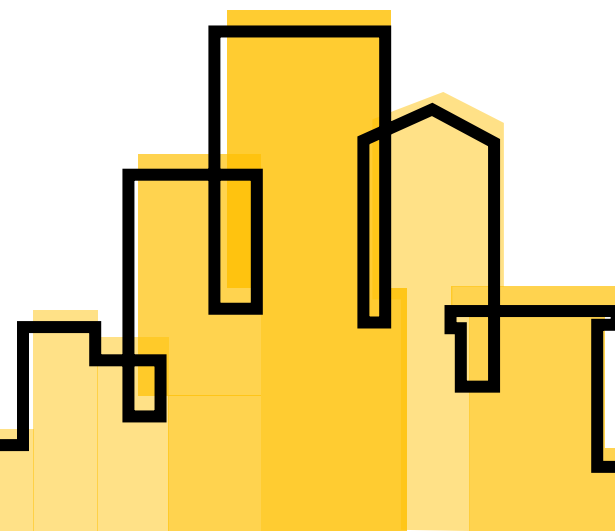




Rénovation Bas-Carbone

Quelle équation coût-carbone ?

27 février 2024
Webinaire 2



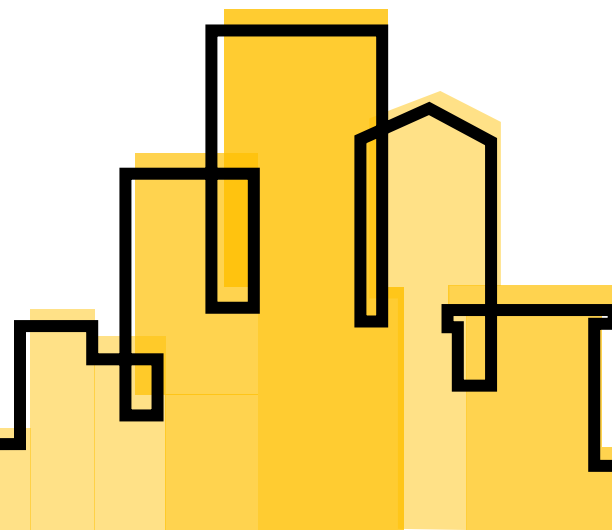
Mot d'accueil



Laurent Morel

Président IFPEB

Associé Carbone 4



L'équipe du HUB



**Christophe
RODRIGUEZ**

Directeur Général



**Guillaume
MEUNIER**

Consultant bas carbone



**Emilie
BOUCHARD**

*Consultante carbone et
économie circulaire*



**Paco
VADILLO**

Chef de projet



**Eugénie
PREGO CAUCHET**

Consultante



**Le Hub des Prescripteurs
Bas Carbone**



“

*L'avant-garde du bas
carbone dans le monde !*

”

1 **COMPRENDRE**
Accélérer l'apprentissage du bas carbone

2 **AGIR**
S'outiller pour une prescription éclairée
du bas carbone

3 **IMPACTER**
de façon positive

Une trentaine de maîtres d'ouvrages



Presque 60 maîtres d'œuvre & Bureau de Contrôle



Présentation du HUB



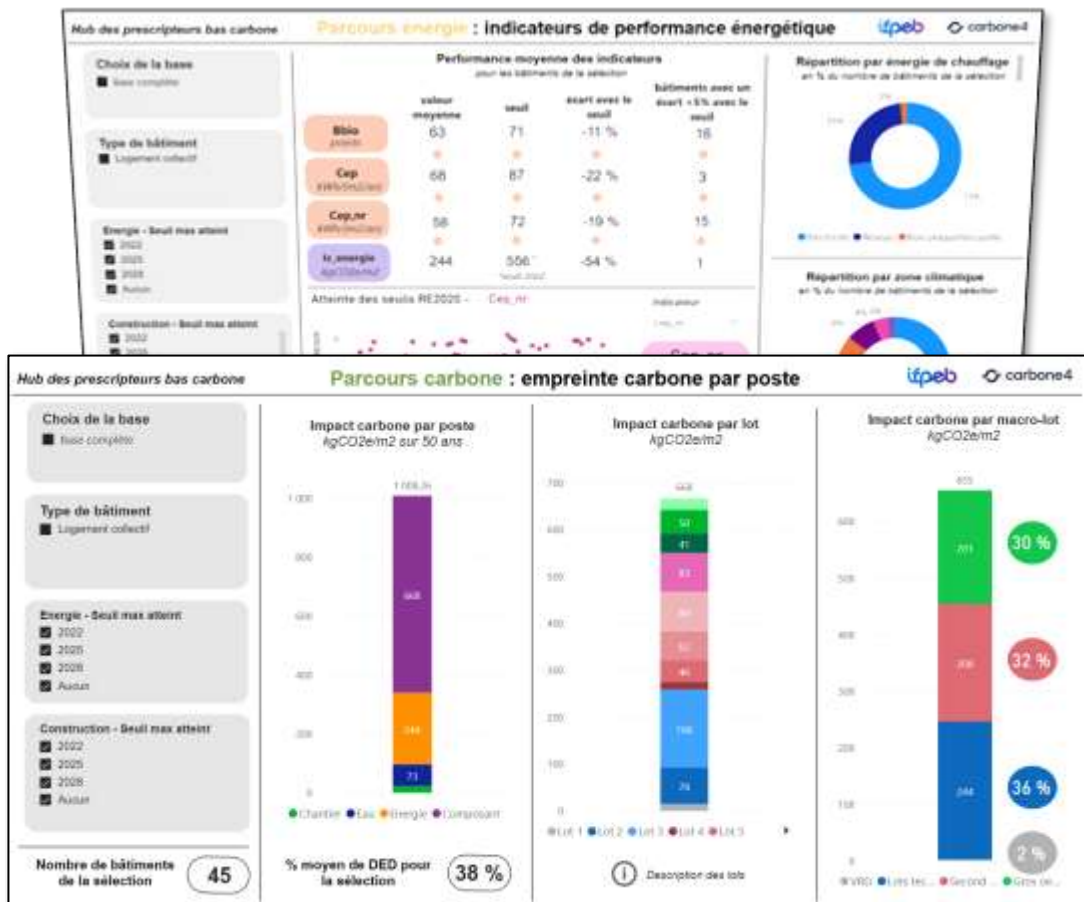
Nos deux axes de travail pour 2023

Présentation du HUB

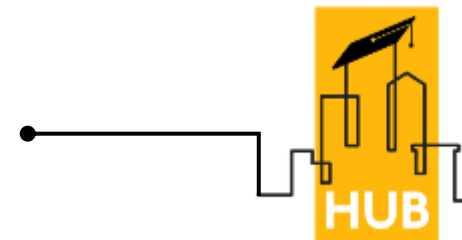


OBSERVATOIRE RE2020

ATELIERS RÉNOVATION / CONFORT



La progression du chantier rénovation



ACV d'une rénovation énergétique performante



D'une rénovation énergétique performante à une rénovation bas carbone optimisée

Quelle équation coût carbone ?

Webinaire 1 – Rénovation bas-carbone : mesurer pour agir !
[Disponible en ligne en cliquant ici !](#)

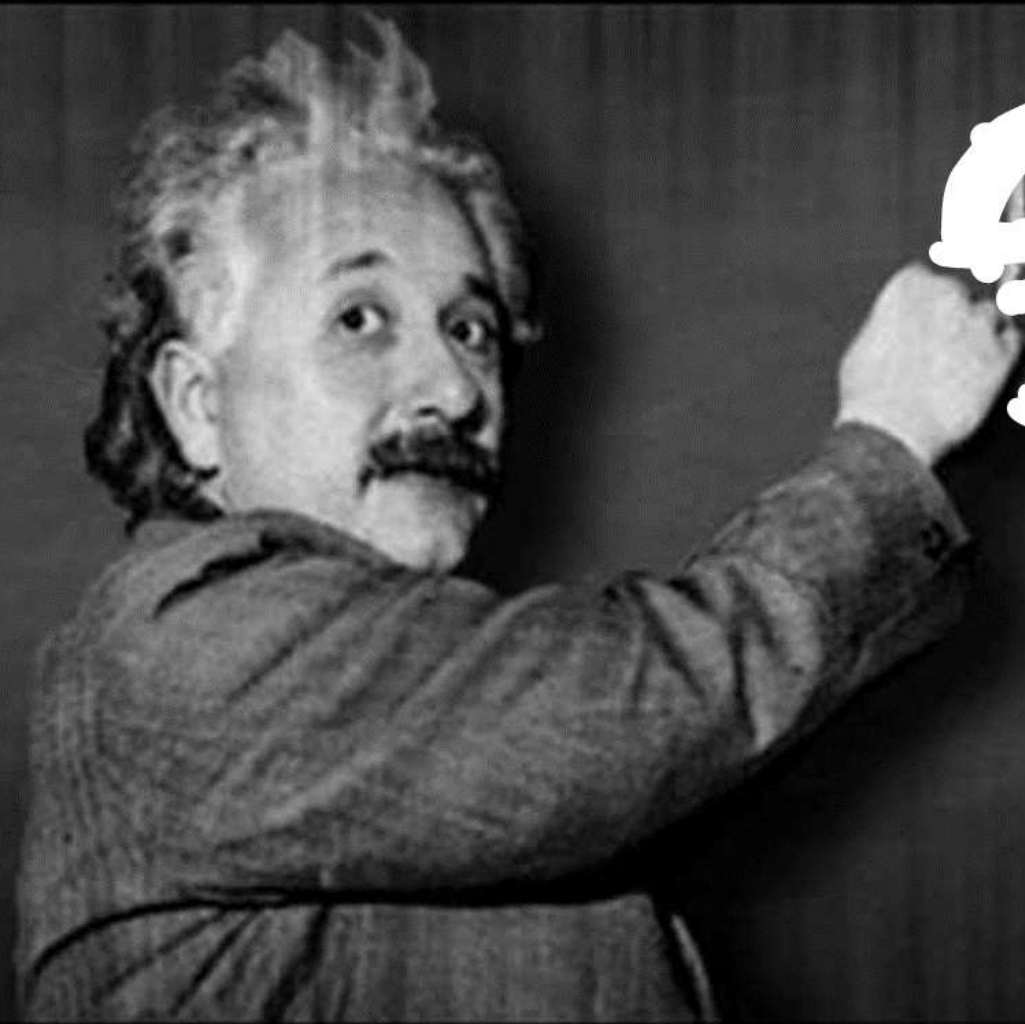
Aujourd'hui

Webinaire 2 – Maitriser l'équation coût carbone de la rénovation

A venir :
Webinaire 3 – Rénover et/ou démolir reconstruire – **mai 2024**



Méthode et objectifs



$$E = mc^2$$

↓
?

Rénover bas-carbone



Webinaire 1 : Mesurer pour agir !

ACV sur le programme de base



Les programmes initiaux constituent des **rénovations énergétiques de qualité**
Scénario de base

Webinaire 2 : Équation coût-carbone de la rénovation

Passer de la rénovation énergétique à la rénovation bas-carbone



L'optimisation carbone des opérations passe par des **leviers de décarbonation**
au-delà de la réduction des besoins énergétiques

Scénario bas-carbone



Confort d'été

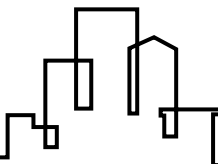


D'une réglementation thermique à une
réglementation environnementale

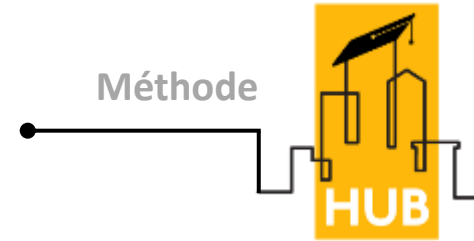


RE (NO) 2030*

* Cette réglementation est une invention à titre illustratif!



Quel est le contenu de ce scénario « bas-carbone » ?



1

Explorer différentes variantes permettant de passer d'une rénovation énergétique performante, le « scénario de base » à une rénovation « bas-carbone »

?

Exemples :

- Creuser les possibilités de changement de vecteurs énergétiques,
- Optimiser les matériaux utilisés, favoriser davantage le réemploi,
- Explorer les possibilités présentées par l'absence de climatisation,
- ...

2

Évaluer l'impact carbone de ces différentes variantes et en calculer le coût en €

3

Identifier l'impact de chacun des leviers sur avec une double vision coût-carbone

Quatre projets réels, étudiés par des équipes dédiées

Méthode



4 cas
d'étude :

Un ancrage dans la réalité opérationnelle



Logements collectifs



Bureaux



Enseignement



Résidence Sénior



4 équipes:

Un travail collectif

Maitrise
d'ouvrage

MOE/AMO

+

Études carbone

Etudes thermique

Chiffrages lots architecturaux

Chiffrages lots techniques

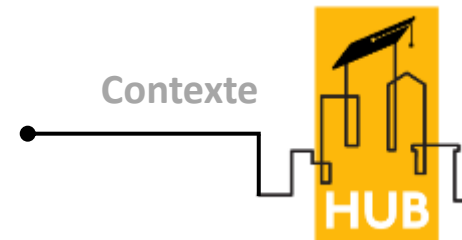
Faisabilité architecturale

Faisabilité énergie



Rappel des premiers résultats

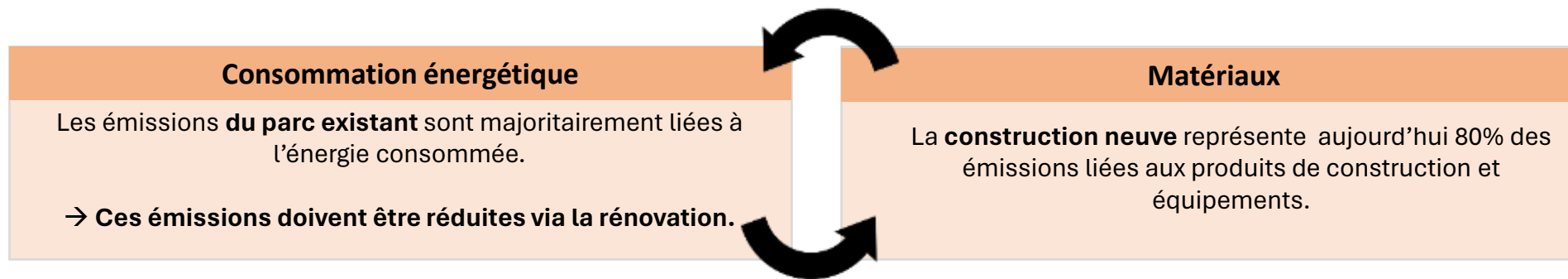
Dans un secteur déjà émissif, comment équilibrer les demandes en matériaux de la construction neuve et de la rénovation ?



Pourquoi la rénovation est incontournable ?

- Bâtiments existants : majeure partie des émissions du secteur du bâtiment.
 - Parc de bâtiments de 2050 est presque déjà constitué aujourd'hui. OR SNBC vise une décarbonation complète des phases d'exploitation en 2050
- **Construire du neuf bas-carbone ne sera pas suffisant : la rénovation s'impose comme la voie de décarbonation principale !**

La construction neuve doit pouvoir contrebalancer le retard du parc existant.



La rénovation constitue une nouvelle demande croissante de matériaux.

Pour être réduit, le budget matériaux des rénovations doit d'abord être compris.

Le budget matériaux des rénovations est constitué de deux segments distincts

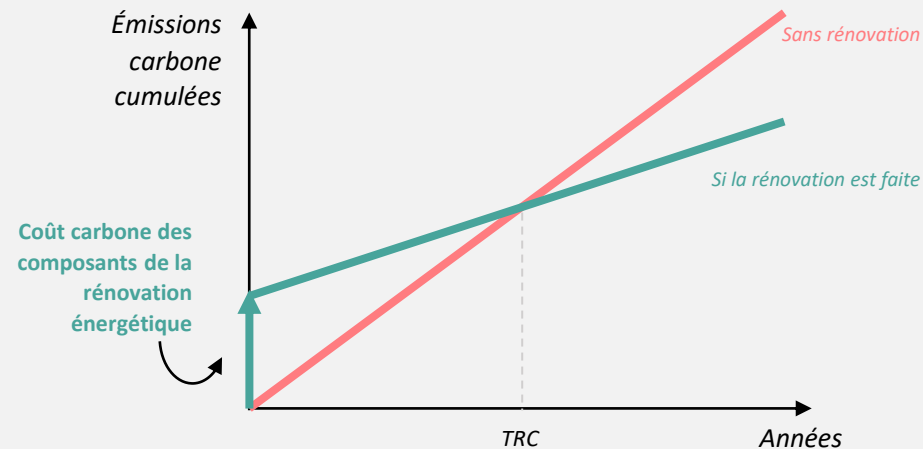
Rappels des 1^{ers} résultats



Rappel : définition du Temps de Retour Carbone

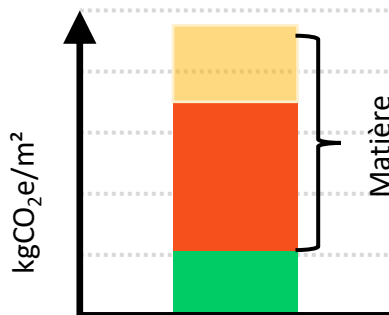
Le **temps de retour carbone (TRC)** correspond au rapport entre :

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



Ce **budget matériaux de la rénovation** doit être segmenté en deux : celui lié à la performance énergétique et celui lié à la qualité d'usage

TRC
scénario de base
~ 30 ans



Budget qualité d'usage

Investissement énergétique

Energie

Préserver les ressources matérielles (éco-conception, lutter contre l'obsolescence...)

Améliorer la performance énergétique et décarboner l'énergie

Une approche spécifique doit être développée pour mener un projet de rénovation bas-carbone

Rappels des 1^{ers} résultats



Faire un projet bas-carbone en **rénovation**

≠

Faire un projet bas-carbone **neuf en environnement contraint**

patrimoine
plafond programme conserve
emploi anticiper climatiser
ritage hsp gaine structurel hauteur
renforcement contraintes confort
renovation carbone etc qualite
usage optimiser energivore
competences compacite opacifier
histoire epaisseur composer

Faire du bas-carbone en rénovation
demande de développer une
approche spécifique

Pour maîtriser l'équation coût-carbone : un dialogue à initier au plus tôt

Rappels des 1^{ers} résultats



Une **équipe pluridisciplinaire** dès le lancement du projet associée à une gouvernance



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



Un **planning de conception** adapté pendant une phase d'apprentissage

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

Pour maîtriser l'équation coût-carbone : maîtriser l'ACV, notamment les données d'entrée

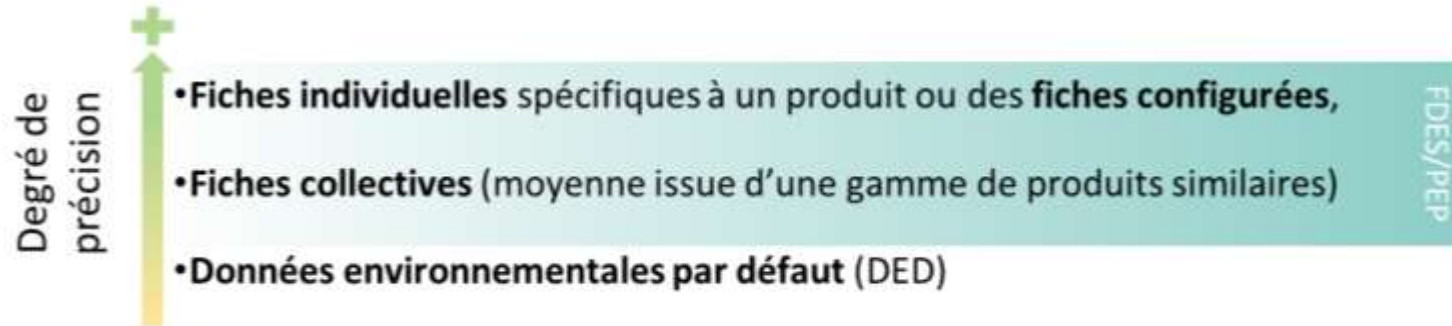
Rappels des 1^{ers} résultats



S'assurer de la **qualité des données environnementales**, c'est obtenir des empreintes carbone **au plus proche de la réalité du produit mis en œuvre**



Maîtrise de l'ACV



Des DED aux fiches détaillées : dans le scénario de base ou scénario bas-carbone ?

