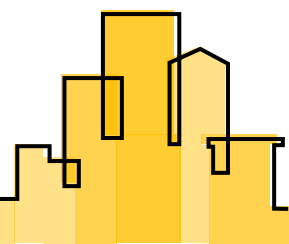




DES PRESCRIPTEURS
BAS CARBONE



Equation coût-carbone



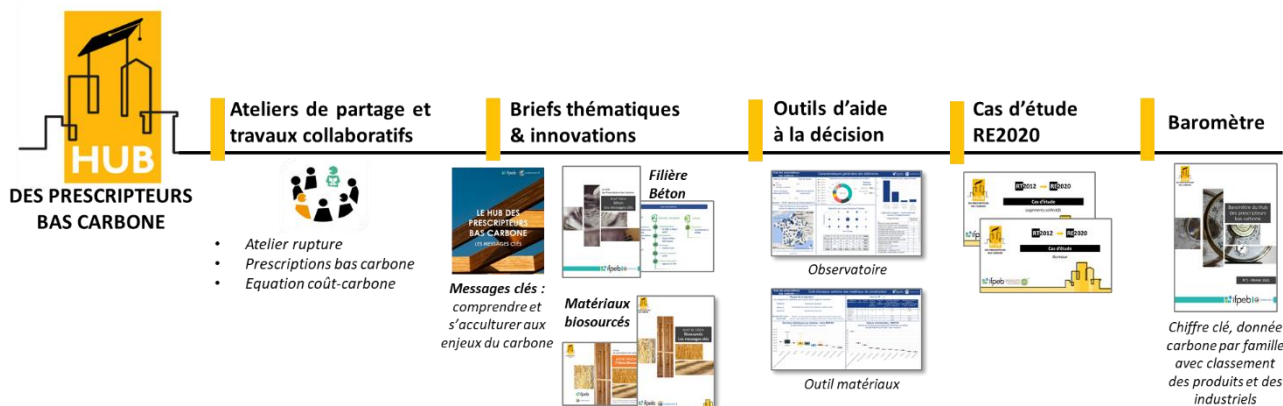
Qu'est ce que le hub des prescripteurs bas carbone ?

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 2021, le hub compte les participants suivants : **Bouygues Immobilier, Bouygues Construction, BNP Paribas Real Estate, Groupama Immobilier, Linkcity, Poste Immo, Rabot Dutilleul, Covivio, Sogeprom, Vinci Immobilier, Icade, Altarea, Gecina, Orange et la Société du Grand Paris, Citic, Périal, Ogic, NGE, Réalités, LP Promotion, Kaufman & broad et SPIE Batignolles**. Une communauté d'environ 40 maîtrises d'œuvre en font aussi partie : cabinet d'architecture et bureaux d'études pluridisciplinaires.

Plus de 60 membres ont ainsi rejoint l'aventure qui mobilise de plus en plus et développe 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 sur les projets.

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



Les thématiques retenues pour les prochains briefs concernent les « Façades » et les « lots techniques »



DES PRESCRIPTEURS
BAS CARBONE

Equation coût-carbone

Résumé exécutif

Equation coût-carbone

Résumé exécutif

La nouvelle réglementation environnementale RE2020 intronisera dès 2022 la comptabilisation des impacts environnementaux au travers de l'ACV (Analyse de Cycle de Vie). Les impacts carbone seront dorénavant comptabilisés dans la construction et associés à des seuils ambitieux et progressifs jusqu'à 2030. L'ensemble de la filière de la construction doit résoudre une nouvelle équation pour concevoir et réaliser des bâtiments conciliant performance environnementale et réalité opérationnelle.

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

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

Issu d'un travail collectif inédit mené par une vingtaine d'experts, de nombreuses variantes ont été étudiées sur **des projets réels en cours de réalisation**. Notons que les opérations qui ont été étudiées n'affichaient pas d'ambition bas carbone particulière dans leur programme initial.

Cette étude s'est penchée sur les 3 questions suivantes :

1. Quels types d'actions mettre en œuvre en priorité pour optimiser l'impact carbone d'une construction neuve à moindre coût ?
2. Quelle efficacité des différents leviers bas carbone et quelle nouvelle équation €/kgCO₂ évité ?
3. Quel poids carbone minimum atteignable pour un bâtiment lorsque l'on réunit l'ensemble des leviers d'actions possibles ?

ETUDE « EQUATION COÛT-CARBONE » MENÉE PAR LE HUB

➤ UN TRAVAIL COLLECTIF

Une vingtaine d'experts
(promoteurs, architectes,
bureaux d'études,
économistes,...)



➤ UN ANCRAGE DANS LA RÉALITÉ OPÉRATIONNELLE

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



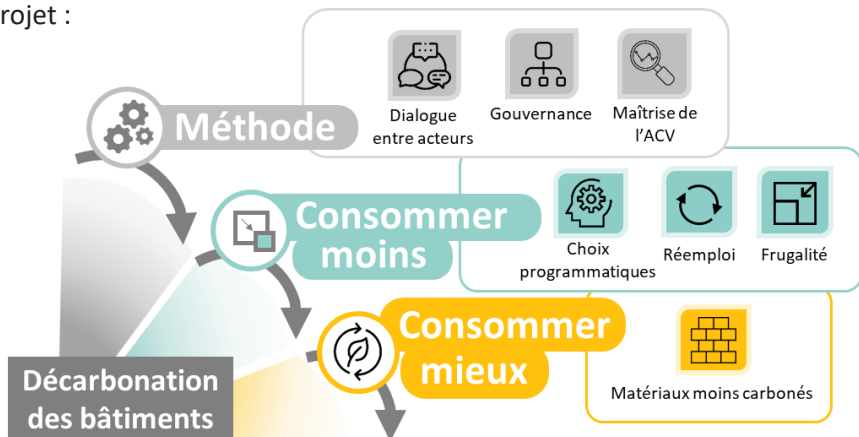
Cette étude collective a permis de mettre en lumière les enjeux clés pour maîtriser l'équation coût carbone d'un bâtiment neuf. Des **leviers aussi bien techniques qu'organisationnels** ont été identifiés par les équipes au travers des projets étudiés.

Notons que l'étude s'est concentrée sur **l'impact carbone des composants du bâtiment** (PCE : Produits de Construction & Equipements), dont la prise en compte est l'une des grandes innovations de la RE2020.

1

MESSAGE CLÉ N°1 : 3 AXES A COMBINER

L'empreinte carbone des bâtiments peut être optimisée au travers d'un panel de leviers, à déployer tout au long du projet :



Equation coût-carbone

Résumé exécutif

2

MESSAGE CLÉ N°2 : MAITRISER L'ACV & LA QUALITÉ DES DONNÉES D'ENTRÉE



Méthode

La maîtrise et la compréhension de l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) est le premier levier méthodologique.

La qualité des données environnementales est notamment un axe de progrès clé. Cela ne diminue pas le poids carbone réel du bâtiment, mais fiabilise son évaluation et donc évite d'éventuels surcoûts inutiles.

- **L'ACV est un travail d'équipe.** Chaque acteur peut influencer sur la qualité des résultats.
- La **priorisation du recours à des FDES et PEP individuelles**, mais aussi à des **configureurs** permet d'obtenir des empreintes carbone au plus proche de la réalité du produit mis en œuvre.
- Une amplitude significative peut exister entre les produits d'une même catégorie. Plus la référence est anticipée, plus le poids carbone est fiabilisé.

Illustration avec les résultats obtenus par l'équipe n°1

Pour exemple, l'équipe n°1 a réussi à réduire l'empreinte carbone du bâtiment de 14% et sans surcoût, grâce à un travail d'optimisation de l'ACV (choix des données environnementales)

€
+0%

CO₂
-14%

Le recours aux DED : un frein pour une prescription bas carbone éclairée

Les données par défaut sont volontairement établies pour être supérieures à la réalité afin de pousser les industriels à publier leurs propres données pour chacun de leur produit. Cependant pour les maîtres d'ouvrage, cela fausse et crée une confusion sur la performance des projets. Les premières estimations ACV peuvent ainsi surestimer le poids carbone, ce qui peut engendrer une surenchère de solutions techniques et donc des surcoûts, où écarter certaines solutions à tort.

Pour une conception bas carbone éclairée, le Hub considère qu'il serait souhaitable de créer des valeurs de références représentatives des performances environnementales constatées, non majorées et évolutives pour refléter le progrès des filières dans le temps.

3

MESSAGE CLÉ N°3 : UN DIALOGUE ENTRE ACTEURS À INITIER AU PLUS TÔT

Les phases de l'esquisse jusqu'au permis de construire offrent un panel de leviers d'optimisation à moindre coût qu'il faut impérativement exploiter. Certaines orientations vont en effet prédestiner une partie de la performance carbone d'un bâtiment :

- **Choix programmatiques** : élévation, usages, prestations, gamme de produits, performance énergétique...,
- **Orientations architecturales** : taux de vitrage, volumétrie et compacité, ...
- **Aspects techniques** : type de structure, matérialités et concept de façade

Le carbone est ainsi **un paramètre à intégrer au plus tôt dans la conception** du projet pour limiter les impacts économiques.



Méthode



« Plus de
matière grise
=
moins d'énergie
grise »

Equation coût-carbone

Résumé exécutif

L'organisation de l'équipe du projet apparaît comme un facteur clé dans la conception d'un bâtiment décarboné. Celle-ci limite le risque d'une incompatibilité entre le projet architectural et l'atteinte d'un objectif carbone, qui nécessiterait un retour en arrière souvent coûteux voire impossible. Les clés pour une équation coût carbone optimisée sont donc :



Une **équipe pluridisciplinaire** dès le lancement du projet



Le **dialogue** entre les acteurs pour une approche décloisonnée



Un **planning de conception** adapté, avec une phase avant permis de construire suffisante pour permettre des itérations sur le projet. Lors de la phase d'apprentissage de la RE2020, il est ainsi préconisé de prévoir idéalement **2 à 4 semaines en plus pour la phase de conception**.

Les variantes bas carbone, parfois à moindre coût !



Dans le scénario d'étude « +10% de budget », **aucune des trois équipes n'a dépensé la totalité du budget**.

Elles se sont aperçues qu'elles avaient surestimé l'impact économique des variantes et les avaient donc écartées sans même les étudier. Le dialogue a alors permis d'identifier les solutions les plus adaptées avec des surcoûts parfois très faibles.

« Concevoir bas carbone, c'est également une **question de méthode et d'organisation** »

Résultat obtenu par le cas d'étude n°1

Les acteurs de l'équipe n°1 ont réussi à réduire l'empreinte carbone de 19 % pour un surcoût de 3%.

Exemple de variantes : recours à un béton de type CEMIII, ou remplacement des menuiseries extérieures en aluminium par du bois-alu.

€
+3%

CO₂
-19%

Résultat obtenu par le cas d'étude n°2

Les acteurs de l'équipe n°2 ont réussi à réduire l'empreinte carbone de 16% pour un surcoût de 7%.

Exemple de variantes : Le recours à un béton de type CEMIII et le remplacement des volets en aluminium par du bois font partie des solutions retenues.

€
+7%

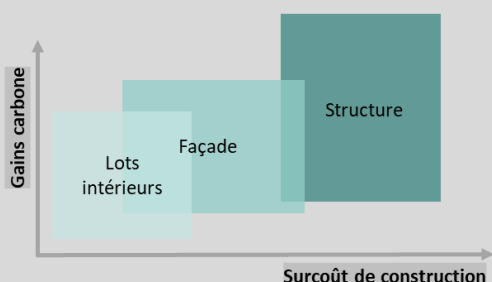
CO₂
-16%

4 MESSAGE CLÉ N°4 : DES VARIANTES ACCESSIBLES DANS TOUS LES LOTS

La comparaison des trois cas d'études montre une forte variabilité de l'équation coût-carbone des solutions retenues entre projets mais aussi au sein d'un même projet. Chaque projet est unique et présente des spécificités influant sur l'optimum coût-carbone.

Pour autant, l'étude des projets indique la possibilité d'identifier des variantes à forte efficacité coût-carbone sur tous les lots.

LEVIERIS ACTIVÉS PAR LES PROJETS



A faible surcoût, il a été privilégié sur les projets étudiés des variantes impactant les lots intérieurs, et certains éléments de façade. Les variantes liées à la frugalité et au réemploi présentaient un isocoût, voire une moins-value.

Les variantes structurelles ont quant à elles été activées avec un budget plus élevé.

Equation coût-carbone

Résumé exécutif

5

MESSAGE CLÉ N°5 : QUATRE FACTEURS POUR CRÉER LES CONDITIONS D'UNE ÉQUATION COÛT-CARBONE PERFORMANTE

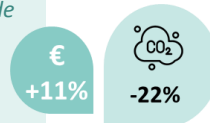
Scénario « budget illimité »...?



Dans le scénario « sans contrainte budgétaire », **l'ensemble des trois équipes ont finalement été freinées par des contraintes liées au programme fonctionnel, ou à l'urbanisme.**

Illustration avec les résultats de l'équipe n°3

Par exemple, l'équipe 3 a plafonné à un gain carbone de 22% pour un surcoût de 11% dans ce scénario étant « bloquée » pour mener à bien certaines variantes. A noter, les autres équipes ont atteints des surcoûts similaires dans ce scénario.



