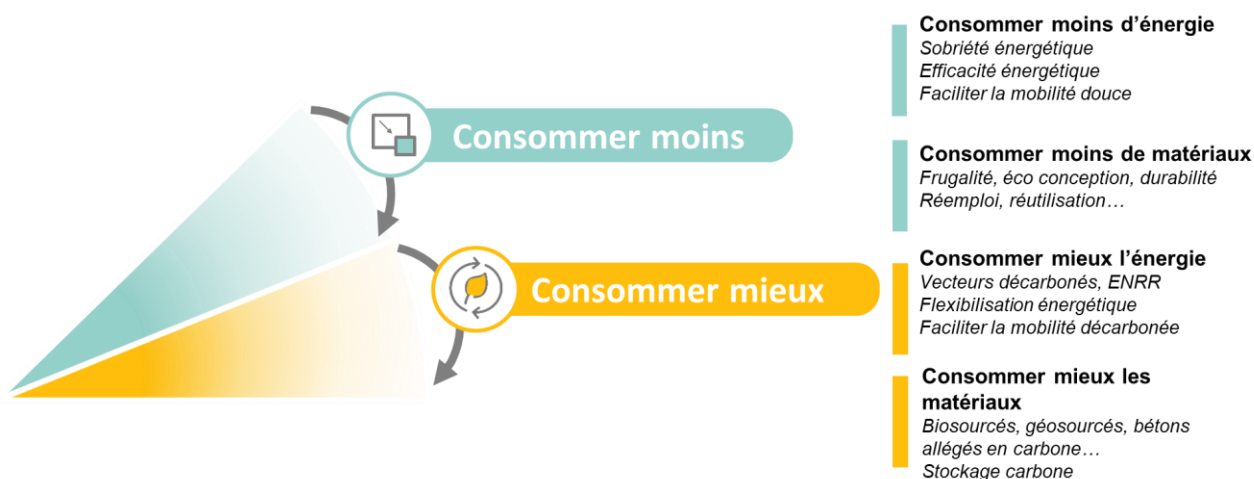
C'est un constat observé par la totalité des équipes : des travaux d'isolation permettent de faire diminuer le Cep¹⁹ et l'impact carbone de l'énergie entre 40% et 90%. Cela est dû en grande partie à la baisse des besoins en chauffage. En raison du relativement faible coût carbone des travaux d'isolation, on observe un bon TRC pour tous les types d'isolants. Dans les retours d'expérience, cela semble être une des principales raisons expliquant le meilleur TRC du projet de logements collectifs (ce projet n'ayant pas changé de système CVC).

Les isolants présentent un grand potentiel de décarbonation, tout en affichant une empreinte carbone faible. Les isolants biosourcés en particulier réduisent encore davantage cette empreinte carbone faible, tout en conservant la qualité de l'isolation.



Rex des projets

Tout comme dans le neuf, il est plus difficile de réaliser une ACV avec des métrés exhaustifs en amont des phases d'étude. Cela nécessite un surinvestissement qu'il faut pouvoir anticiper.



¹⁹ Indicateur « Consommation d'énergie primaire »

Priorité 4 : anticiper les contraintes spécifiques de la rénovation

Réhabiliter n'est pas construire. En effet, les réflexions, les méthodes et le travail à appliquer lors d'une réhabilitation sont très différents d'un projet neuf.

Tout d'abord, il y a la **particularité du patrimoine**. Cette architecture et ces « monuments » que l'on a envie de transmettre sont à distinguer des autres bâtiments existants. Du fait de son architecture spécifique, propre à un usage particulier, la rénovation du patrimoine nécessite un **travail plus complexe** que la rénovation thermique d'un logement.

Des objectifs spécifiques propres en lien avec la stratégie nationale bas carbone pourraient également être nécessaires. Par exemple, la programmation future d'un bâtiment patrimonial, qui entraîne souvent un changement d'usage, doit absolument être pensée en fonction des bâtiments, et non en fonction d'une hypothèse détachée de la réalité du bâti.

épaisseur été programme
renforcement patrimoine
hsp énergivore optimiser
anticiper compacité
emploi usage compétences
composer rénovation qualité
confort plafond gaine
conserve héritage
hauteur carbone contraintes
opacifier structurel
histoire climatiser

Par ailleurs, les autres bâtiments existants, même non relatif au patrimoine, représentent un trésor de ressources (voir message n°4). Ils nécessitent pour être exploités un travail conséquent et plus approfondi que pour un projet neuf. En effet, la réhabilitation pose des contraintes spécifiques qu'il faut anticiper au maximum.

Ces contraintes peuvent être :

- ❶ La hauteur sous plafond, qui peut être trop haute et engendrer donc une difficulté à optimiser la compacité.
- ❷ Elle peut aussi être trop basse et rendre impossible le passage de gaines.
- ❸ Le renforcement structurel, si besoin, peut alourdir très rapidement le bilan carbone et nécessiter une optimisation spécifique.
- ❹ Le programme, notamment lié au confort d'été, peut s'avérer avoir des conséquences impactant lourdement le projet.
- ❺ Le budget qualité d'usage, peut vite atteindre des ordres de grandeurs comparables au neuf au bilan global

Rex des projets

Un des projets étudiés présente une hauteur sous plafond de 4 mètres, ce qui rend plus difficile l'optimisation du poids carbone, tant du côté des matériaux que des consommations énergétiques.





Verbatim d'une équipe :

“ La transformation du bâtiment de La Poste à Saint-Étienne en résidence sénior a révélé des défis complexes associés au caractère patrimonial du bâtiment et au changement d'usage.

Les contraintes patrimoniales ont restreint les options, excluant des solutions courantes comme les Isolants Thermiques par l'Extérieur (ITE), réduisant notre capacité à faire baisser les consommations énergétiques. La transformation d'un immeuble tertiaire avec une distribution des espaces spécifiques et des hauteurs sous plafond importantes en une résidence sénior implique la mise en œuvre d'une quantité de matériaux importante. Ce changement d'usage entraîne également la mise en place de beaucoup d'équipements de chauffage, de climatisation, de ventilation et sanitaires.

En conséquence le bilan carbone de l'opération est élevé pour un gain énergétique conséquent, mais pas à la mesure de la quantité de carbone injectée, le TRC est donc faible. Le scénario suivant nous permettra de chercher de nouvelles pistes pour baisser l'investissement carbone initial et/ou réduire encore les consommations énergétiques futures. Et ainsi s'interroger sur la place à donner aux bâtiments patrimoniaux dans la réhabilitation bas carbone.

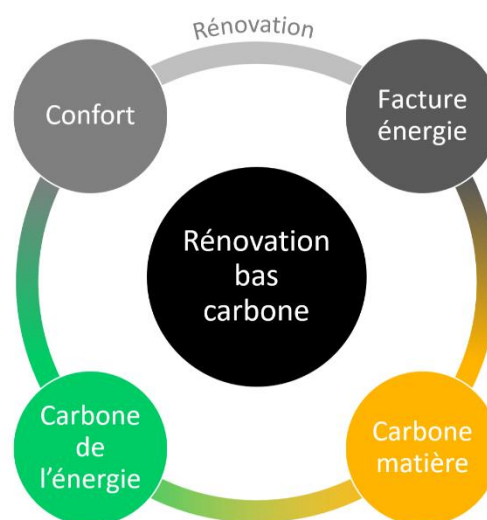
Arnaud Vandendriesche et Yannick Abrillet, EODD

Conclusion

“ Un monde bas carbone doit-il nécessairement être un monde à hautes matières ? Optimiser plus que maximiser, circulariser est le mode de fonctionnement du vivant. Des clés évidentes pour transformer la manière de faire au sein de l'industrie immobilière et mettre autant d'intelligence bas carbone que possible au moment de la conception.

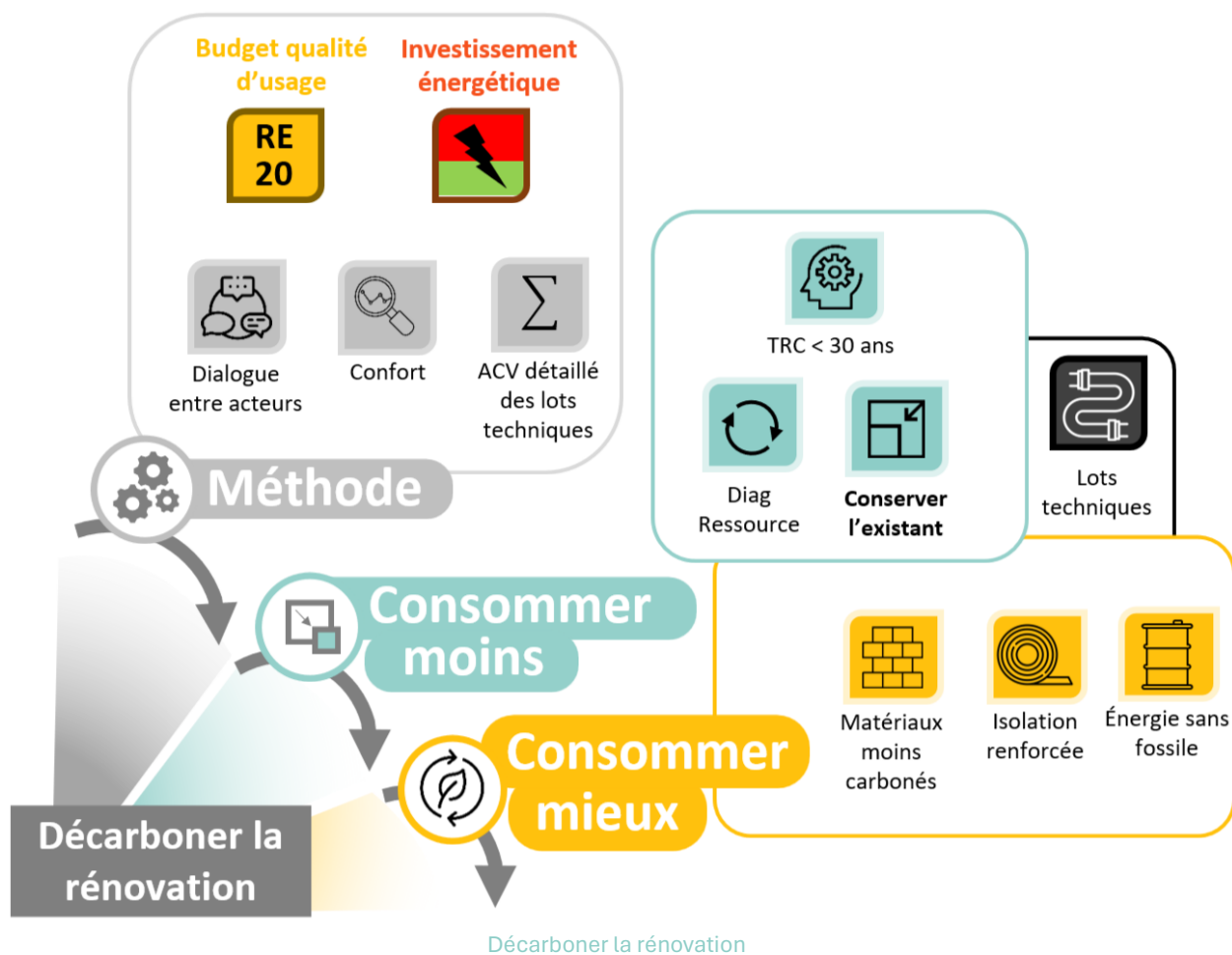
Clémence Béchu, Béchu + Associés

La réhabilitation doit être abordée comme un exercice très différent du neuf. La réhabilitation, c'est : d'une part un projet « neuf » avec le budget « qualité d'usage » et sa logique « consommer mieux, consommer moins ». D'autre part, il peut y avoir des contraintes d'ordre structurel, mais il y a surtout un équilibre technique et architectural à trouver sur le confort, les consommations et l'impact carbone. À ces contraintes s'ajoute celle du programme, parfois contradictoire avec l'existant. Le confort d'été devrait devenir le point d'attention principal. Ainsi, afin d'être désamorçées au mieux, ces difficultés spécifiques aux chantiers de rénovation doivent être anticipées au maximum dans les réflexions, en tenant compte dorénavant du paramètre carbone (si ce n'est environnemental) qui devrait dicter chacune de nos réflexions.



“ Plus de 70% des autorisations d'urbanisme déposées à Paris concernent des opérations de transformation, mais pas seulement pour mettre au présent les legs du passé. Aux priorités mémorielles et patrimoniales s'ajoutent désormais les défis environnementaux. La prise en compte des émissions de carbone fait changer d'ère la construction. Implicitement, l'économie de chaque kilo de CO₂ doit guider les actes et les chantiers, en particulier pour le secteur du BTP qui représente 40% de ces émissions. Explicitement, il est impératif de changer de façon d'aborder l'existant, de partir du diagnostic pour envisager l'avenir, du volume pour définir un programme, du stock pour qualifier les travaux, de l'énergie pour projeter le volume. Cela entraîne une remise en cause tant des process de fabrication, des indicateurs de valeurs que des critères de choix. Cette rupture, sans précédent, est aussi une invitation aux concepteurs à mettre en œuvre les augures d'Alberti, premier opposant à la tabula rasa, qu'il attribuait à des confrères ne sachant pas bâtir « si tout ce qui occupait le site n'a pas été éliminé ».