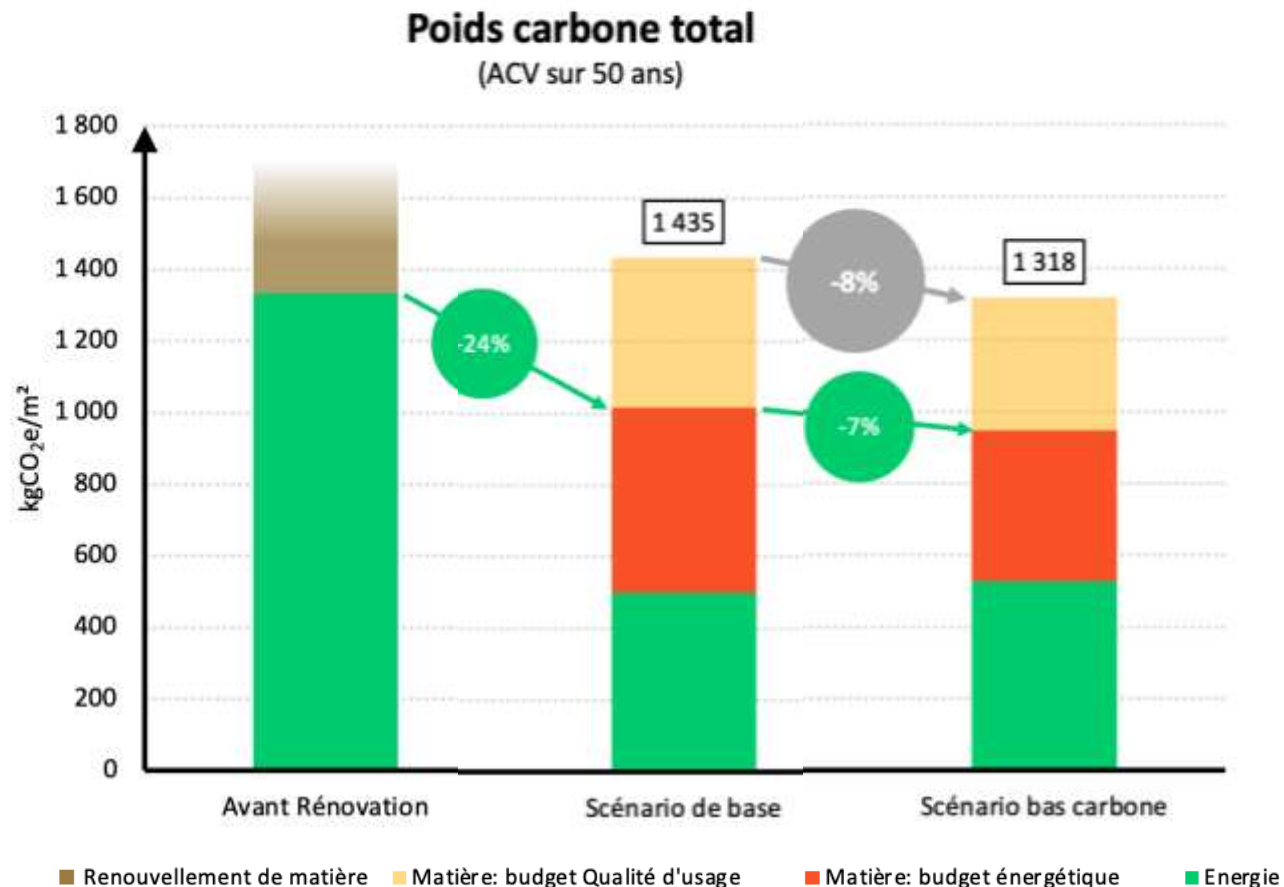
Certains projets ont fait une première ACV comprenant de nombreuses DED, qui ont ensuite été précisées.

Pour la plupart, le remplacement des DED par des fiches collectives a été pris en compte dans les résultats du **scénario de base**.

MAIS SI les fiches collectives impliquaient un surcoût par rapport aux DED, alors ces modifications ont été intégrées dans le **scénario bas-carbone**.

Décryptage des graphiques que nous allons vous présenter !

Présentation des visuels



Bilan du scénario bas carbone



Les projets (1/4)

Logements



Avant rénovation



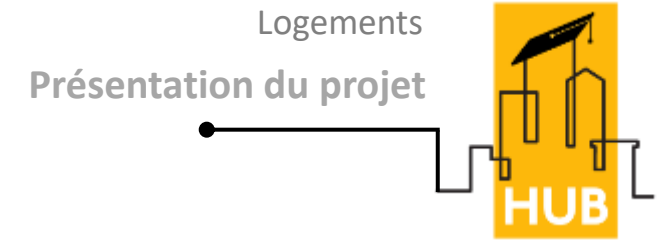
Après rénovation



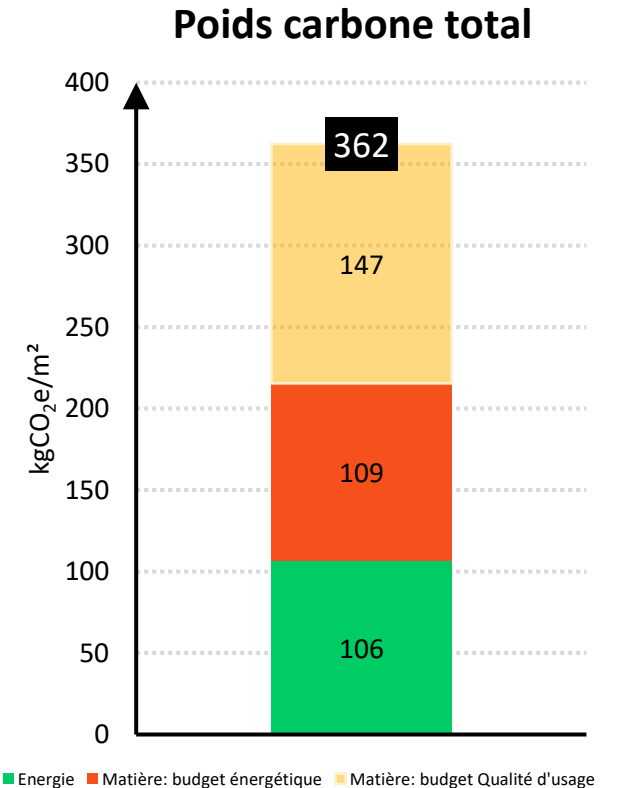
Opération	La Verrière Bois de l'étang ; 78320 (Yvelines)
Nombre de logements rénovés	404
Promoteur et utilisateur final	SEQENS
Architecte	TECNOVA
Bureau d'études	ALTEREA
Ambitions énergétiques	BBC Rénovation (CEP -20%; GES - 20KgepCO2/m².an; Ubat < Ubatbase)

	Avant rénovation	Après rénovation
Enveloppe	Faiblement isolé par l'extérieur	Isolation par l'extérieur et menuiseries extérieures performantes
Chauffage	Production : 4 Chaudière gaz à condensation	Production : 3 Chaudière gaz à condensation
	Emetteur : radiateurs en fonte	Emetteur : radiateurs aluminium ou acier
ECS	Collective	
Ventilation	VMC mécanique contrôlée autoreglable	VMC Hygro B

Variantes explorées



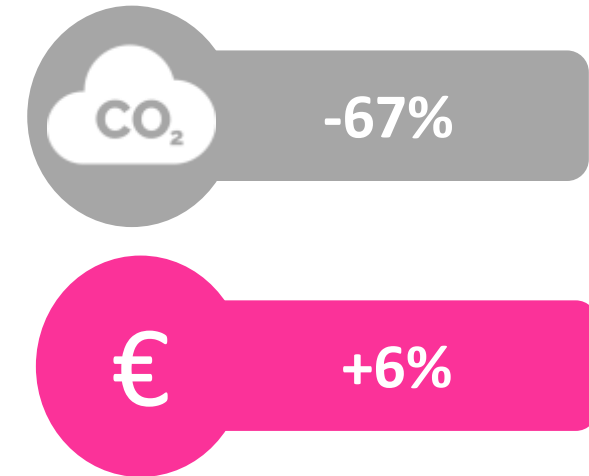
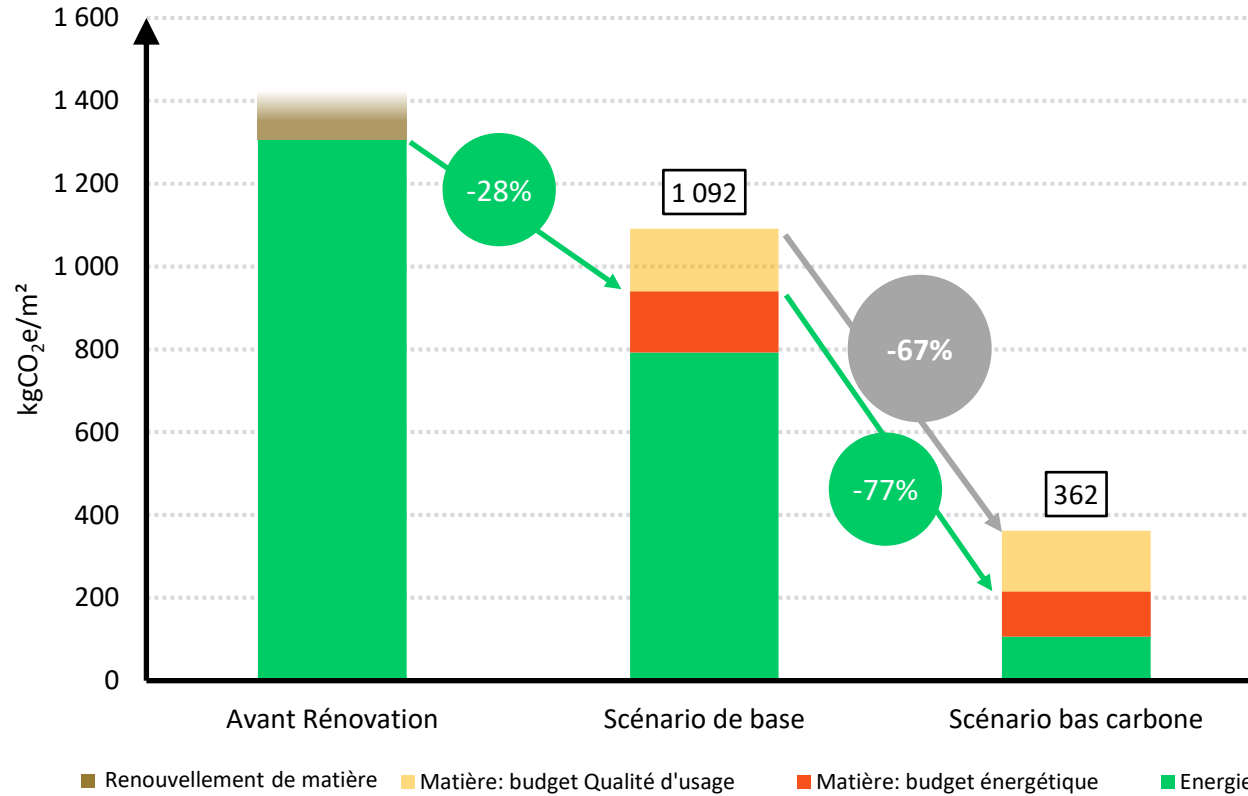
	Nom	Description
Base	Base	ACV Projet
Variantes retenues pour le scénario bas carbone	PAC Collective	Remplacement des 3 chaudières gaz par des PAC collectives
	Rénové avec PCE bas carbone et/ou biosourcés	Remplacement de L'ITE en polyuréthane par de la laine de verre et laine de roche moins carbonées Remplacement de menuiseries PVC par des menuiseries bois. Mise en œuvre de sol souple linoleum naturel au lieu du PVC dans les parties communes
	Réemploi issu des plateformes locales	Maximisation du réemploi en utilisant tous les matériaux disponibles à date sur les plateformes de réemploi locales
Variantes non retenues	RCU	Raccordement au RCU envisagé dans la zone
	ITE Biosourcée sous enduit	Non retenu du fait des limites réglementaires
	Réemploi sur site	Réemploi uniquement des matériaux issus de la démolition des bâtiments de l'ensemble
	Rénovation avec éléments préfabriqués	Pertinent techniquement Difficulté à mettre en évidence les bénéfices par le calcul ACV



Bilan du scénario bas carbone



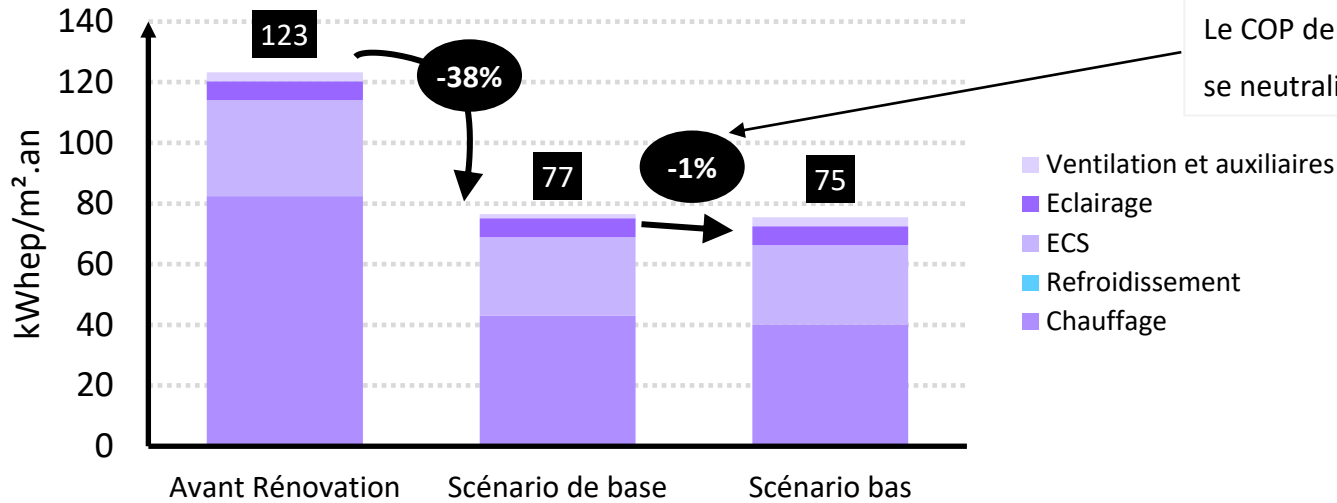
Poids carbone total
(ACV sur 50 ans)





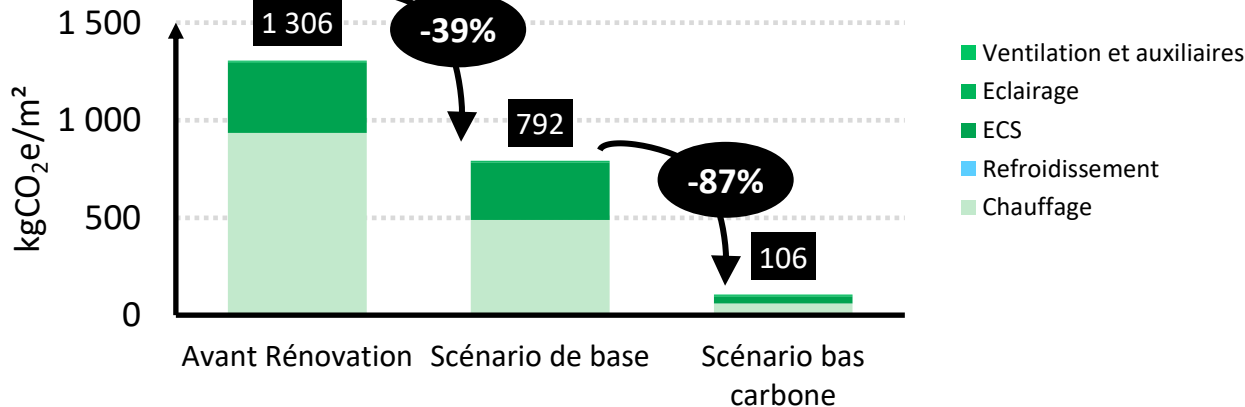
Consommations et impact carbone en exploitation

Consommations énergétiques



Poids carbone de l'énergie

sur 50 ans



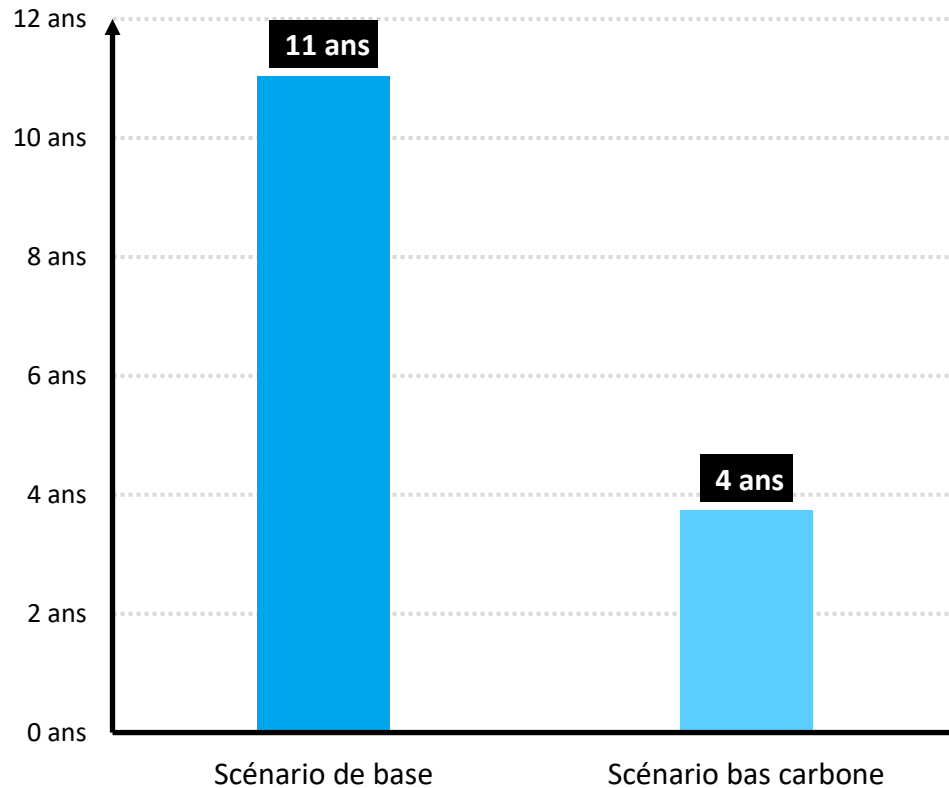
Décarbonation de l'exploitation du bâtiment en 2 étapes :

- Sobriété** : diminution des besoins en énergie par l'isolation de l'enveloppe
- Sortie des énergies fossiles** : Changement du vecteur énergétique gaz à électrique



Temps de Retour Carbone (TRC)

TRC = Emission de la rénovation / Emissions annuelles évitées

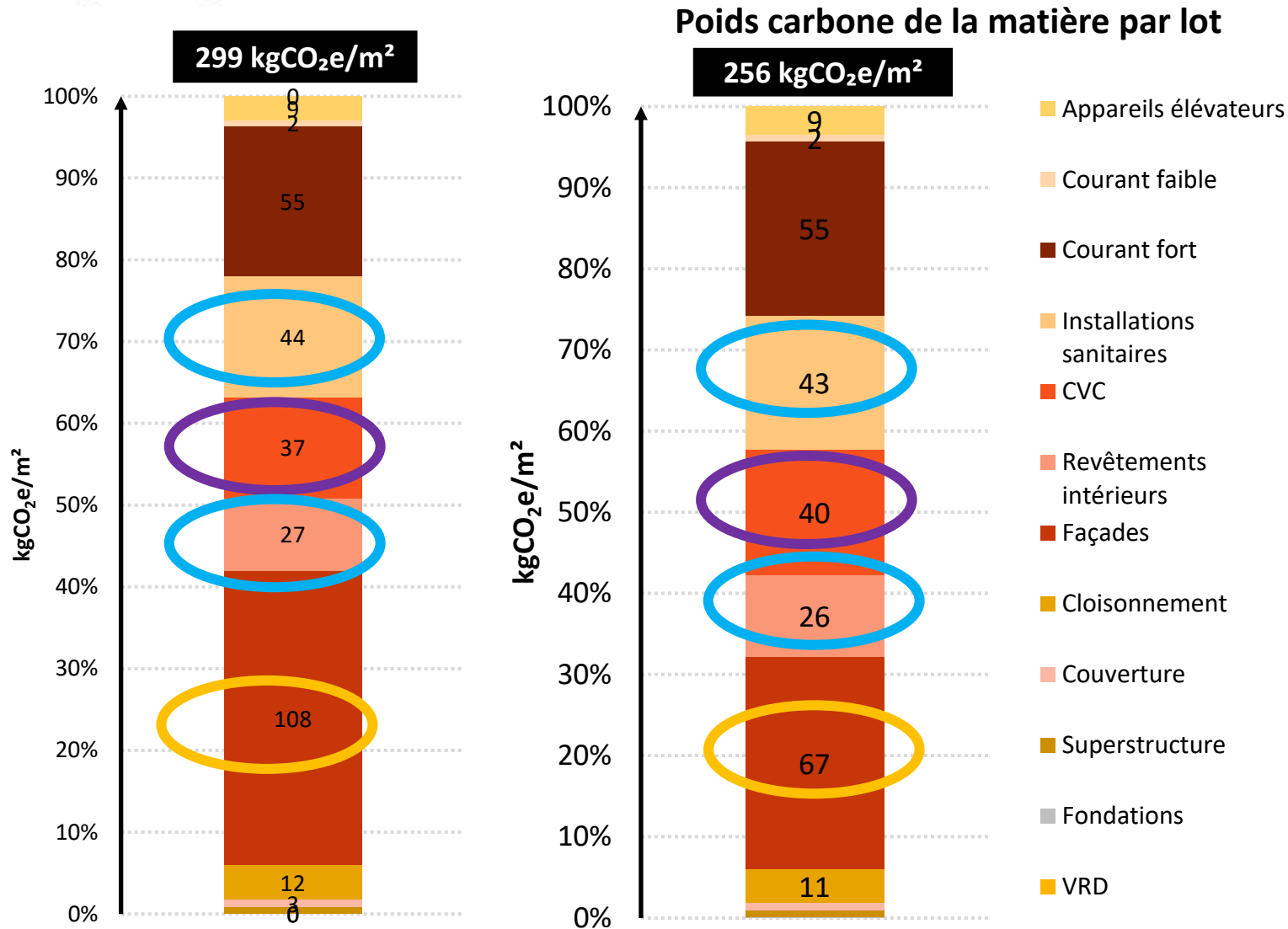


Scénario de base :

Le facteur d'émission du gaz étant très élevé, la seule isolation de l'enveloppe du bâti est compensée en seulement 11 ans.