Nous avons pu identifier quatre leviers pour créer les conditions d'une équation coût carbone optimisée :

Une nouvelle culture du bas carbone



La **connaissance des leviers** de décarbonation, des innovations disponibles sur le marché et des enjeux de mise en œuvre opérationnelle (cadre technique et assurantiel) est indispensable et nécessite un travail de formation et d'accompagnement. Nous avons aussi pu mettre en lumière l'importance d'avoir des **ordres de grandeur** avec une nouvelle métrique à prendre en compte : quelle efficacité en €/tonneCO₂ évité pour chaque solution, pour chaque levier ?

Un travail d'équipe entre les secteurs



L'Industrie se mobilise pour une transformation des pratiques et une diversification des offres, afin de s'inscrire dans la trajectoire SNBC (Stratégie Nationale Bas Carbone) du secteur industriel fixée à -35% de carbone à 2030. Sur les prochaines années, l'impact des matériaux est ainsi amené à diminuer et la disponibilité de la donnée environnementale (FDES) à se compléter. Le **travail d'équipe entre les secteurs du bâtiment et de l'industrie** contribuera à optimiser l'équation coût carbone des constructions dans la durée.

Des programmes fonctionnels bas carbone



Certaines variantes nécessitent de **modifier en profondeur le projet dès l'esquisse**. Certaines solutions étant très impactantes sur la conception, elles sont difficilement accessibles ou engendrent des surcoûts non négligeables si mises en œuvre tardivement (par exemple : la compacité...). Plus ces dispositions sont anticipées, plus l'équation coût carbone est optimisée.

Vers un urbanisme bas carbone



Les règles d'urbanisme sont susceptibles de favoriser une conception bas carbone. Certaines variantes structurelles peuvent par exemple être facilitées au travers des hauteurs de bâtiment autorisées. Des orientations performancielles peuvent être fixées. Ce point révèle le rôle des politiques urbaines dans l'incitation et la création d'un cadre favorable à des constructions bas carbone (ex: bonus de constructibilité, incitation à l'atteinte de performances...).



DES PRESCRIPTEURS
BAS CARBONE

Equation coût-carbone

Les résultats de l'étude

SOMMAIRE

- | | |
|--|------|
| 1. Objectifs de l'étude | P 9 |
| 2. Méthode | P 10 |
| 3. Trois axes pour optimiser l'empreinte carbone des bâtiments | P 11 |
| 4. L'impact économique de la décarbonation | P 20 |
| 5. Fiches Projet des trois cas d'étude | P 23 |

Equation coût-carbone

Objectifs de l'étude

Applicable en janvier 2022 pour le résidentiel, suivi par le tertiaire en juillet, la nouvelle réglementation environnementale se veut ambitieuse afin de lutter contre le réchauffement climatique. L'intégration de seuils progressifs d'émissions de gaz à effet de serre en complément des objectifs énergétiques, doit assurer l'atteinte des objectifs carbone à horizon 2030 de la **Stratégie Nationale Bas Carbone** pour le secteur de la construction .

Le carbone vient ainsi compléter le panorama d'autres critères qu'il faut judicieusement combiner lors de la conception des bâtiments (règles d'urbanisme, risque incendie, adaptabilité PMR...). Les retours d'expérience sont encore limités au sein de la profession, après une phase d'expérimentation *via* l'expérimentation E+C- et des arbitrages méthodologiques récents concernant la RE2020.

Les premiers bâtiments RE2020 seront érigés d'ici quelques mois : il est donc essentiel de se familiariser avec ce nouveau paramètre pour comprendre, identifier et assimiler les ordres de grandeur, des solutions optimales selon les spécificités des projets, des incidences technico-économiques... La maîtrise des coûts de construction reste un enjeu majeur pour parvenir au niveau de performance visé à chaque palier de la RE2020.

Un décryptage de l'équation coût-carbone au travers d'analyse de cas réels

Le travail présenté ci-après a vocation à apporter des clés de décryptage pour intégrer cette nouvelle composante en termes de leviers techniques mais également organisationnels.

Souhaitant une **démarche connectée à une réalité opérationnelle**, un travail exploratoire a été mené sur trois projets existants réels. Conçus dans le cadre de la RT2012 et sans objectif carbone, **ces études de cas ont été variantées afin de réduire progressivement leur empreinte carbone jusqu'au minimum atteignable**. La méthodologie RE2020 étant en cours de calage lors de ces travaux, c'est donc la méthode E+C- qui a été retenue (surface SDP, ACV statique). Les tendances observées sont toutefois transposables; avec très probablement un impact plus marqué pour les variantes biosourcées et le réemploi.



Projets en cours de réalisation, sans ambition bas carbone initiale
(Empreintes carbone similaires à la moyenne de l'observatoire E+C-)

Si ce travail permet d'identifier des premières préconisations et repères, il ne peut pas être extrapolé au vu de l'échantillon réduit.

Equation coût-carbone

Méthode

3 cas d'études

Recours à des projets existants conçus et pour certains déjà livrés, afin de rester connecté à une réalité opérationnelle

1



1 immeuble de bureau

2



2 bâtiments de logements collectifs

3 équipes

Consolidées autour des projets, chaque équipe était constituée de l'ensemble des expertises nécessaires à l'étude :

Maitre d'ouvrage

Environnement

Economiste

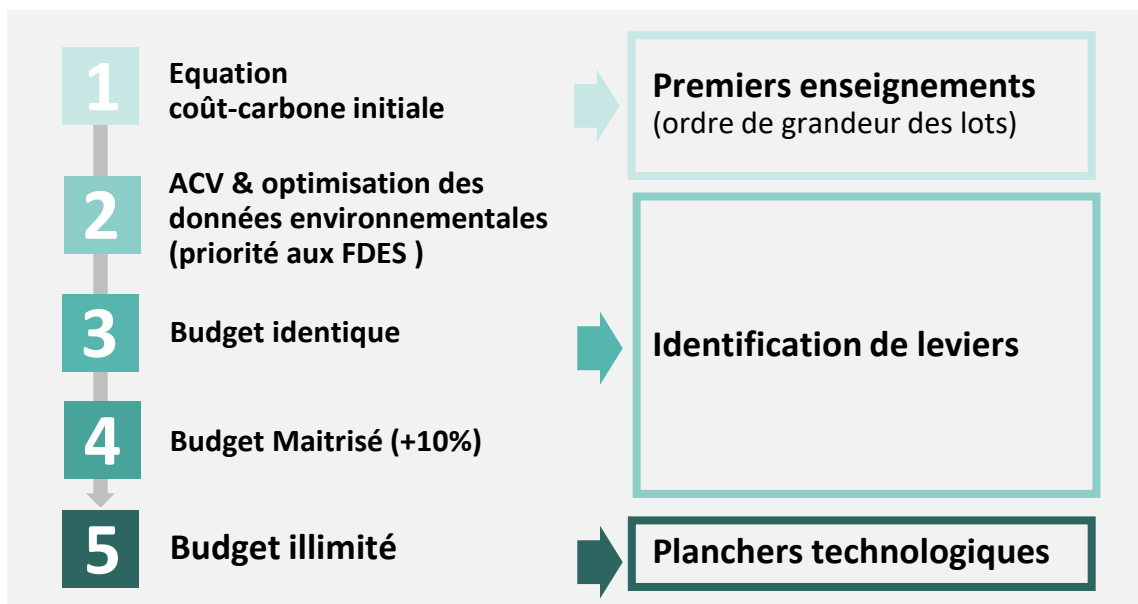
Architecte

Structure

TCE



Après une prise en main du projet et l'identification du poids carbone initial et du budget associé, les équipes avaient en charge d'identifier et d'étudier des variantes selon plusieurs scénarios :



Périmètre des études

La méthode de l'expérimentation E+C- a été retenue pour les études, hormis pour le réemploi où un impact carbone nul a été considéré conformément à la méthode RE2020. Les résultats ont donc été calculé sur la base d'une ACV statique.

Seul l'indicateur EGES PCE a été calculé, correspondant au poids carbone des matériaux. L'impact énergétique n'a quant à lui pas été étudié. L'approche forfaitaire a été maintenue pour les lots techniques en logement collectif.

Limite des études

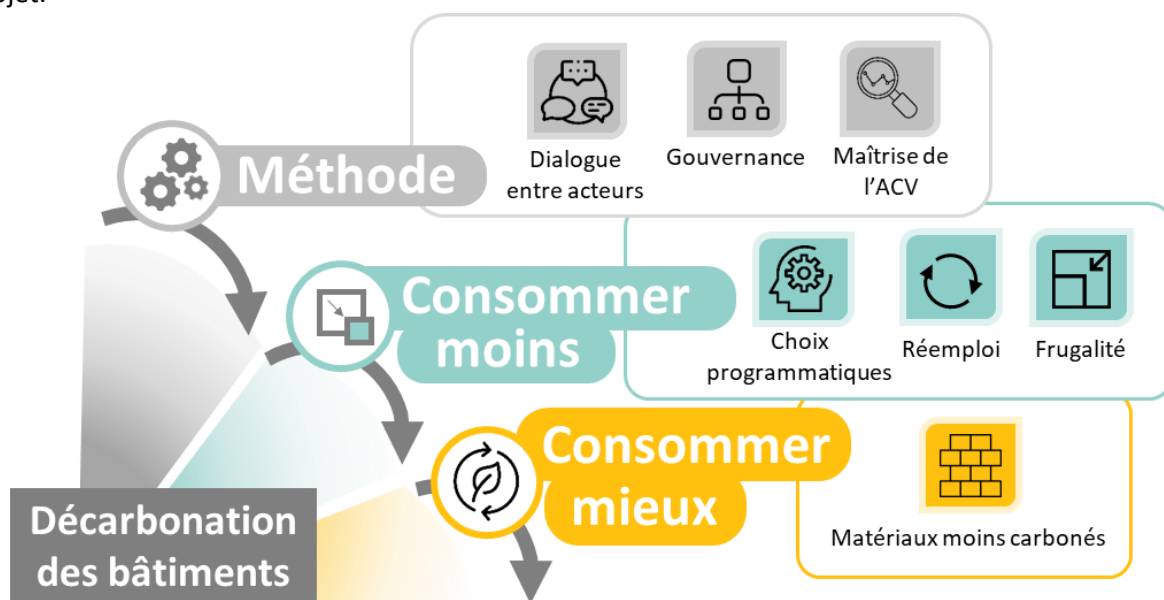
Plusieurs paramètres ont été figés afin de donner un cadre commun : le programme (surface, usages, nombres de logements...), le respect des règles d'urbanisme, l'ordonnancement et la hauteur du bâtiment. Les variantes ne devaient pas remettre en cause la capacité à obtenir un permis de construire dans la zone initiale du projet.

Equation coût-carbone

Trois axes pour optimiser l'empreinte carbone des bâtiments

Des axes d'optimisation à chaque étape de conception

L'analyse des trois cas d'étude reflète la nécessité de combiner les pistes d'optimisation au sein d'un projet.



Méthode et organisation d'équipe

La **maîtrise de l'ACV et la qualité des données d'entrée** est le premier enjeu méthodologique qui permet d'optimiser la précision de l'évaluation des impacts.

Construire bas carbone nécessite également d'adapter les pratiques et l'organisation pour atteindre l'optimum et le meilleur compromis entre les différentes contraintes à combiner au sein d'un projet.

Consommer moins et Consommer mieux

Varier les matériaux apparaît souvent comme la première intuition. D'autres leviers sont toutefois pertinents avant de modifier la nature du projet. **Le réemploi et la frugalité ressortent ainsi comme des leviers à fort potentiel pour abaisser le poids carbone des bâtiments à moindre coût.**

Axe 1

Des premières phases de conception déterminantes



L'organisation de l'équipe du projet apparaît comme un facteur clé dans la conception d'un bâtiment décarboné. Celle-ci limite le risque d'une incompatibilité entre le projet architectural et l'atteinte d'un objectif carbone, qui nécessiterait un retour en arrière souvent coûteux voire impossible.

La mise en place d'un cadre favorable aux échanges entre acteurs permet d'avancer en toute connaissance de cause, afin de comprendre et d'anticiper l'impact des différents choix opérés lors du processus de conception, voir même de programmation.

Equation coût-carbone

Trois axes pour optimiser l'empreinte carbone des bâtiments



Programmation

Plusieurs préconisations organisationnelles ont été mises en avant dès le lancement d'un projet:

Une équipe pluridisciplinaire dès le lancement



Gouvernance : créer une « **task force** » du **bas carbone**. Il est préconisé de :

- Mobiliser tous les acteurs autour du carbone. **Même si on ne fait pas l'ACV, on y contribue.** Le maître d'ouvrage donne les orientations programmatiques et peut questionner les paramètres clés...
- Missionner un bureau d'étude pour réaliser l'ACV (pré ACV) au plus tôt
- S'interroger sur la compétence carbone de l'équipe sur toute la chaîne de valeur (équipe de conception, exécution,...)



Les métrés: une donnée d'entrée incontournable !

