



## PROGRAMME D'INNOVATION COLLABORATIVE NZC RÉNOVATION

Optimisation et scénario NZC des cas génériques retenus

*Janvier 2022 – Indice B*

## LE PROJET NZC RÉNOVATION

Le programme NZC Rénovation vise à identifier une méthode cohérente pour augmenter la performance des bâtiments existants sur l'ensemble du cycle de vie. Il est piloté par l'Alliance HQE France GBC et financé par la Fondation REDEVCO. Le projet porte sur sept cas d'étude représentatifs. Il vise à mettre en évidence des leviers efficaces pour la réduction des émissions de carbone du marché français de la rénovation.

Le projet est constitué de trois étapes :

1. Le réajustement de la méthode ACV rénovation réalisé lors du test HQE Performance 2017
2. La réalisation d'études de cas représentatifs, objet du présent document, et leurs optimisations.
3. L'écriture d'un guide de bonnes pratiques et la réalisation d'une optimisation des projets pour se rapprocher de la neutralité carbone.

L'objectif est également de partager ces travaux à travers l'Europe en mettant à disposition en anglais la méthodologie et les études de cas réalisés. Ce projet est organisé en collaboration avec le World GBC qui permettra une communication dans toute l'Europe grâce à son réseau et en partenariat avec AIA ENVIRONNEMENT, membre de l'Alliance qui fournira son expertise dans divers domaines et réalisera l'ensemble des analyses du cycle de vie.

Chaque étape vise la mesure, la réduction effective et l'engagement croissant des professionnels, en ce qui concerne les émissions sur l'ensemble du cycle de vie des constructions existantes.

## OBJET DU DOCUMENT

Ce document s'inscrit dans la phase 3 du programme NZC Rénovation.

Son objet est de **présenter les optimisations des analyses de cycle de vie (ACV) conduites sur les 7 projets représentatifs** du marché de la rénovation en France.

Il est composé des trois parties suivantes :

### Dans un premier temps :

- Une définition du concept de neutralité carbone applicable en rénovation.
- Une présentation de la méthodologie retenue pour calibrer et optimiser les sept cas génériques retenus.

### Dans un second temps :

- Une analyse des principales optimisations développées pour chaque cas d'étude en présentant les hypothèses retenues et les résultats obtenus.

### En conclusion :

- Une analyse comparative globale avec une identification des enjeux différenciés
- Une description des pistes d'approfondissement, et un témoignage des acteurs ayant participé au projet.



### CONSOLIDATION DE LA MÉTHODOLOGIE

Harmonisation des méthodes pour l'analyse du cycle de vie des bâtiments existants.



### CAS D'ÉTUDE REPRÉSENTATIFS

Analyse détaillée de 7 cas d'étude représentant la diversité du marché français.



### RÉNOVATION & NEUTRALITÉ CARBONE

Identification des dispositions pertinentes pour réduire les émissions selon les contraintes contextuelles.

Les trois étapes du projet NZC Rénovation

## LES 7 CAS GÉNÉRIQUES RETENUS

Les bâtiments existants représentent une grande variété de typologies, de morphologies, d'implantations et de contraintes contextuelles. Les 7 cas d'études retenus correspondent chacun à une famille de projet représentative et duplicable à l'échelle du marché français. Leur choix a été motivé fortement par cet enjeu de représentativité. L'avancement suffisant du projet et la disponibilité de données spécifiques et argumentées ont également constitué des conditions sine qua non pour permettre la réalisation de l'ACV.