Scénario bas-carbone :

La sortie des fossiles améliore encore nettement le TRC



Lot Façades :

- Remplacement des ITE en PSE par de la laine de verre et de roche
- Remplacement des menuiseries PVC par de menuiseries bois

Lot CVC :

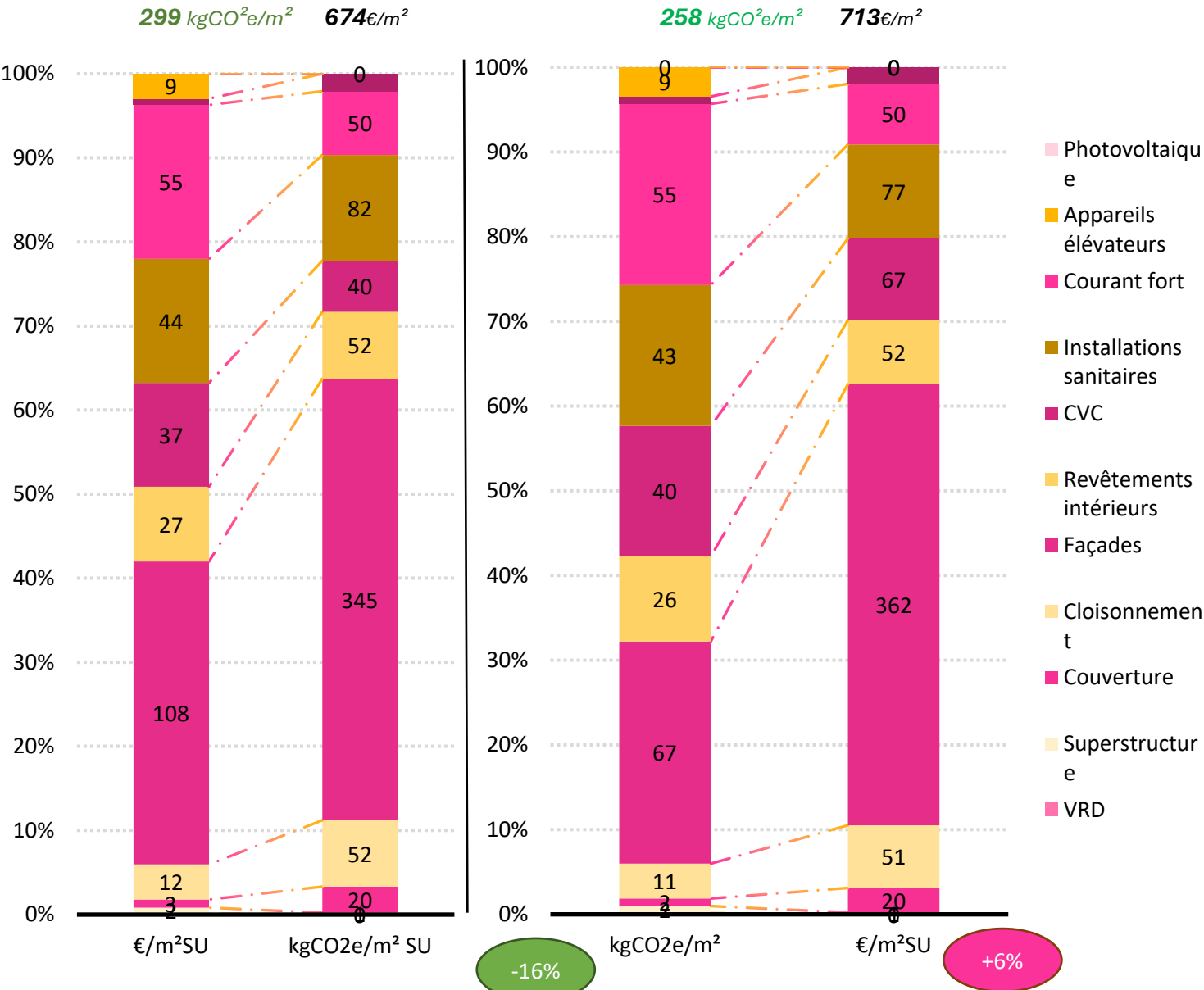
- Installation d'une PAC plus carbonée que le remplacement des chaudières gaz

Lots sanitaires et revêtement intérieurs :

- Réemploi De baignoires, WC et lavabos
- Réemploi de sols souples



Equation coût/carbone



Façades :

- S0 = 345 €/m² investit pour 108 kgCo2e/m²
- S1 = 362 €/m² investit pour 67 kgCo2e/m²

Soit un surcoût de l'ordre de 10 % pour une décarbonation de plus d' 1/3 sur ce poste

Systèmes CVCP :

- S0 = 40 €/m² investit pour 37 kgCo2e/m²€
- S1 = 67 €/m² investit pour 40 kgCo2e/m²€

Faible augmentation du coût et des émissions, pour une décarbonation importante en exploitation.



Focus confort d'été

Dans le scénario base, les piliers du confort d'été sont respectés autant qu'ils peuvent l'être pour du logements collectifs :

- Limitation des apports solaires,
- Limitation des apports internes,
- Renouvellement d'air maximal en période nocturne,
- Maximisation de l'inertie.

D'autres solutions passives ou à faibles consommations existent :

-> Généralisation des **brasseurs d'air** dans les pièces à vivre et les chambres

Equation multicritères :

- Confort estival : ++
- Coût : 200-300 €/u
- Carbone : 7 kgCO₂e/m² (< 4 % de l'investissement carbone de la rénovation bas carbone)



Les 4 leviers principaux (pour limiter à la fois le coût et le carbone) :

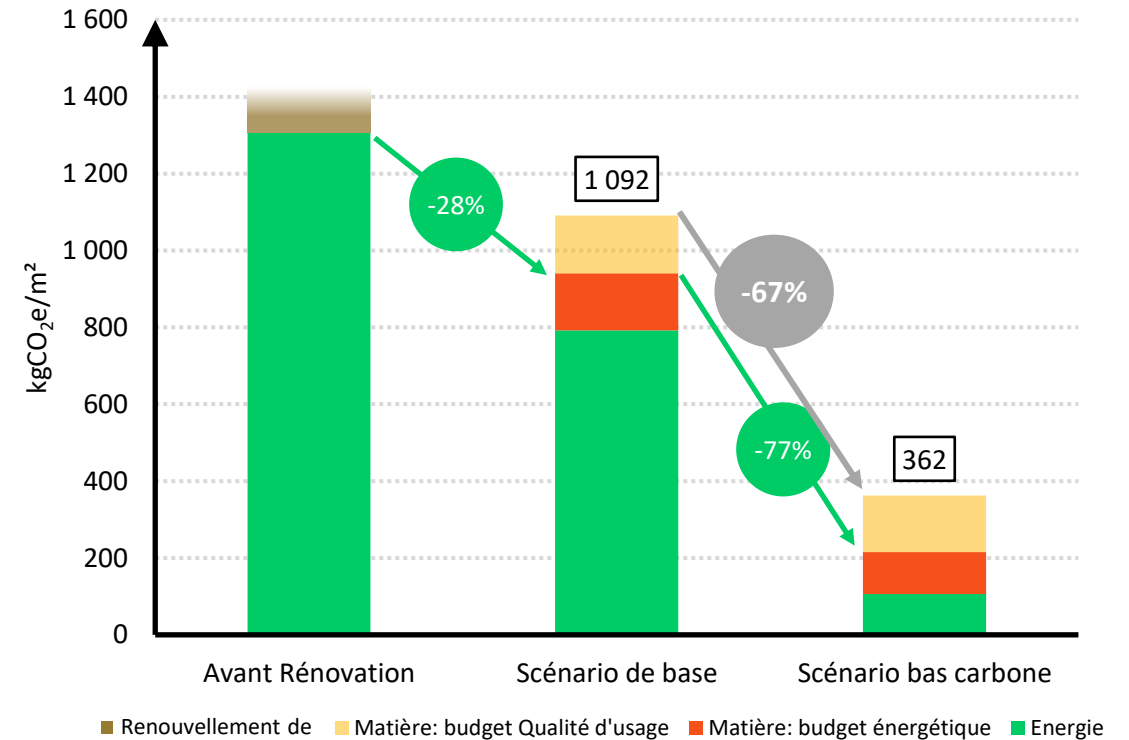
1. Rénovation de l'enveloppe (Scénario Base)
2. Décarbonation du vecteur énergétique (Scénario bas carbone)
3. Matériaux bas carbone (Scénario bas carbone)
4. Réemploi (Scénario bas carbone)

Réflexions sur les coûts associés :

1. Être plus ambitieux que la réglementation en vigueur + Ne pas tuer de gisement d'économie d'énergie
2. Penser en coût global plutôt qu'en CapEx
3. Surcoûts effectifs (mais subventions (?) / TVA réduite sur matériaux bas carbone (?))
4. Réemploi (isocoûts à date)

Poids carbone total

(ACV sur 50 ans)



674 €/m² +6% 713 €/m²



Les projets (2/4)

Résidence Service Senior – RSS





Crédits ASYLUM/VURPAS

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

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

MODE CONSTRUCTIF

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

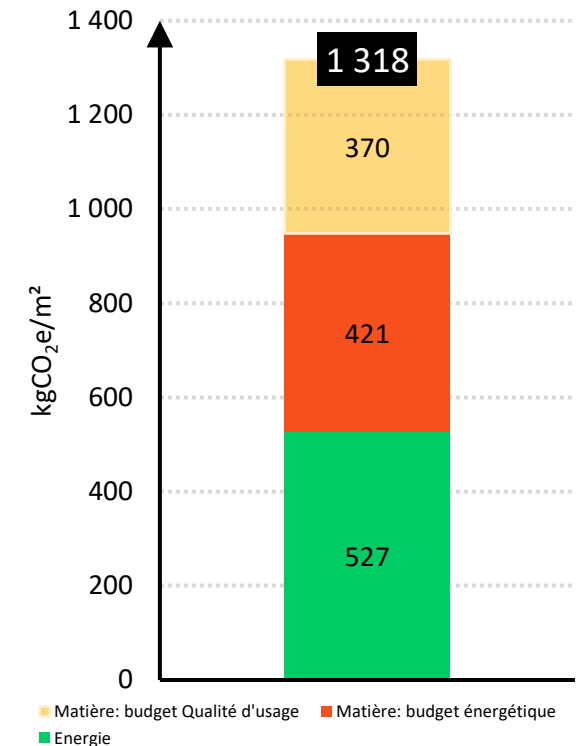
SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES

	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) (⚠ Radon)
Production locale	/	/



	Nom	Description de la variante
Base	Base	Incluant un remplacement maximaliste des DED par des FDES
Variantes retenues pour le scénario bas carbone	Optimisation CVC A3	Plancher chauffant et rafraichissant simple flux plutôt que les ventilo-convecteurs - > réduction des linéaires de réseaux.
	Extension	Réalisation de l'extension en structure bois (au lieu de la charpente métallique)
	Réemploi in situ	Sur base du diag PEMD réalisé, réemploi : sèche-serviette, garde-corps, faux plafonds et WC. Utilisation de peintures type circoleur (recyclées)
	Biosourcé	Isolation biosourcée dans les cloisons intérieures
	Chape	Chape anhydrite
	Plancher bois	Le plancher réhaussé de l'aile sud est réalisé en bois (initialement en béton armé)
Variantes non retenues	Isolation	Ajout d'isolant biosourcé (perte de surface et mise en place de matériaux complémentaires comme recoupement des cloisons...)
	(Adiabatique)	Plus de climatisation dans les logements, mais adiabatique + brasseurs d'air + radiateurs (dérogation programme donc hors S1 cumul et non consolidé -> à exploiter indépendamment du S1 cumul en vue du brief)
	(Optimisation CVC A2)	panneaux rayonnants plafonniers (chaud et froid) et simple flux. Système de type bureau qui conduit à tapisser les plafonds des pièces sèches avec des panneaux sur environ ½ surface (pas très beau)
	Optimisation CVC A1	Scénario de sobriété : diminution des consignes de température, pas de rafraichissement dans les logements (dérogation programme, donc hors S1 cumul)

Poids carbone total



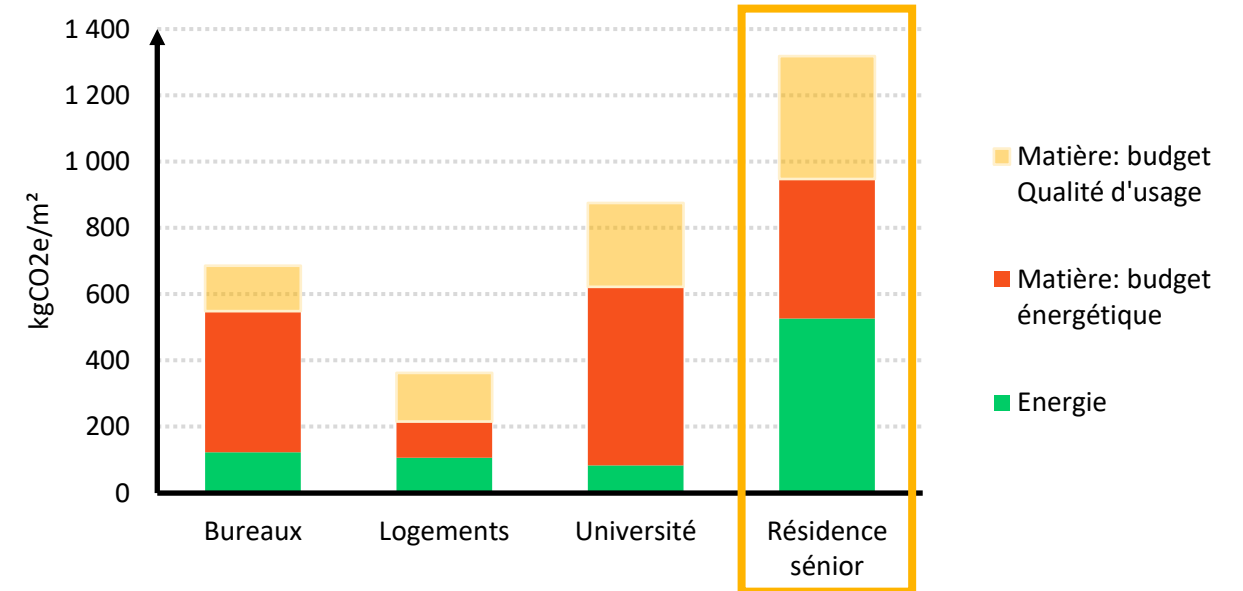


Le **changement d'usage** et la contrainte **patrimoniale** rendent difficile la comparaison avec les autres projets

→ Si on était soumis à un seuil aujourd'hui, **on aurait plus de mal à respecter** les seuils car :

- Changement d'usage bureaux > logements
- Logements séniors : mezzanines non envisageables dans un bâtiment grande hauteur sous plafond par exemple (pas de gain de SU possible, cloisonnements toute hauteur)
- Patrimoine architectural (façades notamment)

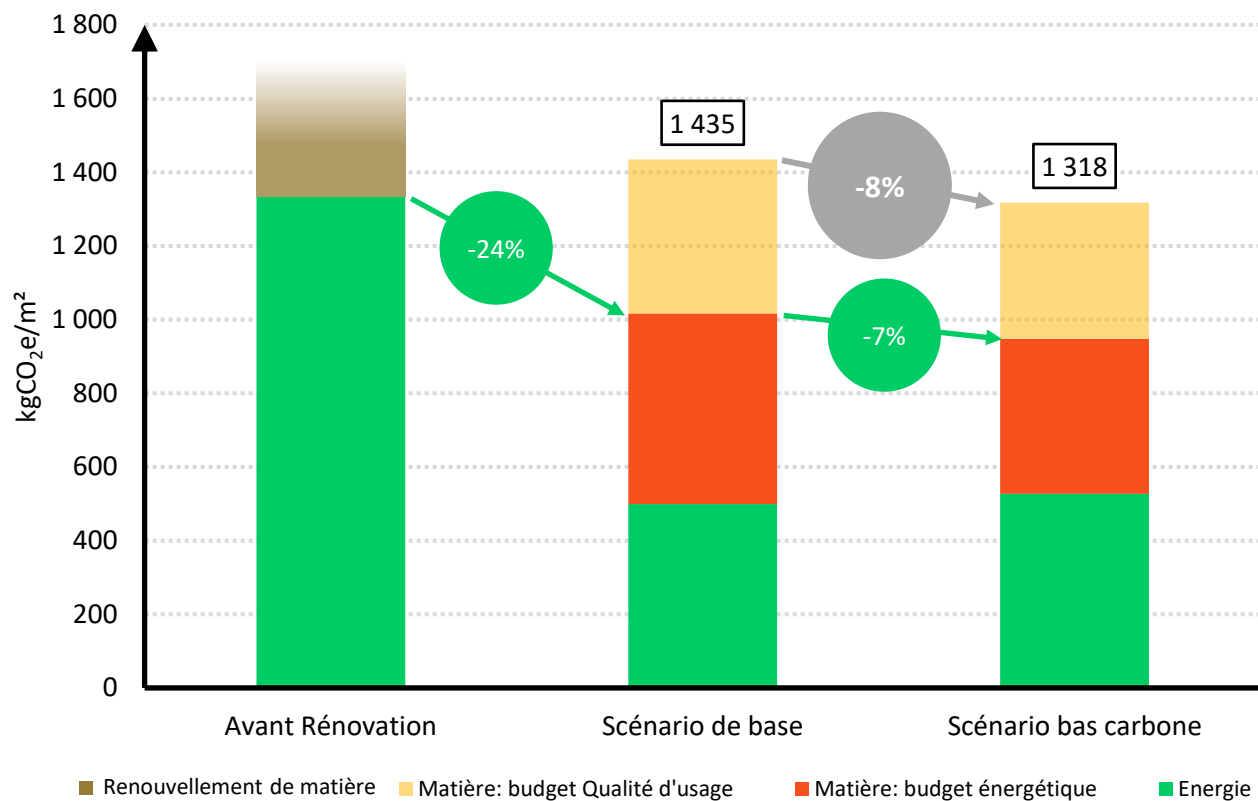
Poids carbone total



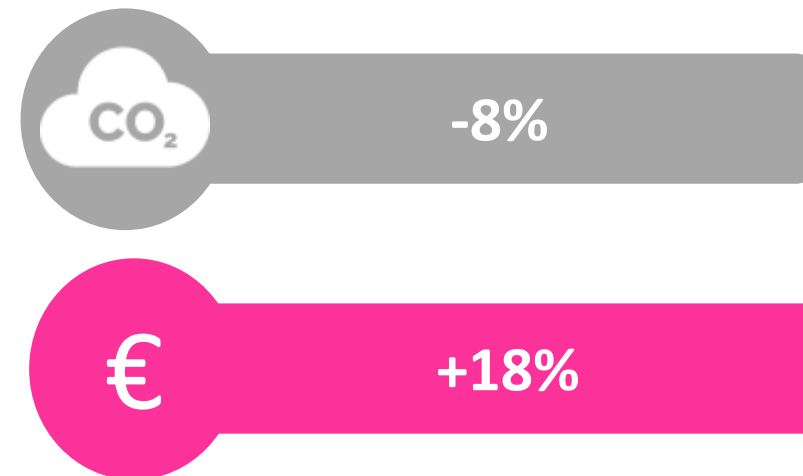


Poids carbone total

(ACV sur 50 ans)