Une mission doit être prévue pour réaliser ces métrés au fur et à mesure de la conception. Sans métrés, une incertitude forte s'ajoute à l'estimation carbone

Le dialogue entre les acteurs pour une approche découplée



Créer un temps d'échange entre architecte/expert carbone dès l'esquisse pour identifier des orientations optimales

Un planning de conception adapté



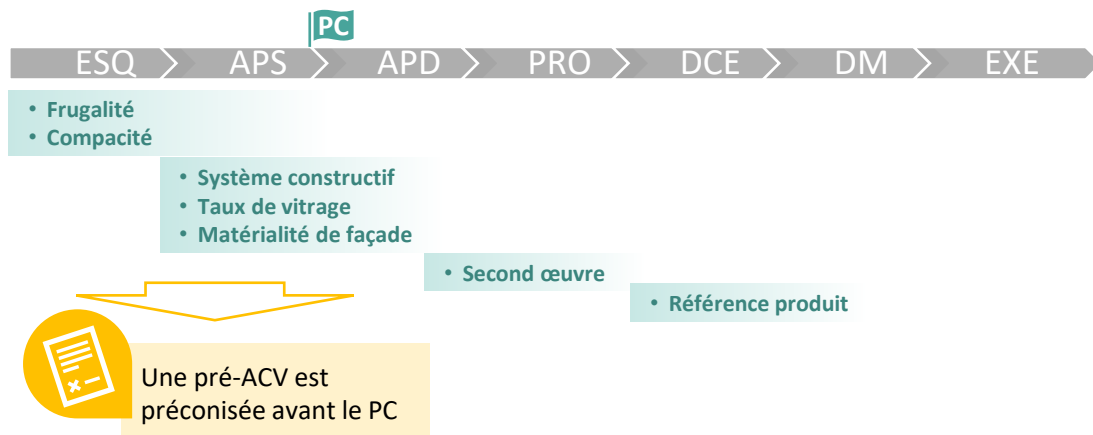
L'optimisation carbone des bâtiments nécessite des échanges et itérations, qu'il faut anticiper dans le planning de l'opération, et ce dès la phase AVP.

Concevoir bas carbone, c'est également une **question de méthode et d'organisation**, en associant les compétences au bon moment et en créant des temps d'échange entre acteurs

Conception



Au fur et à mesure que le projet se dessine, des paramètres se figent. Certains influenceront significativement le niveau carbone du bâtiment. Une fois arrêté, avec l'avancée de la conception, ces paramètres sont susceptibles de limiter le potentiel de décarbonation. Il est donc conseillé de réaliser une **approche simplifiée de l'ACV avant le dépôt de permis de construire** afin de s'assurer que les choix architecturaux et techniques sont cohérents avec le niveau carbone visé.



Equation coût-carbone

Trois axes pour optimiser l'empreinte carbone des bâtiments

Maitriser l'ACV & la qualité des données d'entrée



Méthode

Les 3 cas d'étude montrent que limiter l'usage des DED demeure le premier levier d'optimisation. Cela ne réduit pas l'impact carbone, mais fiabilise son évaluation et contribue donc à la maîtrise de l'économie du projet.

Le choix des données carbone est primordial. Il nécessite une étude fine de la maîtrise d'œuvre, un questionnement du maître d'ouvrage et un dialogue entre les acteurs.

Par ordre de priorité, il est toujours nécessaire de cibler :



- Des **fiches individuelles** spécifiques à un produit ou des **fiches configurées**, permettant de considérer les spécificités du projet
- Des **fiches collectives**, permettant le recours à une moyenne issue d'une gamme de produits similaires
- Des **données environnementales par défaut** (DED)

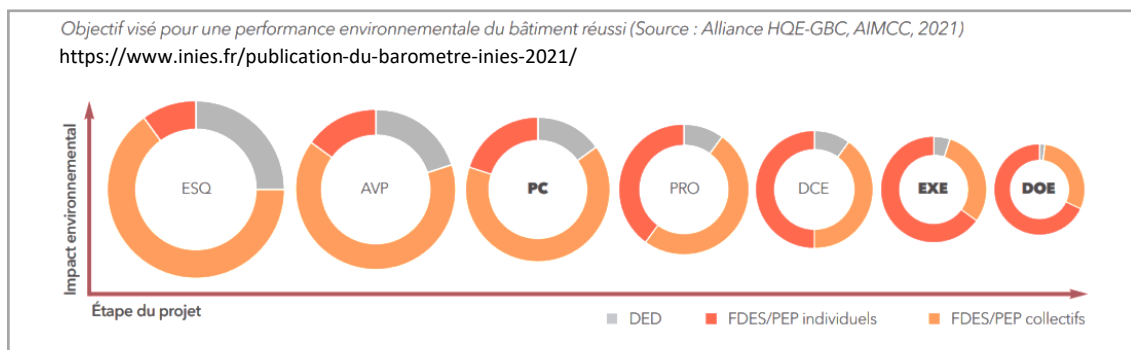
FDDES/PEP

Gains obtenus sur les cas d'étude
Jusqu'à
-14%
observé
soit 130
kgCO₂eq/m²SDP

Les données par défaut sont volontairement établies pour être supérieures à la réalité afin de pousser les industriels à publier leurs propres données pour chacun de leur produit. Cependant pour les maîtres d'ouvrage, cela fausse et crée une confusion sur la performance des projets. Les DED faussent également la qualité des retours d'expérience et ne permettent pas à la profession de se fixer des cibles performancielles.

Le Hub considère qu'il serait souhaitable de créer des valeurs de références représentatives des performances environnementales constatées, et non majorées.

Le travail d'optimisation de la donnée s'effectue tout au long du projet, avec la définition de la conception (comme illustré par le schéma ci-dessous issu du [Baromètre 2021 d'INIES](https://www.inies.fr/publication-du-barometre-inies-2021/)). Cette approche permet de cibler le meilleur compromis entre les produits disponibles pour favoriser les moins carbonés ou à défaut d'en faire un usage limité.



A noter: INIES annonçait en septembre un nombre de données environnementales en « constante progression », avec + 15,4% depuis décembre 2020 (cf. INIES).

Equation coût-carbone

Trois axes pour optimiser l'empreinte carbone des bâtiments

Des quantitatifs détaillés

De même que la donnée carbone, les quantitatifs se précisent avec le projet. Il est indispensable d'avoir une approche conservatrice en début de conception pour anticiper les évolutions de métrés. De cette manière, la précision des quantités permettra au fur et à mesure de l'avancée des études de réduire l'empreinte carbone.



Attention, les métrés de l'économiste (allotissement du dpgf, unités,...) ne répondent pas forcément aux besoins de l'ACV.

Des optimisations carbone majeures à activer avant le PC

Les phases de l'esquisse jusqu'au permis de construire offrent un panel de leviers d'optimisation qu'il faut impérativement exploiter. Certaines orientations vont en effet prédestiner une partie de la performance carbone d'un bâtiment : leur prise en compte favorise l'atteinte de l'optimum carbone du bâtiment; à l'inverse, ces critères ne seront pour la plupart pas modifiables par la suite.

Dès la phase esquisse, il est donc important de se pencher sur les aspects suivants :

- **Choix programmatiques** : élévation, usages, prestations, gamme de produits, performance énergétique...,
- **Orientations architecturales** : taux de vitrage, volumétrie et compacité, ...
- **Aspects techniques** : type de structure, matériaux, matérialités et concept de façade



Ne pas intégrer la composante carbone dès l'esquisse c'est accepter de réduire le panel de leviers et ainsi le potentiel de décarbonation d'un bâtiment.
Une pré-ACV avant PC est préconisée

ANALYSE DES ÉTUDES DE CAS

Afin d'optimiser les projets, les lots les plus variétés ont été :



Lot 5 – Doublage et cloisons



Lot 7 – Revêtements de sol



Lot 6 - Façade



Lot 2 & 3 – Structure

Les **variantes structurelles** ainsi que l'**optimisation de la façade** (parties opaques et vitrées) ont permis des gains carbone élevés sur les projets. Ces résultats s'expliquent notamment par l'assiette de ces lots : le gros œuvre représente en moyenne 1/3 du poids carbone des bâtiments, 15 à 17% pour les façades.

Or ces variantes remettent en cause l'organisation et l'image du projet, et ne peuvent ainsi être activées qu'avant tout dépôt de permis de construire.

Observation issue des cas d'étude

2/3

Des variantes

Part des variantes retenues par les équipes qui concernent des mesures à intégrer **avant PC**

Equation coût-carbone

Trois axes pour optimiser l'empreinte carbone des bâtiments

Plus la conception du projet avance plus le périmètre des variantes possibles se retreint : la capacité à réduire l'empreinte carbone diminue et l'incidence économique est susceptible de s'accroître.

Pour illustrer l'incidence des choix programmatiques, une étude de sensibilité a été menée par Vizcab, membre du Hub des prescripteurs bas carbone, dans le cadre des travaux du Hub sur quelques paramètres (Outil Vizcabexplo). Ces éléments permettent de quantifier l'incidence sur les contributeurs énergie et matériaux, de certains choix sur la base de l'étude de deux bâtiments de référence :



LOGEMENTS COLLECTIFS

Bâtiment de référence :
5380 m² SDP

1310 kg eq. CO₂/m²SDP



BUREAUX

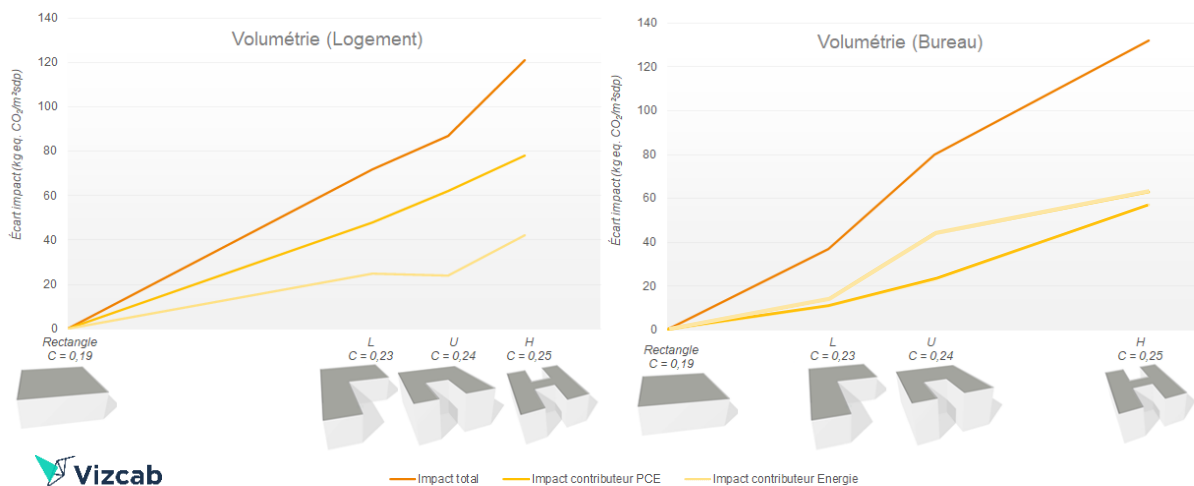
Bâtiment de référence :
6720 m² SDP

1430 kg eq. CO₂/m²SDP



L'impact de la compacité

Compacité : *Surface de parois déperditives / Volume Chauffé*



Les 4 bâtiments modélisés pour chaque typologie ont des SDP équivalentes

Variation



jusqu'à

9%

l'empreinte
carbone

Plus le bâtiment est compacte
moins il est carboné : Jusqu'à
120-130 kg eq. CO₂/m²SDP peut
être économisé sur un projet.

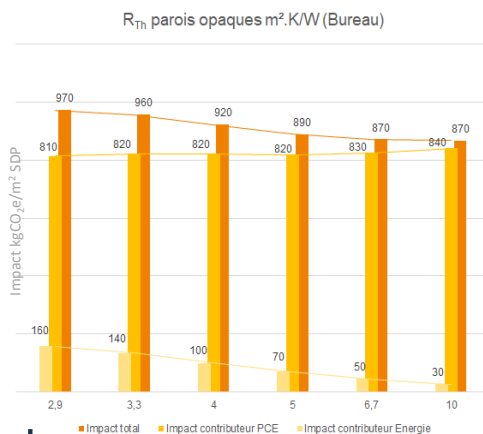
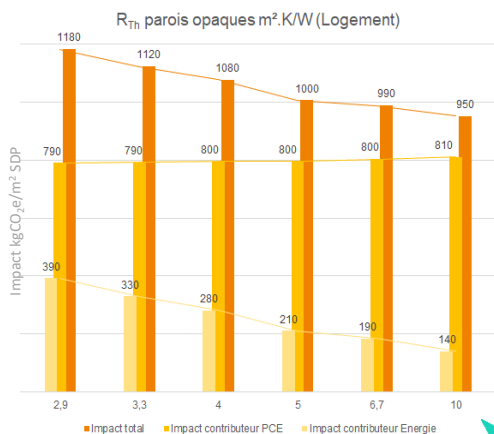
La matérialité de façade et son empreinte carbone est un facteur majeur sur le poids de ce levier. L'impact de la compacité est ainsi d'autant plus marqué que l'empreinte carbone de la façade est élevée.