**A - LOGEMENTS INDIVIDUELS EN TISSU PAVILLONNAIRE**

Réhabilitation «à énergie 0» de 4 logements en site occupé, Chateaugiron (35)



**B - GRAND ENSEMBLE DE LOGEMENTS COLLECTIFS EN PÉRIPHÉRIE URBAINE**

Réhabilitation de 446 logements collectifs Résidence la gavotte, Septèmes-les-Vallons (13)



**C - PATRIMOINE ANCIEN DIFFUS D'HABITATIONS EN CENTRE VILLE**

Aménagement de 9 logements et d'un local mutualisé, Rodez (12)



**D – GRANDE PIÈCE URBAINE À RESTRUCTURER EN CŒUR DE MÉTROPOLE**

Bâtiment Jean Goujon, Paris (75)



**E - PATRIMOINE INDUSTRIEL ENFRICHÉ DANS UN QUARTIER EN RENOUVELLEMENT**

H7, lieu totem de la French Tech, Lyon (69)



**F – IMMOBILIER D'ENTREPRISE RÉCENT À RÉNOVER LOURDEMENT**

Tour IBOX, Paris (75)



**G – REZ DE CHAUSSÉE URBAIN EN ACTIVATION**

Bureaux de Wigwam, local commercial en RDC d'un immeuble de patrimoine historique, Nantes (44)

## MÉTHODOLOGIE ACV UTILISÉE

La méthodologie utilisée pour l'étude est celle décrite dans le [guide méthodologique ACV Rénovation](#) de l'Alliance HQE (publié en 2018). Cette méthode basée sur l'ACV statique présente les singularités suivantes :

- Prise en compte des éléments conservés avec un amortissement correspondant à l'âge du composant par rapport à la durée de vie type.
- Prise en compte des éléments déposés.
- Méthodologie de prise en compte des matériaux réemployés le cas échéant.

Cette méthodologie a été adaptée au fil des retours d'expérience du projet. En particulier, nous avons constaté, dans le guide ACV rénovation, que l'amortissement des PCE ayant une durée de vie supérieure à 50 ans est assujéti à plusieurs interprétations.

Le guide mentionne les points suivants :

- Le calcul de l'amortissement suggère de prendre en compte la durée de vie de référence des PCE en dénominateur.
- Dès lors que la rénovation intervient après 50 ans, l'ensemble des matériaux sont amortis même si la DVR du produit est supérieur à 50 ans.

Cependant, dans le calcul, cela crée un effet de seuil pour l'impact des matériaux ayant une DVR de 100 ans. En effet leur amortissement à la 49 -ème année est de 49/100 et à la 50 -ème année on considère qu'ils sont amortis.

Nous avons ainsi proposé de rectifier le calcul de l'amortissement afin de limiter l'effet de seuil en proposant l'ajout suivant :

$A = \text{Durée de Vie Résiduelle PCE} / \min(\text{Durée de Vie de Référence PCE} ; \text{Durée de Vie du bâti})$

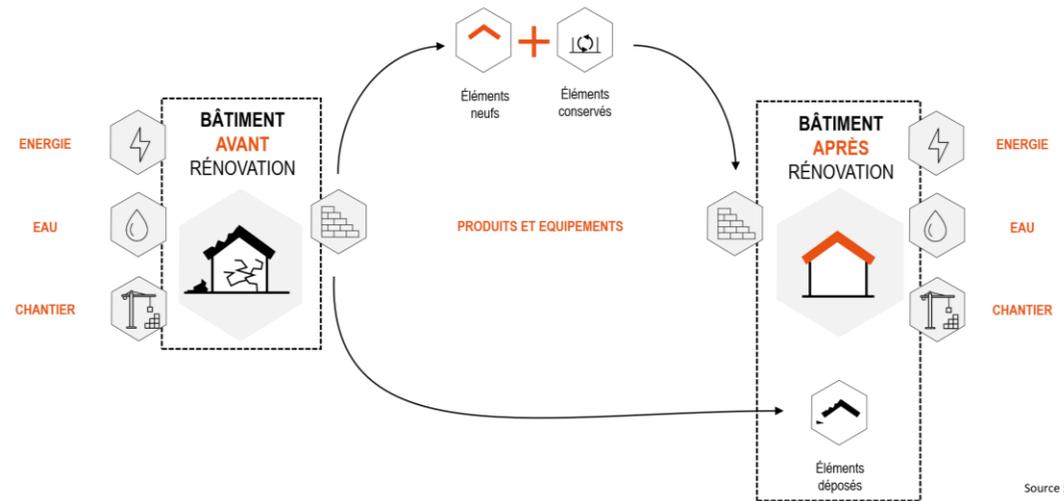


Diagramme représentatif de la méthodologie ACV Rénovation – Guide ACV Rénovation Alliance HQE GBC