Alexandre Labasse in *Conserver, adapter, transmettre, Pavillon de l'arsenal 2022*





5

Résultats du scénario de base

Résultats communs aux quatre projets

Résidence Service Sénior, La Poste immobilier

Enseignement, Icade

Bureaux, BNP Paribas Real Estate

Logements Collectifs, Seqens

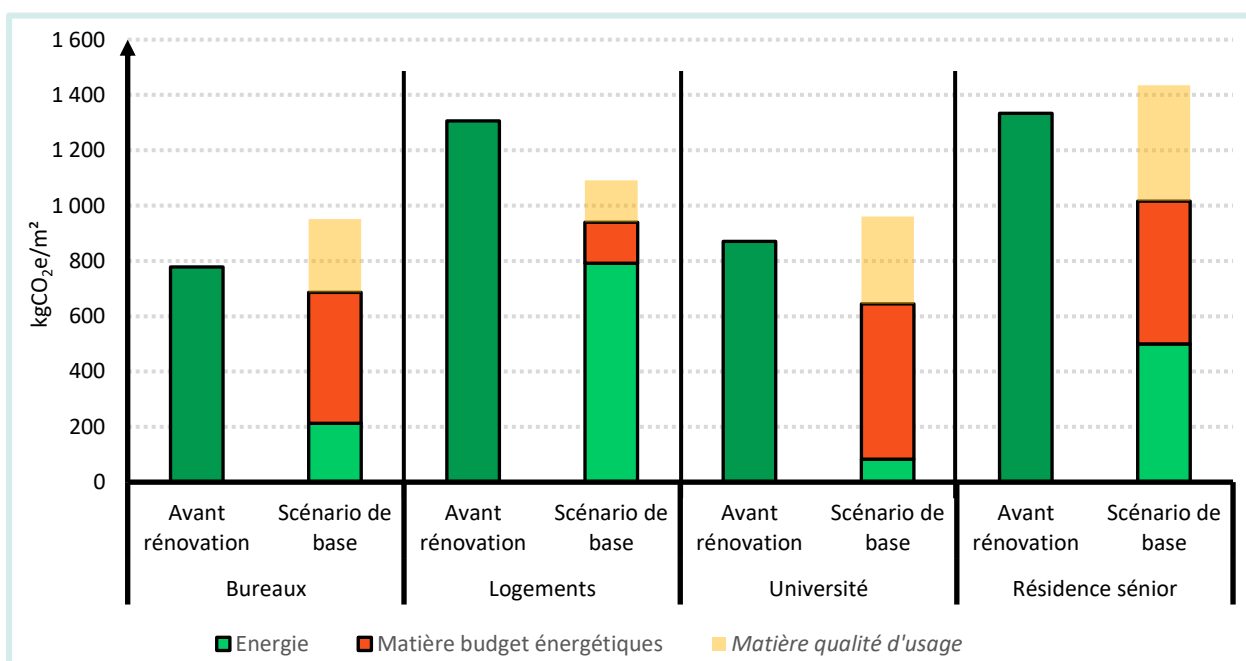
Résultats communs aux quatre projets

“ La vie met du temps à s'établir et à se développer. Ce temps de croissance, d'occupation et d'habitation est extrêmement précieux. Il ne peut être reconstitué. Il est urgent d'arrêter de démolir, d'éliminer, de supprimer, de couper, et de repartir de la ville telle qu'elle est, exactement telle qu'elle est. Faire et inventer avec tout ce que l'on a. Tout bâtiment peut être transformé, réutilisé. Tout arbre peut être soigneusement conservé. Toute contrainte peut être transformée positivement. »

Anne Lacaton et Jean-Philippe Vassal, Discours de remise du Prix d'architecture Pritzker 2021

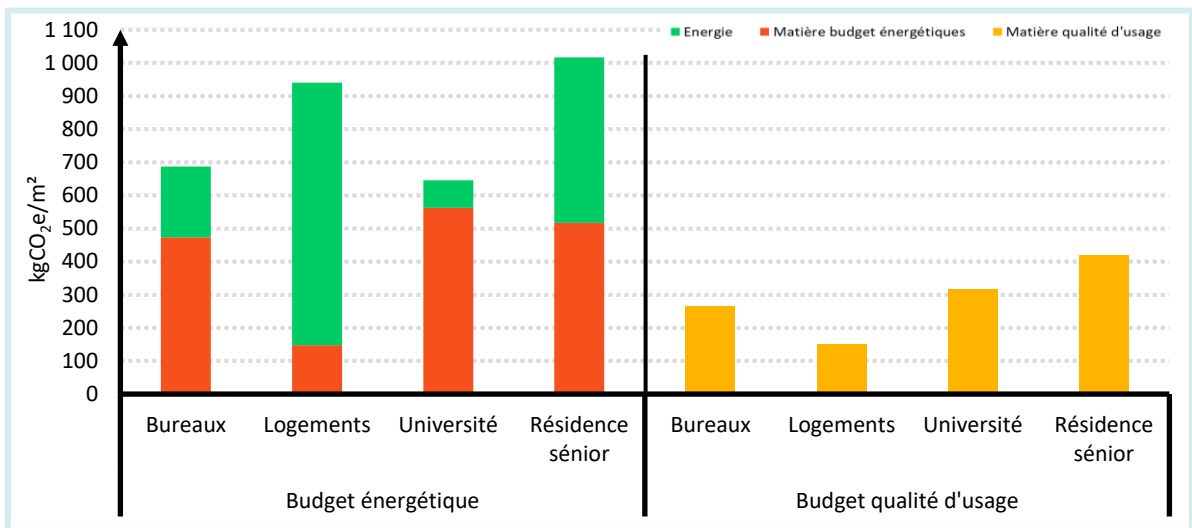
Cette partie du brief est dédiée à l'analyse détaillée des empreintes carbone des quatre projets de rénovation étudiés.

Chacun des projets réduit l'impact de sa consommation énergétique en exploitation. Cependant, les bilans globaux sont très fortement impactés par la matière. Sur le graphe ci-dessous, il est intéressant de comparer le bilan avant la rénovation au bilan après l'opération, uniquement sur les parties énergie et matière liée à l'énergie.



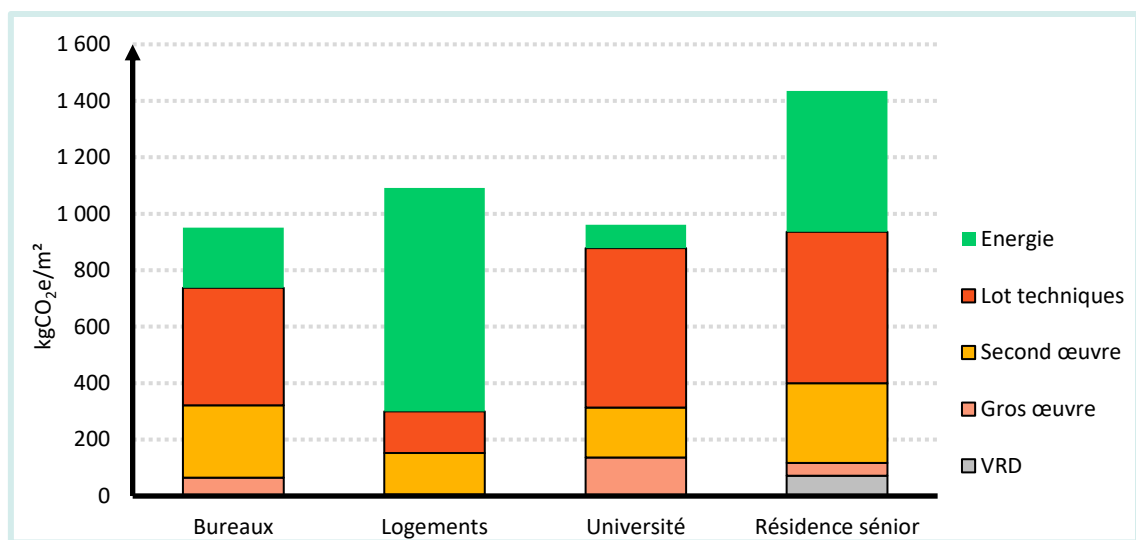
Impact global sur 50 ans selon la méthode QEC

Ci-dessous, les deux budgets énergie / qualité d'usage sont présentés pour chacun des quatre projets.



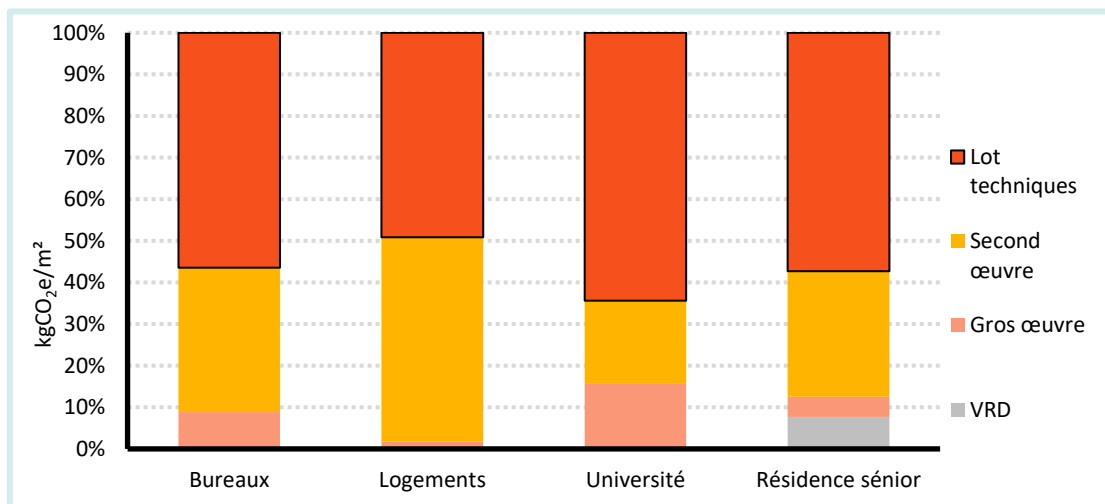
Budget énergétique et budget qualité d'usage

Le poids carbone total de la matière, dans les projets de rénovation étudiés, est détaillé dans le graphe ci-dessous.



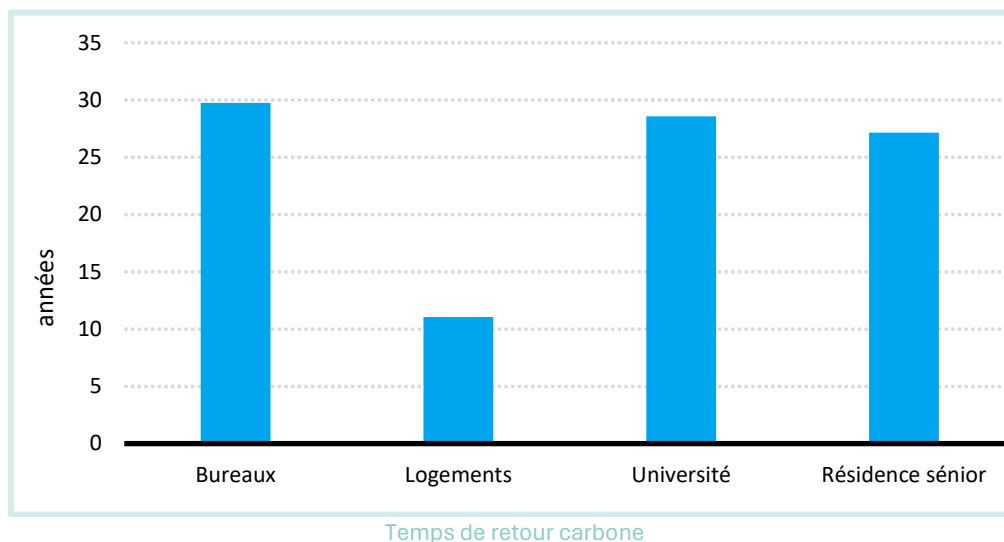
Poids carbone total

En proportion, la répartition du poids carbone de la matière indique, pour les quatre projets, entre **50% et 65% pour les lots techniques** :



Matière, répartition en macro-lots

Les temps de retour carbone (TRC) des quatre projets sont bien différents, comme présenté dans le graphe ci-dessous.



Les résultats des quatre projets présentent donc des **similitudes**, mais également de grandes **différences**. En effet, chacun des projets correspond à un cas singulier de la rénovation :

- Légère en carbone pour les logements,
- Patrimoniale pour la résidence sénior,
- Sans fossile pour l'université,
- Traditionnelle pour les bureaux.

Au-delà de ces résultats globaux, il faut rentrer dans chacun des projets pour comprendre les enjeux de la réhabilitation bas carbone.

Cas d'étude n°1 : Résidence Service Sénior (RSS)



Credits ASYLUM/VURPAS

Parmi nos 4 cas d'études, ce projet se caractérise par :

- Un changement d'usage
- Un bâtiment patrimonial

Opération	RSS St Etienne	
Promoteur	Tertiaire mixte SAS – La poste Immobilier	
MOE QEB	Vurpas architectes	
Bureaux d'études	AMO: EODD BE fluide: STREM	
Utilisateur final	Jardins d'Arcadie	
Usage	Avant: bureaux	Après: logements + services

MODE CONSTRUCTIF

	avant	après
Verticaux	Maçonnerie	
Horizontaux	Plancher béton	
Façade	Maçonnerie	Maçonnerie + mur-rideau

PROGRAMME

	Avant	après
Surface (SDP)	6829 m ²	6379 m ²
Nb d'étages	R+3	R+3+entresol
Nb de sous-sol	1	

PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

	avant	après
Energie	RT : CEP 207 kWh _{EP} /m ² SHON RT/an SU: CEP 291 kWh _{EP} /m ² SU/an	RT : CEP 96 kWh _{EP} /m ² SHON RT/ an (5 usages RT) SU : CEP 110 kWh_{EP}/m² SU/ an STD : 159 kWh _{EP} /m ² /an (hypothèses RSS)
Certification	-	Effinergie Patrimoine, NF Habitat HQE TP

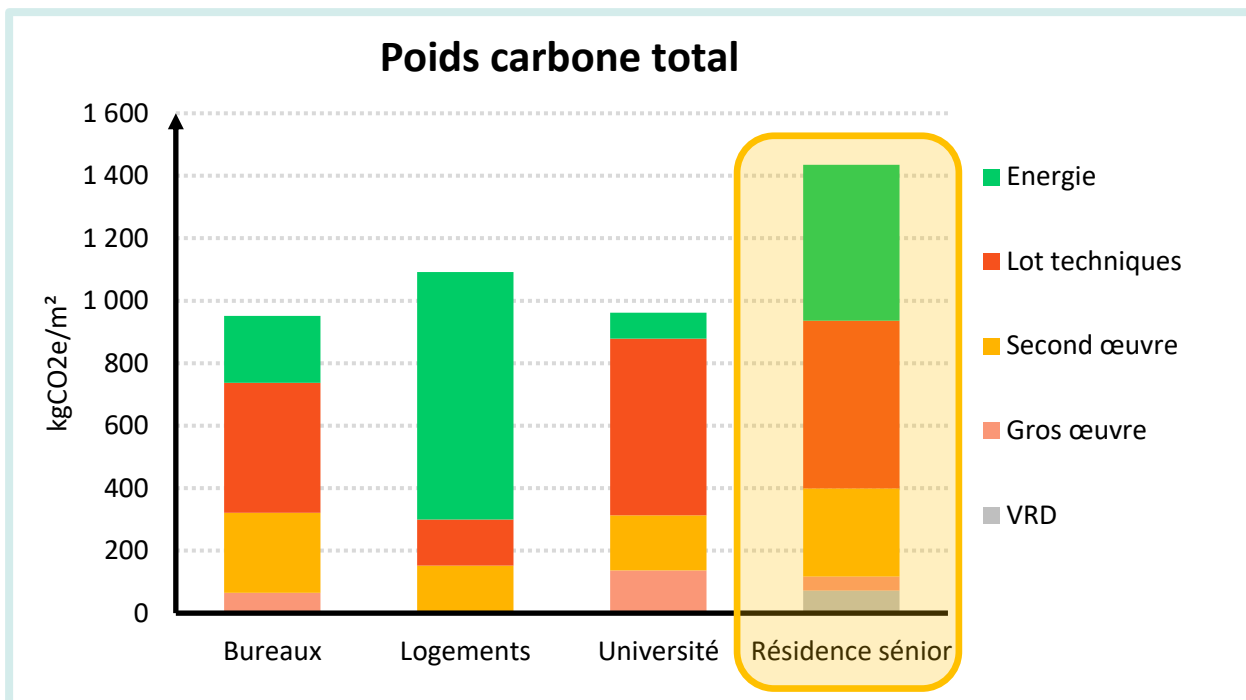
SYSTEMES ÉNERGÉTIQUES

	avant	après
Chauffage		Prod : RCU (eau chaude ; 82% biomasse)
	Emetteur : radiateurs	Emetteur : ventilo-convecteurs + chauffage sol + radiateurs élec SdB
Refroidissement	/	Production : groupe eau glacée + batteries froides sur CTA (communs)
	/	Emetteur : ventilo-convecteurs
ECS	Prod : RCU (eau chaude ; 82% biomasse)	Prod : RCU (eau chaude ; 82% biomasse) Instantané avec stock primaire 1500L bouclage sur colonnes verticales logements
Ventilation	/	CTA double flux (communs) et simple flux auto (lgts) (L/Δ Radon)
Production locale	/	/