Equation coût-carbone

Trois axes pour optimiser l'empreinte carbone des bâtiments



L'impact de l'isolation des parois opaques



LOGEMENT COLLECTIF

Variation jusqu'à



19% de l'empreinte carbone

BUREAUX

Variation jusqu'à

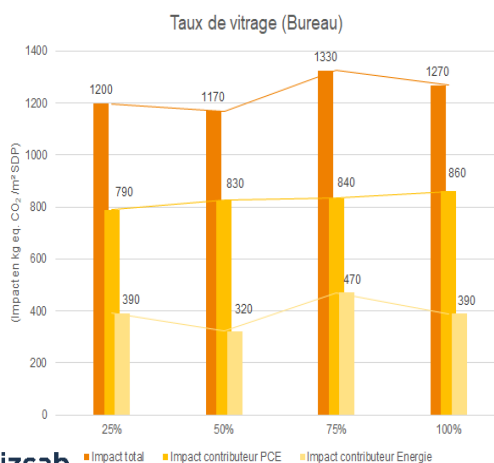
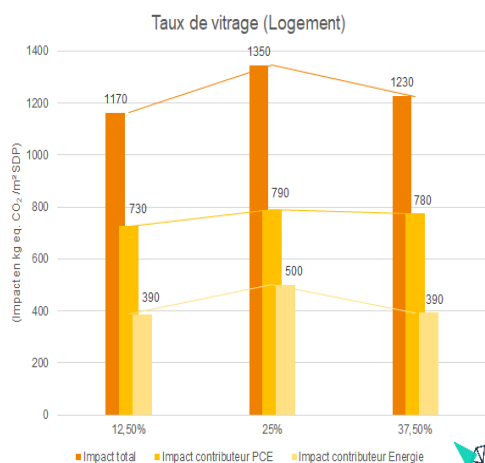


5% de l'empreinte carbone

L'amélioration des performances thermiques du bâtiment est concomitante avec les gains carbone. Le renforcement de l'isolation permet des gains énergétiques plus importants que l'impact carbone lié à l'ajout de matière. Cet impact est d'autant plus significatif en logement, compte tenu du rapport entre paroi opaque et paroi vitrée, soit $\pm 210 \text{ kg eq. CO}_2/m^2SDP$ en logement collectif contre $\pm 70 \text{ kg eq. CO}_2/m^2SDP$ en bureau sur cette étude.



L'impact du taux de vitrages



LOGEMENT COLLECTIF

Variation jusqu'à



9% de l'empreinte carbone

BUREAUX

Variation jusqu'à



19% de l'empreinte carbone

La diminution du taux de vitrage favorise jusqu'à un certain seuil l'empreinte carbone du bâtiment. L'impact de ce paramètre est d'autant plus marqué en bureaux pour lesquels les taux de vitrages sont élevés: soit $\pm 210 \text{ kg eq. CO}_2/m^2SDP$ en bureau contre $\pm 120 \text{ kg eq. CO}_2/m^2SDP$ en logement collectif sur cette étude.

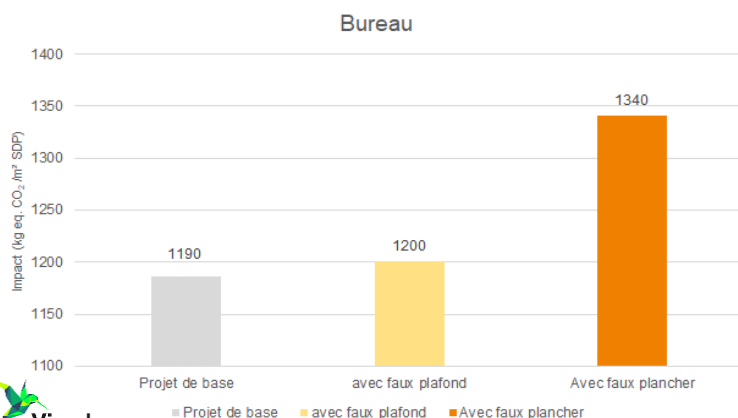
Les émissions liées aux matériaux diminuent au fur et à mesure de la réduction du taux de vitrage. Pour le contributeur énergie un équilibre est à trouver entre besoins de chaud et éclairage notamment. L'optimisation de ce taux est à affiner selon le projet, son orientation et le besoin de confort des différents espaces intérieurs.

Equation coût-carbone

Trois axes pour optimiser l'empreinte carbone des bâtiments



La frugalité, un exemple pour les bureaux



Références :

Planchers techniques 38 mm [gestion durable] + vérins métalliques (DED sécurité de 30 % supprimée)

Plafond suspendu plaque de plâtre 25 mm + Ossature en acier (DED sécurité de 30 % supprimée)

FAUX PLAFOND Variation jusqu'à



2% de
l'empreinte
carbone

FAUX PLANCHER Variation jusqu'à

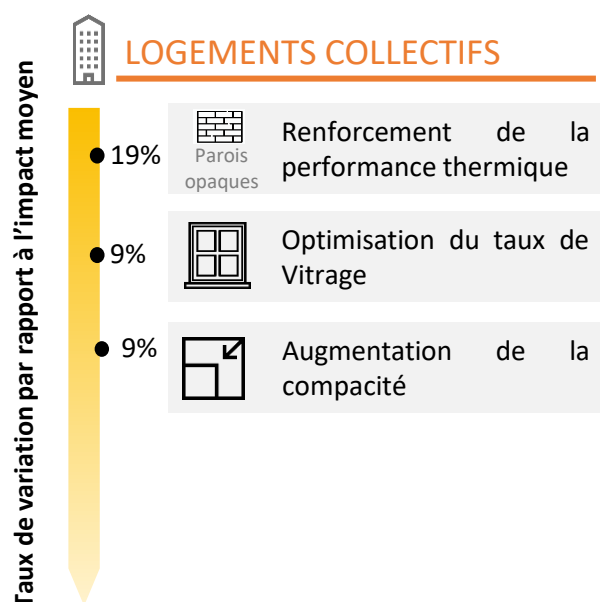
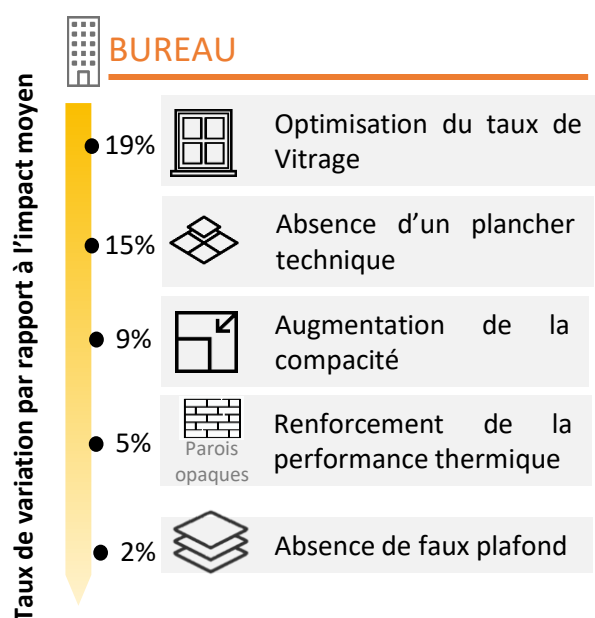


15% de
l'empreinte
carbone

Construire de manière frugale permet de réduire les impacts.

L'impact du faux plancher est significatif. Sa suppression (ou le recours au réemploi) permet des gains significatifs.

Synthèse – Hiérarchisation de l'impact des choix programmatiques sur les émissions carbone (énergie et matériaux)



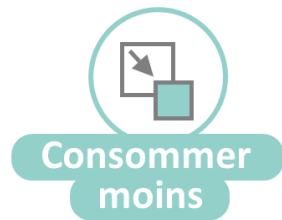
L'impact de ces paramètres est variable selon les typologies, comme le montre la synthèse de l'étude menée. Ils évoluent également fortement selon les spécificités des projets.

Equation coût-carbone

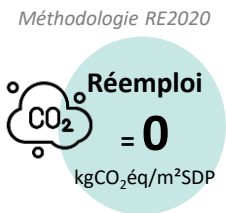
Trois axes pour optimiser l’empreinte carbone des bâtiments

Axe 2

Economie circulaire : le réemploi



Outres les enjeux spécifiques au réemploi (cadre assurantiel, disponibilité de ressource, acceptabilité,...), l’enjeu du chiffrage économique est apparu comme complexe en amont du projet compte tenu des faibles retours d’expériences.



Le réemploi offre toutefois des gains potentiels importants, notamment grâce à la méthode de calcul retenue dans le cadre de la RE2020. Cette approche doit être favorisée sur les projets et ainsi évoquée dès le début de la conception.

Nous saluons d'ailleurs une initiative collective visant à accélérer la pratique : le [Booster du réemploi](#)

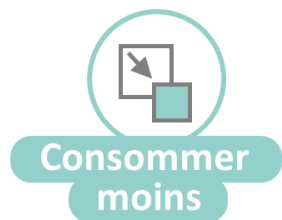
Exemple: estimatif du carbone évité potentiel à l’échelle d’un immeuble de bureau

Lot technique		Source	A l’échelle d’un immeuble de Bureau	
			Impact carbone évité (kgCO ₂ /m ² UF)	Impact carbone évité (kgCO ₂ /m ² SU)
			Statique	Statique
	Cloison amovible opaque	Cloison démontable en profilés aluminium à remplissage opaque (v.1.2)	27	7
	Plancher technique	Plancher technique surélévé non revêtu MDF [Ep. 38 mm] [Gestion durable] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFALT (v.1.6)	54	46
	Revêtement de sol souple	Médiane outil Hub	25	21
	Luminaire	Médiane outil Hub	104	25

Méthode RE2020: Réemploi = 0 kgCO₂eq

≈ 100 kgCO₂eq/m²SU

Optimiser la matière : Frugalité



Si l’uniformisation de certains éléments a été la logique appliquée ces dernières années, la recherche de gains carbone peut dans certains cas être plus favorable avec une approche détaillée pour adapter au plus juste la quantité de matière ...

(ex: épaisseurs de planchers et de voiles, sections des poteaux et des poutres...).

Questionner les usages

Cette approche nécessite une réflexion sur l’utilité ou la nécessité de certains éléments tout en préservant la qualité d’usage. Des optimisations sont parfois possibles au travers de prestations ajustées au besoin réel de l’utilisateur (surfaces carrelées, présence de faux plafonds, ...).

Equation coût-carbone

Trois axes pour optimiser l'empreinte carbone des bâtiments

Axe 3



Conommer mieux

Une étude fine des matériaux

Varier la nature d'un matériau peut permettre des gains allant jusqu'à 100% à l'échelle du produit.



Gammes produits et prestations:

Il existe une amplitude importante dans une même famille pour des coûts parfois similaires.

Un dialogue en amont du choix des produits permet d'orienter vers des solutions cohérentes avec une démarche bas carbone. Ce choix doit s'opérer à l'échelle du projet pour une approche iso-fonctionnelle selon les contraintes, les attentes programmatiques et les spécificités du bâtiment.

Il apparaît nécessaire de mieux appréhender les ordres de grandeurs à l'échelle des lots et des matériaux pour un choix éclairé. L'accompagnement de l'ensemble des acteurs et l'outillage des projets sont donc indispensables pour assurer une montée en compétence rapide.

L'acculturation de toute l'équipe de conception au bas carbone, un levier essentiel pour la réussite des projets

Comparer des choses comparables !

Un comparaison rigoureuse « iso-fonctionnelle » implique plusieurs critères à considérer. Pour exemple, un choix éclairé des isolants repose sur la connaissance de la résistance thermique, de la performance acoustique, de la tenue au feu ...

Il est important de rappeler que chaque matériau présente ses caractéristiques, et qu'une approche iso-fonctionnelle remise dans le contexte bâtiminaire est nécessaire pour évaluer pleinement la pertinence des solutions.

De nombreuses solutions impliquent des impacts indirects afin d'obtenir les mêmes performances (ajout d'un isolant phonique, augmentation de l'épaisseur d'un complexe,...). Ces variantes peuvent dans certains cas limiter voir compenser les gains carbone obtenus par une variante.

Equation coût-carbone

L'impact économique de la décarbonation ?