Calcul de l'amortissement d'un PCE [en %] :

$$A = \frac{\text{Durée de Vie Résiduelle}}{\text{Durée de Vie de Référence (DVR)}}$$

Exemple pour le cas de l'option 1 :

Considérons un élément avec une DVR\* de 30 ans. La rénovation ayant lieu au bout de 20 ans, le produit n'a pas payé l'intégralité de ses dettes environnementales. Sa durée de vie résiduelle est donc de 10 ans. Il lui restera à amortir 1/3 des impacts du PCE (10/30) sur le prochain cycle de vie.

\* DVR : Durée de Vie de Référence mentionné dans les FDES et PEP

Méthodologie ACV Rénovation – Amortissement -- Guide ACV Rénovation Alliance HQE GBC

## DÉFINITION DE LA DÉMARCHE DE NEUTRALITÉ CARBONE

Trois types d'émissions interviennent dès lors qu'on souhaite parler de neutralité carbone :

- **Les émissions induites** liées aux consommations d'énergie du bâtiment rénové (tous usages) et celles liées aux étapes du cycle de vie des produits de construction et équipements utilisés lors de la rénovation.
- **Les émissions évitées** : actions permettant de réduire des émissions de GES. En contexte de rénovation, elle désigne la réduction effective des émissions avant / après action (sans rénovation/avec rénovation).
- **Les émissions séquestrées** (ou négatives) correspondant au carbone puisé de l'atmosphère puis stocké par des puits naturels (forêts, sols...) ou technologiques (BECCS par exemple). En ACV, elles peuvent être majoritairement valorisées par l'utilisation de matériaux biosourcés dans les PCE neufs ou par la constitution d'espaces verts. Elles viennent donc en réduction des émissions induites.

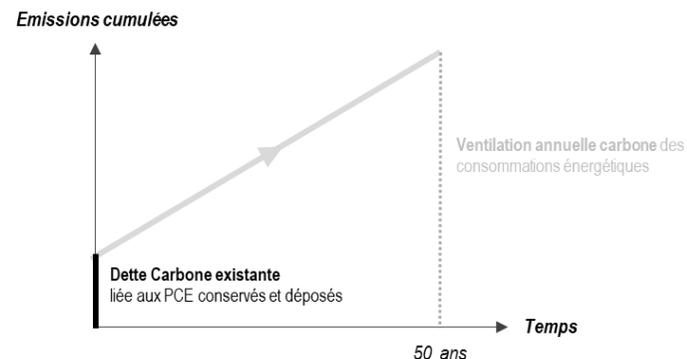
La démarche de neutralité carbone s'articule donc autour de trois piliers :

1. **La réduction des émissions induite sur le périmètre.**  
C'est le cœur du travail d'optimisation présenté dans ce rapport (**E, ges,tot**)
2. **La contribution à la réduction effective des émissions** : Nous considérons en priorité la réduction liée à la rénovation (avant/après).
3. **La contribution à l'augmentation des puits carbone** : cette composante est relativement faible sur le périmètre strict de chaque projet en raison de l'écart entre le potentiel de séquestration des espaces en pleine terre disponibles + des matériaux de rénovation et l'empreinte carbone de la rénovation sur 50 ans. Elle est donc considérée comme non significative à cette échelle bâtie.