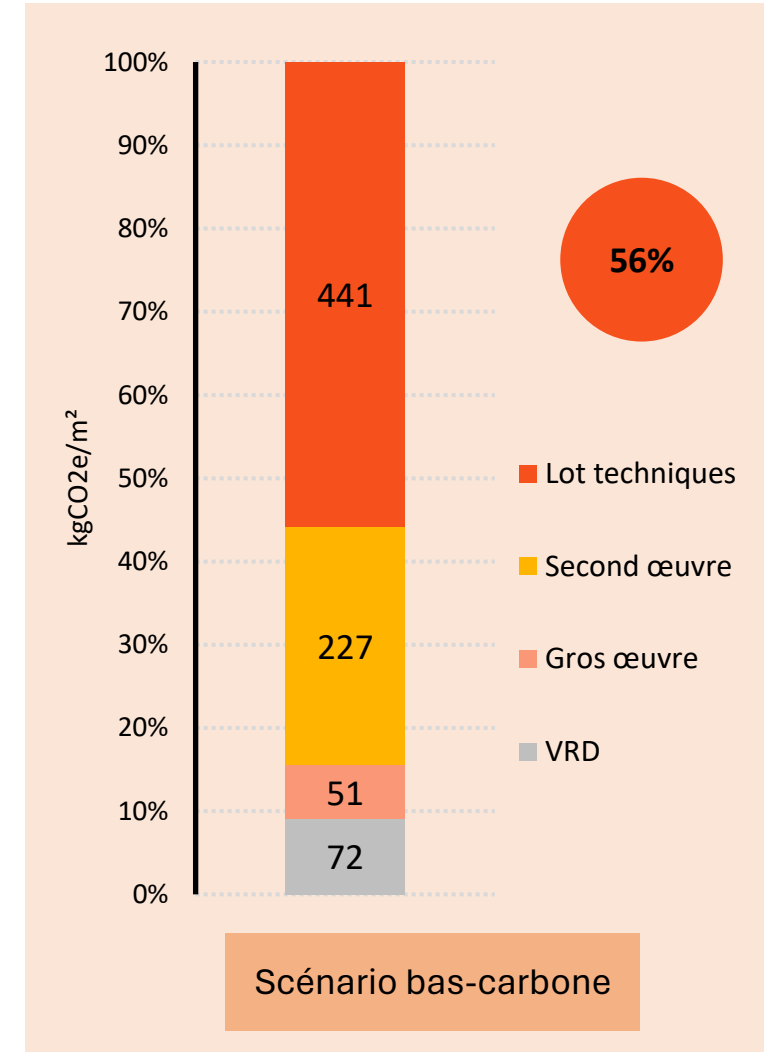
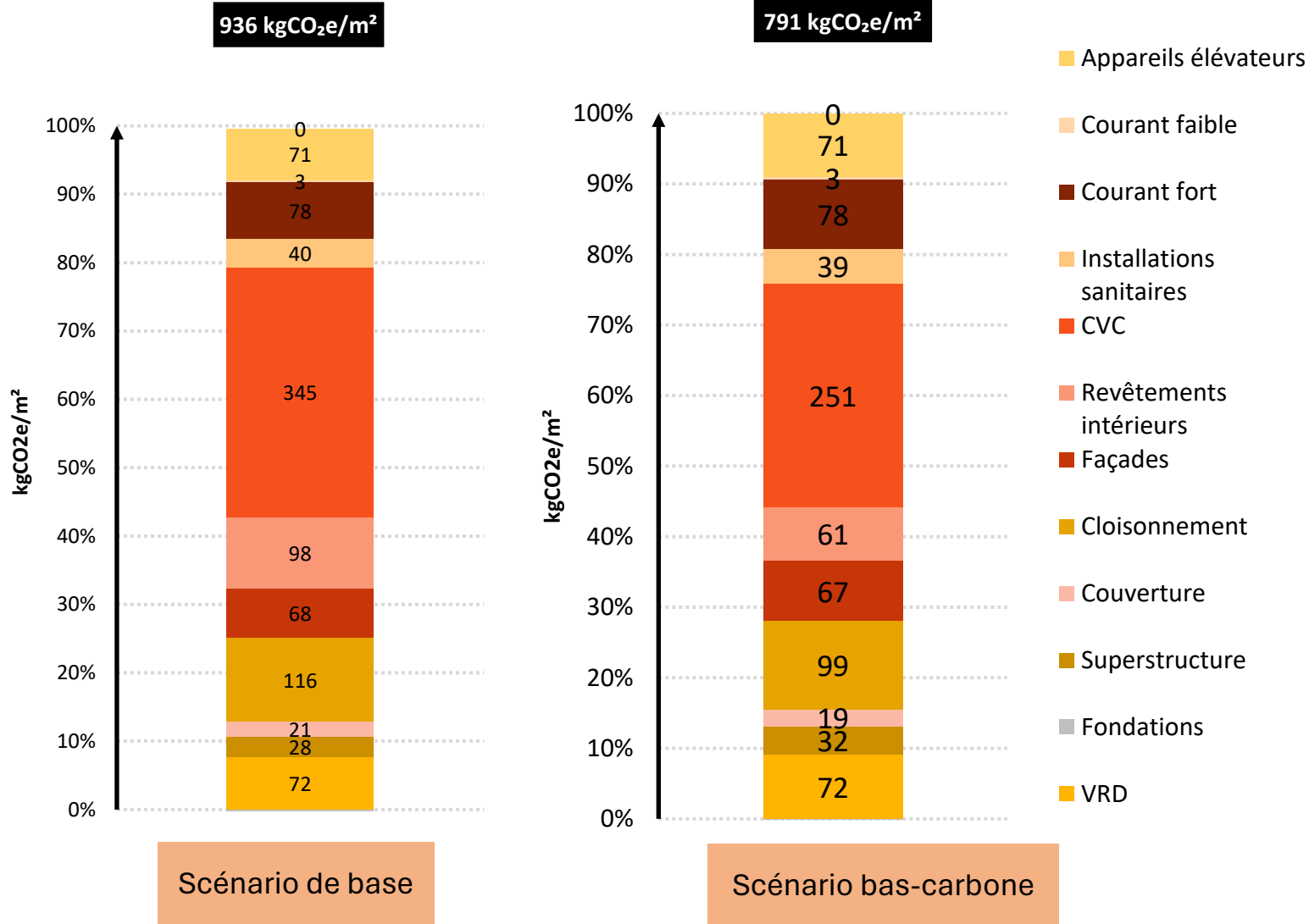


Bilan du scénario bas carbone



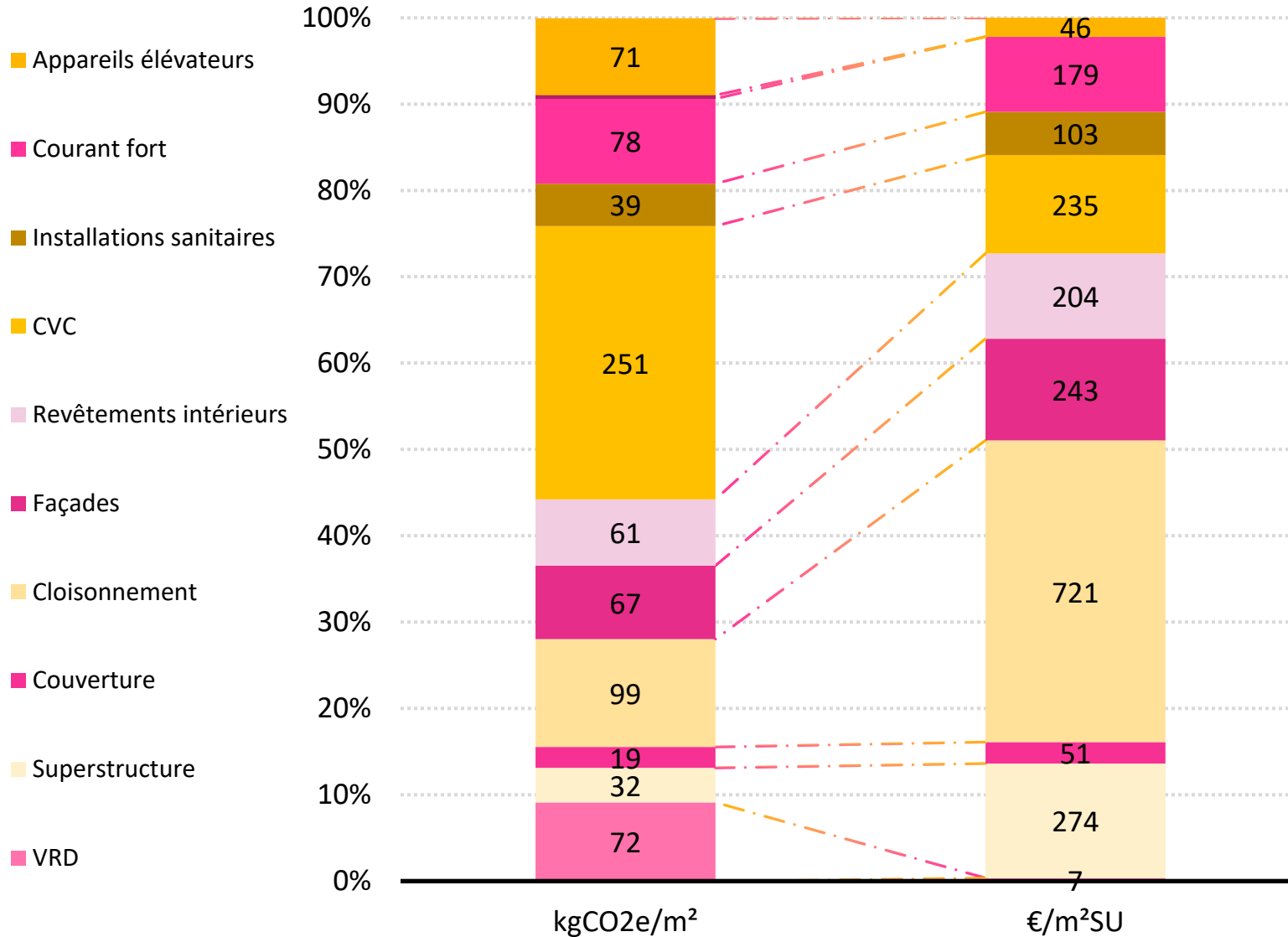


Poids carbone de la matière par lots





Coût VS Carbone



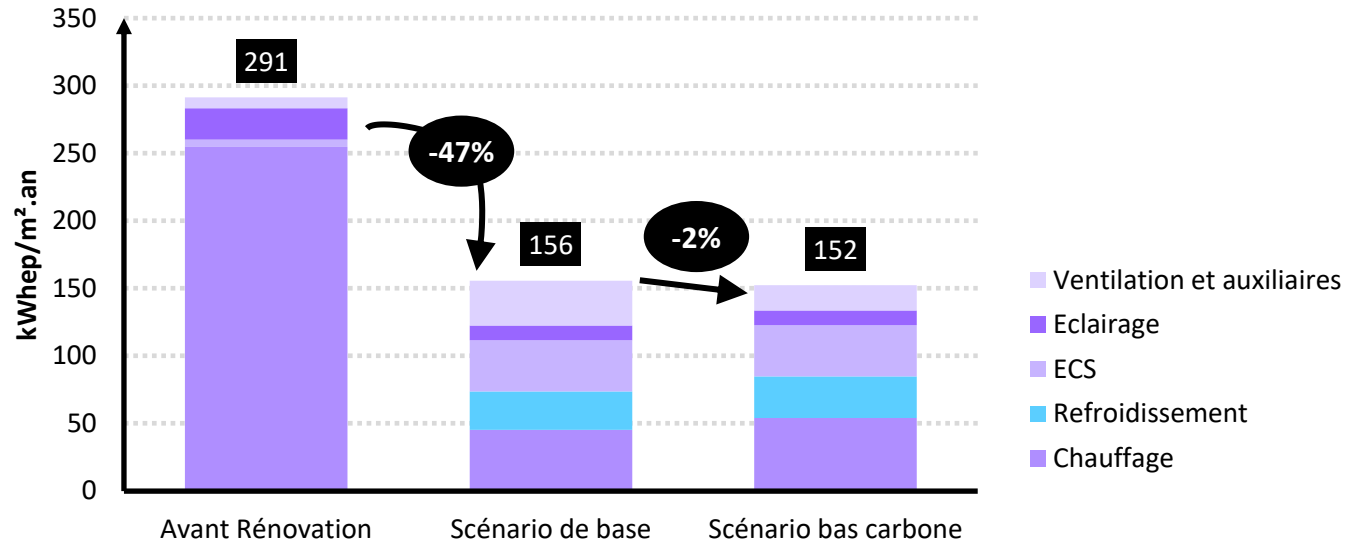
Le changement d'usage et les revêtements intérieurs représentent **21% de l'ACV** pour **45% du budget de l'opération**

Le poste CVC :

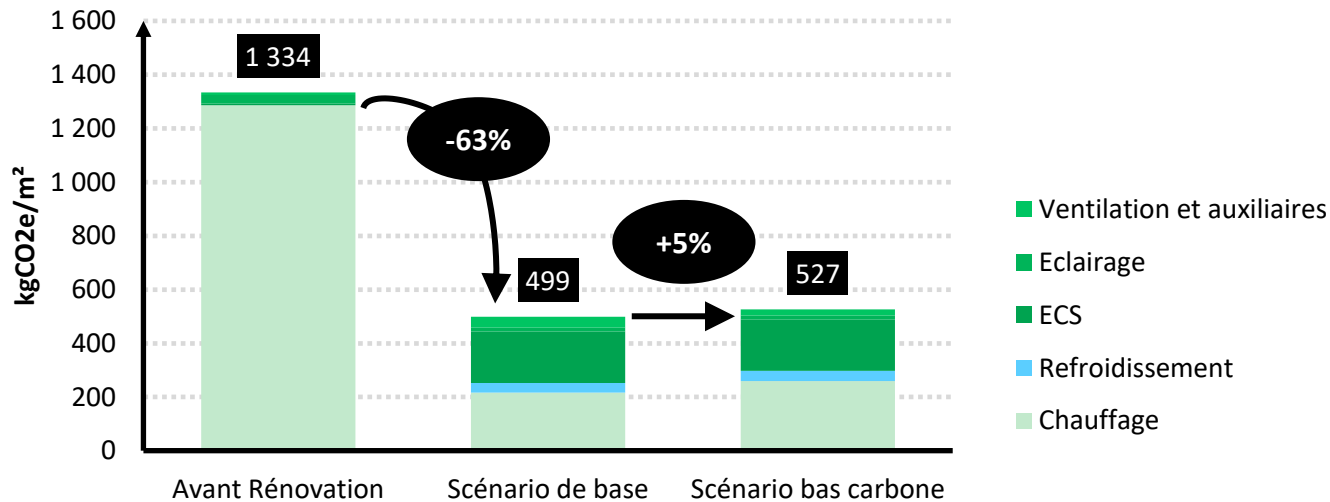
- majoritaire carbone
- premier poste d'optimisation énergétique (11% du budget)



Consommations énergétiques



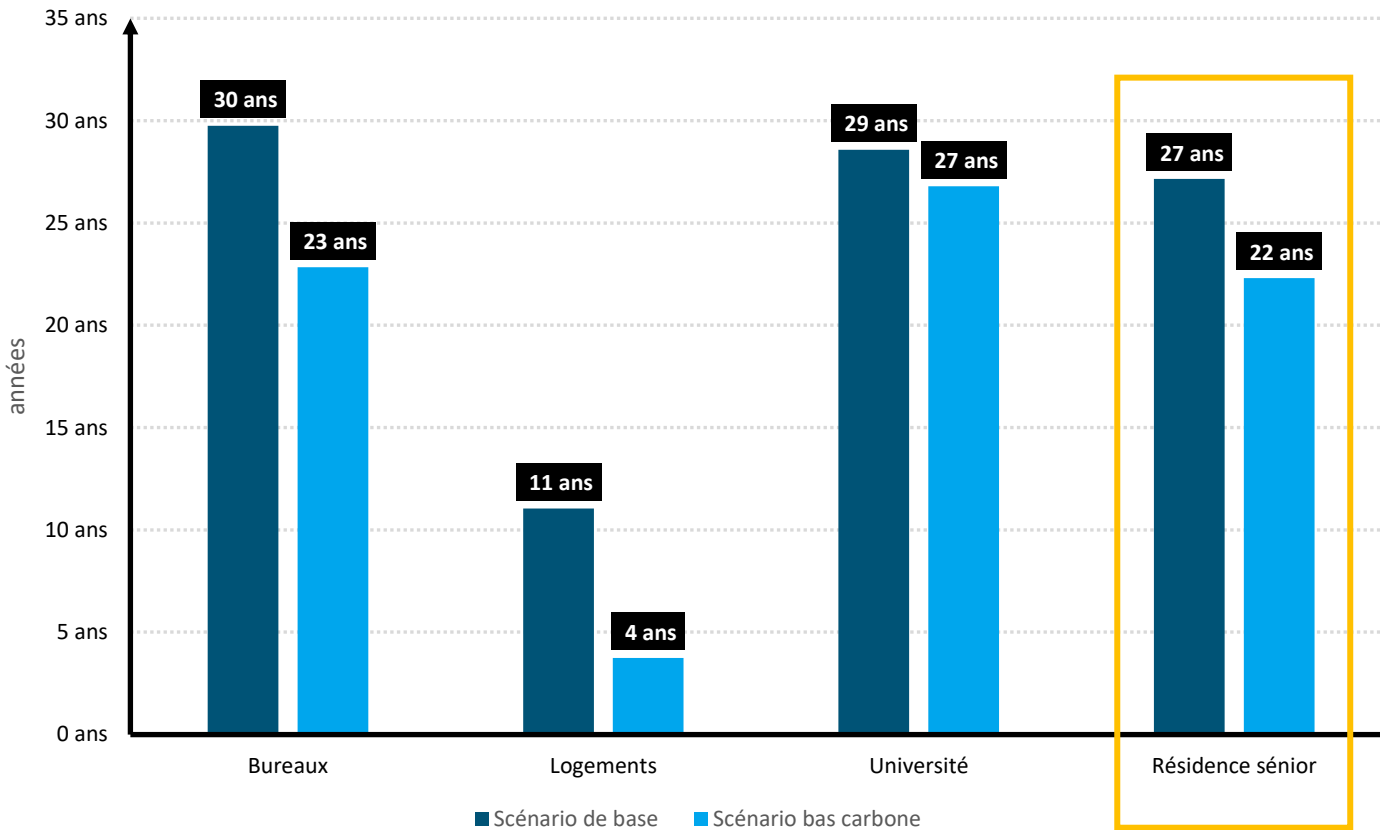
Poids carbone de l'énergie sur 50 ans



- **Changement d'usage** entre tertiaire (bureaux) et logements (résidence sénior)
- **Forte diminution du poste chauffage** (vecteur carboné)
- Ajout des postes supplémentaires (**rafraîchissement actif**)
- Légère diminution dans le scénario bas carbone, mais impact lié au **réseau de chaleur carboné**



Temps de Retour Carbone (TRC)



Optimisation carbone :

- **5 ans en TRC**, soit proche des **20 ans**

Grâce aux lots CVC et réseaux (et non pas le RCU)



Focus confort d'été

Testé mais peu concluant (-1,3% sur Icc) :

- GF conservé pour les communs (à puissance réduite)
 - Adiabatique + brasseurs dans les logements
- (/!\ linéaire réseaux calorifugés et brasseurs très carbonés, ajout de radiateurs)

Il aurait été plus bénéfique de **supprimer complètement l'utilisation du froid** actif dans tout le bâtiment y compris réseaux, mais confort dégradé, inacceptable pour JDA.

Vigilance : DED disponibles

Impact sur lot 8 CVC (lots CFO/CFA forfaitaires)

	Ecart
ICconstruction	-1.3%
8 - Lot CVC	-9.8%
8.1 - Equipements de production	-3.1%
8.3 - Systèmes d'émission	35.6%
8.4 - Traitement de l'air et éléments de désenfumage	-0.3%
8.5 - Réseaux et conduits	15.8%
8.7 - Fluides frigorigènes	-220.0%



LES 3 LEVIERS PRINCIPAUX

(pour limiter à la fois le coût carbone et coût économique)

- Le bon programme dans le bon bâtiment
- Budget énergie : Lots techniques CVC
- Qualité d'usage : Réemploi (conservation in situ)



Crédits ASYLUM/VURPAS

**Focus : équation coût carbone
du réemploi**



Une étude inédite pour comprendre l'équation économique du réemploi

Focus



21 flux de matériaux étudiés

Ardôises	Moquette
BAES	Parquets massif
Bardage pierre naturelle ou assimilé	Plafonds suspendus
Briques pleines	Planchers surélevés
Charpentes en bois, ossatures en bois	Portes intérieures (sans contrainte feu ou acoustique)
Charpentes métalliques, ossatures métalliques	Radiateurs à eau fonte/acier
Chemins de câble	Règlette
Cloison amovible vitrée	Robinetterie sanitaire / Mitigeurs
Cuvette WC	Tuiles
Dalle gravillonnée	
Garde-corps métallique	
Lavabo	

5 scénarios étudiés

1- Réemploi (flux direct)	2 - Réemploi (flux indirect)	3, 4, 5 - Neuf
Dépose sélective / Conditionnement / Coltinage	/	/
/	Achat réemploi	
Transport 1 (chantier dépose → lieu reconditionnement)		
Nettoyage / Tri / préparation		
Requalification		
Garantie		Achat neuf
/		
Stockage 1		Transport 3 (fabricant → chantier pose)
Transport 2 (lieu reconditionnement → chantier pose)		
Pose		

Une étude menée par :

ifpeb

cycle up

a4mt

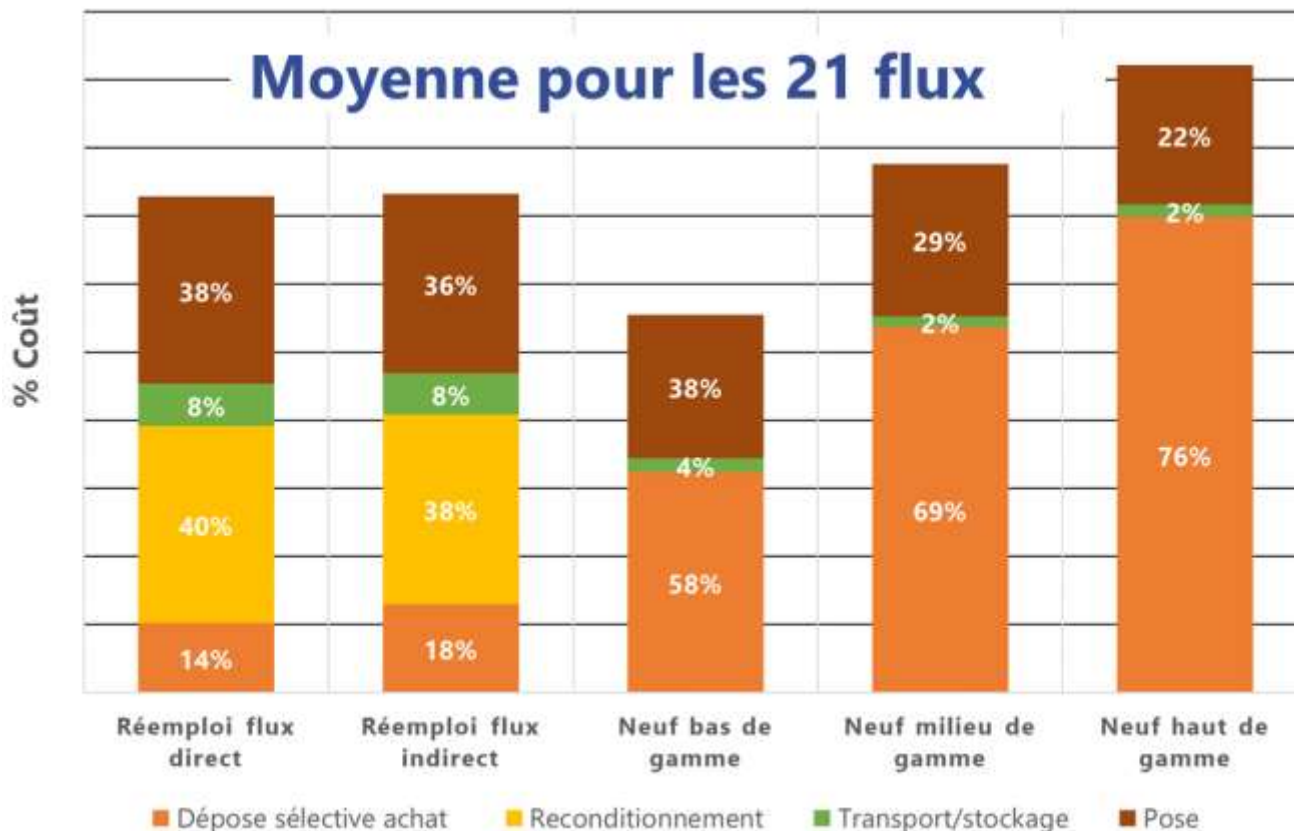
ae ALLIANCE économie

Réemploi : le signal prix ne suffit pas

Focus



Moyenne pour les 21 flux



-5% : c'est l'écart de coût moyen si on considère du réemploi pratiqué sur les 21 familles de matériaux en substitution de matériaux bas de gamme ou moyen de gamme. Cet **écart de coût est donc très faible** et à peine susceptible de couvrir les surcoûts liés aux études nécessaires, comme par exemple une mission AMO réemploi.