Contexte, hypothèses et périmètre de calcul spécifiques au projet

- **Âge du bâtiment existant :** 93 ans pour les ailes est, ouest, centrale ; 56 ans pour l’aile sud
- **Date du dépôt de permis de construire (PC) :** 20/04/2021 (avec PC modificatif le 03/12/2021)
- **Programme des travaux :**
 - Restructuration des bâtiments de bureaux de La Poste pour accueillir une Résidence Service Sénior de 86 appartements et locaux communs avec possibilité d'évolutivité vers logements en fin de bail
 - Isolation, réorganisation spatiale, extension en RDC et R+3, ascenseurs, espaces extérieurs, une partie des menuiseries extérieures, etc.
- **Spécificités du projet :**
 - L'existant présente ici la contrainte d'une grande hauteur sous plafonds (entre 4,5 et 6m)
 - Le programme présente la contrainte d'une température de consigne froid de 22°C
 - L'ACV est réalisée avec les quantitatifs disponibles en phase Marché (CCTP du DCE)
 - La saisie du lot 9 est détaillée (en plus du lot 8)
- **Données Environnementales utilisées :**
 - Lors de la consolidation de l'ACV (celle présentée dans cette étude) : Il y a eu un remplacement des DED restantes (matériaux pour lesquels il n'existe pas de FDES), par la FDES la moins impactante, parmi celles qui ont les caractéristiques techniques et architecturales correspondantes. Ces dernières n'avaient pas été sélectionnées dans le projet réel faute de budget (ou, plus rarement, de disponibilité des produits).
 - Remarque : L'ACV consolidée n'ayant pas été chiffrée, il se peut que l'approche choisie soit un peu plus chère que l'ACV initiale, mais en l'absence de chiffrage pour le prouver, on précise donc que les résultats présentés correspondent à l'ACV consolidée (et donc des résultats carbonés optimisés), avec le chiffrage économique initial. C'est ce qui est présenté dans ce brief.
- **Plus de détails en Annexes :** Compléments : contexte, hypothèses et périmètre de calcul spécifiques au projet ; Eléments conservés/ réemployés :

Résultats



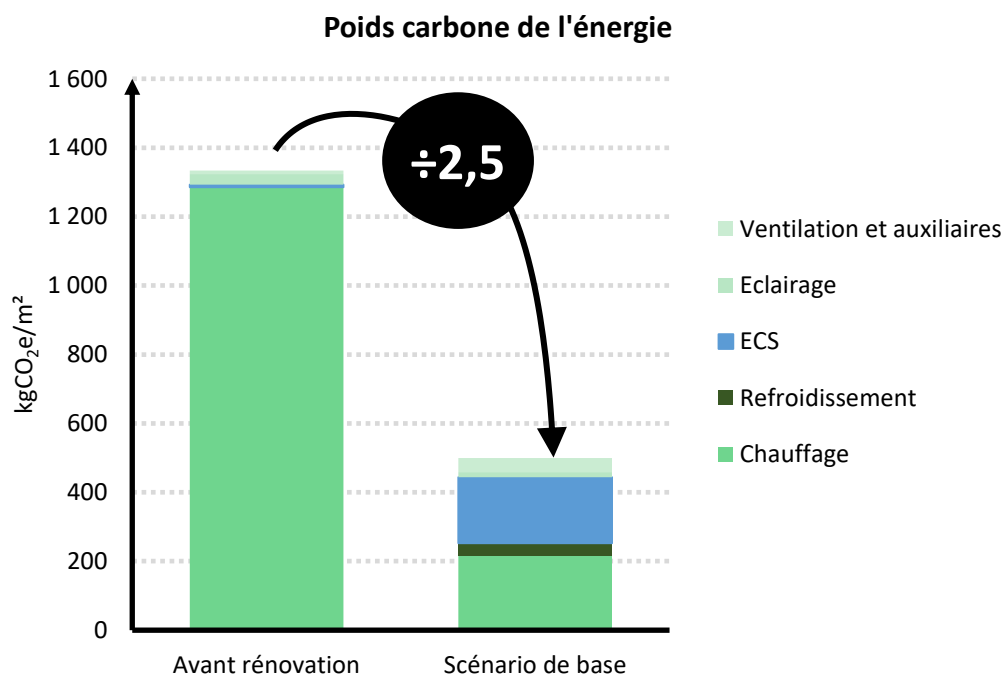
Il s'agit d'une rénovation complexe, et particulièrement contraignante, du fait de :

1. Sa **nature patrimoniale**, qui engendre :

- La conservation des façades et surfaces vitrées
- L'héritage d'un volume intérieur très important. En effet, l'existant présente ici la contrainte d'une grande hauteur sous plafonds (entre 4,5 et 6m), rendant difficile l'optimisation de la compacité.

2. Un **changement d'usage** qui :

- Nécessite un budget Matière Qualité d'usage conséquent en carbone
- Diminue le potentiel de réemploi in situ
- Complexifie l'étude du TRC, puisqu'on compare des usages différents

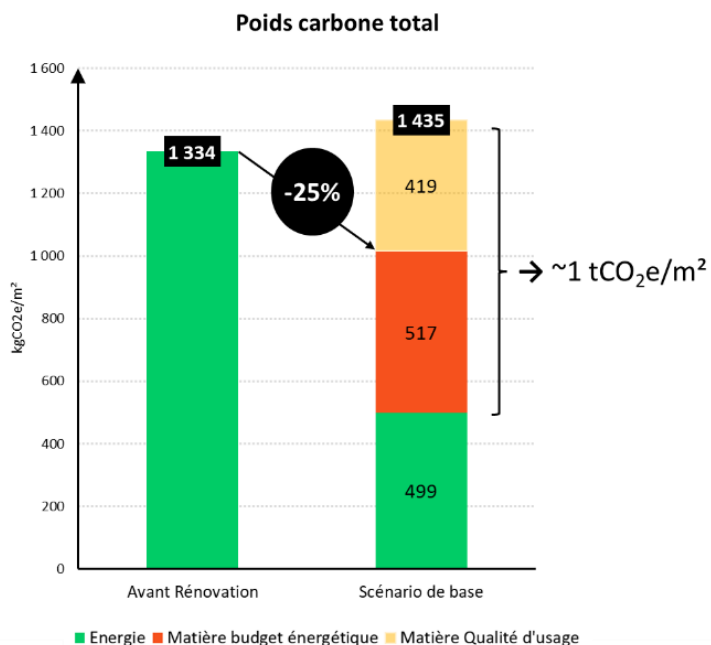


Bien qu'il n'y ait pas de changement de vecteur énergétique, le bâtiment rénové émet 2,5 fois moins de carbone en exploitation que le bâtiment « avant rénovation » (sur 50 ans), ce qui équivaut à une réduction de 830kgCO₂e/m².

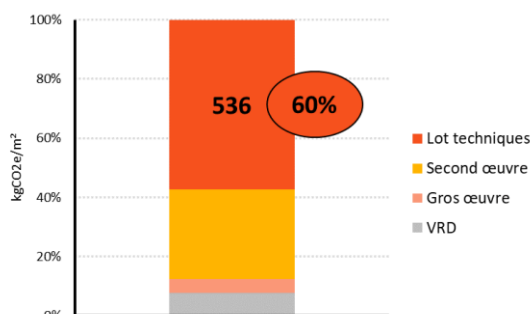
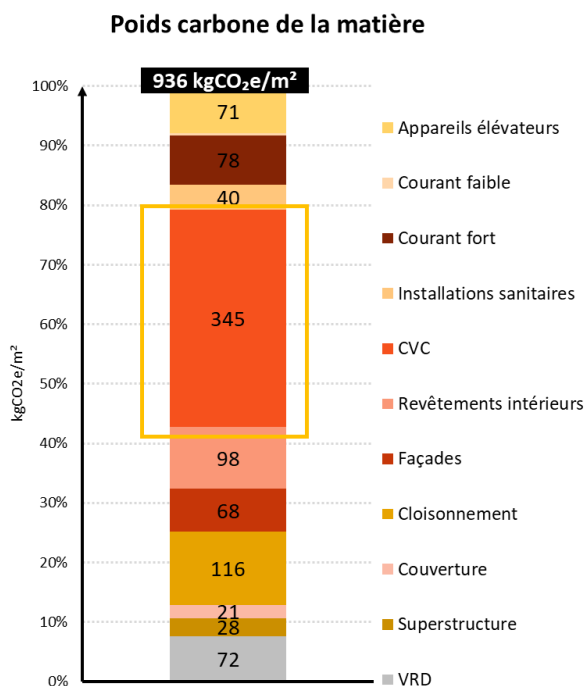
Cette réduction avant/après rénovation du contributeur énergie, rapportée à l'investissement carbone dans la matière Energie, induit un TRC²⁰ de 27 ans. Autrement dit, l'investissement carbone dans le budget Matière Energie sera compensé au bout de 27 ans, grâce aux économies de carbone effectuées sur le contributeur énergie pendant la phase exploitation du bâtiment.

Patrimoine et changement d'usage :

1. Le changement d'usage du bâtiment impose un apport de matériaux voués à adapter le bâti à son nouvel usage. Ainsi, le potentiel de conservation limité des matériaux implique un poids carbone conséquent lié aux matériaux neufs mis en œuvre : 940 kgCO₂e/m²
2. Le budget matière « qualité d'usage » est important, 420 kgCO₂e/m², en comparaison au budget matière « énergétique » de 520 kgCO₂e/m². Ceci s'explique par des contraintes de l'existant d'autant plus nombreuses que l'on se trouve sur un bâtiment patrimonial.



Le carbone total (sur 50 ans : Energie + Matériaux) est très impactant par rapport aux économies carbone générées par le budget Matière Energie.

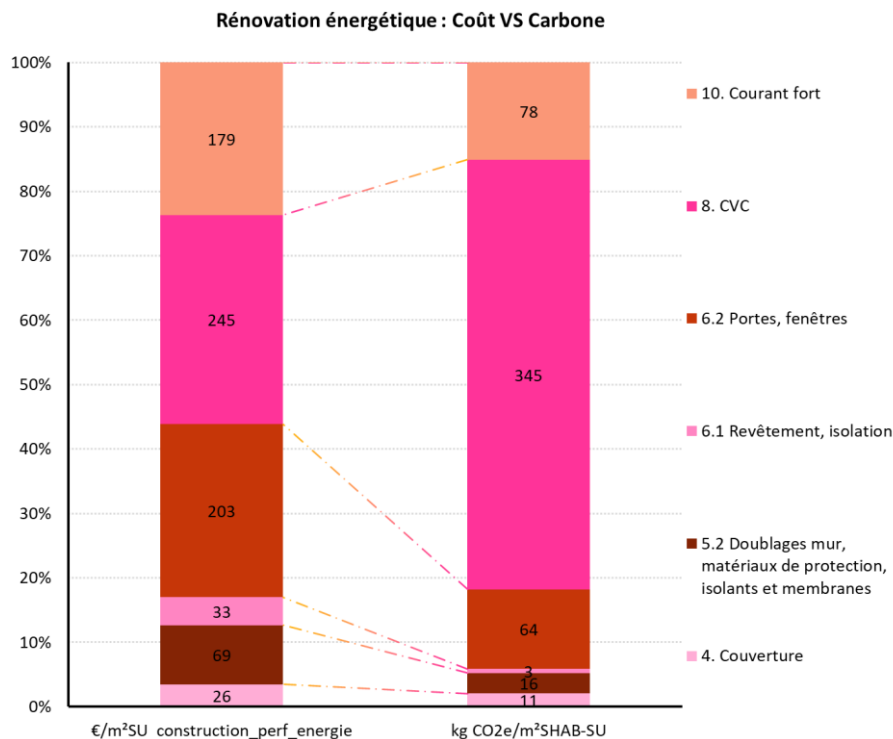


²⁰ Pour rappel, le TRC est focalisé sur le périmètre des matériaux dédiés à la rénovation énergétique

BRIEF N°1 – RENOVATION BAS CARBONE, MESURER POUR AGIR

- Les lots techniques représentent près de 60% du poids carbone des matériaux.
- Le lot CVC à lui seul représente près de 40% du poids carbone des matériaux.

Ce poids carbone important s'explique notamment par un choix programmatique avec une température de consigne de froid de 22°C, qui empêche de recourir à des solutions de rafraîchissement moins carbonées que la climatisation. Ce choix de climatisation s'accompagne nécessairement de fluides frigorigènes et donc d'un poids carbone élevé.



Parmi les matériaux dédiés à la rénovation énergétique (« budget matière énergie »), le lot CVC :

- Représente à lui seul 70% du poids carbone de ces derniers
- Pour un coût moins prépondérant (~30% du coût de ces derniers)

Plus de détails en Annexe : Résultats : graphiques complémentaires

Synthèse de la Résidence Service Sénior

Un programme patrimonial avec changement d'usage nécessite une approche spécifique et probablement un budget carbone spécifique :

- Il faut interroger, dès la programmation, le carbone injecté au regard des économies carbone attendues
- Et il faut donc, si besoin, adapter le programme au patrimoine bâti
- Dans les variantes qui seront étudiées au prochain scénario, le plus gros levier reste la sobriété et l'interrogation du programme
- Un rôle primordial doit donc être attribué à la programmation et à la maîtrise d'œuvre pour résoudre ces équations.

De manière générale, une politique publique spécifique pour les bâtiments patrimoniaux s'avère pertinente.