Des premiers seuils de performance carbone accessibles

Les études de cas menées montrent des gains carbonés significatifs (jusqu'à 7%) à budget quasi-constant (Scénario « budget identique »). Ces variantes ciblent pour les projets étudiés :

- Des solutions biosourcées
- Le recours à des bétons allégés en carbone de type CEM III

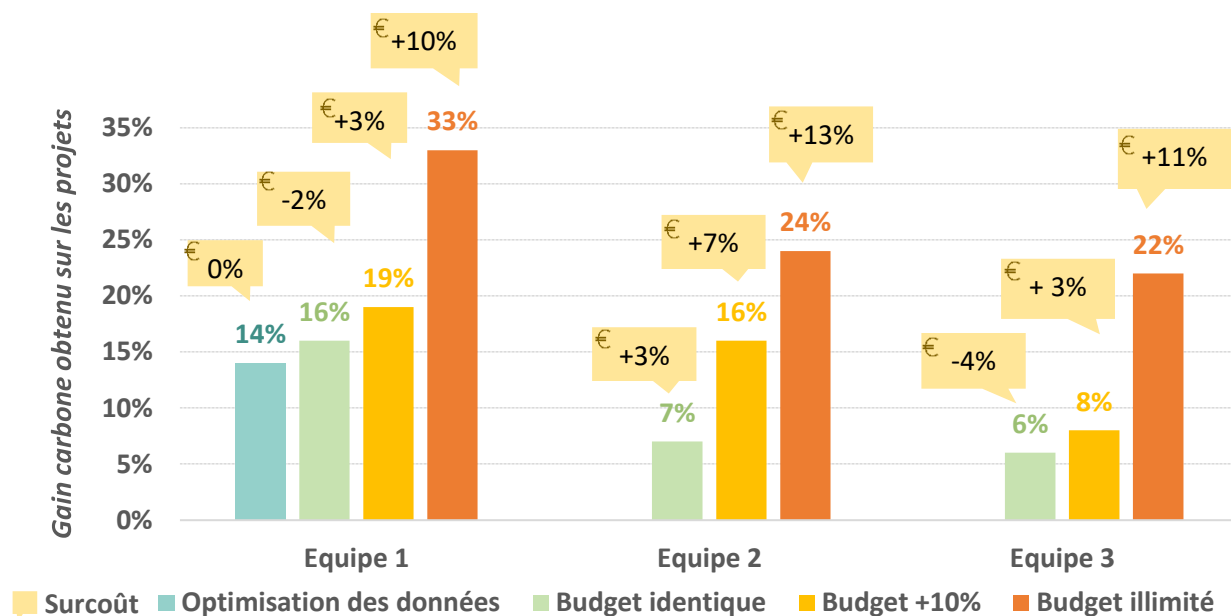
Un certain nombre de variantes pressenties comme « coûteuses » par les équipes se sont avérées moins élevées qu'envisagées. Ainsi des gains jusqu'à 20% ont été identifiés avec un « budget maîtrisé », soit +7 % maximum.



Des solutions bas carbonés ne sont pas systématiquement synonyme de surcoûts.

ANALYSE DES ÉTUDES DE CAS

Gain carbone obtenu par les projets selon quatre scénarios



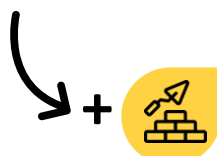
* Cas 2 & 3: ACV réalisée pour l'étude; l'optimisation des données a ainsi été réalisée lors du calcul de l'état initial

L'analyse des variantes retenues selon les scénarios, montre :

- **Budget identique** : Une prépondérance pour l'optimisation du second œuvre et de la façade à budget identique. Le choix des variantes est alors très dépendant des projets. L'optimisation du projet a également été retenue, et a fait l'objet de moins value.
- **Budget maîtrisé** : L'accès à un budget plus large a permis l'intégration systématique de variantes sur le gros œuvre.



Façade
Second œuvre
Réemploi et frugalité



Variantes
structurelles

Equation coût-carbone

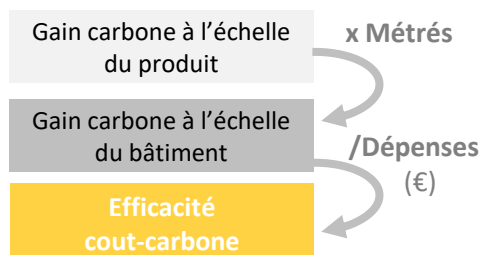
L'impact économique de la décarbonation ?

L'efficacité coût-carbone des variantes

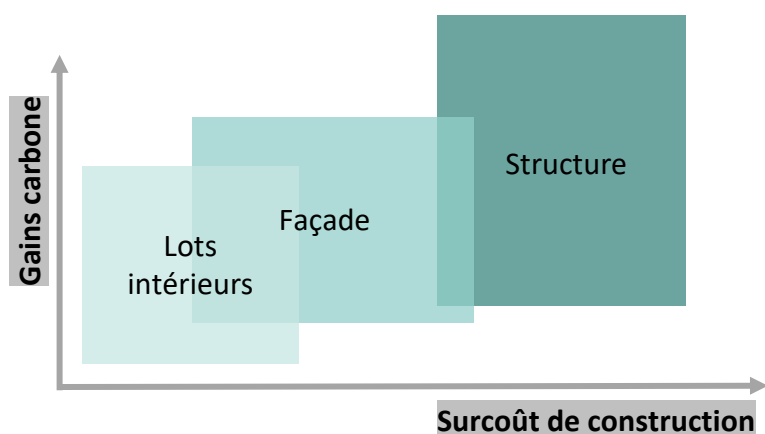
La comparaison des trois cas d'études montre une forte variabilité de l'équation coût-carbone des solutions retenues entre projets mais aussi au sein d'un même projet.



Une forte variabilité des coûts entre les projets



Equation coût-carbone des variantes retenues par les projets



Des variantes à forte efficacité coût-carbone à identifier sur tous les lots

Une forte variabilité au sein d'une même catégorie

Façade et prestations intérieures

Sur les lots de façade et de prestations intérieures, les solutions issues du réemploi ainsi que celles biosourcées présentent une équation coût-carbone parmi les plus élevées dans le cas des projets étudiés. Ces dernières verront d'ailleurs leur efficacité accentuée avec l'ACV dynamique.

Structure

Les variantes en structure retenues par les projets concernent en majorité le recours à des bétons allégés en carbone (de type CEM III). Il est à noter que la prise en compte des coûts de mise en œuvre ont été partiellement intégrés faute de données. Point de vigilance: un arbitrage est en cours sur l'impact carbone des laitiers de haut fourneau (Cf. [Brief sur le béton](#)).

On constate des familles de variantes avec des incidences coût et carbone variables.

L'identification de l'optimum coût-carbone :

Des tendances à compléter par une approche au cas par cas

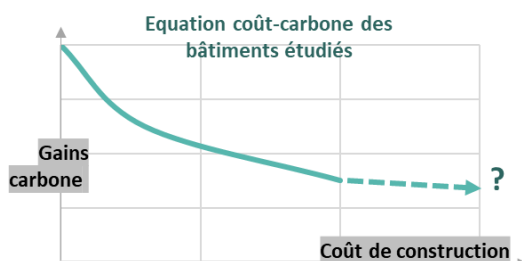
Equation coût-carbone

L'impact économique de la décarbonation ?

Le « plancher technique bas carbone » : jusqu'où peut-on abaisser l'empreinte carbone des bâtiments ?

En réunissant l'ensemble des leviers disponibles, quel serait le poids carbone minimum d'un bâtiment ? Les 3 équipes ont étudié un scénario « budget illimité ».

Nous constatons qu'en l'absence de contrainte économique, le plancher technique bas carbone est atteint en raison de plusieurs freins contextuels :



- Des **contraintes réglementaires**, telles que les règles d'urbanisme qui contraignent certaines variantes notamment structurelles du fait d'une hauteur de bâtiment plafonnée. Ce point révèle le rôle des politiques urbaines dans l'incitation et la création d'un cadre favorable à des constructions bas carbone (ex: bonus de constructibilité, prescriptions...).
- Des **enjeux techniques**, certaines variantes nécessitent de modifier en profondeur le projet. De ce fait, elles ne peuvent être initiées qu'en amont, et ne peuvent en aucun cas être appliquées au cours du projet.
- Un **niveau de connaissance** insuffisant pour quantifier d'un point de vue carbone et économique certaines variantes innovantes (prix fourniture mais surtout impact sur le coût de mise en œuvre).

Un compromis est à rechercher dans l'optimisation du projet afin de conserver une qualité architecturale compatible avec les attendus des usagers et à son intégration dans un contexte urbain existant.

Une montée en puissance de l'ensemble des acteurs sera nécessaire pour lever ces freins. Aménageurs et collectivités, maitres d'ouvrage, maitres d'œuvre, entreprises et industriels ont un rôle à jouer pour décarboner les bâtiments.

Bureau



Kalifornia - Droits réservés

Logements collectifs



Le Carré d'Italie II © Naaja Architectes Urbanistes



Naaja
ARCHITECTES URBANISTES
JACQUOT / BOUTELLOU / ASSOCIES



Imagine - Droits réservés

FICHES PROJET

Cas d'étude n°1

Bureaux



Opération	Kalifornia
Promoteur	Bouygues Immobilier
Architecte	Ateliers 2/3/4/

PROGRAMME

Surface (SDP)	23 610 m ² R+6 ; 3 niveaux de sous-sol
Localisation	Malakoff (92)
Performance environnementale	E2C1

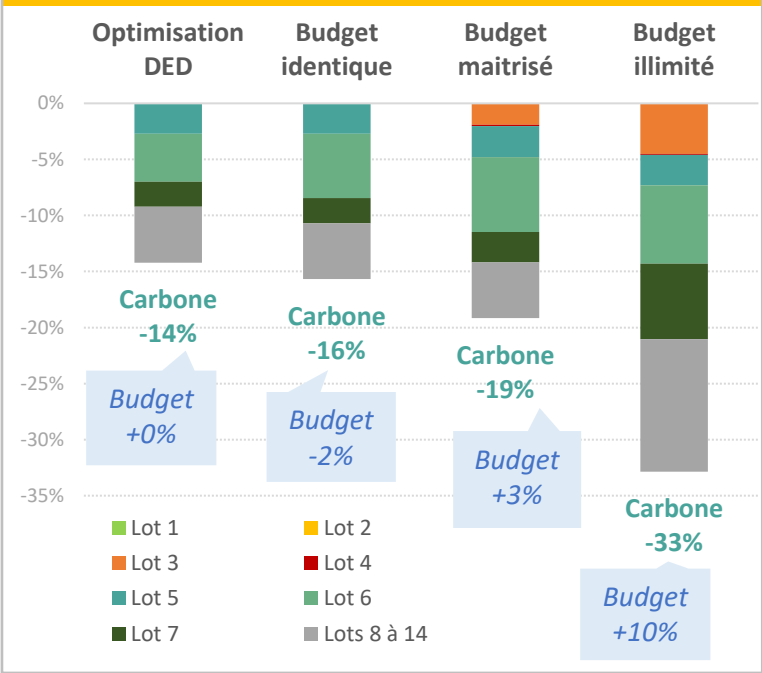


CONCEPTION	Verticaux	Voiles béton + poteaux
	Horizontaux	Poutres béton
	Façade	Voile percé et briques pleines
	Fondations	Pieux béton

SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES

Chauffage	CTA avec récupérateur d'énergie
Refroidissement	Réversibilité du réseau de chauffage
ECS	BECS individuel
Ventilation	VMC Double flux

Evolution de l'équation coût-carbone par rapport à l'état initial



POIDS CARBONE INITIAL



- ▶ Une optimisation significative liée à la qualité de la donnée (160 kgCO₂/m², soit un gain carbone de 14%)
- ▶ Des efforts concentrés sur le second œuvre et les lots techniques pour un budget identique.
- ▶ L'optimisation du gros œuvre est recherchée avec une souplesse du budget, dès le scénario « budget illimité

Cas d'étude n°1

Bureaux

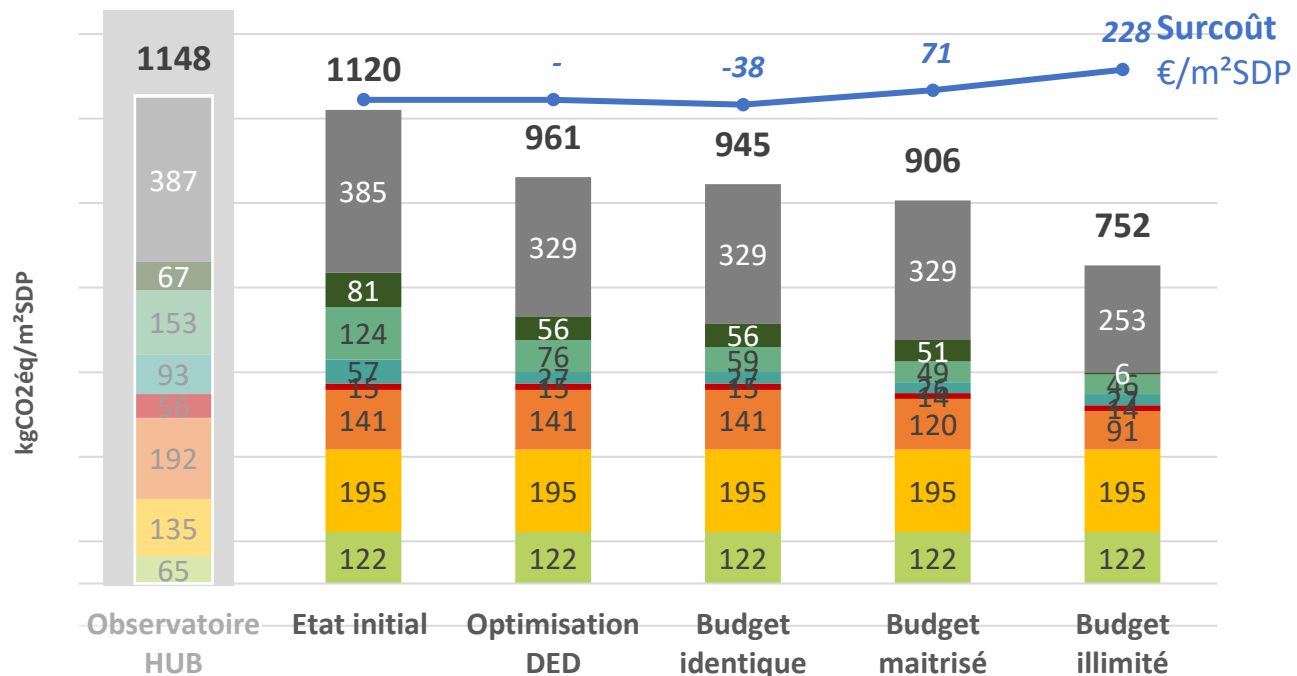
- 4. Couverture – Etanchéité - Charpente - Zinguerie