Règle des 60% !

~60% du coût du neuf exposé à la volatilité du coût des matières premières
~60% du coût du réemploi est lié à de la main d'oeuvre

La première motivation : le gain carbone (émissions évitées)

Focus



Les flux faciles

Pas de contrainte assurantielle particulière

Par exemple : sanitaire (vaisselle), bloc porte, évier, porte non coupe feu...

Filière de reconditionnement structurée :

Par exemple : faux plancher, luminaires, disjoncteurs/TGBT, moquette, brique (filières européennes)

Les flux ambitieux

Démarche de qualification à anticiper

Test sur lot homogène pour attestation des performances

LOGEMENTS

Economie carbone totale
des matériaux de réemploi faciles

20 kgeqCO₂/m²

Economie carbone totale
des matériaux de réemploi (faciles et
ambitieux)

45 kgeqCO₂/m²

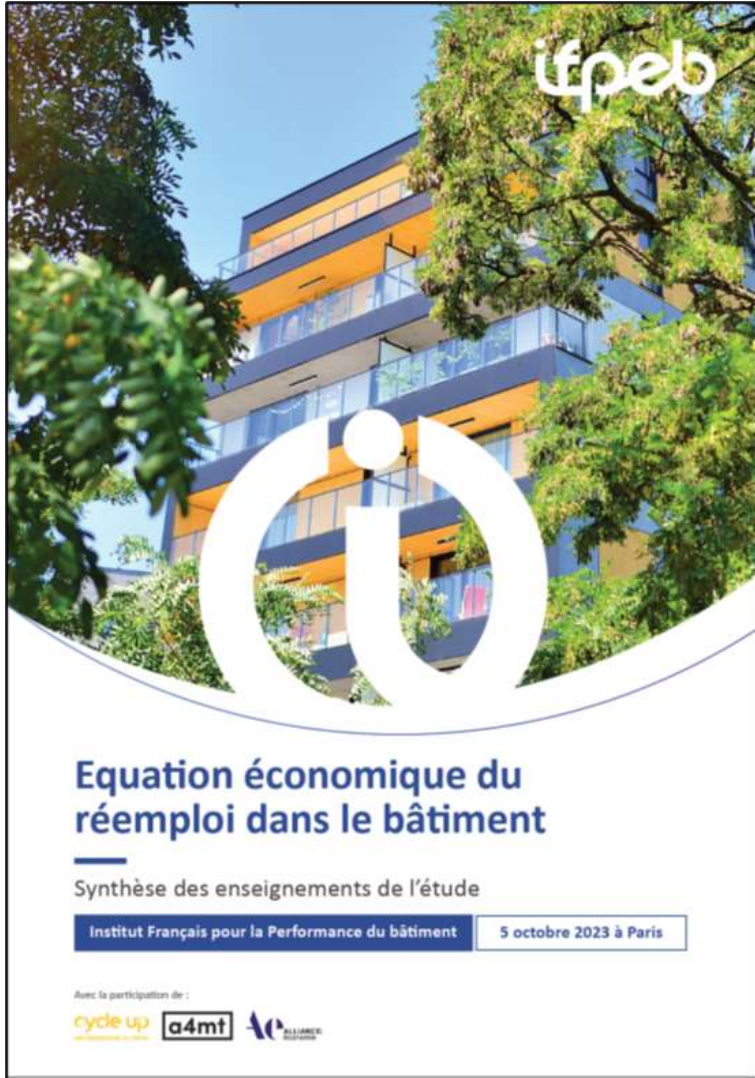
TERTIAIRE

Economie carbone totale
des matériaux de réemploi faciles

65 kgeqCO₂/m²

Economie carbone totale
des matériaux de réemploi (faciles et
ambitieux)

100 kgeqCO₂/m²



Focus



Découvrez l'étude
[en cliquant ici](#)

Les projets (3/4)

Bureaux



**BNP PARIBAS
IMMOBILIER**





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 (m ²)	22000 m ²	
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

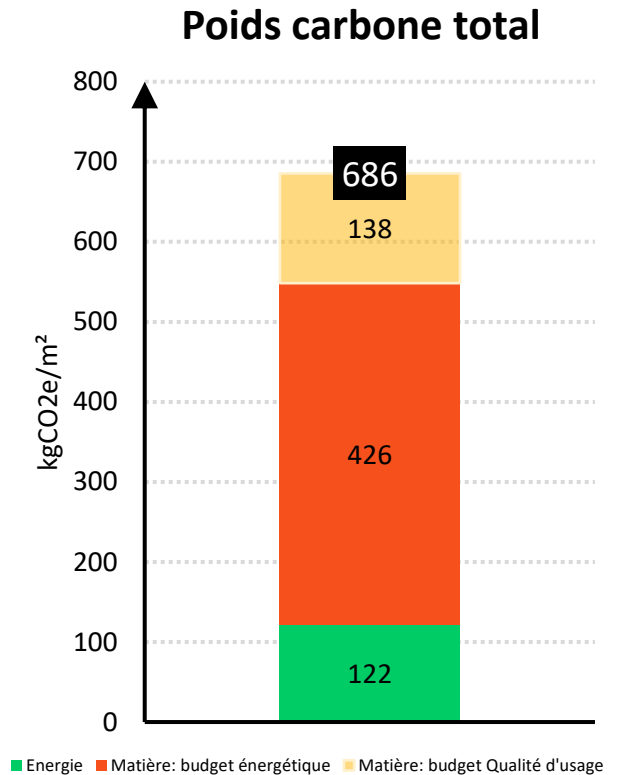
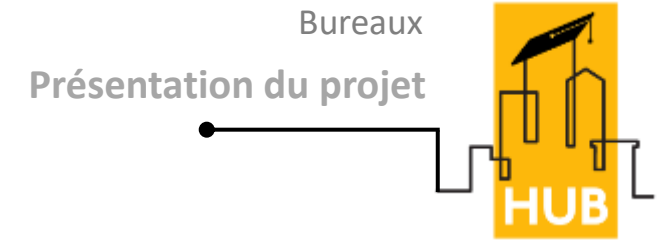
MODE CONSTRUCTIF

	Avant réno	Après réno
Verticaux	Béton	
Horizontaux	Béton	Béton
Façade	Menuiseries alu	Menuiseries bois

SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES

	Avant réno	Après réno
Chauffage	Production : KALITA (IDEX)	
	Emetteur : ventilo-convecteur	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 électriques réemployés
Ventilation	CTA simple flux	CTA double flux à récupération, air neuf en circulation, reprise en vrac

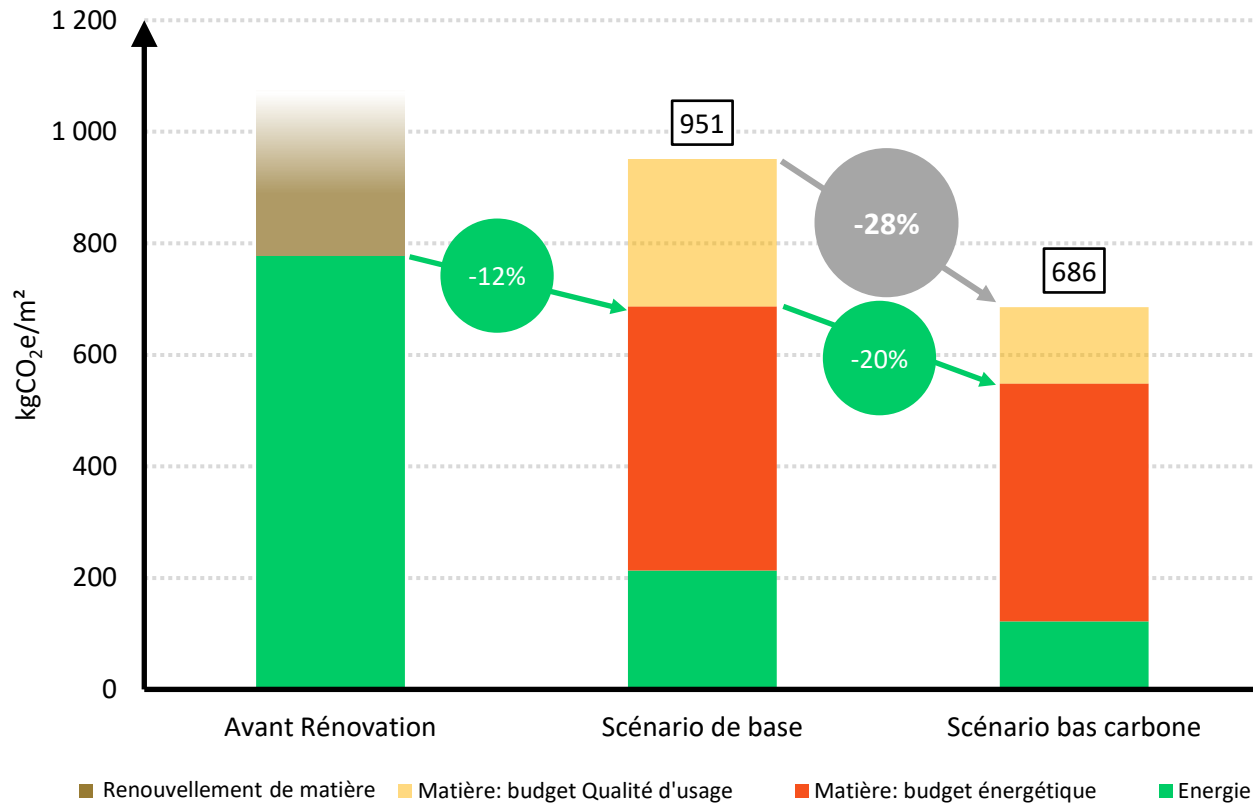
	Nom	Description
Base	BASE	MR alu + bardage bois en trumeaux + stores motorisés. matériaux « standards » (LDR, PU) Pas de réemploi
Variantes retenues pour scénario bas carbone	Matériaux optimisés	Cette variante consiste à aller chercher la fiche la moins impactante sur inies en respectant les caractéristiques techniques du programme : - remplacer par du biosourcé ou recyclé - ITE en LDR suite contrainte feu - stores manuels
	Variante bois	recherche d'intégrer le bois avec les contraintes - châssis bois avec MOB en allège et bardage métallique + plaque écran thermique - poteau/poutre/dalle en bois pour les extensions avec BA13 écran feu - béton CEMIII pour les reconstructions
	Optimisation des consommations énergétiques	Scénario Base est déjà performant (énergétiquement) ; réflexion pour changer de vecteur énergétique (géothermie sur nappe avec PAC eau/eau + puit canadien) . <i>vigilance car RCU</i>
	Réemploi	Intégration de substrat/gravier/dalles sur plots, bardage pierre, ballons ecs, sanitaires, chemin de câbles, 1 étage moquette
Variantes non retenues	Variante architecturale Hors programme	Accepter un impact visuel important pour aller vers une rénovation plus sobre: ITE sous enduit / travail sur les protections solaires à l'extérieur
	Hors programme	le scénario sans clim avait déjà été étudié par l'équipe réelle



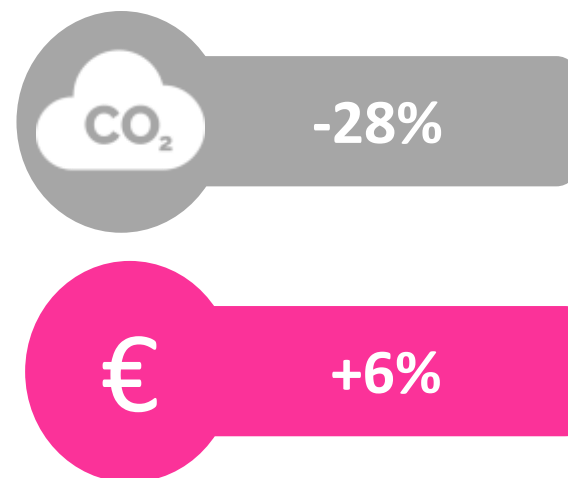


Poids carbone total

(ACV sur 50 ans)

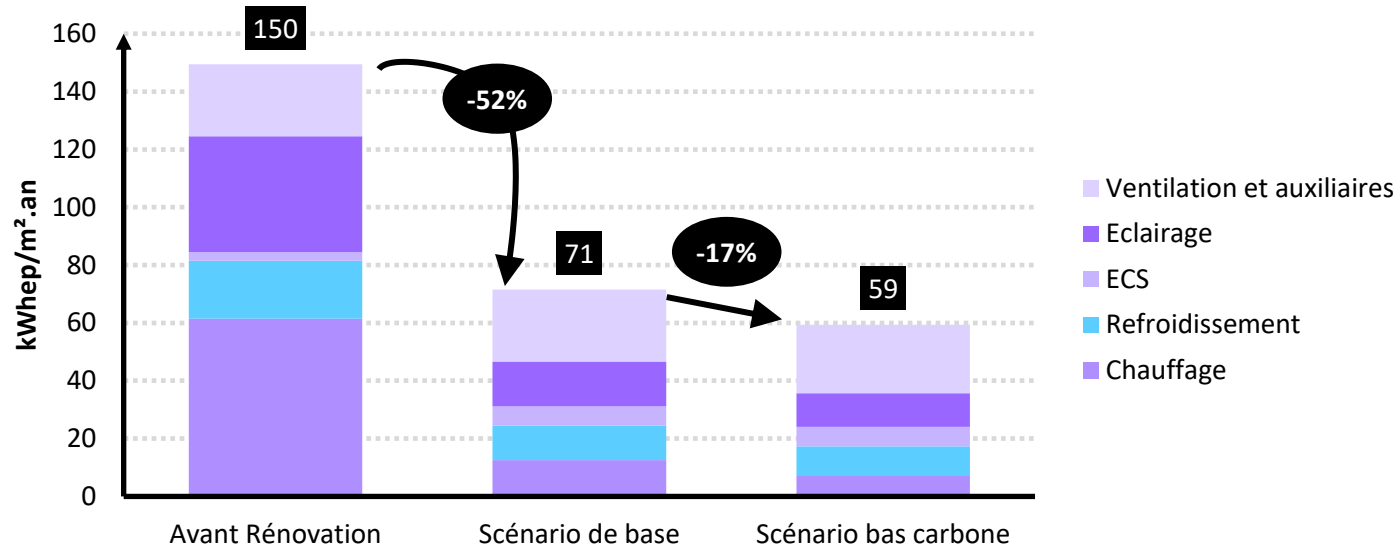


Bilan du scénario bas carbone

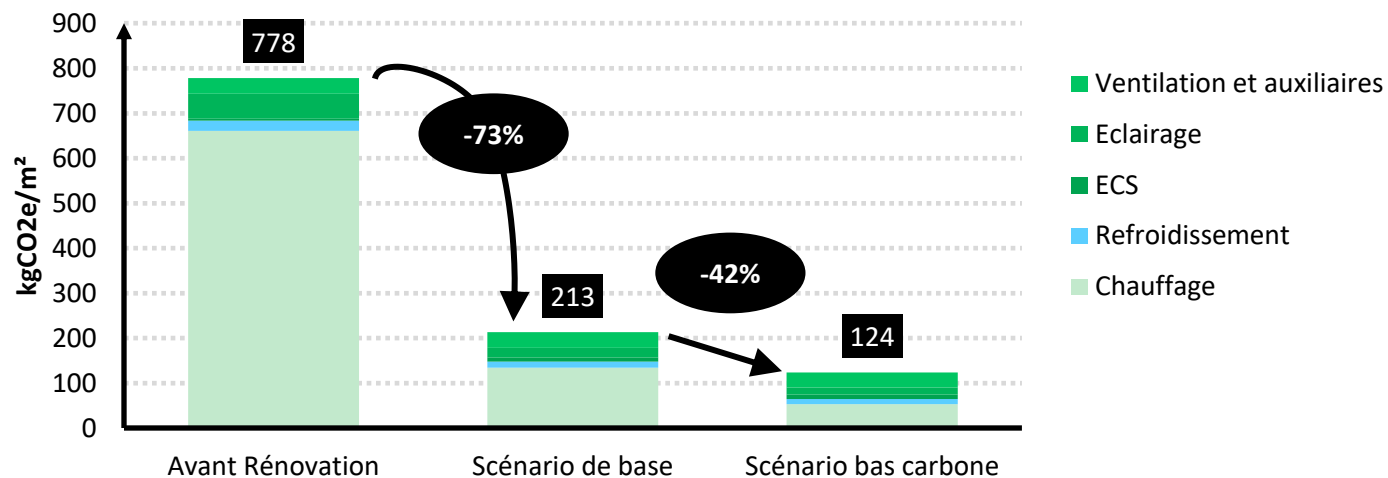




Consommations énergétiques



Poids carbone de l'énergie sur 50 ans

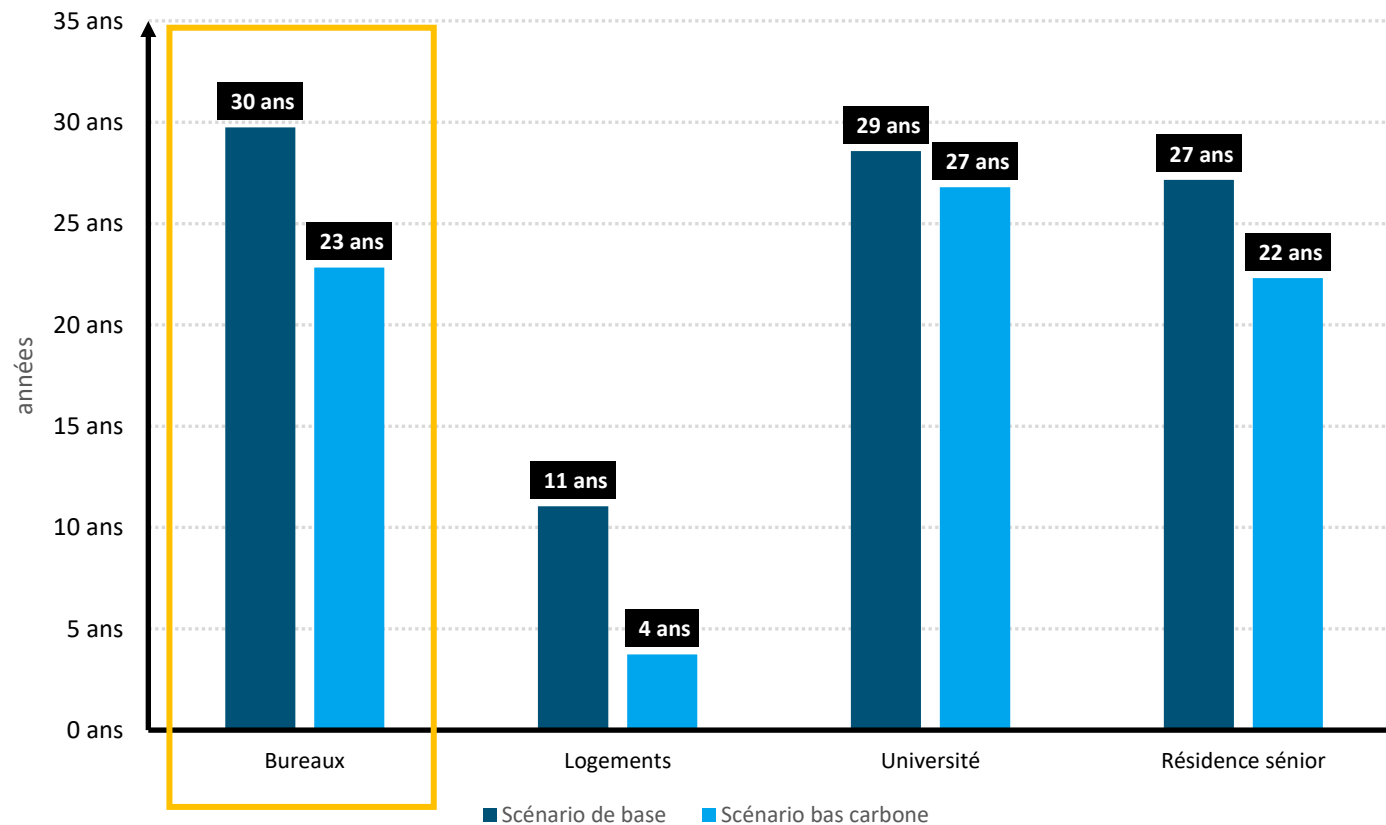


Forte diminution des consommations sur le poste chauffage le plus carboné.