Cas d'étude n°2 : Enseignement supérieur



Opération	Tolbiac	
Promoteur	ICADE PROMOTION TERTIAIRE	
Architecte	ORY	
Bureaux d'étude	MOE: ORY Coordinateur des études: ARTELIA BET structure: KHEPHREN BET FLUIDES ET AMO ENV: ALTO INGENIERIE BET ACOUSTIQUE: EGIS ECONOMISTE: AE75	
Utilisateur	UNIVERSITE PARIS 1	
Usage	Enseignement supérieur	
S (m²)	Avant: 2798 m²	Après: 4530 m²
Nb d'étages	R+5	R+6
Nb de sous sols	2 niveaux	
Localisation	Rue Tolbiac, Paris 13	

MODE CONSTRUCTIF

	Avant réno	Après réno
Verticaux	Noyau béton	Noyau déconstruit et reconstruit
Horizontaux	Dalle BA nervurée + plancher collaborant	Partie conservée + Poutres bois + PRS + CLT
Façade	Poteaux poutres béton avec remplissage brique	Partie conservée + surélévation en poteaux poutre bois
Fondations	Puits en béton armé	Micropieux

PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

	Après réno
Energie	Effinergie rénovation Cep < Cep ref – 40%
Carbone	Critère carbone <10KgCO2/m².an
Certification	HQE Batiment Durable, Label Wiredscore niveau silver, Label Osmoz démarche pilote

SYSTEMES ÉNERGÉTIQUES

	Avant réno	Après réno
Chauffage	Production : Chaudière à gaz	Production : Pompe à chaleur réversible Air/Eau
	Emetteur : Radiateurs	Pas de CTA en zone courante, quelques CTA en zone atypique (hall, amphi...)
Refroidissement	Pas de froid	Production : Pompe à chaleur réversible Air/Eau
		Pas de CTA en zone courante, quelques CTA en zone atypique (hall, amphi...)
ECS		Ballons de 15L par bloc de deux cabinets sanitaires
Ventilation	Ventilation naturelle	Unités de confort individuel

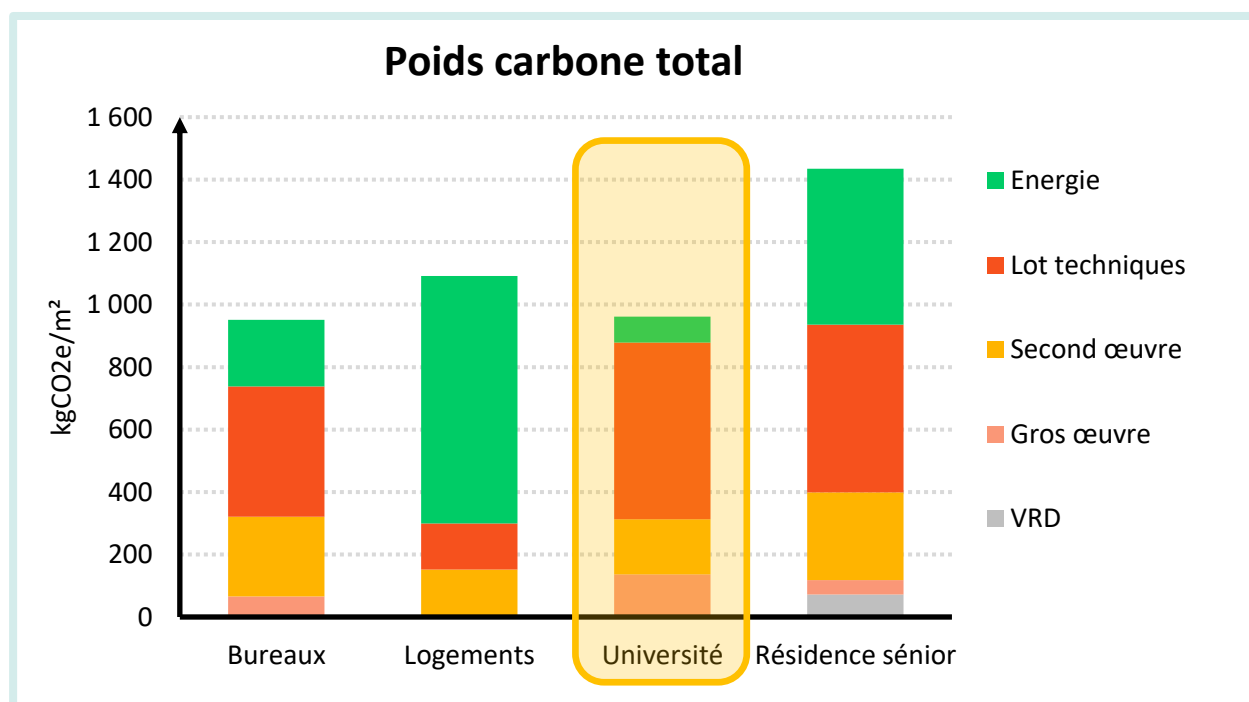
Contexte, hypothèses et périmètre de calcul spécifiques au projet

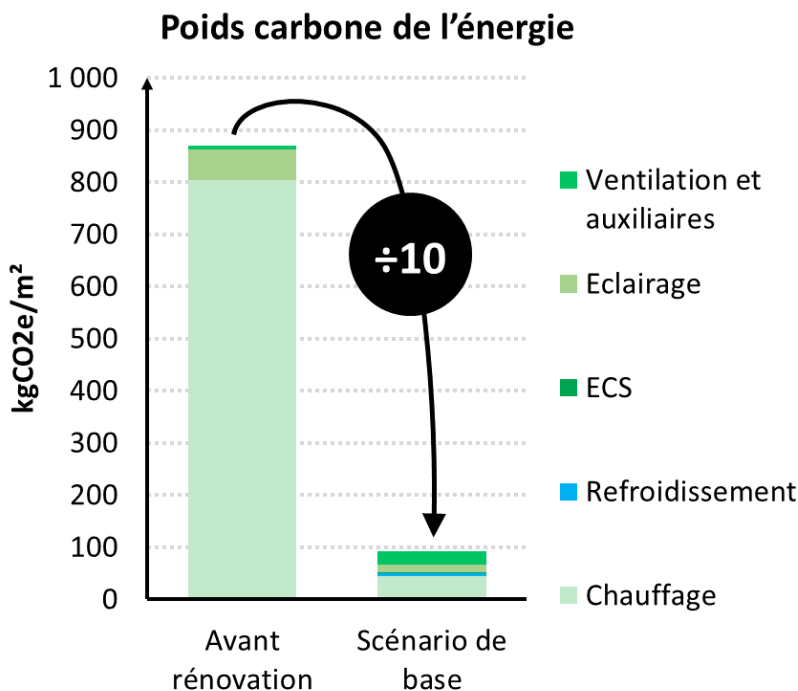
- **Spécificités du projet :**
 - L'ACV a été réalisée en phase PRO/DCE.
 - Le périmètre d'étude correspond à la zone rénovée **fonctionnelle**. Ainsi, certaines surfaces des extensions neuves (par ex. les sanitaires) et des éléments d'extensions neuves (comme l'étanchéité) sont inclus au périmètre de la zone rénovée, au prorata de sa surface.
 - L'existant présente ici la contrainte de la dimension des menuiseries et d'une faible hauteur sous plafonds, qui engendre l'impossibilité de passer des gaines, et donc implique des équipements CVC totalement décentralisés : Unités Thermodynamiques de Confort Individuel (UTCI).

BRIEF N°1 – RENOVATION BAS CARBONE, MESURER POUR AGIR

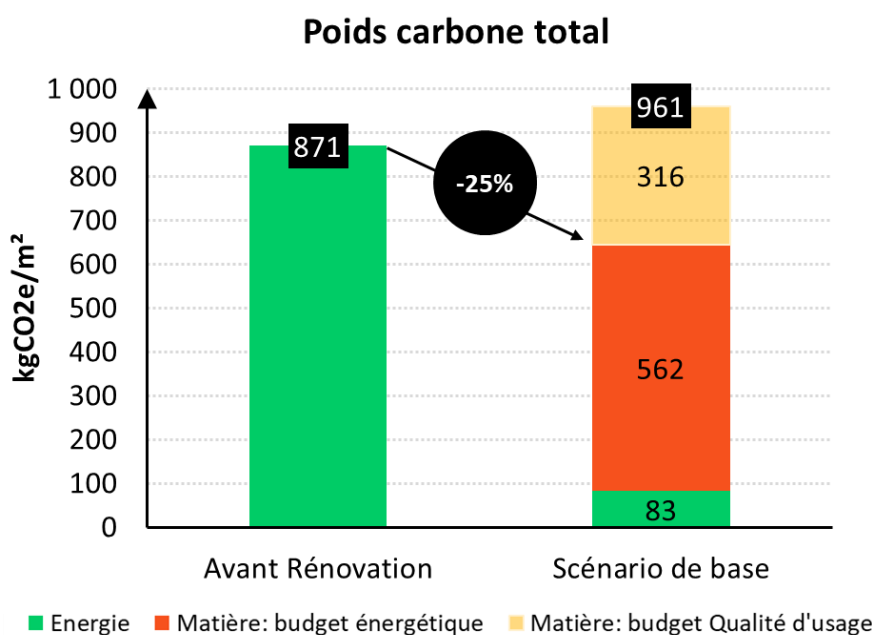
- La production locale d'électricité par photovoltaïque (PV) est incluse au périmètre de l'étude thermique (conformément à la RT).
- Les consommations de froid en enseignement sont hors périmètre.
- **Données Environnementales utilisées** : Des fiches spécifiques (FDES/PEP) ou fiches collectives privilégiées dans la mesure du possible, sinon les DED restantes ont été remplacées par des moyennes de FDES.
- **Plus de détails en Annexes** : Compléments : contexte, hypothèses et périmètre de calcul spécifiques au projet ;
-
- *Eléments réemployés (saisis en conservé) ; Eléments conservés*

Résultats





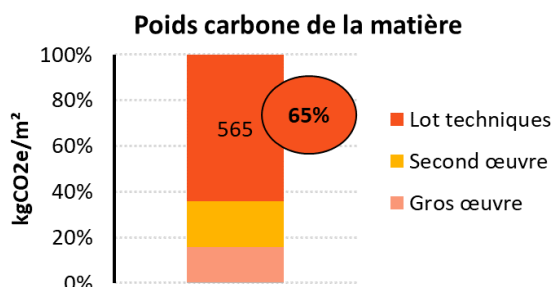
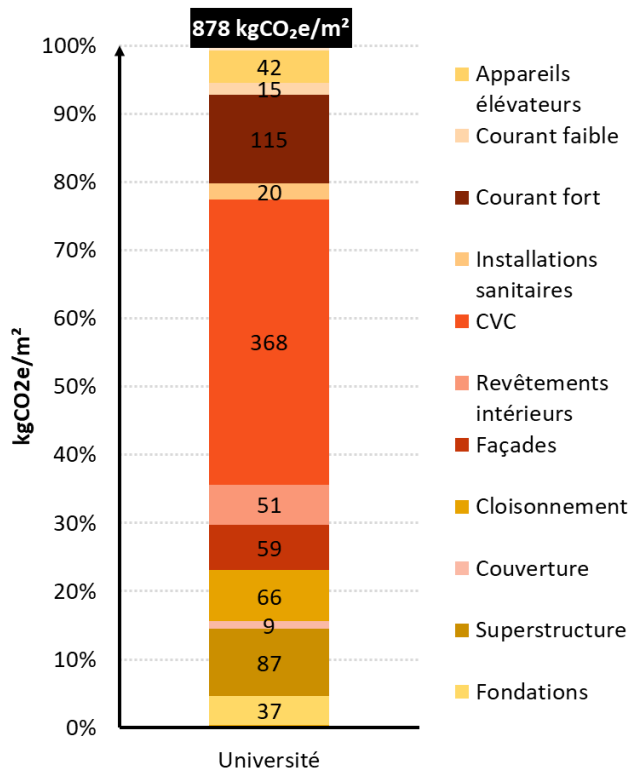
Le bâtiment rénové émet 10 fois moins de carbone en exploitation que le bâtiment « avant rénovation » (sur 50ans), ce qui équivaut presque à une diminution de 800 kgCO₂e/m² sur l'énergie. Cette diminution drastique (en comparaison aux autres projets), s'explique avant tout par la **sortie des fossiles**.



Malgré le changement de vecteur énergétique et la réduction drastique du carbone lié à l'énergie qui en découle, le TRC²¹ est assez conséquent : 29 ans. Autrement dit, l'investissement carbone dans le budget Matière Energie (560 kgCO₂e/m²) sera compensé au bout de 29 ans, grâce aux économies de carbone effectuées sur le contributeur énergie pendant la phase exploitation du bâtiment.

²¹ Pour rappel, le TRC est focalisé sur le périmètre des matériaux dédiés à la rénovation énergétique

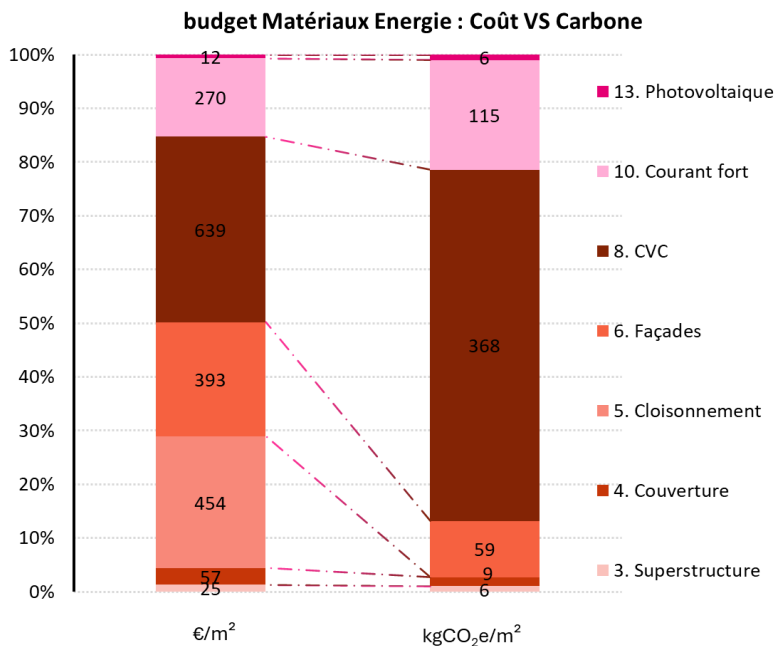
Poids carbone de la matière



- Les lots techniques représentent ~65% du poids carbone des matériaux
- Le lot CVC à lui seul représente ~40% du poids carbone des matériaux

Ceci s’explique principalement par 1) une **contrainte de l’existant**, et 2) un **choix programmatique incompatible** avec cette contrainte :

- 1) La hauteur sous plafond est trop basse pour laisser passer des gaines, et empêche la mise en œuvre d’équipements CVC centralisés. Une solution décentralisée s’est donc imposée : des UTCI.
- 2) La climatisation imposée dans le programme est un frein pour une solution de connexion au réseau de chaleur urbain (RCU) (car il ne produit pas de froid). Ce choix de climatisation s’accompagne nécessairement de fluides frigorigènes, et dimensionne les UTCI en conséquence. Le poids carbone de solutions différentes sera étudié lors du prochain scénario.