■ 8 à 14. Lots techniques
- 3. Superstructure - Maçonnerie

■ 7. Revêtements des sols, murs et plafonds - Chape -Peintures - Produits de décoration
- 2.Fondations et infrastructure

■ 6. Façades et menuiseries extérieures
- 1.VRD (Voirie et Réseaux Divers)

■ 5. Cloisonnement - Doublage - Plafonds suspendus - Menuiseries intérieures



CO₂

-2%

€

-2%

Variantes

Complexe isolant
(Laine de verre + parement brique
⇒ biosourcé + enduit)
Menuiseries ext.
(Alu ⇒ Bois)

-1,3%

-1,6%

-0,2%

0,0%

CO₂

-3%

€

+5%

Variantes

Structure béton
super et infra
(CEM ⇒ CEM III à 50%)
Menuiseries
ext. (Alu ⇒ Bois - Alu)
Peinture
recyclée
Couverture
(Acier ⇒ Tuile
béton)
Faux-planchers
et garde-corps
de réemploi

-1,9%

1,0%

-1,1%

2,7%

-0,5%

0,4%

-0,1%

0,1%

-0,3 %

0,6%

CO₂

-14%

€

+7%

Variantes

Fluide frigorigène
(⇒ R744)

Structure mixte
bois métal
(Poteaux/poutres BLC
et métalliques +
MOB + Planchers CLT)

Complexe isolant
(Laine de verre +
parement brique
⇒ biosourcé + enduit)

Variante frugale
Suppression des faux-
plafonds
Sol dur (coulé ⇒ pierre
calcaire de réemploi)
Réduction surface
carrelage (Sanitaires)

-7%

0%

-4,5%

1,1%

-1,6%

1,8%

-4,0%

5,4%

Optimisation de la donnée

CO₂

-14%

Lots architecturaux		Lots techniques	
Store (Configurateur)	-4,3%	Approche détaillée	-2,8%
Faux-plancher (DED⇒ FDES)	-2,7%	Plafond rayonnant (DED ⇒ PEP)	-1,7%
Moquette (FDES collective ⇒ individuelle)	-2,2%	Calorifuge (DED ⇒ FDES)	-0,3%
		Détecteur de présence et interrupteur (DED ⇒ PEP)	-0,1%

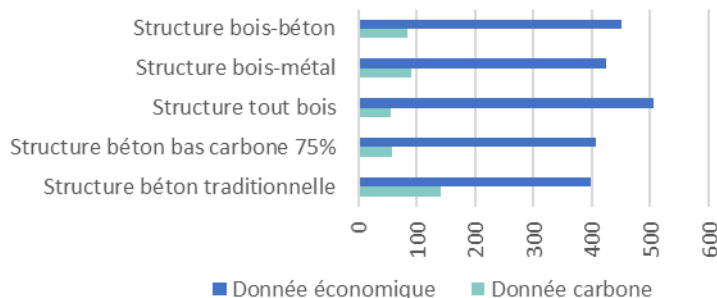
Suppression du CEMIII (+2,3%) (-1%)

Cas d'étude n°1

Bureaux

Variantes structurelles

Ratio kgCO₂/m²SdP et €/m² SdP



► La variante structure bois-métal est le meilleur compromis entre performance carbone et contraintes techniques sur l'opération (hauteur libre, gabarit).

Les solutions en tout bois ou bois béton impliquent des épaisseurs de plancher non compatibles avec le projet

Variante « Béton bas carbone » en CEM III :

La donnée économique de cette variante a été sous-évaluée :

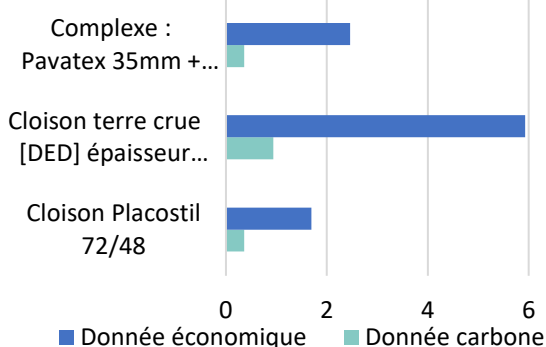
- Les frais d'immobilisation et le temps de séchage n'ont pas été intégrés : seul le surcoût matière a été intégré dans un premier temps. Idéalement, il faudrait différencier l'infrastructure de la superstructure : les surcoûts sont susceptibles de varier (impact différencié du temps de séchage en lien à la fréquence de rotation).

Les émissions carbone seront à termes sous-estimées compte tenu du double comptage qui fait l'objet d'une révision (entre cimentier et sidérurgie). Cf [Brief sur le béton](#)

La quantité de laitiers de haut fourneau est limitée et déjà exploitée à 80%. Le CEMIII ne pourra donc pas se généraliser sur l'ensemble des projets

Cloisons de distribution

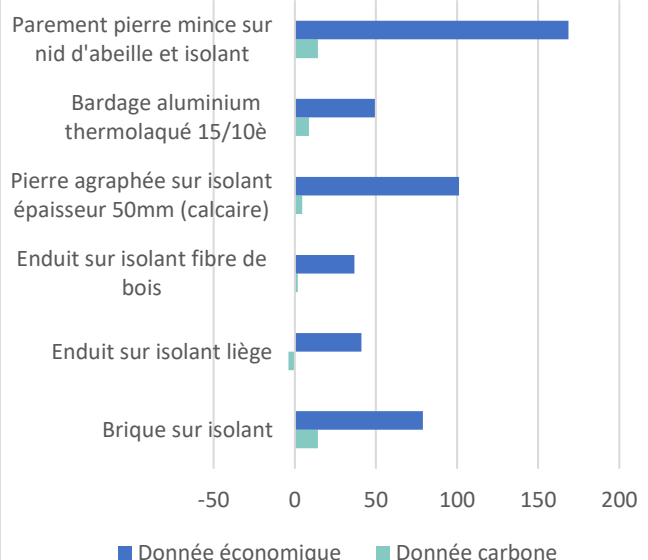
Ratio kgCO₂e/m²SdP et €/m² SdP



► Le pavatex présente un gain carbone limité en cloison

Variantes: Revêtements de façades

Ratio kgCO₂e/m²SdP et €/m² SdP

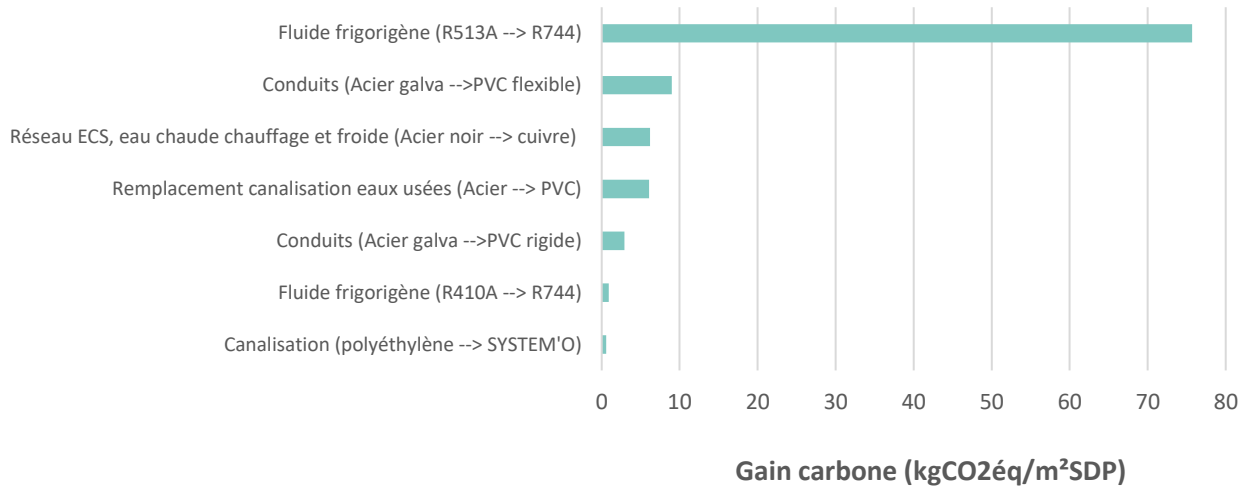


► Une amplitude importante est observée sur les revêtements de façade. Cette approche par éléments est toutefois à compléter avec une approche globale par complexe pour une analyse iso-fonctionnelle

Cas d'étude n°1

Bureaux

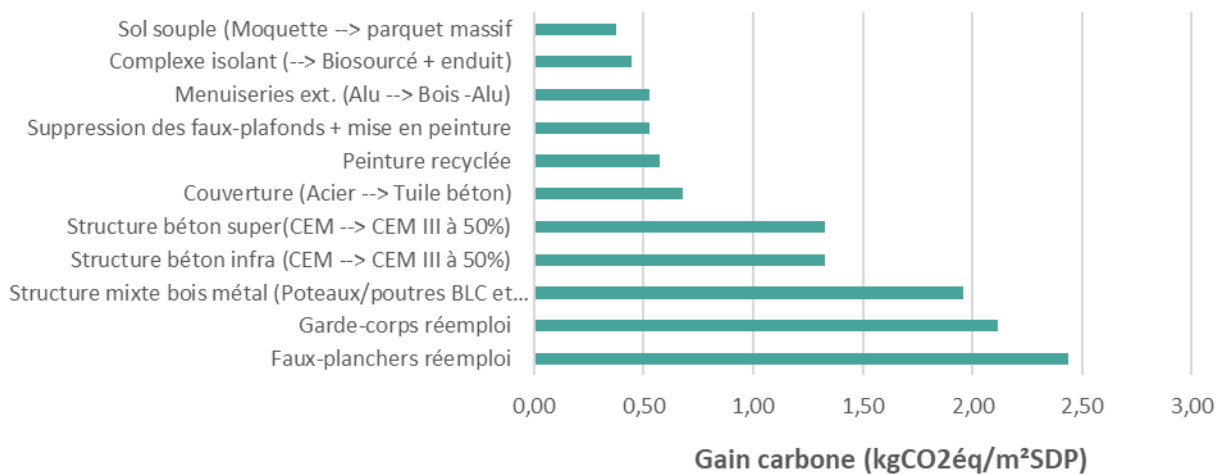
Variantes sur les lots techniques



► Ces pistes indiquent un potentiel à étudier sur les lots techniques

Efficacité coût carbone des variantes

Gain carbone par € du m² investi



Les variantes présentant la meilleure équation coût-carbone :

- Les solutions de réemploi (présentant sur ces cas une moins value par rapport à une solution neuve)
- Des modifications sur la structure : le recours à une solution mixte, ou l'utilisation de béton dit « bas carbone »

Cas d'étude n°2

Logement collectif

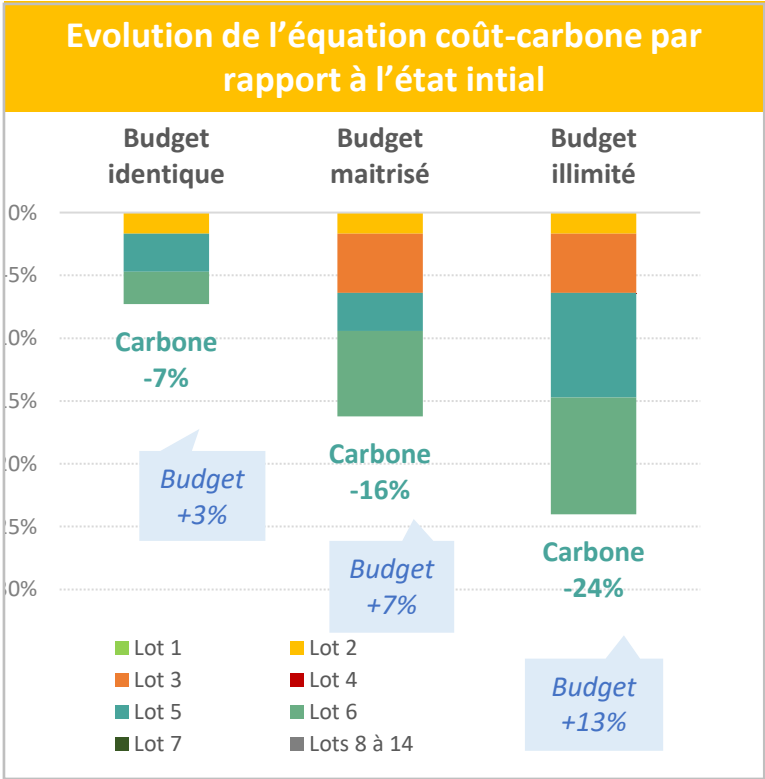


Opération	Le Carré d'Italie II
Promoteur	CITIC
Architecte	NaaJa Architectes Urbanistes