Légère diminution des consommations dans le scénario bas carbone avec le recours à une autre source d'énergie.



Temps de Retour Carbone (TRC)

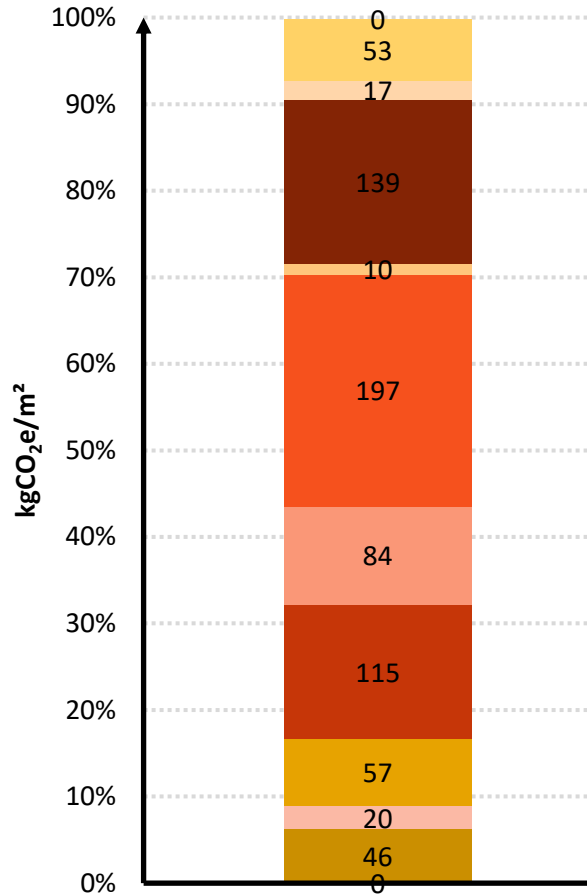


Le **temps de retour carbone** du projet passe de 30 à 23 ans entre le scénario de base et le scénario bas-carbone



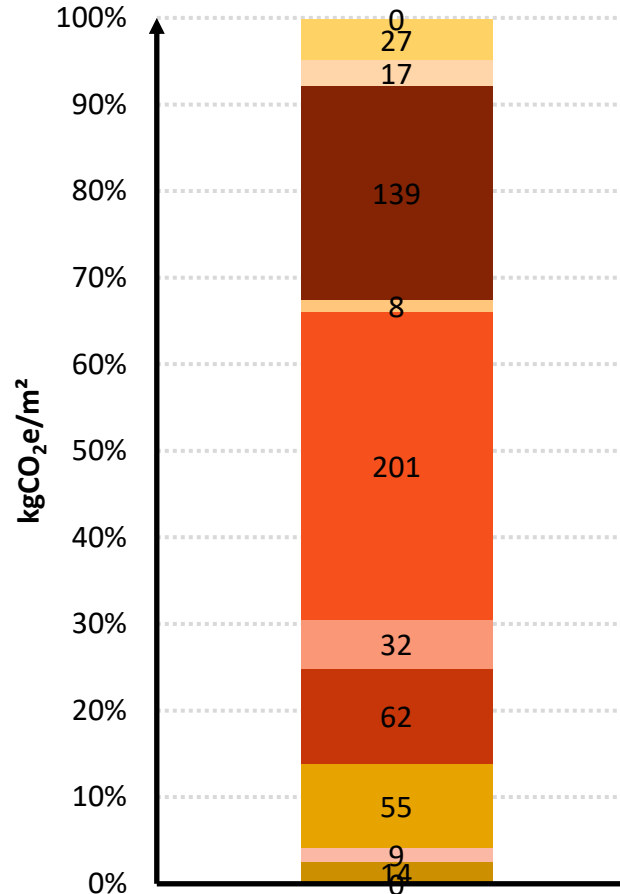
Poids carbone de la matière par lot

738 kgCO₂e/m²



Scénario de base

563 kgCO₂e/m²

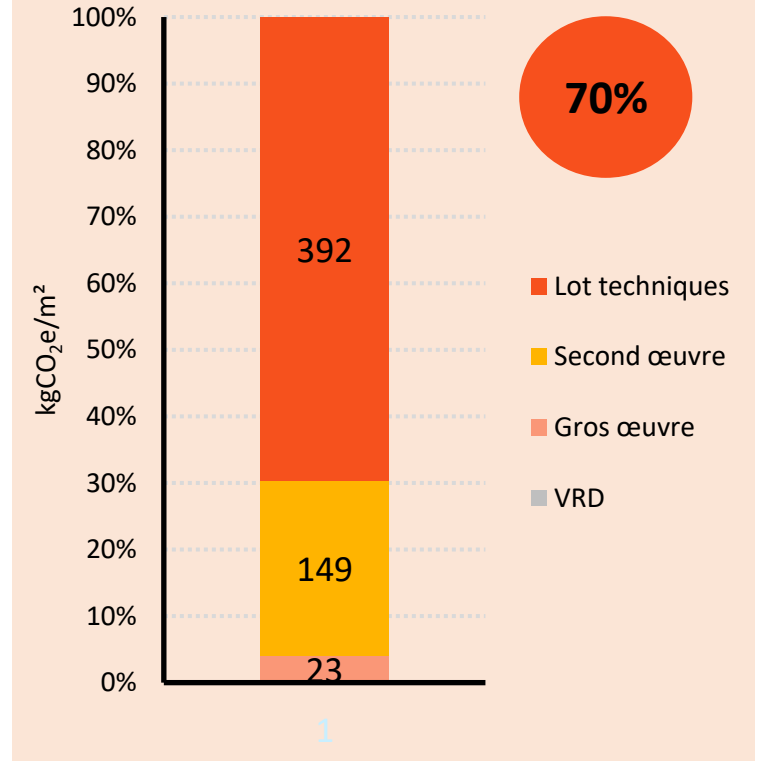


Scénario bas-carbone

- Appareils élévateurs
- Courant faible
- Courant fort
- Installations sanitaires
- CVC
- Revêtements intérieurs
- Façades
- Cloisonnement
- Couverture
- Superstructure
- Fondations
- VRD

Poids carbone matière

563 kgCO₂e/m²



Scénario bas-carbone



Focus confort d'été

Quadrature confort été vs carbone ?

Variante étudiée

- Suppression raccordement RCU froid et suppression distribution
- Ventilation nocturne
- Protections solaires renforcées

Gain carbone possible (matériau + énergie) : **Le gain total de la mesure est de 3% (32 kgCO²/m²)**

Dans ce cas, la suppression de la clim amène un gain très faible avec des difficultés importantes :

- Gestion optimale
- Température de confort en scénario caniculaire



Les 3 leviers principaux

Levier 1 : Optimisation de données environnementales dès le scénario de base

Levier 2 : Consommer moins : réemploi

Levier 3 : Consommer mieux :

- Matérialité : biosourcé
- Vecteur énergétique (géoénergie + puit canadien)



Les projets (4/4)

Université





Opération	Tolbiac	
Promoteur	ICADE PROMOTION TERTIAIRE	
Architecte	ORY	
Bureaux d'étude	MOE: ORY BET structure: KHEPHREN BET Façade : CEEF BET FLUIDES ET AMO ENV: ALTO INGENIERIE BET ACOUSTIQUE: EGIS - ACOUSTB ECONOMISTE: AE75	
Utilisateur	Non déterminé à date	
Usage	Etablissement d'enseignement supérieur	
SDP (m ²)	Avant: 2798 m ²	Après: 4432 m ²
Nb d'étages	Avant : R+5	Après : 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

SYSTÈMES 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 (Unité Thermodynamique de Confort Individuel = UTCI)

PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

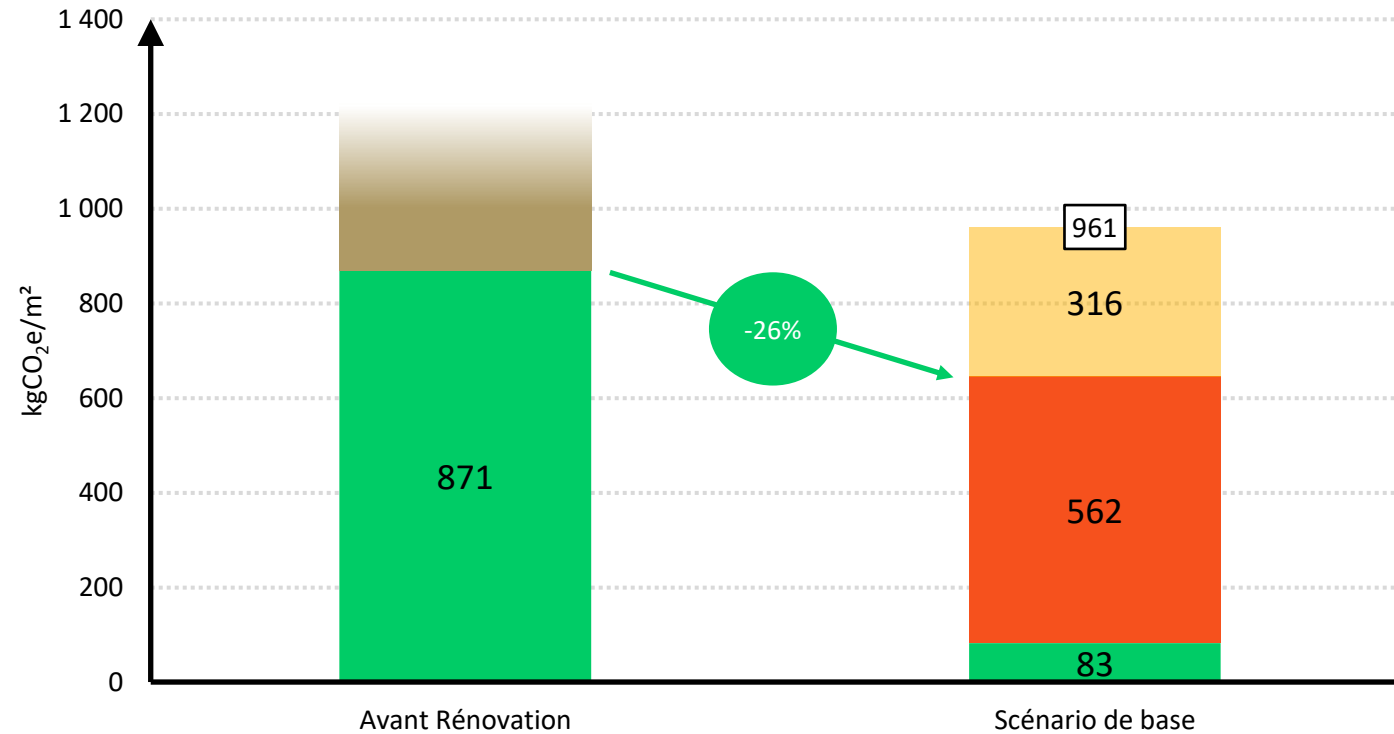
	Après réno
Energie	Effinergie rénovation Cep < Cep ref – 40%
Carbone	Critère carbone <10KgCO2/m².an
Certification	BREEAM niveau very good, HQE Batiment Durable, Label Wiredscore niveau silver, Label Osmoz démarche pilote, BBC effinergie renovation 2021



Rappel des résultats du scénario de base

Poids carbone total

(ACV sur 50 ans)



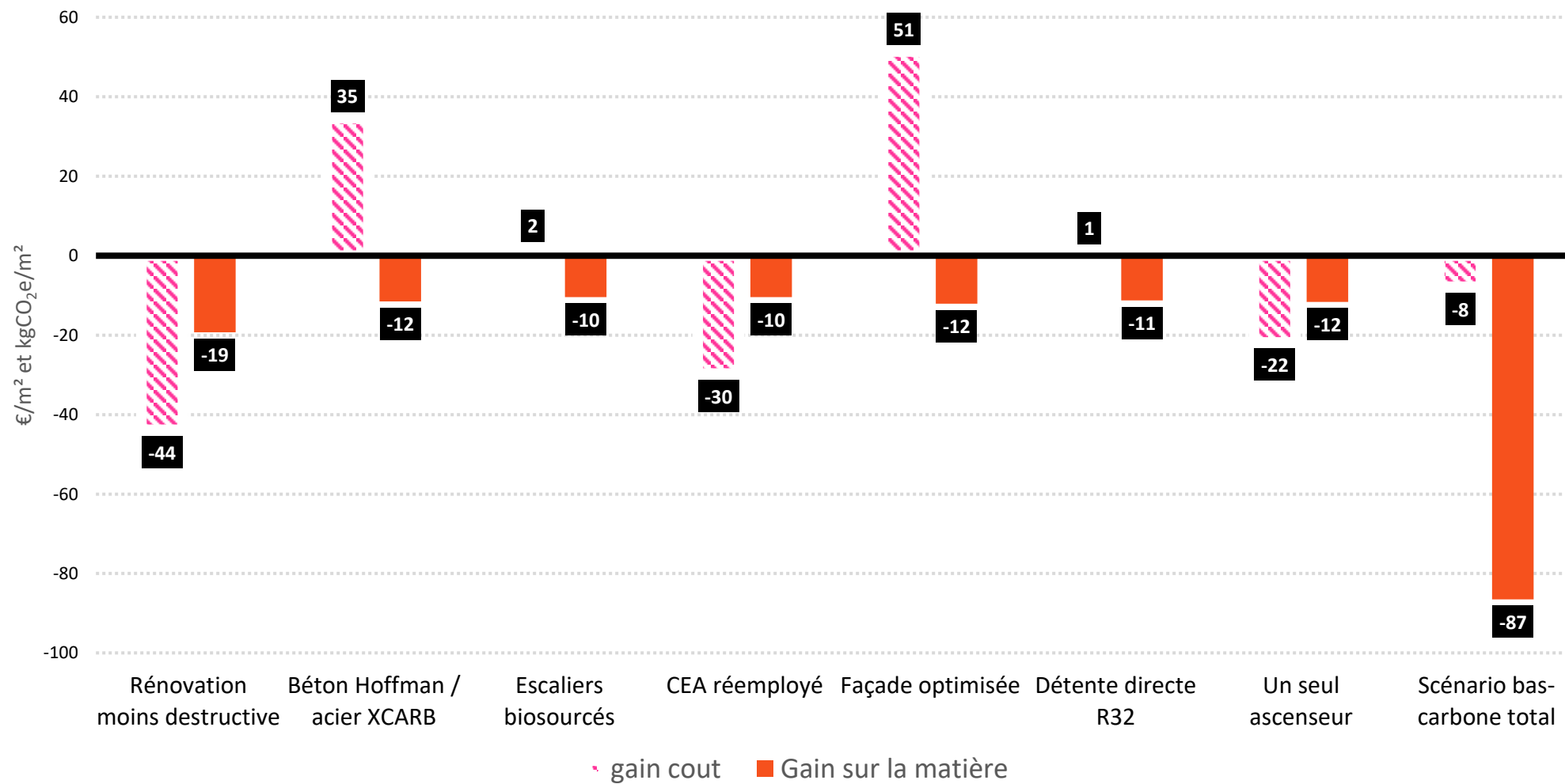
■ Renouvellement de matière
 ■ Matière: budget Qualité d'usage
 ■ Matière: budget énergétique
 ■ Energie



	Nom	Description de la variante
Base	base	Incluant un remplacement maximaliste des DED par des FDES
Variantes retenues pour le scénario bas carbone	Rénovation moins destructive	Le scénario de base remplaçait beaucoup d'éléments structurels existants, la variante consiste à réutiliser plus l'ancien bâti
	Béton Hoffman / acier XCarb	Superstructure majoritairement en béton et acier, choix de produits vertueux
	Escaliers biosourcés	Remplacement de l'escalier métallique par un escalier en bois
	CEA réemployés	Sourcing des moquettes, faux-planchers, métalleries, etc en réemploi
	Façade optimisée	Optimisation de l'impact des façades en variantant les matériaux (isolant biosourcé, Brise soleil Griesser, ardoise Cupaclad)
	Détente direct R32	L'amphithéâtre au sous-sol est climatisé par un circuit de détente directe au R410a, pouvant être remplacé par un fluide à GWP plus faible
	Suppression d'un ascenseur	Les ascenseurs sont utilisés par le personnel et les étudiants à mobilité réduite, un seul ascenseur suffirait au lieu de deux
Variantes non retenues	Suppression de la climatisation et réseau de chaud urbain	Plus d'UTCI (unités individuelles) ni de PAC Chauffage : RCU alimentant des radiateurs à eau Rafrachissement : brasseurs d'air Ventilation : CTA et diffuseurs Variantes selon le taux d'ENR du RCU (CPCU, 75% ENR, 100% ENR)
	Suppression de la climatisation et pompe à chaleur	PAC à la place du RCU Plus de climatisation : PAC 150 kW chaud au lieu de 400 kW froid

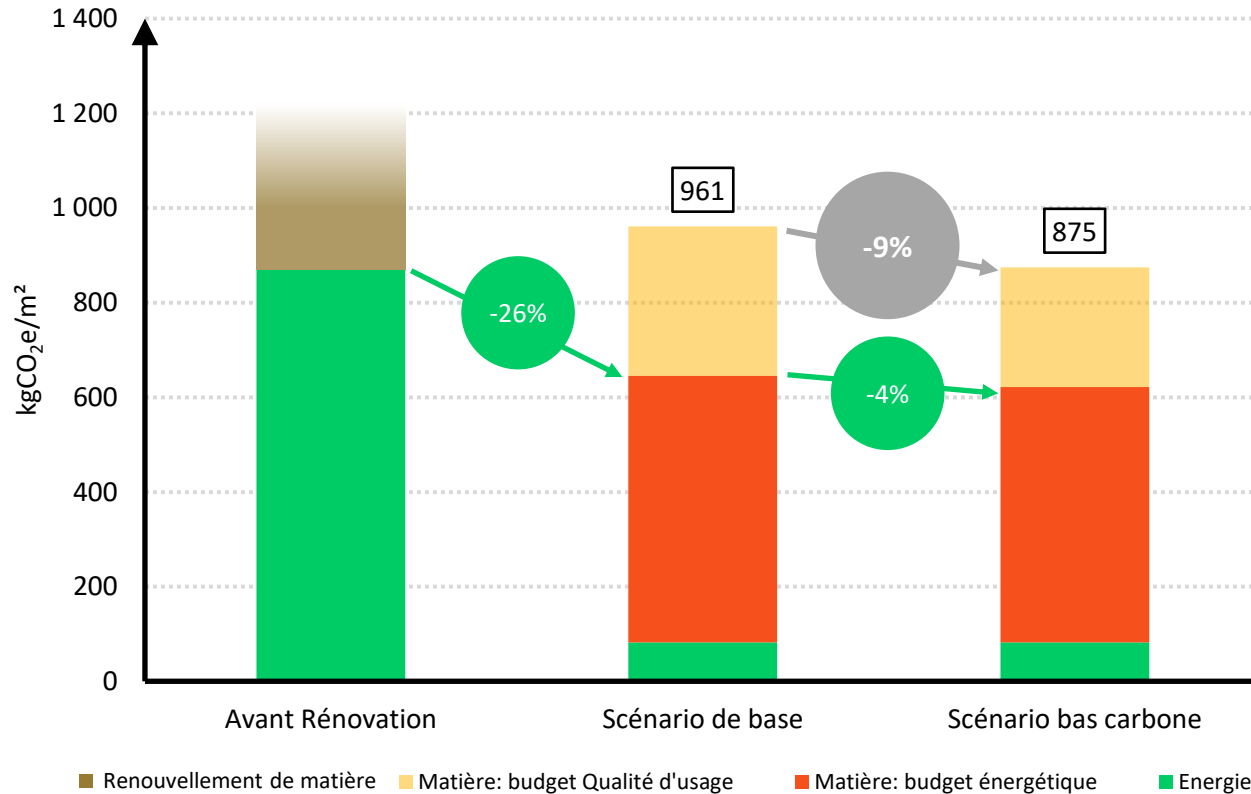


Évaluations du gain en euros (coûts) et du gain en GES de la matière des scénarios bas carbone par rapport à la base



Bilan du scénario bas carbone

Poids carbone total
(ACV sur 50 ans)