Si on se focalise sur le périmètre Matériaux Energie : le lot CVC représente ~ 65% du poids carbone et à peine plus de 30% du coût.

- **Plus de détails en Annexe : Résultats : graphiques complémentaires**

Synthèse : Enseignement supérieur

- En plus de la réduction des besoins, sortir des fossiles est le moyen le plus efficace de réduire l'impact carbone d'un projet. **En effet, ce levier permet de diviser par 10 le poids carbone de l'énergie en exploitation.**
- Le programme peut limiter la décarbonation :
 - En effet, la climatisation imposée est un premier frein pour une solution de connexion au RCU, puisque le RCU ne fournit que la production de chaud (et non de froid).
 - Les hauteurs sous plafond empêchant la mise en œuvre d'une solution centralisée, la climatisation (imposée dans le programme) rend une solution moins carbonée (que les UTCI) incompatible avec l'existant.
- Malgré un poids carbone de la matière non nul, penser la réversibilité d'un bâtiment en amont aurait pu permettre d'anticiper cette contrainte de hauteur sous plafond.

Cas d'étude n°3 : Bureaux



Opération	LEVALLOIS POMPIDOU	
Promoteur	BNP PARIBAS IMMOBILIER PROMOTION	
Architecte	DGM & Associés	
Bureaux d'étude	LE BUREAU D'ETUDES (Désam/ démol) ; GEOTECHNIQUE APPLIQUEE IDF (Géotechnique) ; KHEPHREN (Structure) ; AR-C (Façades) ; ASCAUDIT (Ascenseurs) ; GESYS (Fluides) ; G-ON (AMO Environnement) ; CAPRI ACOUSTIQUE (Acousticien)	
Usage	bureaux	bureaux + commerces
S (m²)	22000 m²	
Ambition carbone	Après : BBCA, HQE	

PROGRAMME

	avant	après
Nb d'étages	RDC + 9 + LT en toiture	RDC + 10
Nb de sous-sol	7 niveaux	

PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

	Après réno
Energie	RE 2020
Carbone	BBCA Rénovation
Certification	HQE Rénovation

MODE CONSTRUCTIF

	Avant réno	Après réno
Verticaux	Béton	
Horizontaux	Béton	Béton / extensions de plancher en dalle BB
Façade	Menuiseries alu	Menuiseries bois

SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES

	Avant réno	Après réno
Chauffage	Production : KALITA (IDEX)	
	Emetteur : ventilo-convecteur, CTA, échangeur primaire	Emetteur : Caniveaux en façade
Refroidissement	Production : Groupe froid	Production : Réseau de froid Cristalia
	Emetteur : ventilo-convecteur, CTA, cassette, dry cooler	Emetteur : Caniveaux en façade
ECS	Ballons électriques (sanitaires), IDEX (RIE)	Ballons électrique réemployé
Ventilation	Ventilo-convecteur, CTA	CTA, air neuf en circulation, reprise en vrac

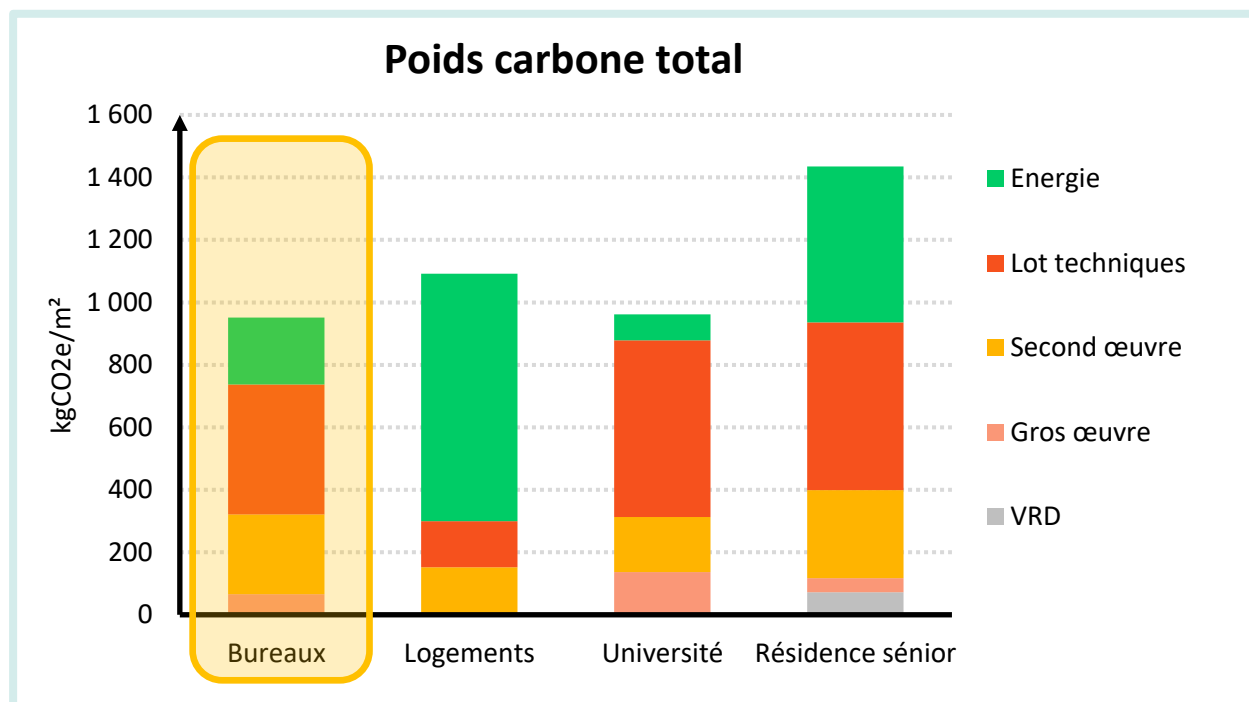
Contexte, hypothèses et périmètre de calcul spécifiques au projet

- **Âge du bâtiment existant** : 30 ans
- **Date du dépôt de PC** : début juillet 2023
- **Spécificités du projet** :
 - Les extensions neuves étant soumises à la RE2020 (car représentant 40% de la surface du projet), pour éviter de modéliser l'existant (dont les façades n'existent plus) selon la RT existant, et le reste en RE2020, le choix a été de **soumettre l'ensemble du bâtiment** (existant et extensions) à la **RE2020**.
 - Une portion de bâtiment a été supprimée pour créer une faille ("ouverture dans le bâtiment") afin de liasonner les compartiments de bureaux via des terrasses au sein desquelles ont été

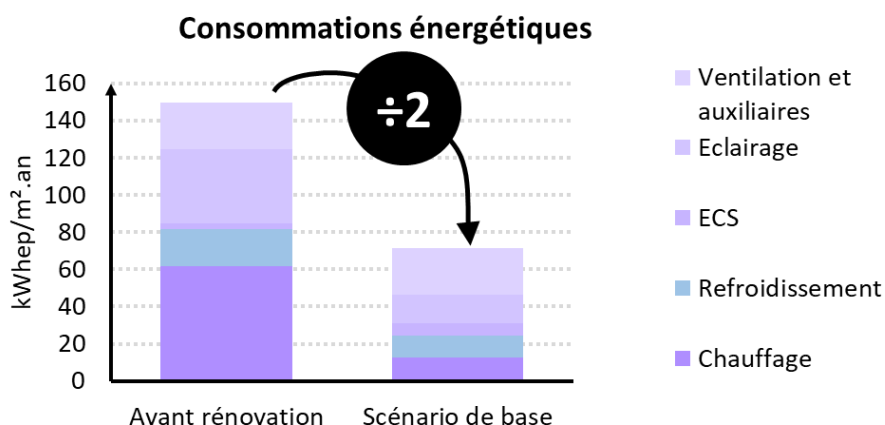
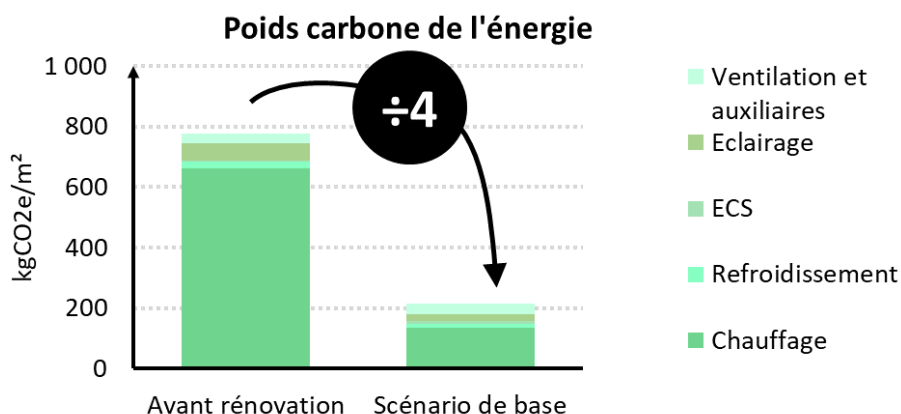
également intégrés des escaliers d'évacuation. Pour « compenser » cette perte de surface, des extensions en nez de dalle ont été créées.

- La structure a subi une forte intervention (renfort de poutre, création structurelle, démolition de planchers, démolition d'allèges, renforts structurels etc.) afin d'accueillir de nouveaux usages notamment, en cohérence avec les nouveaux modes de travail.
 - Des **hauteurs sous plafond** contraignantes, faible pas d'étage et donc faible hauteur libre dans les plateaux de bureaux. Les contraintes techniques pour préserver un maximum de hauteur libre freinent notamment le réemploi.
 - **Cep²² avant rénovation** : Les consommations avant rénovation sont issues d'une extrapolation d'un rapport des consommations réelles
 - **Cep après rénovation** : Calcul RE2020 sur le même périmètre qu'un calcul RT Global
 - **Coefficient pour convertir l'énergie primaire (Ep) en énergie finale (Ef)** = 2,3 après rénovation (calcul RE2020) ; 2,58 avant rénovation consommation réelle (en Ef)
- **Périmètres d'étude** : l'étude se concentre sur la surface de bureaux en superstructure. En effet, les coques livrées brutes à destination de commerce ERP (salle d'escalade, salle de fitness, brasserie) sont hors périmètre d'étude, ainsi que les parkings et groupe froid pour la commune au sous-sol
 - L'ACV a été réalisée en phase ESQUISSE
 - **Données Environnementales utilisées** :
 - En phase de consolidation de l'ACV, un maximum de DED a été passé en fiches collectives ou spécifiques (parfois des moyennes de fiches spécifiques/collectives sont utilisées en l'absence de donnée). Cette consolidation de la donnée a été effectuée de telle sorte que le chiffrage économique reste identique.
 - **Plus de détails en Annexes** : Compléments : contexte, hypothèses et périmètre de calcul spécifiques au projet ; Eléments conservés

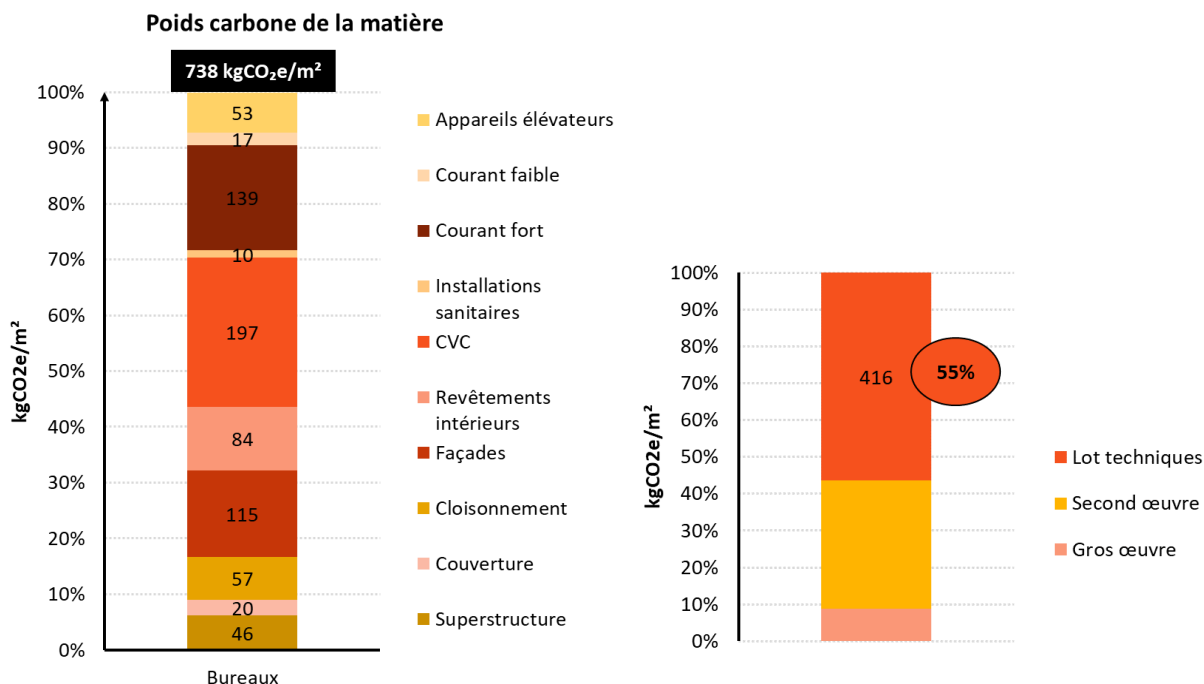
Résultats



²² consommations d'énergie primaire

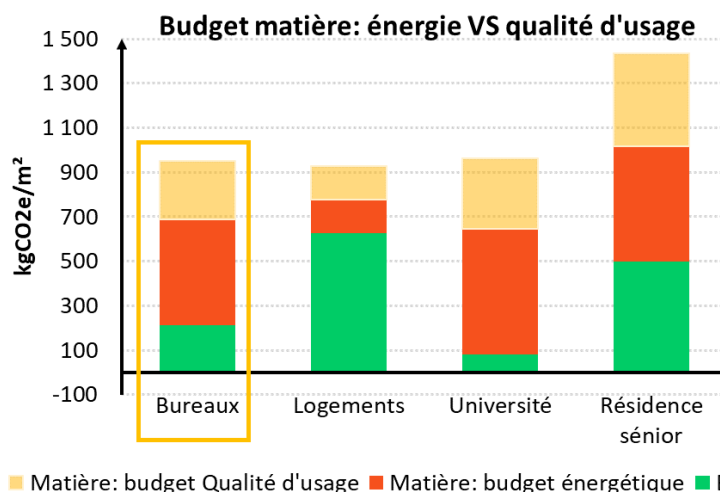


On observe une réduction conséquente du poids carbone du contributeur énergie, et ce même sans changement de vecteur énergétique. Le poste le plus carboné (chauffage) ayant particulièrement baissé, le poids carbone total de l'énergie en exploitation est divisé par 4. Cette division est rendue possible grâce à une meilleure performance de l'enveloppe, la mise en place de ventilation double flux et l'optimisation des systèmes énergétiques (CVC et éclairage).