PROGRAMME

Surface (SDP)	1861 m ² R+6 ; 1 niveau de sous-sol
Logements	27 Logements
Localisation	Villejuif (94)
Performance environnementale	RT 2012 -20%

CONCEPTION	MODE CONSTRUCTIF		SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES	
	Verticaux	Voiles béton	Chauffage	Chaudière individuelle à gaz
	Horizontaux	Plancher béton	ECS	Chaudière individuelle à gaz
	Façade	Voiles béton	Ventilation	Parking: Naturel Logements: VMC simple flux
	Fondations	Fondations superficielles type "Semelles"	Autre	34m ² de panneaux photovoltaïques



POIDS CARBONE INITIAL



- Une optimisation axée sur deux postes :
- le système constructif (recours à un béton bas carbone de type CEMIII)
 - La façade, avec les menuiseries mais également le complexe (isolant et bardage)

Cas d'étude n°2

Logement collectif

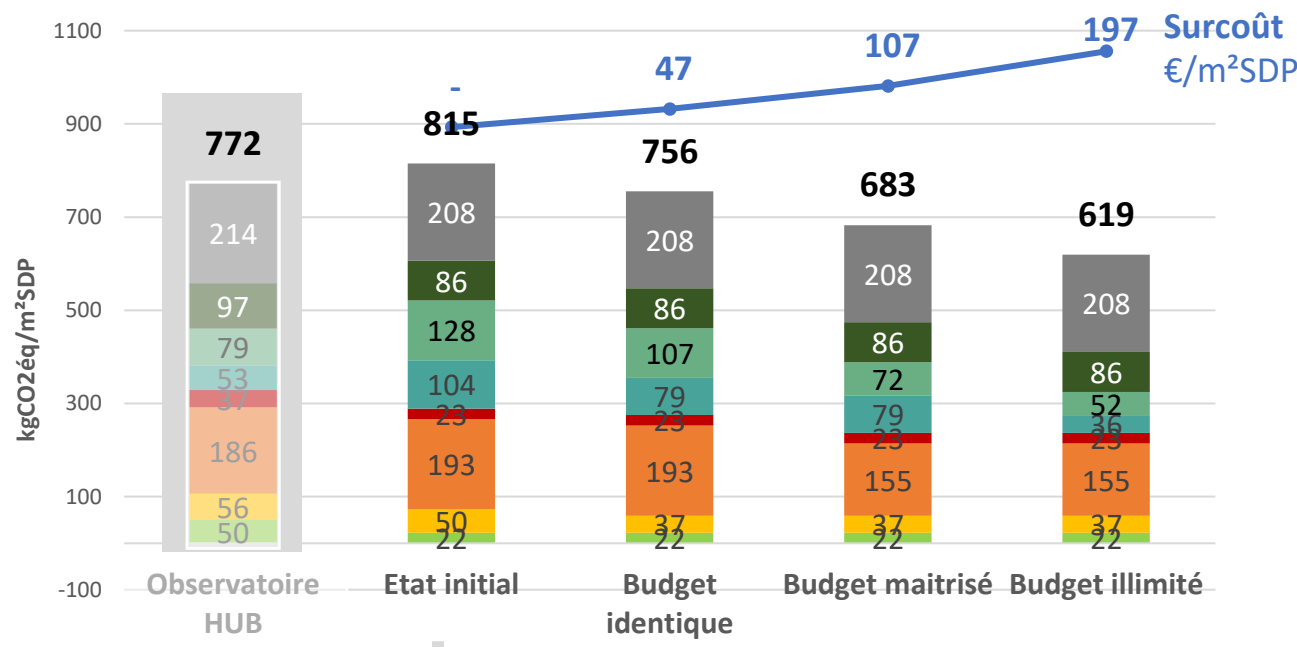
- 4. Couverture – Etanchéité - Charpente - Zinguerie

■ 8 à 14. Lots techniques
- 3. Superstructure - Maçonnerie

■ 7. Revêtements des sols, murs et plafonds - Chape - Peintures - Produits de décoration
- 2. Fondations et infrastructure

■ 6. Façades et menuiseries extérieures
- 1. VRD (Voirie et Réseaux Divers)

■ 5. Cloisonnement - Doublage - Plafonds suspendus - Menuiseries intérieures



CO₂

-7%

€

+3%

Variantes

Infrastructure (⇒ CEM III) -1,4% 0,9%

Cloisonnement (Ba13 ⇒ Pavatex) -3,1% 1,0%

Menuiserie (Acier ⇒ bois) -2,7% 0,9%

CO₂

-9%

€

+4%

Variantes

Super (Béton ⇒ CEM III) -4,1% 1,5%

Volets (alu motorisé ⇒ bois) -4,4% 1,3%

Attique bois -0,8% 0,9%

CO₂

-8%

€

+6%

Variantes

Porte bois à âme alvéolaire -3,0% 0,0%

Doublage isolant (PSE ⇒ biosourcé, pavatex) -2,6% 0,3%

Complexe de façade (bardage béton ⇒ bois) -2,6% 5,4%

CO₂

0%

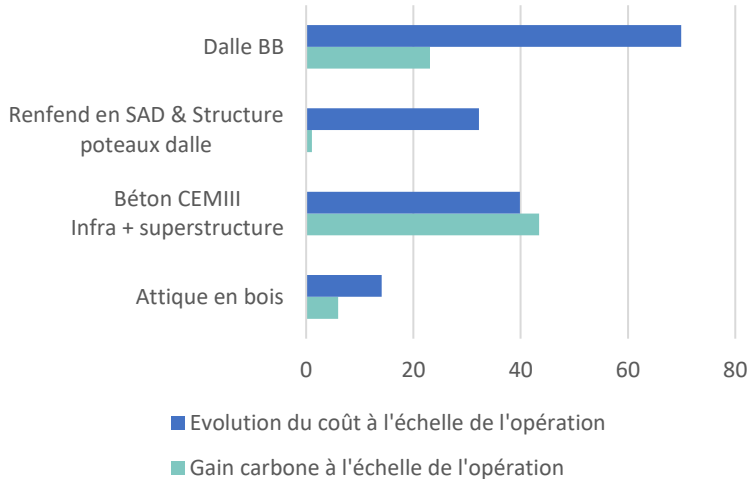
Optimisation de la donnée

ACV réalisée dans le cadre de l'atelier. L'équipe a ainsi identifié dès l'état initial des valeurs collectives ou individuelles dès lors qu'elles existaient.

Cas d'étude n°2

Logement collectif

Variantes structurelles

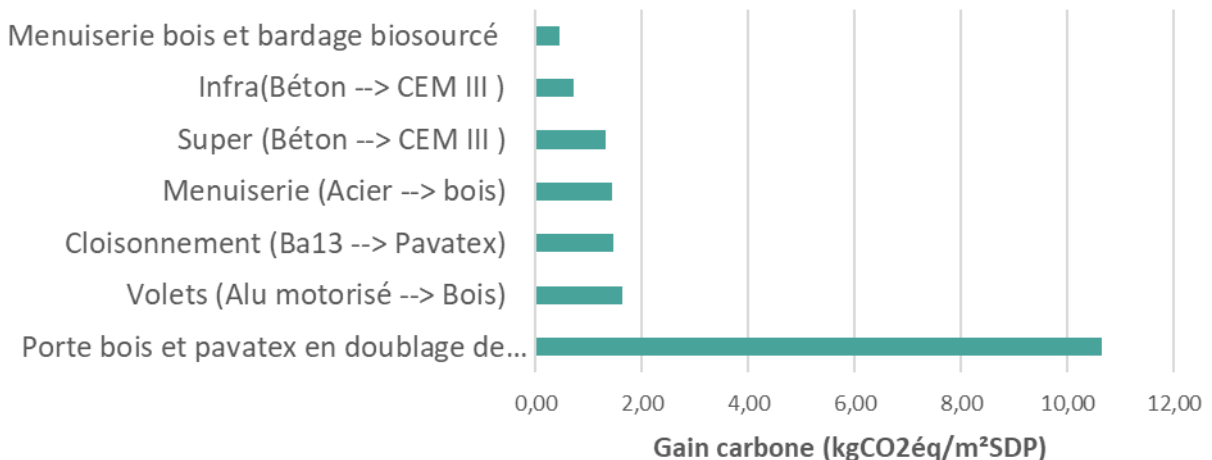


► Le recours au béton de type CEMIII représente le meilleur bénéfice coût-carbone sur ce projet.

(Cf. commentaires sur les bétons intégrant des laitiers de haut fourneau pour l'analyse de l'équipe 1)

Efficacité coût carbone des variantes

Gain carbone par € du m² investi



Les variantes présentant la meilleure équation coût-carbone :

- Les solutions biosourcées
- Le recours à du béton moins carboné (CEM III)

A noter certaines variantes structurelles n'ont pas été étudiées, étant difficilement estimables financièrement sans étude très poussée (contraintes structurelles, rendus architecturaux, combinaison de matériaux...)

Cas d'étude n°3

Logement collectif

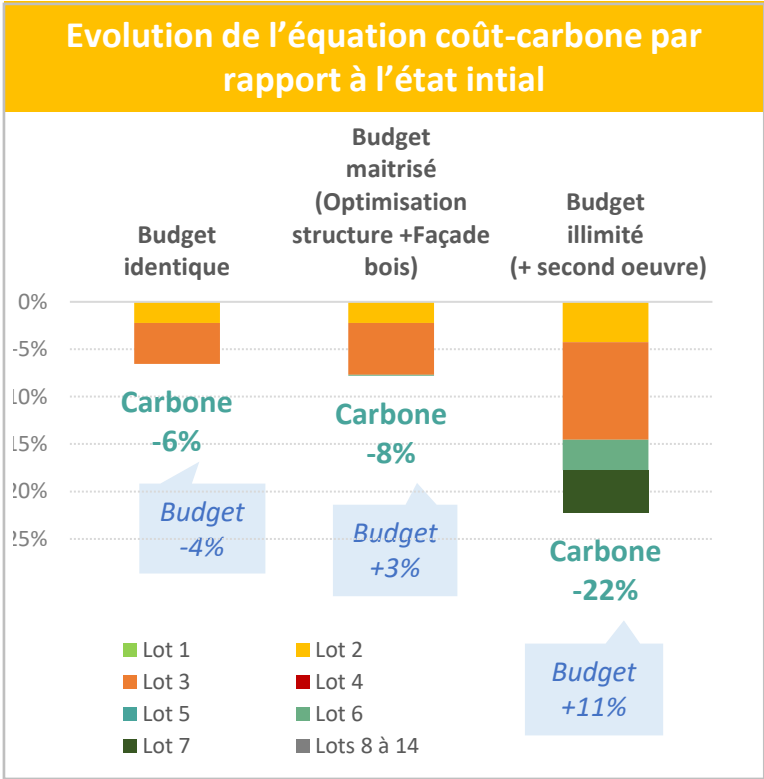


Opération	IMAGINE
Promoteur	Bouygues Immobilier
Architecte	Boille & Associés Architectes

PROGRAMME	
Surface (SDP)	2 445 m ² R+3 ; 1 niveau de sous-sol
Logements	41 Logements
Localisation	Tours (37)
Performance environnementale	RT 2012

CONCEPTION	MODE CONSTRUCTIF	
	Verticaux	Brique terre cuite 20 cm / Béton 20 cm
	Horizontaux	Dalle béton 20 cm
	Façade	Plaquette terre cuite / Enduit
	Fondations	Superficielles (semelles filantes et isolées)

SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES	
Chauffage	Gaz individuel (pour T3 / T4 / T5) Effet Joule (pour T2)
ECS	Gaz individuel (pour T3 / T4 / T5) CET individuel (pour T2)
Ventilation	Simple flux hydroréglable de type B