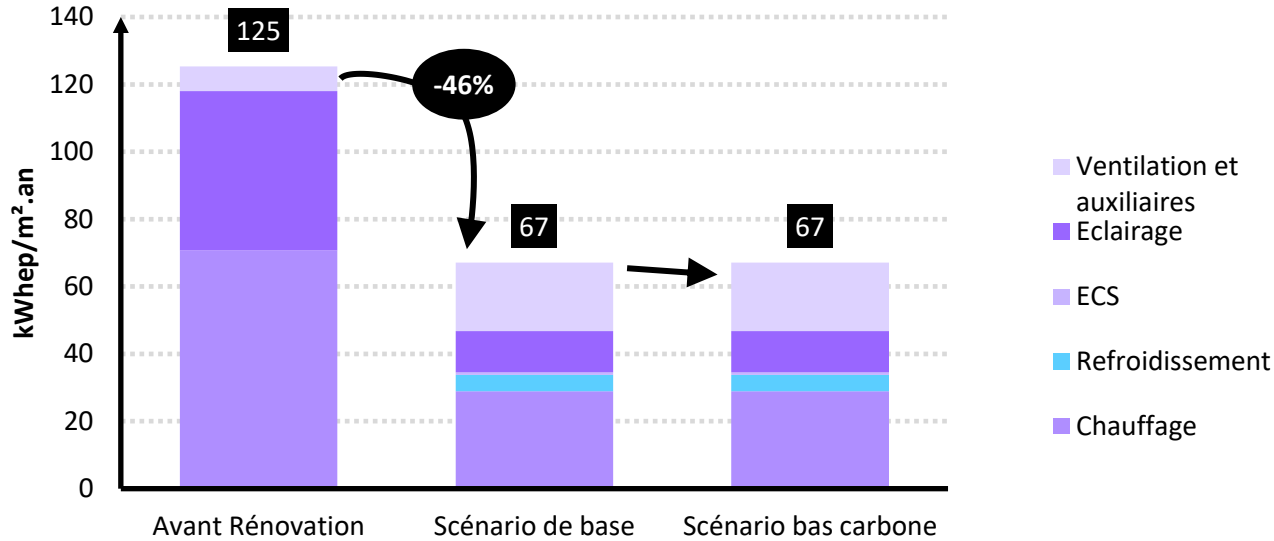


CO₂ **- 9%**
Par rapport au scénario de base

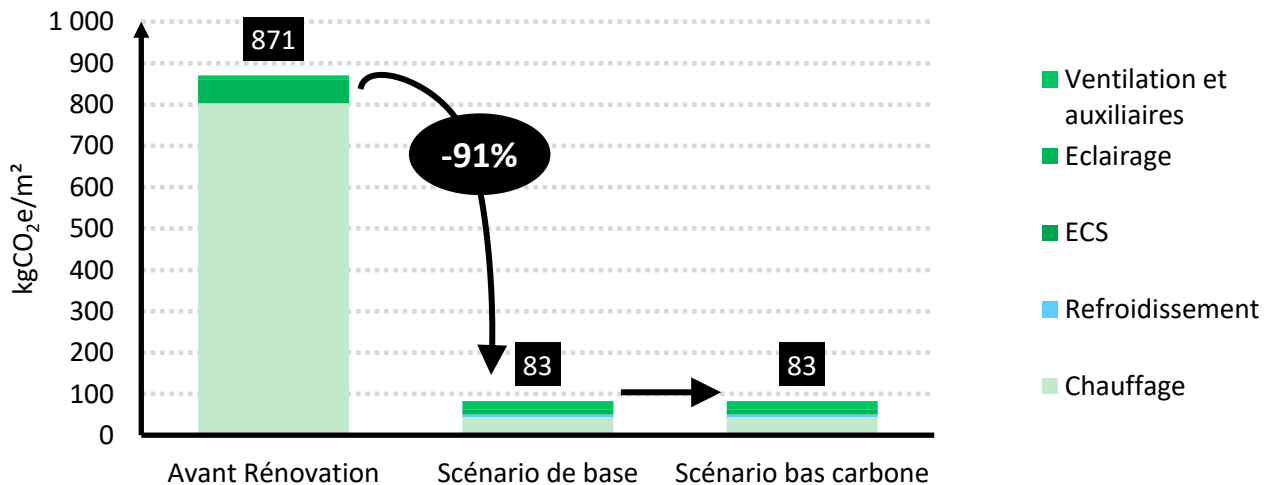
€ **~ isocoût**
Par rapport au scénario de base

3 259 €/m² **-0%** 3 251 €/m²

Consommations énergétiques



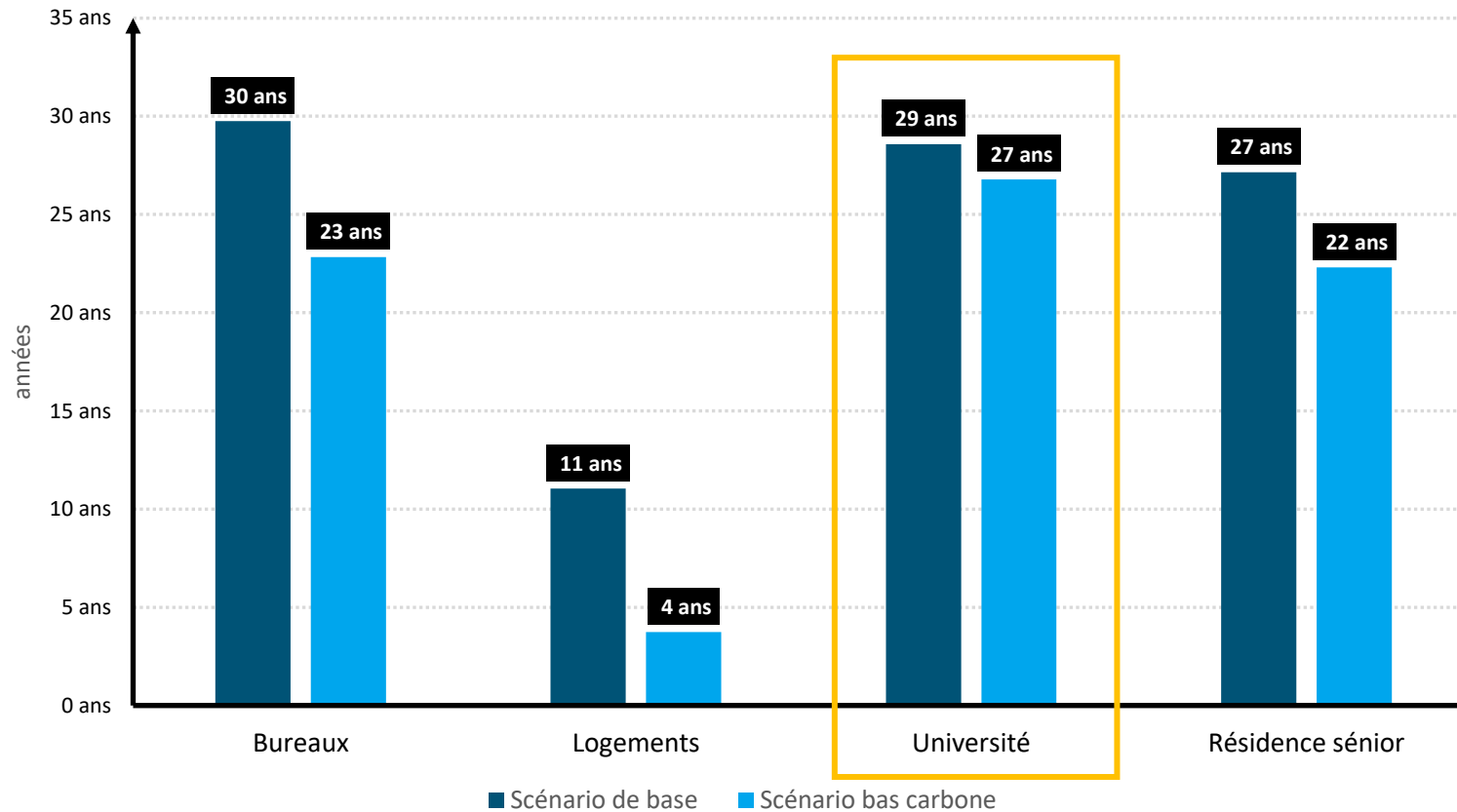
Poids carbone de l'énergie sur 50 ans



- La performance énergétique de l'opération était **déjà très bien optimisée** dans le scénario de base.
- **Les variantes n'ont pas modifié les consommations d'énergie.**



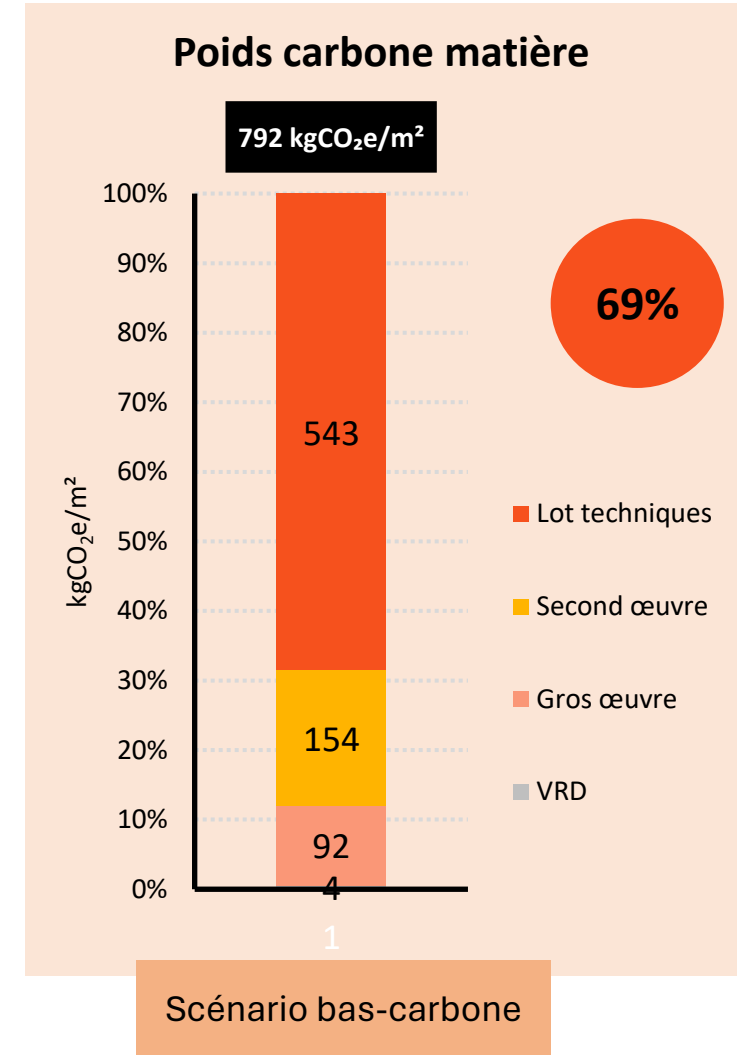
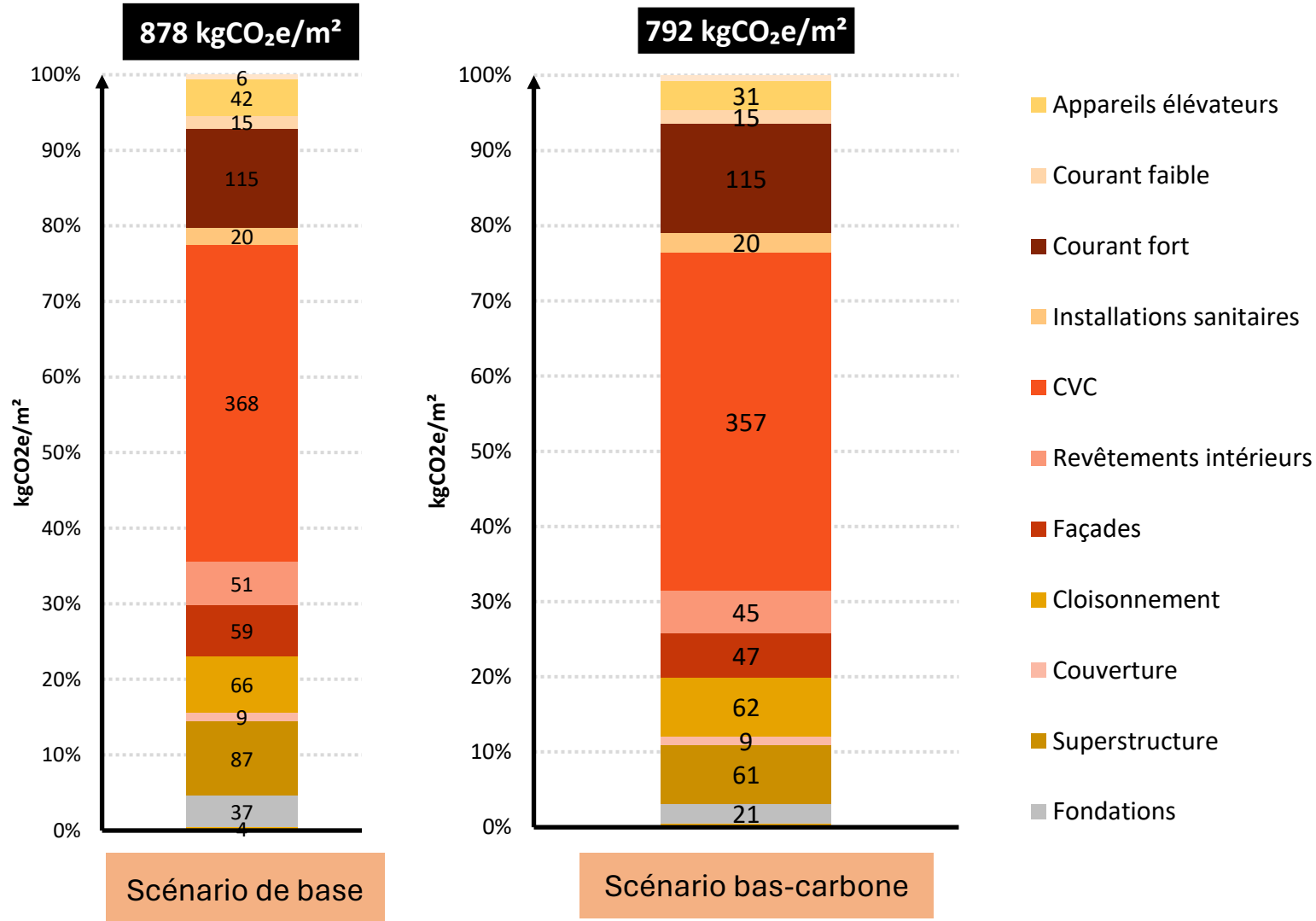
Temps de Retour Carbone (TRC)



Le temps de retour carbone est passé de 29 ans à 27 ans.

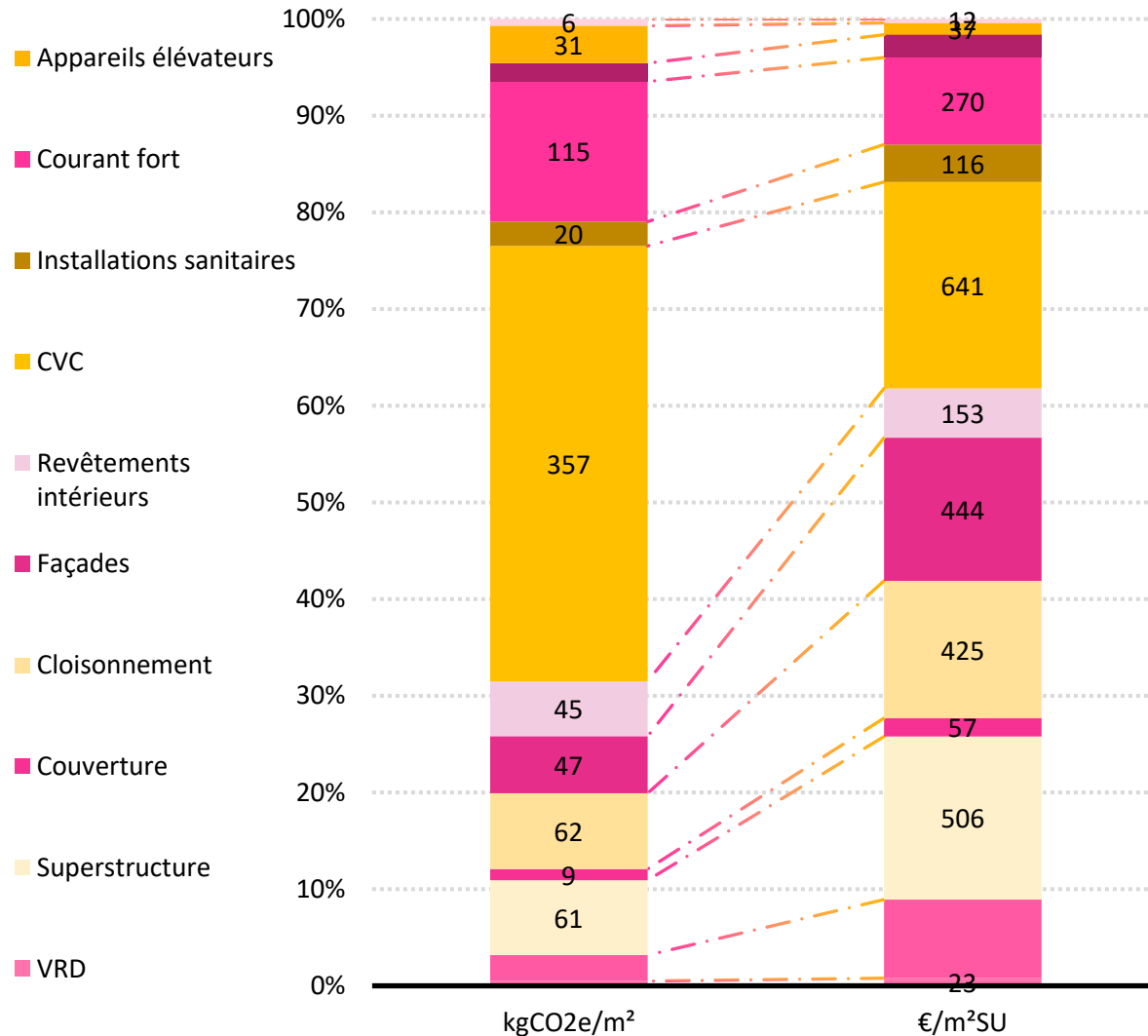


Poids carbone de la matière par lot





Coût VS Carbone



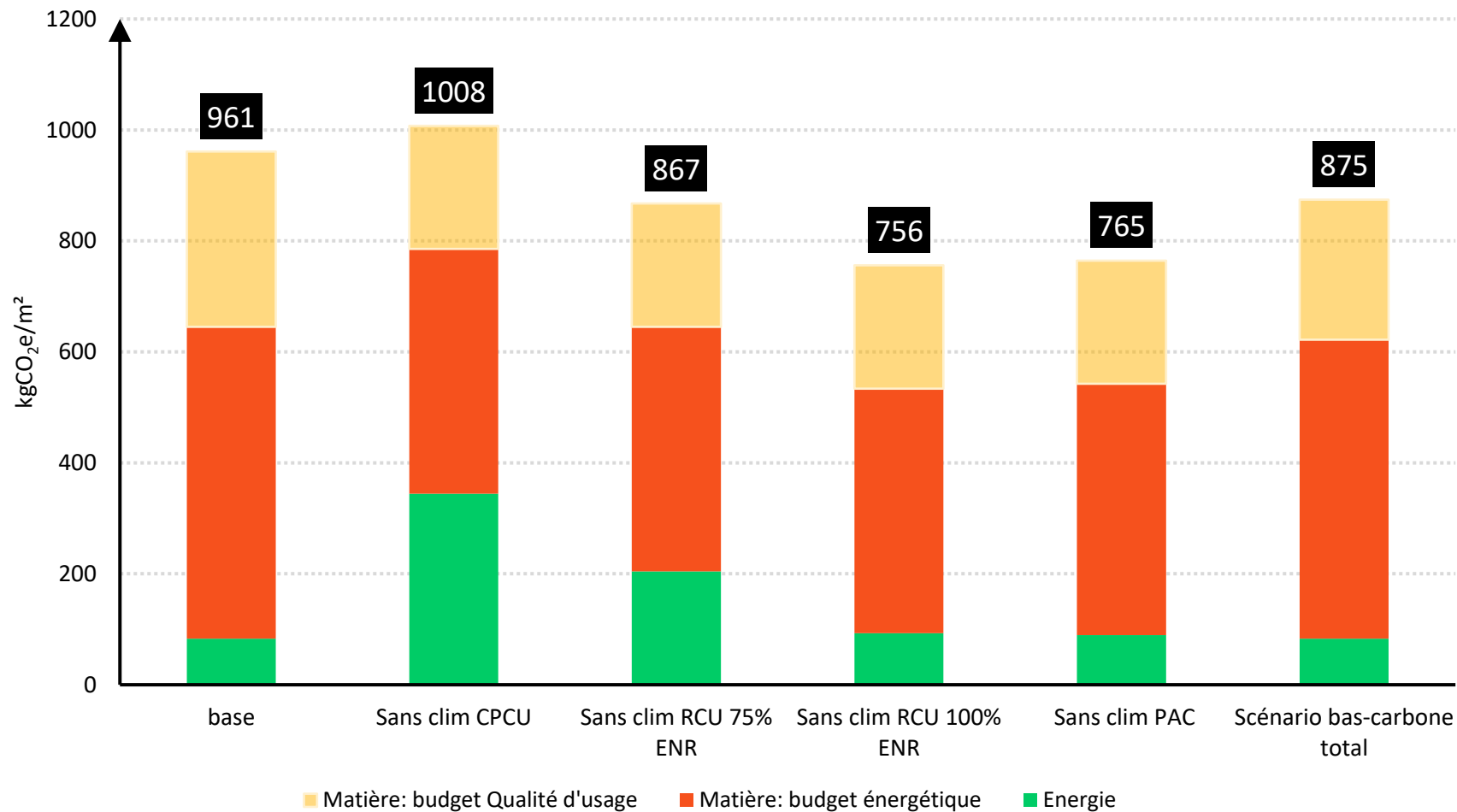
Les lots les plus chers ne sont pas forcément les plus impactants.