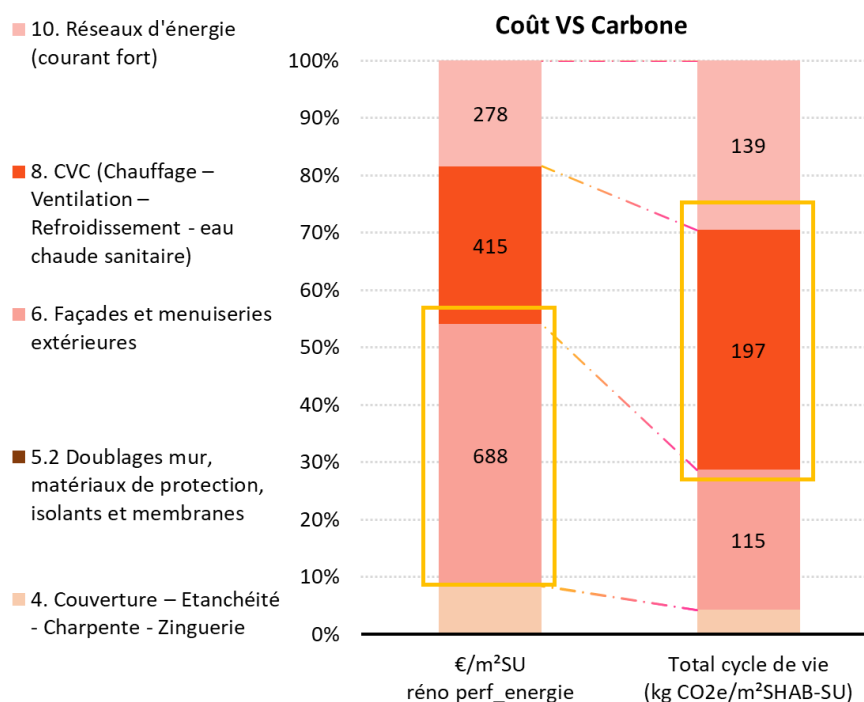


- Les lots techniques représentent 55% du poids carbone de la matière

- Le poids carbone des matériaux équivaut à celui d’une construction neuve (hors structure). Cela s’explique par la mise en œuvre de matériaux pour une recherche de confort, et pour l’adaptation contraintes de hauteurs sous plafond.



- Beaucoup de matière a été mise en œuvre pour réduire les consommations énergétiques (en lien avec les contraintes de l'existant, comme le manque de compacité par exemple)
- En conséquence, le budget carbone global du bâtiment est d’environ 950 kgCO₂e/m², dont 740 kgCO₂e/m² alloués à la matière.

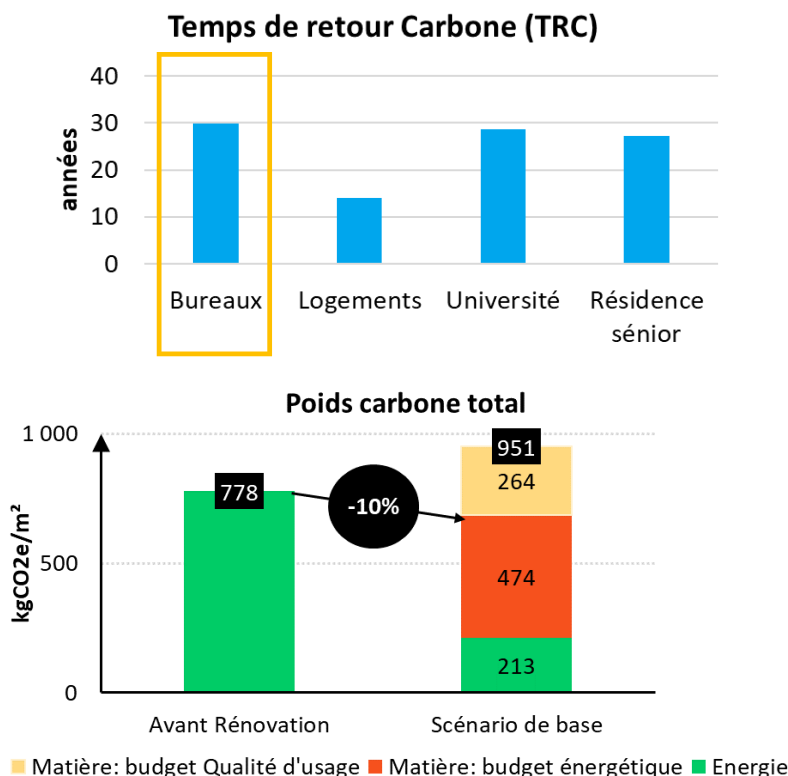


Parmi les matériaux dédiés à la rénovation énergétique, on observe une décorrélation coût/carbone pour les lots façade et CVC :

- Le lot **façade** représente ~ **45% du coût des Matériaux Energie**, soit un investissement économique conséquent. Cet investissement est nécessaire, puisque ce lot est grandement à l’origine de la réduction du carbone associé au contributeur Energie.

Cet investissement représente un poids carbone moins prépondérant que son coût : **25% du poids carbone des Matériaux Energie.**

- Le lot **CVC** représente 25% du coût et 40% du poids carbone des Matériaux Energie. Il représente donc un levier d’optimisation pertinent à scénariser dans la suite des travaux (comme sur chacun des cas d’études).



La réduction avant/après rénovation du contributeur énergie (division par 4, soit -600 kgCO_{2e}/m²), rapportée à l’investissement carbone dans la Matière Energie, induit un TRC²³ conséquent de 30 ans. Cela s’explique par un fort investissement dans la Matière Energie.

- Plus de détails en Annexe : Résultats : graphiques complémentaires**

Synthèse : Bureaux

Le poids carbone total dans ce scénario de base est conséquent (équivalent à la construction neuve) car :

- Il n’y a pas de changement de vecteur énergétique (et le RCU est relativement carboné)
- Il s’agit d’une réhabilitation complète avec l’ambition de réduire les consommations énergétiques. Cette dernière est contrainte, par les hauteurs sous plafond notamment, ce qui induit un apport de Matière Energie conséquent, et donc un poids carbone associé à cet apport.
- Le budget qualité d’usage est également conséquent pour des critères de confort. En effet, afin d’être attractif pour des preneurs / investisseurs, l’immeuble réhabilité, doit remplir ses fonctions en étant à la fois : esthétique, confortable à l’usage pour ses futurs utilisateurs et performant sur le volet environnemental. Ces prérequis sont nécessaires pour correspondre aux standards des immeubles de bureaux du marché, et ont un impact sur l’apport de Matière et le poids carbone associé.

Il y a donc un assemblage subtil de contraintes à prendre en compte pour appréhender les enjeux de la rénovation bas carbone.

²³ Pour rappel, le TRC est focalisé sur le périmètre des matériaux dédiés à la rénovation énergétique

Cas d'étude n°4 : Logements collectifs



L'étude est effectuée sur une seule tour du projet

Opération	La Verrière Bois de l'étang
Promoteur et utilisateur final	SEQENS
Architecte	TECNOVA
Bureau d'étude et porteur dans les ateliers réno	ALTEREA

MODE CONSTRUCTIF

	Avant et après
Verticaux	Murs béton
Horizontaux	Dalle béton
Façade	Murs béton + ITE

PROGRAMME

	avant	après
Nb d'étages	R+13	
Localisation	78320 (Yvelines)	
Certification/ambitions	BBC Rénovation (CEP -20%; GES -20 kg EP CO2/m².an; Ubat < Ubatbase)	

SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES

	avant	après
Enveloppe	Faiblement isolé par l'extérieur	ITE et menuiseries extérieures performantes
Chauffage	Production : gaz	
Refroidissement	Sans objet	
ECS	Gaz / collective	
Ventilation	VMC mécanique contrôlée autoreglable	VMC Hygro B

Avant rénovation



Après rénovation



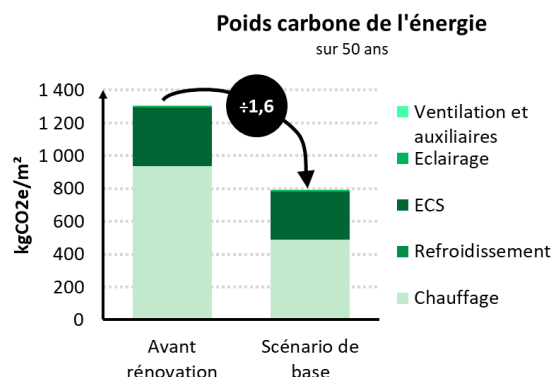
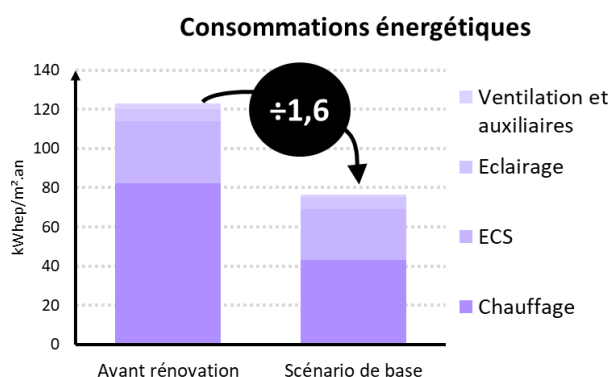
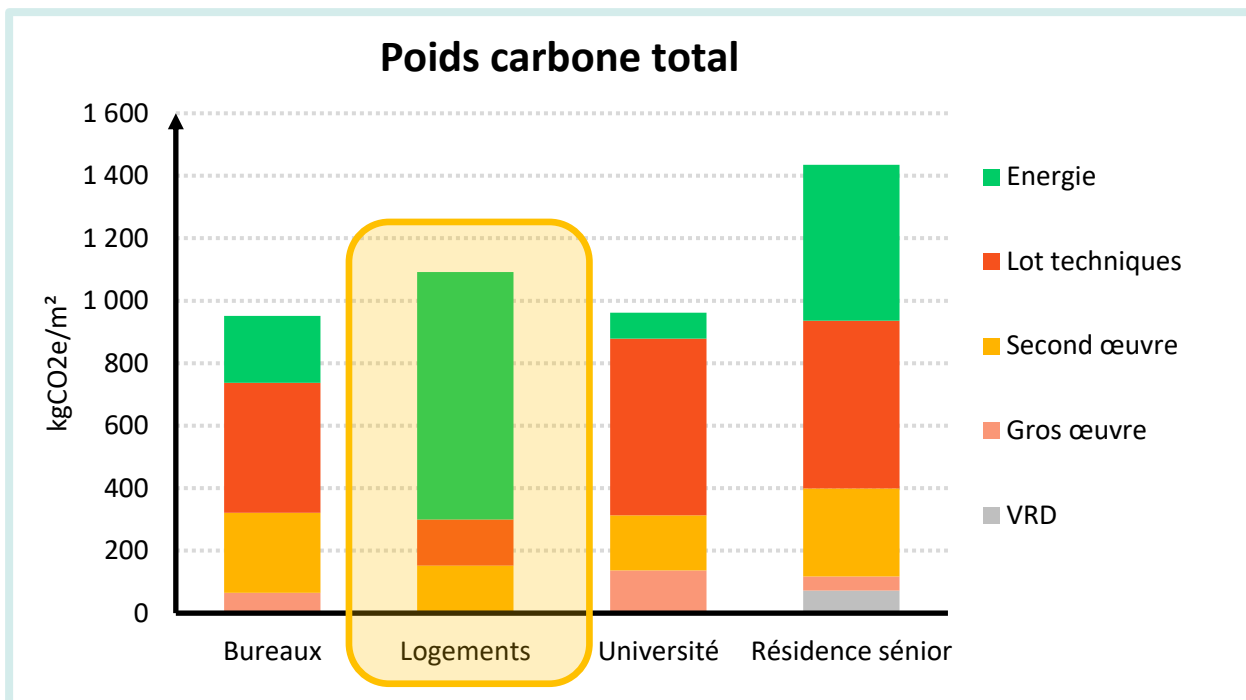
Avant / Après rénovation

Contexte, hypothèses et périmètre de calcul spécifiques au projet

- **Âge du bâtiment existant** : 53 ans (construit en 1970).
- Le **permis de construire** est en cours de préparation (à ce jour en novembre 2023)
- **Programme des travaux** :
 - Extérieurs (hors ACV)
 - Clos couverts (hors ACV)
 - Parties communes

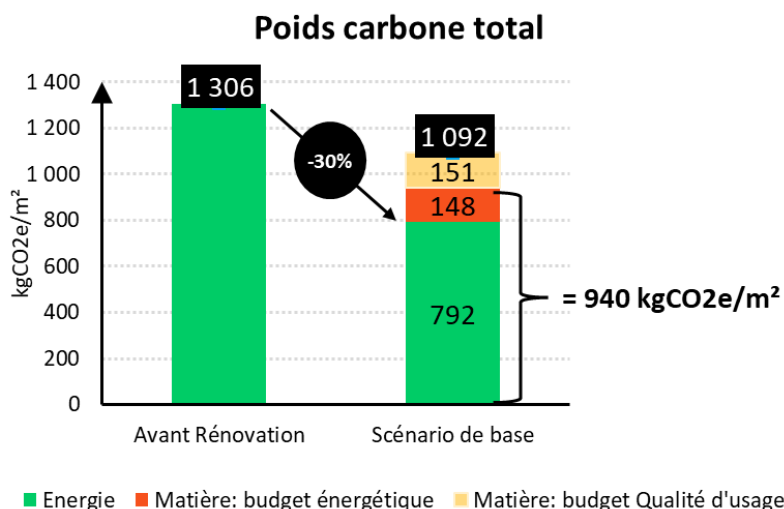
- Parties privatives
 - Chauffage : remplacement de 3 chauffe-eaux par 2, et de toute la tuyauterie dans le local chaufferie. Quelques radiateurs ont été changés mais la majorité sont conservés.
 - Ventilation
 - Plomberie sanitaire
 - Installations électriques
- **Spécificités du projet :**
 - L'Opération a lieu dans le cadre du « Nouveau Programme National de Renouvellement Urbain » (NPNRU).
 - À la différence des 3 autres projets, il s'agit ici avant tout de travaux de rénovation énergétique et d'entretien. En effet, l'ambition première est la réduction des besoins énergétiques et des factures, ainsi que l'amélioration du confort des usagers.
 - Le changement de vecteur énergétique n'a pas été actionné sur ce projet, en vue d'un raccordement au RCU envisagé à moyen terme.
 - L'ACV du scénario de base a été réalisée en phase APS. A cette phase du projet, seuls des pré-métrés (non exhaustif, non détaillés) étaient disponibles. Les lots techniques n'ont donc pas pu être détaillés. Dans un second temps, l'ACV a été consolidée avec le détail du lot 8.
 - Les 2 éléments ci-dessous sont **hors périmètre d'étude** par manque de données :
 1. La résidentialisation (travaux extérieurs) est prévue mais n'est pas intégrée au périmètre d'étude. Un impact conséquent du lot 1 (VRD) est donc à prévoir.
 2. Impacts du contributeur chantier (contributeur chantier chiffré économiquement, mais pas estimé dans l'ACV).
 - L'ACV est réalisée sur une seule tour : l'affectation des démolitions a été effectuée au prorata de la surface étudiée (N.B. sur une barre d'immeuble, il y a plus de cages à escalier par logement que sur une tour).
 - **Données Environnementales utilisées :** fiches spécifiques (FDES/PEP) ou fiches collectives privilégiées dans la mesure du possible, sinon DED.
 - **Plus de détails en Annexes :** Compléments : contexte, hypothèses et périmètre de calcul spécifiques au projet ;
 - **Eléments conservés :**