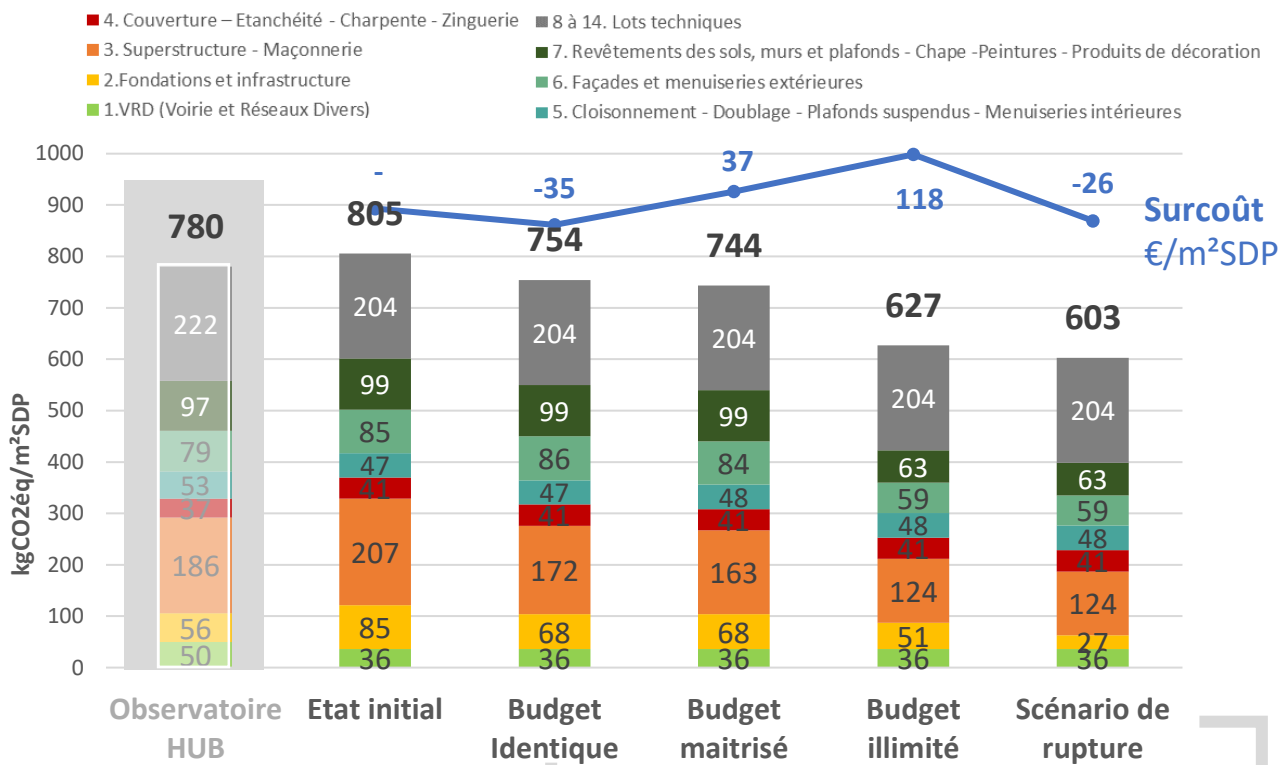
POIDS CARBONE INITIAL

841 kgCO₂eq/m²SDP

- Une optimisation axée sur la structure :
- Réduction du linéaire de façade
 - Alignement des structures
- Complétée par une façade bois et le recours à des matériaux bas carbone

Cas d'étude n°3

Logement collectif



Variantes

Infrastructure :	
Optimisation des poutres et hauteurs de murs	-3,7%
Réduction de l'épaisseur de dalle	-5,2%
Superstructure :	
Alignement de la structure	-2,7%
Structure poteaux-poutres	+1,3%
Optimisation des ouvrants	

⚠ L'alignement de la superstructure a induit une augmentation de 10% de la surface de plancher

Optimisation de la donnée



ACV réalisée dans le cadre de l'atelier. L'équipe a ainsi identifié dès l'état initial des valeurs collectives ou individuelles dès lors qu'elles existaient.

Variantes

Façade bois et attique bois	-1,3%*	+7,4%
-----------------------------	--------	-------

**Gains sous-estimés, l'allègement de la structure et la réduction induite des fondations n'ayant pu être estimée*

Variantes

Superstructure (⇒ CEM III)	-4,9%	+0,4%
Logement- Sol (PVC ⇒ parquet massif)	-3,3%	+3,7%
Menuiserie et volet (PVC ⇒ bois)	-2,5%	+1,7%
Infrastructure (⇒ CEM III)	-2,0%	+0,3%
Sol Parties communes (⇒ moquette recyclée)	-1%	+0,0%
Peinture (⇒ Aqueuse biosourcée)	-0,6%	+0,6%

Variantes

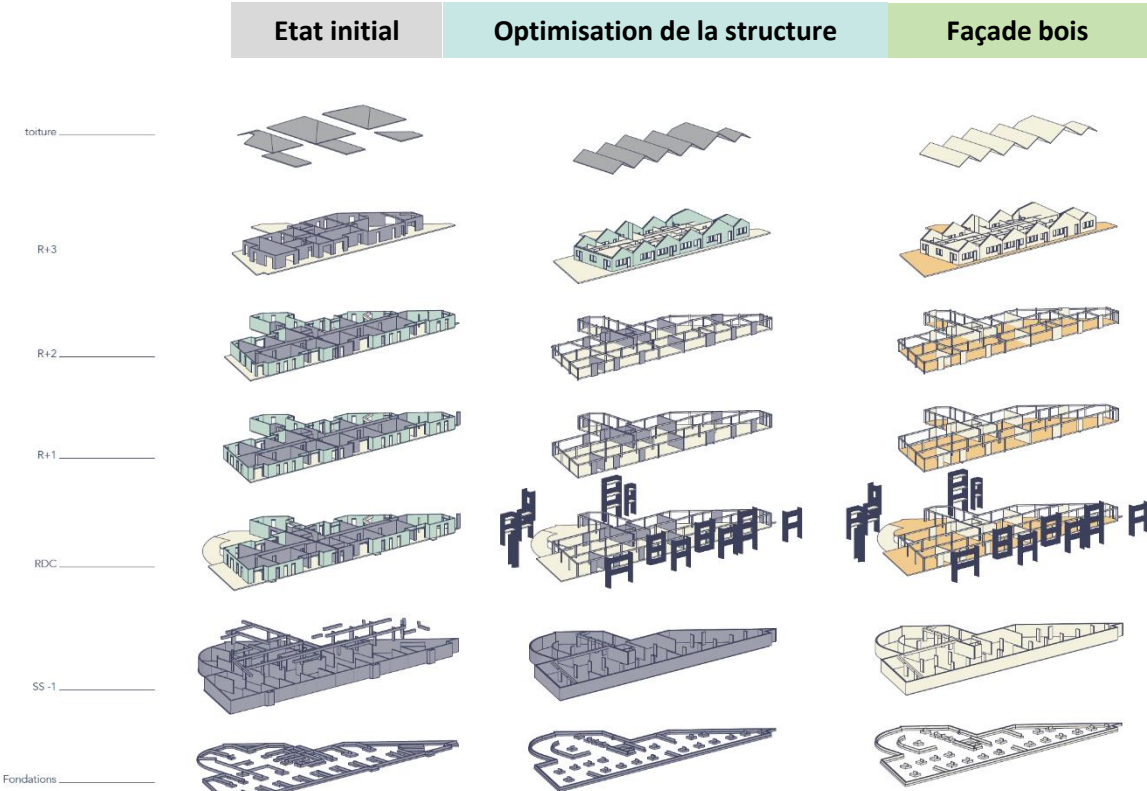
Suppression parking	-3,0%	-14,7%
---------------------	-------	--------

⚠ L'impact sur les VRD n'a pas été considéré dans cette estimation, laissant supposer :

- Des gains carbonés sous-estimés.
- Un temps de chantier surestimé qui pourrait impliquer un gain économique.

Cas d'étude n°3

Logement collectif



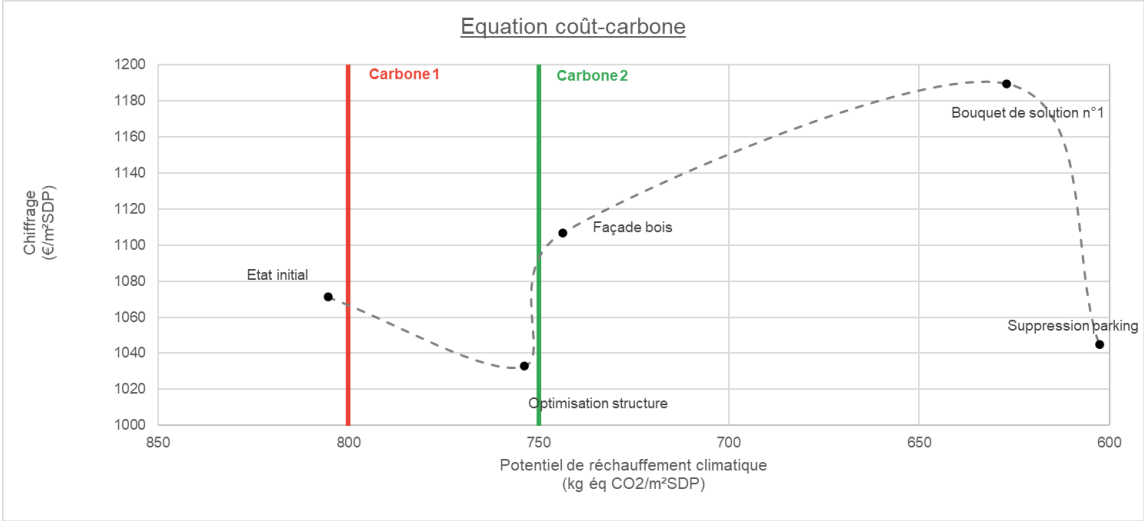
Linéaire de façade :
Réduction de 12% du linéaire du plan de l'étage courant (179m à 157m)

Alignement de la structure, structure poteaux-poutres et attique bois :
Réduction du volume de béton de -60% (2419 m³ optimisés à 986 m³ de béton coulé).

SDP augmentée de 10%

Façade en bois

Réduction des fondations
suite à l'allègement de la superstructure

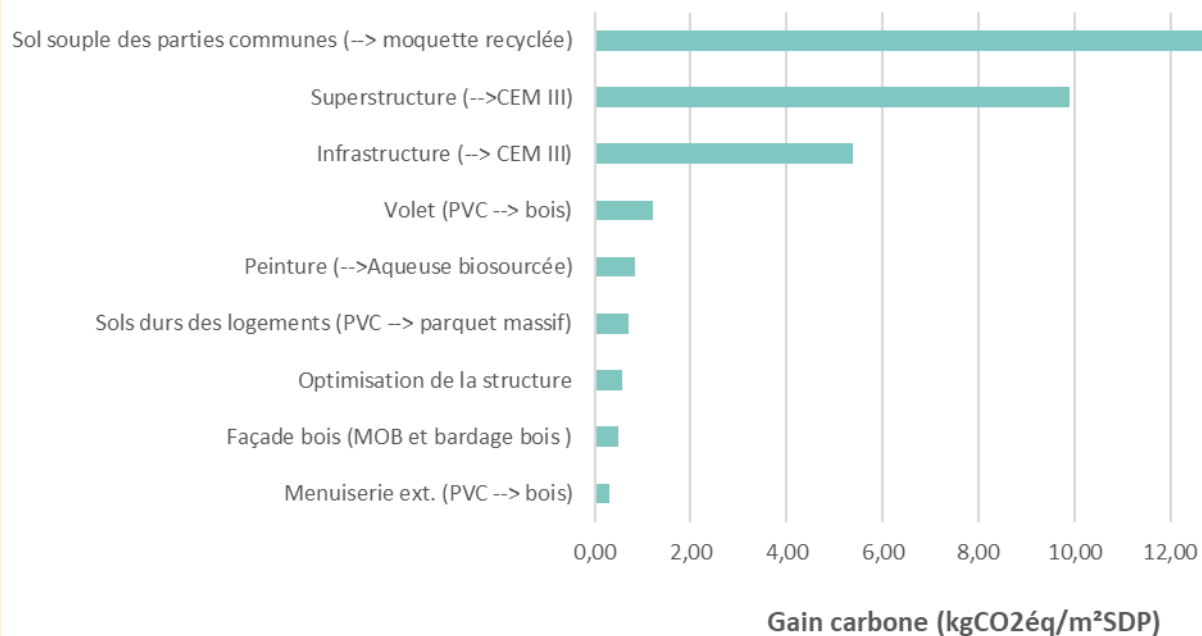


Cas d'étude n°3

Logement collectif

Efficacité coût carbone des variantes

Gain carbone par € du m² investi



Les variantes présentant la meilleure équation coût-carbone :

- ▶ Le recours au réemploi
- ▶ Les solutions biosourcées
- ▶ Le recours à du béton moins carboné (CEM III)

Remerciements aux participants de l'atelier

Equipe 1



Amedeo Marques
Karol Claverie
Agathe Papin



Laure Meriaud
Jeanne Rozé
Jean Guidet



Julien Courville



Hervé Marcastel
Frédéric HERIN



Kevin Thizy
Vincent Lugherini



Arthur Pasquier
Sibylle Martin
Camille Gautier



setec
bâtiment

Paul Durand
Maxime Jeanny
Fior Scott-nouzille

Equipe 2



Christian Vidal
Maxence Lorriere



Lisa Bouteldja



Thibault Laville
Victor Marsat



Abrillet Yanick
Nicolas Lutton
Floriane Curtil



Soufyane Abdoune
Louis Ratajczak
Corentin Choveau



Cecile Granier

Equipe 3



Hubert Bokobza
Coralie Raynaud-Morin



Vincent Braure



David Lebannier
Pauline Aubin



Marie Caroline Mesgouez
Laura Pailhes



Vincent Alejandro



Cédric Nicard



Remerciements aux membres du Hub des prescripteurs bas carbone

Les maitres d'ouvrage et entreprises générales

Merci au CSTB



Les maitres d'œuvre



Rejoignez le HUB !

DEUX COMMUNAUTÉS



- Architectes
- Bureaux d'étude toutes disciplines
- Assistants à maîtrise d'ouvrage environnementalistes
- ...

DES OUTILS DE PRESCRIPTION DU BAS CARBONE

Outil Observatoire E+C-



Briefs techniques & innovations



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

Outil Matériaux Base INIES

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

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, des programmes performanciers...

Briefs de filières

Prochain brief sur les façades !

REJOIGNEZ LE HUB DES PRESCRIPTEURS
BAS CARBONE

Contactez nous pour plus d'informations :

hub_bascarbhone@ifpeb.fr