Le lot CVC représente **plus d'un tiers de l'impact environnemental des matériaux et reste très incompressible.**



Focus confort d'été

Les scénarios



S'affranchir de la climatisation et surmonter les contraintes liées au bâti existant permettrait (théoriquement) d'améliorer considérablement l'impact Réchauffement Climatique.

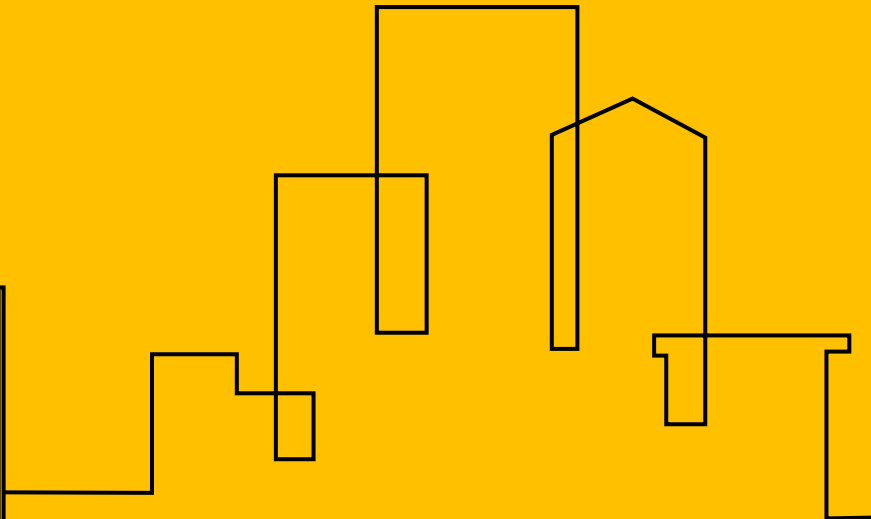


Il est possible **d'améliorer l'impact carbone à isocoût.**

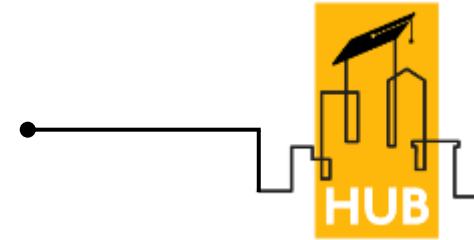
Les **contraintes programmatiques** et les **particularités du bâti** existant peuvent limiter le potentiel d'optimisation de l'impact.



Messages clés



La majorité des projets de rénovation disposent de leviers de décarbonation à surcoût maîtrisé



**En maintenant le surcoût sous 5%,
¾ des projets parviennent à décarboner leur opération entre 10% et 70%**

- 10% à - 20% kgCO_{2e}/m²

0 à 5% de surcoût

Pousser la décarbonation d'un bâtiment déjà sorti des fossiles

BUREAUX

**- 20% kgCO_{2e}/m²
+ 5% €/m²**

UNIVERSITÉ

**- 10% kgCO_{2e}/m²
isocoût**

- 70% kgCO_{2e}/m²

5% de surcoût

Sortir des fossiles suite à une rénovation énergétique performante

LOGEMENTS

**- 70% kgCO_{2e}/m²
+ 5% €/m²**

- 10 % kgCO_{2e}/m²

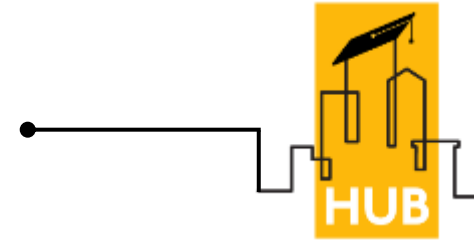
18% de surcoût

Décarboner un programme sans sortie des fossiles et avec un changement d'usage

RSS*

**- 10% kgCO_{2e}/m²
+ 18% €/m²**

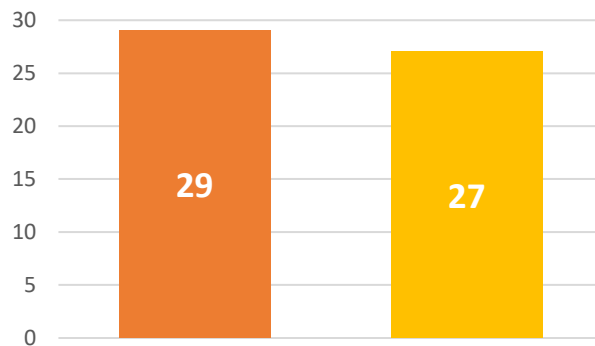
Permettant ainsi de réduire les Temps de Retour Carbone (TRC) en maîtrisant les surcoûts



L'ensemble des projets parviennent à réduire le Temps de Retour Carbone (TRC) de leurs opérations avec une baisse moyenne d'environ 5 ans

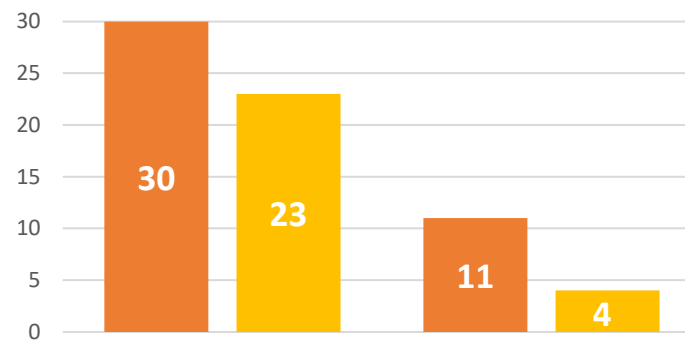
À isocoût

L'université parvient à réduire son TRC de 2 ans



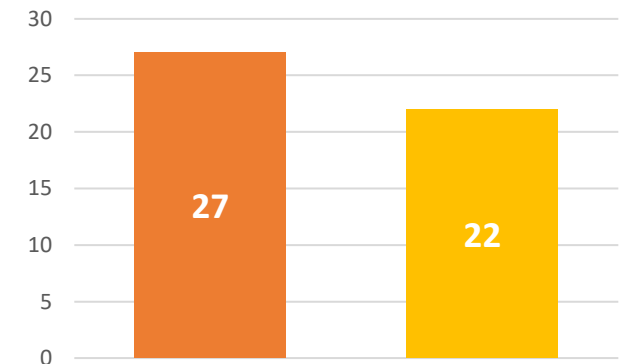
Avec un surcoût maximum de 5%..

Les Bureaux et les logements parviennent à réduire leurs TRC de 7 ans



Avec un surcoût de 18%..

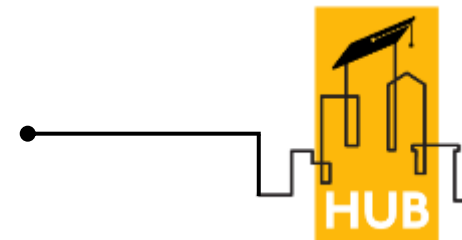
La Résidence Service Senior parvient à réduire son TRC de 5 ans



TRC initial

TRC final

3 grands paramètres de l'équation coût/carbone se dessinent : [1/3] l'optimisation de la méthode



Une ACV détaillée avec des produits disposant de données environnementales permet de drastiquement réduire l'empreinte carbone sans surcoût

ACV initiale (majorité de DED + forfaits)

~ 900 kgCO_{2e}/m²
Scénario de base

ACV avancée (fiches collectives + minorité DED)

~ 800 kgCO_{2e}/m²
Scénario de base (bis)

ACV détaillée (fiches collectives + individuelles)

~ 750 kgCO_{2e}/m²
Scénario bas-carbone

Iso €

+0,5% €

- 100 kgCO_{2e}/m²

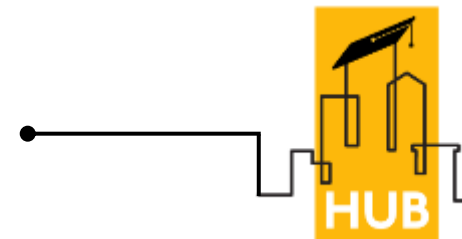
- 50 kgCO_{2e}/m²

Choix fiches collectives et quelques fiches spécifiques + détail lots forfaitaires (techniques)

Choix de fiches individuelles spécifiquement bas-carbone



3 grands paramètres de l'équation coût/carbone se dessinent : [2/3] la sortie des fossiles



L'approche coût/carbone confirme le caractère prioritaire de la sortie des fossiles en approche globale comme en rénovation par étape

L'université sort des fossiles dans le programme de base

Part du budget total alloué à la sortie des fossiles :
3 %

Baisse d'émissions liée à l'énergie due à la sortie des fossiles :
800 kgCO_{2e}/m²

TRC de l'opération avec sortie des fossiles :
29 ans

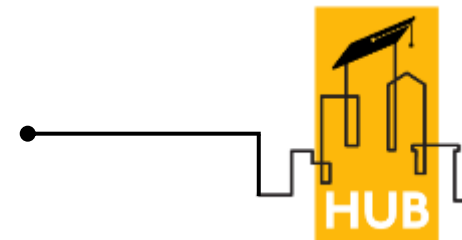
Les logements sortent des fossiles en deux étapes

Surcoût alloué à la sortie des fossiles dans la variante :
4 %

Baisse d'émissions complémentaire liée à la sortie des fossiles :
63 % (680 kgCO_{2e}/m²)

Évolution du TRC avant/après sortie des fossiles :
Gain de 7 ans (11 ans → 4 ans)

3 grands paramètres de l'équation coût/carbone se dessinent : [3/3] la conservation de l'existant



Conserver l'existant permet d'optimiser l'empreinte carbone et le coût des opérations de rénovation

Université : une variante pour optimiser la conservation de la structure existante

GES matière



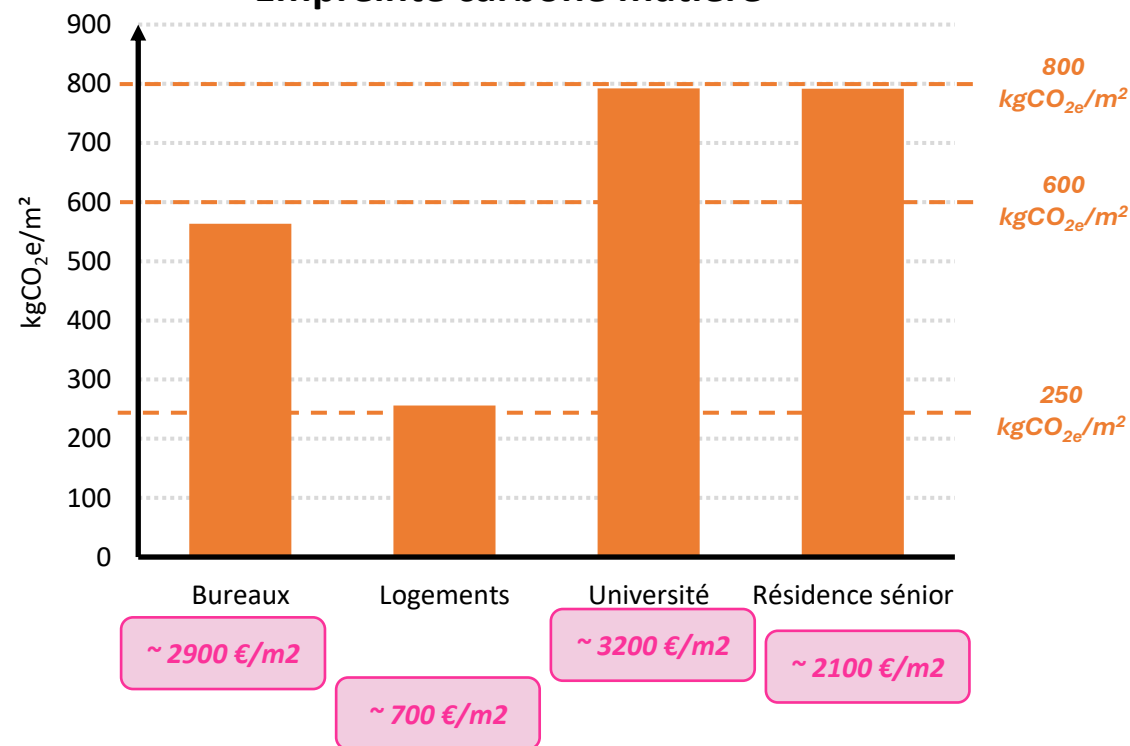
- 20 kgCO_{2e}/m²
par rapport au programme de base

€ matière



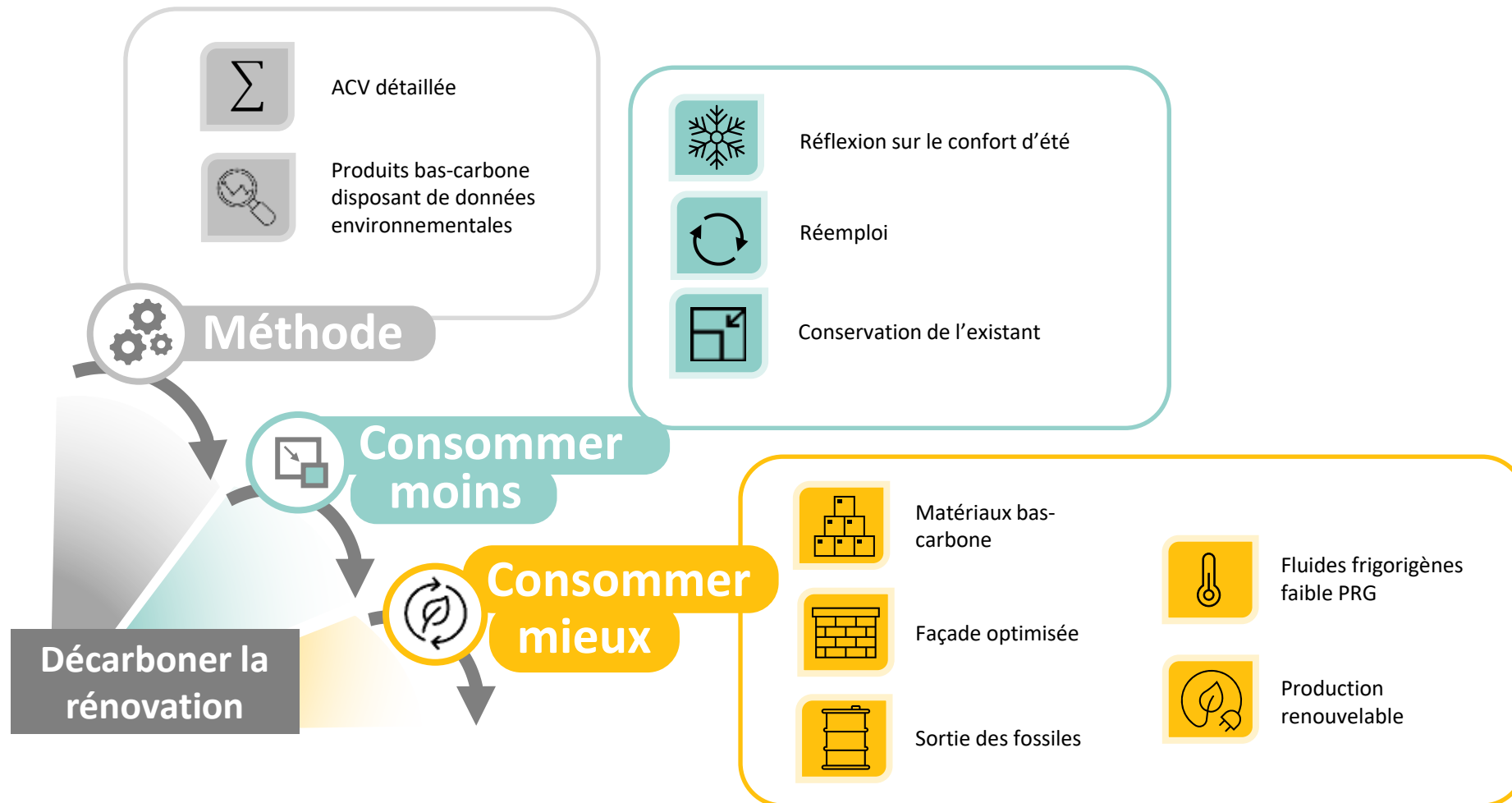
- 1,5% (€/m²)
par rapport au programme de base

Empreinte carbone matière



3 Axes d'optimisations

10 Leviers de décarbonation



Au global, 10 leviers communs de décarbonation ont été identifiés par les projets



Méthode

ACV détaillée + choix des produits et équipements bas-carbone disposant d'une donnée environnementale



ACV détaillée

Capacité de décarbonation :



~ 100 à 150 kgCO_{2e}/m²

Surcoût associé :



Pas de surcoût



Produits bas-carbone avec données environnementales

Capacité de décarbonation :



~ 50 kgCO_{2e}/m²

Surcoût associé :



~ 1 à 2%

Au global, 10 leviers communs de décarbonation ont été identifiés par les projets



Consommer moins

Réemploi + conservation de l'existant + suppression de la climatisation



Réemploi

Capacité de décarbonation :



Jusqu'à
20 à 50 kgCO_{2e}/m²

Surcoût associé :



~ isocout



Conservation de l'existant

Capacité de décarbonation :



~ 20 à 250 kgCO_{2e}/m²

Surcoût associé :



~ selon référence



Réflexion confort d'été

Capacité de décarbonation :



Jusqu'à 200 kgCO_{2e}/m²
(matière + énergie)

Surcoût associé :



Non chiffré
Acceptabilité ?

Au global, 10 leviers communs de décarbonation ont été identifiés par les projets [3/3]



Consommer mieux (1/2)

Sortie des fossiles (consommations + vecteur) + matériaux bas-carbone + fluides frigorigènes faible PRG + optimisation des façades



Sortie des fossiles

Réduire les consommations

Capacité de décarbonation :

~ 500 kgCO_{2e}/m²

(~ 300kgCO_{2e}/m² en retirant l'impact matière)

Surcoût associé :

Prérequis



Sortir du vecteur fossile

Capacité de décarbonation :

~ 700 kgCO_{2e}/m²

Surcoût associé :

~ 4%



Matériaux bas-carbone

Capacité de décarbonation :



~ 20 à 80 kgCO_{2e}/m²

Surcoût associé :



~ 3 à 5%

Au global, 10 leviers communs de décarbonation ont été identifiés par les projets [3/3]



Consommer mieux (2/2)

Sortie des fossiles (consommations + vecteur) + matériaux bas-carbone + fluides frigorigènes faible PRG + optimisation des façades



Optimisation des façades

Capacité de décarbonation :



~ 10 kgCO_{2e}/m²

Surcoût associé :



~ 1,5%



Fluides frigorigènes faible PRG

Capacité de décarbonation :



~ 10 à 20 kgCO_{2e}/m²

Surcoût associé :

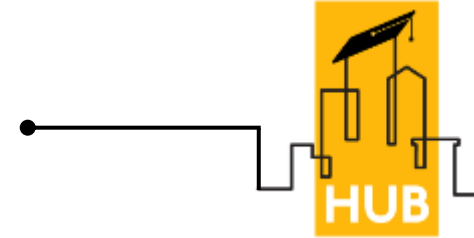


Faible surcoût



Chiffres clés

Quelques chiffres à retenir



TRC < 25 ans

Budget énergie x matériaux pourrait descendre à 600 kgCO₂e/m²

On peut diviser l'impact carbone de l'énergie par 2 jusqu'à diviser par 12

Budget qualité d'usage autour de 250 kgCO₂e/m² et budget matière énergétique autour de 350 kgCO₂e/m²

Quelques chiffres à retenir



de 50%
à 70%

la part des lots techniques

de 15%
à 45%

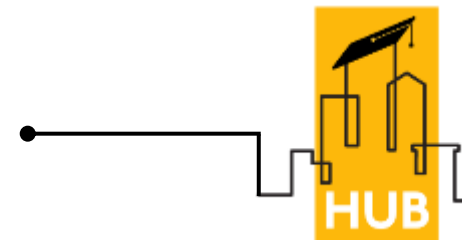
la part du lot CVC

de 10%
à 40%

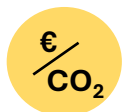
la part de l'énergie

**Des surcoûts de
négligeables à + de 15%**

Et pour la suite ?



Webinaire 1 – Rénovation bas carbone : mesurer pour agir
[passé et disponible en ligne !]



Aujourd'hui

Webinaire 2 – Maitriser l'équation coût carbone de la rénovation



Webinaire 3 – Rénover et/ou démolir reconstruire – **mai 2024**

Un grand merci aux équipes !



Equipe logements



Equipe : service senior



Equipe bureaux



Equipe Enseignement





Merci !
(et rejoignez le Hub)

hub_bascarbone@ifpeb.fr

hub@carbhone4.com

<https://www.ifpeb.fr/travaux/le-hub-des-prescripteurs-bas-carbone/>

ifpeb

 **carbhone4**