Résultats



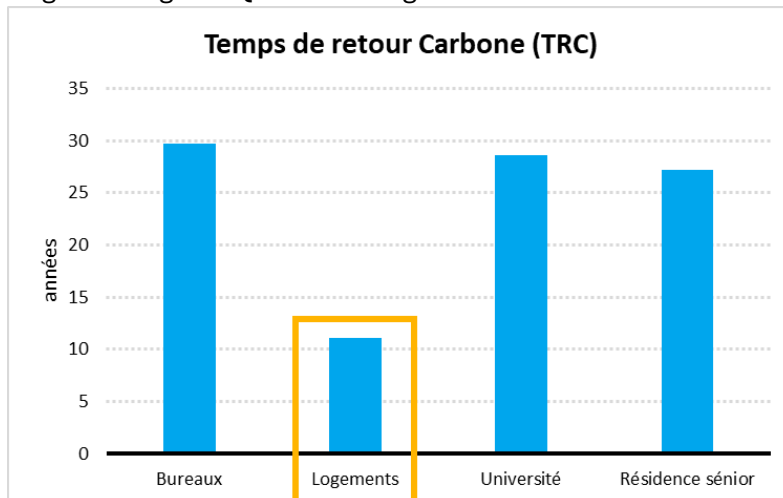
On observe ci-dessus deux conséquences (en exploitation) de cette rénovation énergétique :

1. Une réduction des consommations globales conventionnelles de 40% (soit une division par 1,6, principalement due à la réduction des consommations de chauffage)
2. Une réduction du poids carbone de l'énergie quasi-proportionnelle à la réduction des consommations énergétiques



Il s’agit d’une rénovation doublement performante :

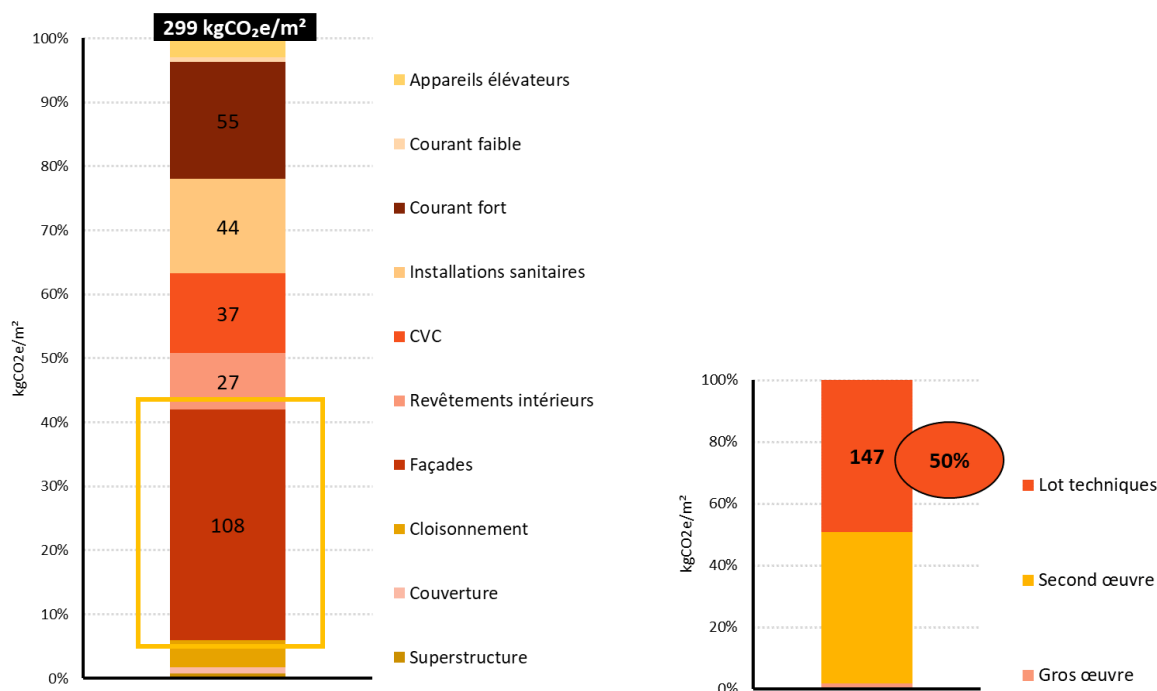
1. En effet, le bâtiment rénové est **30% moins impactant qu’avant rénovation**, en incluant le poids carbone des matériaux dédiés à la rénovation énergétique.
2. Cette réduction des consommations énergétiques (et du poids carbone associé) semble efficace et ciblée, puisque l’investissement en matière reste sobre en carbone : 150 kg CO₂e/m² pour chaque budget : Energie et Qualité d’usage.



Le TRC²⁴, de près de 10 ans, est le plus bas des 4 projets car :

- Les consommations énergétiques ont été réduites de manière significative
- L’investissement dans la Matière Energie est très bas

Poids carbone de la matière



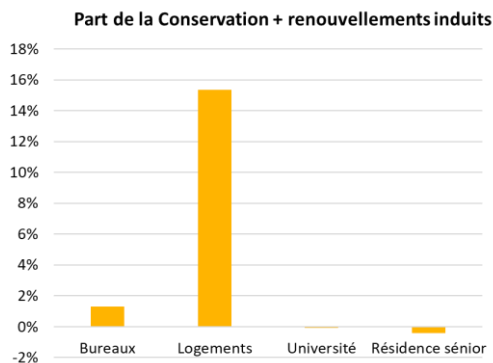
Répartition des émissions carbone des matériaux :

- Le poids carbone de la façade est logiquement le plus impactant (en particulier l’isolation et les menuiseries) puisqu’il s’agit d’une rénovation énergétique sans changement de vecteur énergétique. Il semble donc logique que l’investissement Matière sur l’enveloppe du bâtiment soit prépondérant à cette occasion.

²⁴ Pour rappel, le TRC est focalisé sur le périmètre des matériaux dédiés à la rénovation énergétique

- Les lots techniques représentent 50% du poids carbone des matériaux, ce qui équivaut aux proportions observées dans les autres projets.
- Le lot CVC représente seulement 10% du poids carbone des matériaux (contre 25 à 40% sur les autres projets). En effet, d'autres travaux pour se raccorder au RCU sont envisagés à moyen terme. On pourrait donc presque parler d'une rénovation par étape avec :

1. Etape 1 : la réduction des besoins énergétiques (plus les travaux liés au confort et à l'usage)
2. Etape 2 : le changement de production avec l'abandon du gaz pour une connexion au RCU

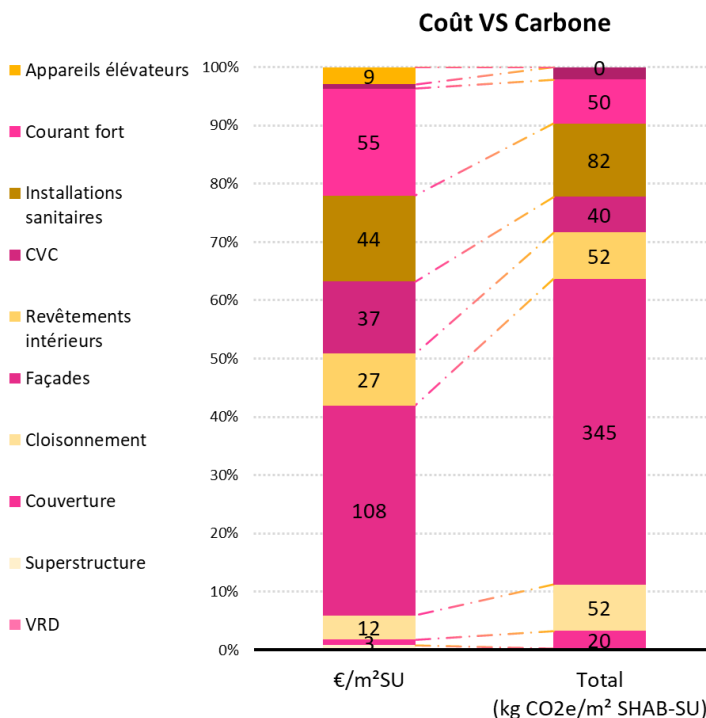


Le poids carbone de la Conservation (et les renouvellements induits par cette dernière) est non négligeable par rapport au poids carbone des matériaux et par rapport aux autres projets. Cela s'explique par :

- Un budget global des matériaux faible, et donc un poids carbone de la Conservation représentant une part plus importante du poids total par rapport aux autres projets
- La conservation de matériaux avec un fort taux de renouvellement sur 50 ans (sols par exemple)

• **Equation Coût / Carbone :**

- On constate une corrélation entre le coût et le carbone
- Les bénéfices économiques associés en exploitation ne sont pas inclus dans le périmètre de l'étude, mais constituent une des motivations pour cette rénovation



- **Plus de détails en Annexes :**
Résultats : graphiques complémentaires

Synthèse : Logements collectifs

- Les 2 principales motivations pour cette rénovation sont :
 - La réduction des consommations d'énergie et les économies financières associées
 - Le confort et l'usage des habitants
- La réduction des consommations d'énergie, ainsi que l'usage optimisé de la matière dans cette rénovation énergétique globale, induisent un faible TRC.
- Le changement de vecteur énergétique n'a pas été actionné sur ce projet, en vue d'un raccordement au RCU envisagé à moyen terme. Il s'avèrera pourtant être une opportunité de décarbonation efficace et à très bas coûts dans le prochain scénario de nos ateliers.



6

Conclusions

6 grandes recommandations pour des acteurs volontaires

Rénover bas carbone nécessite une volonté farouche et encore, en 2023, une certaine innovation.

C'est dans cet imaginaire que nous avons mis en place une charte de la rénovation bas carbone²⁵ pour montrer que des leaders de l'immobilier sont capables de se projeter et de faire avancer la décarbonation de l'existant.

Nos recommandations pour une maîtrise d'ouvrage ou une maîtrise d'œuvre volontaire :

1 - Dépasser le simple diagnostic PEMD et **réaliser un diagnostic ressource** dont l'objectif final est d'arriver à maximiser autant que possible la **conservation de l'existant**. Le déjà-là est une ressource précieuse.

2 - Et si la conservation est essentielle, les projets étudiés ont également montré que le programme est à **réinventer à l'aune de l'existant**. Un programme doit être pensé en termes d'**usages** (des duplex en cas de grande hauteurs) ou en termes de **qualité** (sans climatisation si les gaines de passent pas) en fonction de l'existant, tous les existants ne sont pas adaptables à volonté.

3 - L'énergie doit être abordée sous l'angle carbone et la **suppression des fossiles** doit être comparée à un scénario traditionnel consommation / confort. **Le temps de retour carbone** calculé sur le périmètre énergie permet de faire des arbitrages au même titre que le coût ou le confort. Un TRC inférieur à 30 ans doit être visé.

4 - Dans l'analyse de cycle de vie des matériaux, il faut distinguer **deux budgets** : budget lié aux **consommations énergétiques** et budget **qualité d'usage**. Ce dernier nécessite une approche semblable à celle de la RE2020, consommer moins, consommer mieux.

5 - Le poids carbone des matériaux de la rénovation est dicté par le poids carbone des **lots techniques**. Cela implique de pouvoir faire des **ACV détaillées** sur ces lots, en particulier sur le lot CVC, qui a un fort impact sur le potentiel de décarbonation.

6 - Les rénovations des bâtiments **patrimoniaux** ne peuvent se comparer aux rénovations standard. Elles doivent être encadrées par une **approche très en amont** sur le programme et les ambitions atteignables.

“ L'adaptation de l'existant est dès lors une nécessité. Elle ouvre par ailleurs un champ d'exploration extrêmement stimulant pour les disciplines urbaines et architecturales, en conjuguant les principes de résection, de réparation, de rationalisation constructive. Sous le prisme de l'économie de moyens, du respect de l'œuvre des générations précédentes et de l'inscription dans la durée des édifices qui contribuent et fondent l'identité et la légitimité de l'urbanité, s'inventent des objets hybrides, raisonnés dans leur mise en œuvre et frugaux à l'usage. La promesse d'une vraie modernité complexe, capable de faire face au réchauffement climatique et à la raréfaction des ressources, qui conjugue simultanément les trois engagements : conserver, adapter, transmettre.

Alexandre Labasse in Conserver, adapter, transmettre, Pavillon de l'arsenal 2022

²⁵ Voir par ici → <https://www.ifpeb.fr/lengagement-pour-une-generalisation-de-la-renovation-bas-carbone/>



7

Définitions

La réglementation thermique globale

Rénovation ou Réhabilitation

La notion de patrimoine

Méthode quartier énergie carbone (QEC), ACV

La réglementation thermique globale

Il existe trois réglementations thermiques en vigueur pour les bâtiments existants :

- Une réglementation dite par élément, pour les bâtiments de moins de 1 000 m² ou de plus de 1000 m² (sous certaines conditions). Celle-ci n'est pas le cœur de notre étude, même si la méthode et la logique pourraient tout à fait s'appliquer
- Une réglementation dite globale, pour les bâtiments de plus de 1 000 m², dont les conditions sont citées en dessous. C'est le cœur des projets de cette étude
- Et une réglementation dite travaux embarqués, à l'occasion de travaux importants de rénovation des bâtiments, une nouveauté de 2017 qui n'est pas abordé ici.

Ainsi, lorsqu'un bâtiment existant de surface supérieure à 1 000 m² fait l'objet de travaux de **rénovation** importants, il est soumis à la **RT globale**, dont les exigences sont définies dans l'arrêté du 13 juin 2008.

Pour que la réglementation thermique globale s'applique, il faut que les bâtiments résidentiels ou tertiaires respectent les trois conditions suivantes :

- Il faut que le bâtiment ait été achevé après le 1er janvier 1948,
- Il faut que la Surface Hors Œuvre Nette* (SHON) soit supérieure à 1000 m²,
- Il faut que le coût des travaux de rénovation thermique soit supérieur à 25 % de la valeur du bâtiment (hors foncier).

*La SHON est égale à la SHOB – les surfaces non-habitable et non-aménageables (garage, porche, combles non-aménageables etc.) multipliée par le coefficient 0,95.

Les exigences réglementaires à respecter :

Les principes retenus dans la réglementation sont proches de ceux de la RT 2005 applicable aux constructions neuves. Au préalable, la consommation d'énergie initiale est estimée par calcul. Elle permet d'orienter les choix de rénovation et d'estimer l'économie d'énergie réalisée.

Rénovation ou réhabilitation

Notre étude aborde le sujet de la réhabilitation, mais **utilise autant les termes « rénovation » que « réhabilitation » de manière interchangeable**. Si le terme « rénovation » est plus souvent utilisé, c'est parce qu'il fait implicitement référence à la réglementation thermique définie plus haut.

“ Si l'on se réfère au petit dicobat - Dictionnaire général du bâtiment (Jean de Vigan Ed Arcature - 1994, p.751), une rénovation de bâtiment consiste en la remise à neuf, la restitution d'un aspect neuf. Il s'agit d'un travail dont l'objectif est de remettre dans un état analogue à l'état d'origine un bâtiment ou un ouvrage dégradé par le temps, les intempéries, l'usure, etc.

La rénovation sous entend le maintien de la fonction antérieure de l'ouvrage. De fait, il peut s'agir notamment d'une opération de Gros Entretien Renouvellement dans le cadre de la maintenance des équipements du bâtiment (organes de production de chaleur ou de froid, centrale de traitement d'air...).

Il ne faut pas confondre « rénovation » et « réhabilitation » bien que ces deux termes soient souvent employés indifféremment.

Toujours issue du Dicobat, la réhabilitation concerne des travaux d'amélioration générale, ou de mise en conformité avec les normes en vigueur : normes de confort électrique et sanitaire, chauffage, isolation, etc. La réhabilitation peut comporter un changement de destination de l'ouvrage.

C'est cette dernière qui a été retenue dans le Code de la Commande Publique dans sa déclinaison de l'ancienne loi MOP. Y sont listées les étapes incontournables d'une opération de réhabilitation de bâtiment au travers notamment des missions de maîtrise d'œuvre (voir Articles R2431-4 à R2431-23) mais également les étapes préalables à la passation de la commande, les principales étapes de la phase Programmation à charge du maître d'ouvrage (voir Articles L2421-2 à L2421-5).

→ Il faut retenir qu'une rénovation est une réhabilitation particulière sans changement de destination de l'ouvrage. ”

In Opérations de bâtiment en site occupé, rapport d'étude, CEREMA, décembre 2021
<https://www.construction21.org/france/data/sources/users/19209/20221013135535-2022operationsdebatiments-ensiteoccupe.pdf>

Patrimoine

Dans ce rapport la notion du patrimoine n'est abordée que très rapidement. Elle fait référence à des bâtiments dont la qualité mérite absolument une conservation au moins partielle, notamment dans le cas du projet de résidence sénior.

Une réflexion propre à la rénovation bas carbone du patrimoine est nécessaire et dépasse le cadre de cette simple étude.

On peut noter que la France a une longue histoire avec son patrimoine bâti. Par exemple, depuis la création en 1837 de la commission des monuments historiques, plus de 44 000 immeubles ont été protégés par classement ou inscription. Chaque année, environ 300 immeubles sont protégés au titre des monuments historiques.

Afin de conserver ce patrimoine, deux niveaux de protection ont été mis en place :

Les immeubles classés au titre des Monuments Historiques, qui représentent 1/3 de l'ensemble du patrimoine et constituent le plus haut degré de protection. Leur conservation présente un intérêt public du point de vue de l'histoire ou de l'art au niveau national.

Les immeubles inscrits au titre des Monuments Historiques. Ils présentent, au niveau régional, un intérêt historique ou d'art suffisant pour en rendre désirable la préservation.

Il est important de rappeler que la valorisation des ressources patrimoniales est au cœur de l'enjeu national de cohésion et de développement durable des territoires.

“ Le patrimoine, c'est notre héritage, c'est tout ce qui se trouve déjà là : les monuments historiques, comme les édifices ordinaires, quels qu'ils soient.

Philippe Prost, Le Moniteur 2023

Méthode quartier énergie carbone (QEC), ACV

La méthode Quartier Énergie Carbone a pour objectif l'évaluation quantitative et prédictive de la performance carbone et énergétique d'un quartier (ou d'un projet d'aménagement), selon les règles de l'analyse de cycle de vie (ACV). Elle est utilisée dans cette étude pour prendre en compte l'impact de l'existant.

“ Prise en compte de la rénovation d'ouvrages existants :

Les impacts environnementaux sont pris en compte à compter du début de l'opération de rénovation. La rénovation comprend la dépose des produits et équipements qui seront remplacés. Le périmètre d'étude considéré pour le calcul du contributeur O produits de construction et équipements P inclut donc :

- Les impacts liés à la dépose des produits et équipements remplacés lors de l'opération de rénovation considérés essentiellement comme les impacts liés à la fin de vie de ses produits et équipements ;
- Les impacts liés à la vie en oeuvre et à la fin de vie des produits et équipements conservés lors de la rénovation. En outre, si ces éléments sont renouvelés pendant la PER, les impacts liés au renouvellement de ces produits sont également pris en compte.
- Et les impacts du cycle de vie complet des éléments neufs ajoutés au moment de l'opération de rénovation.

Le contributeur « Produits de construction et équipement » est donc plus complexe à calculer dans le cas de l'analyse de cycle de vie d'une opération de rénovation du fait de l'état initial du bâtiment à connaître.

Les autres contributeurs – Énergie, Eaux, Mobilité et Chantier – sont en revanche calculés de manière similaire au cas de bâtiments neufs. ”

Auteurs : CTSB, Elioth by Egis, Efficacity

<https://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/5802-methode-quartier-energie-carbone.html>



8

Pour aller plus loin

Au-delà de l'ACV

Ressources en ligne

Livres

Remerciements

Rejoindre le HUB

Au-delà du cycle de vie conventionnel et de l'évaluation environnementale

Il ne faut pas simplement s'arrêter au réglementaire et il est nécessaire de prendre en compte :

- Les effets rebond sur le comportement des ménages après la rénovation : effets non-négligeables dépendant de la performance des travaux (10% à 30% pour les rénovations peu profondes, 30% à 50% pour les rénovations profondes et performantes) (RTE, 2020, Belaïd et al., 2018).
- Les effets rebond sur le pouvoir d'achat des ménages non-négligeable : ~20% d'émissions supplémentaires liées à la consommation induite (Almeida et al., 2022).
- Les impacts sociaux, créations d'emploi, contribution au PIB (Almeida et al., 2022).
- La résilience et l'adaptation globale d'un bâtiment voir « [Cadre de définition de la résilience et de l'adaptation pour le cadre bâti](#) »

Ressources de méthodes de calculs en ligne

Retours d'expérience

- Test HQE Performance Bâtiment existant : <http://www.hqegbc.org/respect-environnement/acv-indicateurs/acv-batiment-renovation/>
- Projet NZC rénovation <http://www.hqegbc.org/le-projet-nzc-renovation/>
- Observatoire BBC Rénovation : <https://www.observatoirebbc.org/publications/renovation>
- **Les briefs du HUB des prescripteurs bas carbone** : <https://www.ifpeb.fr/travaux/le-hub-des-prescripteurs-bas-carbone/>

Méthodes

- Cerema, *Prise en compte du carbone dans les projets de rénovation - États des lieux et pratiques actuelles en France*, 2023, [lien vers le document](#)
- Rapport de la Fondation bâtiment énergie (comparaison entre les différentes méthodes) : <http://www.batiment-energie.org/doc/70/FBE-ECB-enjeu-B-V6.pdf>
- Guide ACV Rénovation HQE-GBC : https://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2018/10/20181115_Guide_ACV_Batiment_R%C3%A9novation_AddendumEC-.pdf
- Méthode BBCA Rénovation : https://www.batimentbas carbone.org/wp-content/uploads/2018/10/2018-10-05_R%C3%A9novation_V1.0.pdf
- Méthode Quartier Energie Carbone : <https://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/5802-methode-quartier-energie-carbone.html>
- Label Bas Carbone, méthode rénovation : <https://label-bas-carbone.ecologie.gouv.fr/la-methode-renovation>

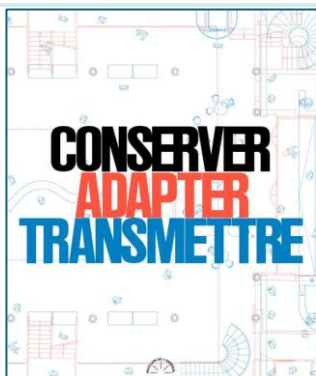
Outils

- UrbanPrint – Échelle quartier (Méthode Quartier Energie Carbone) (Efficacity et CSTB) <https://efficacity.com/quartiers-bas-carbone/nos-logiciels/urbanprint/>
- MaestroENV – Échelle bâtiment (Outil de recherche CSTB, mis à disposition pour cette étude du Hub)
- Impacts des composants neufs et des autres contributions (énergie, eau, chantier) : tous les logiciels ACV RE2020 : <http://rt-re-batiment.developpement-durable.gouv.fr/logiciels-a619.html>
- Carbon Saver - application web à destination des architectes pour les aider à éco-concevoir la rénovation d'habitats individuels <https://www.carbon-saver.com/>

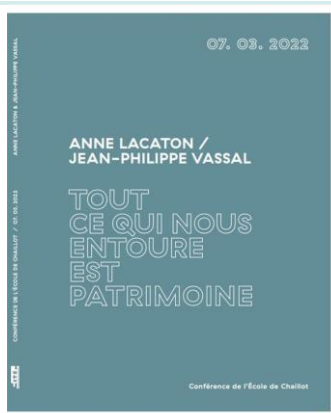
Livres



Construire une architecture bas carbone et du vivant
Éditions du Moniteur, octobre 2023



Conserver, adapter, transmettre
Éditions du Pavillon de l'Arsenal, octobre 2022



Tout ce qui nous entoure est patrimoine
Anne Lacaton / Jean-Philippe Vassal, 2022



L'empreinte d'un habitat
Construire léger et décarboné
Sous la direction de Philippe Rizzotti, architecte, 2022

Merci aux équipes ayant contribué à ces travaux

Une très grande implication pendant toute l'année 2023 de ces membres qui ont porté les projets, les scénarios, les études.

<p>Equipe logements</p>	<p>Equipe : service senior</p>
<p>Equipe bureaux</p>	<p>Equipe Enseignement</p>

Rédacteurs du Brief

Emilie Bouchard, IFPEB
 Guillaume Meunier, IFPEB
 Eugénie Prego Cauchet, Carbone4
 Christophe Rodriguez, IFPEB
 Paco Vadillo, Carbone4

Relecteurs

Cécile Deloffre, CSTB
 Natan Leverrier, Carbone4
 Mathilde Louerat, CSTB

Version 1.02 du 28/12/2023

Remerciements aux membres du Hub des prescripteurs bas carbone

Merci au **CSTB**
le futur en construction

Merci aux maîtres d'ouvrage et entreprises générales

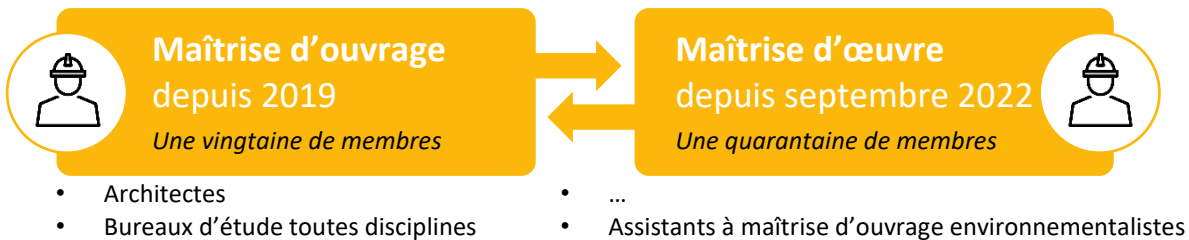


Merci aux maîtres d'œuvre



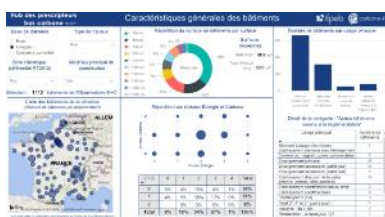
Le Hub

Deux communautés



Un outil de prescription du bas carbone

Outil Observatoire E+C-



Briefs techniques & innovations



Des messages clés pour comprendre et s'acculturer aux enjeux du carbone.

Outil Matériaux

*Quels matériaux choisir pour baisser l'empreinte carbone ?
Quelle élasticité coût carbone ?*

Brief de filière Béton
Brief Matériaux biosourcés
Une vision stratégique et opérationnelle des filières, complétée par une cartographie des acteurs et un panorama des meilleures pratiques.

Un « camp d'entraînement » pour la RE2020

Ateliers de partage et travaux collaboratifs

Partager les bonnes pratiques, comprendre l'équation coût carbone et anticiper les ruptures

Briefs de filières

Dernier brief sur les façades



Rejoignez le Hub des prescripteurs bas carbone

Contactez-nous pour plus d'informations : hub_bascarbone@ifpeb.fr



9

Annexes

Disponible aux membres du Hub des Prescripteurs Bas Carbone

Répartition des émissions du secteur du bâtiment en 2019 en France

Décryptage de la doctrine fiscale

Comparaison des méthodes existantes d'évaluation carbone de la rénovation

IRéno et Temps de Retour Carbone TRC

Comparaison des méthodes existantes d'évaluation carbone de la rénovation

Nuances méthodologiques ayant posé des questions ou des difficultés lors des ateliers rénovation

Périmètre des matériaux dédiés à la rénovation énergétique des 4 projets

4 projets, Compléments : contexte, hypothèses et périmètre de calcul spécifiques au projet

4 projets, Résultats : graphiques complémentaires