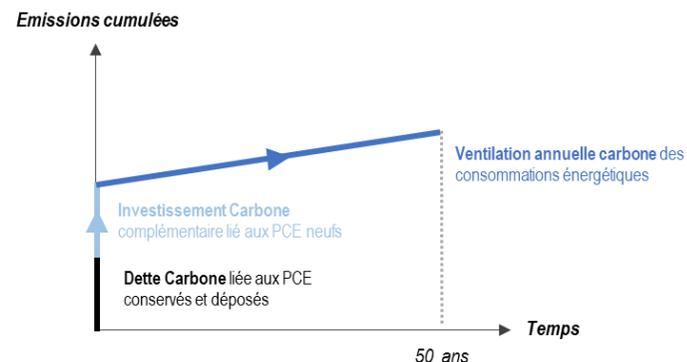
### Démarche de neutralité carbone

Minimiser les émissions induites  
Maximiser les émissions évitées  
Maximiser les émissions séquestrées

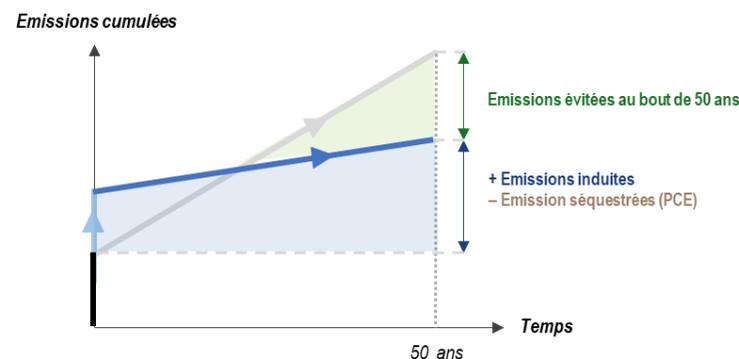
#### 1 SCÉNARIO SANS RÉNOVATION



#### 2 SCÉNARIO AVEC RÉNOVATION



#### 1 + 2 COMPARAISON DES 2 SCÉNARIOS



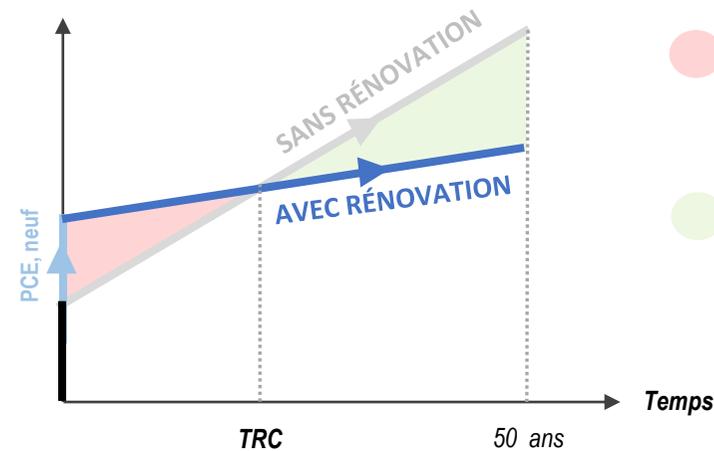
## NOTION DE TEMPS DE RETOUR CARBONE

Dans le cadre de la rénovation, le concept de neutralité peut être illustré par l'indicateur de « temps de retour carbone » qui représente le rapport effort/gain (émissions induites dont celles séquestrées /émissions évitées).

Il correspond au temps nécessaire pour que les économies de ressources générées par la rénovation en exploitation compensent l'investissement initial lié aux produits de construction et aux équipements. Cet indicateur a été développé en lien et en coordination avec les travaux de la Fondation Bâtiment Energie.

La démarche de neutralité carbone appliquée au projet NZC consiste donc en priorité à **réduire le plus possible le temps de retour carbone**.

Emissions cumulées



- Si  $t < TRC$ , l'investissement carbone de la rénovation n'est pas encore compensé par les économies en exploitation
- Si  $t > TRC$ , l'investissement carbone de la rénovation est compensé et la rénovation commence à générer des économies globales.

Temps de Retour  
Carbone Brut \*



50 . Eges<sub>PCE,NEUF</sub>

Eges<sub>ÉNERGIE,AVANT</sub> - Eges<sub>ÉNERGIE TOT.</sub>

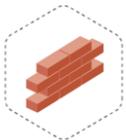
≈

EFFORT DE RENOVATION\*

GAIN EN EXPLOITATION

## MÉTHODE DE CALIBRAGE ET D'OPTIMISATION DES PROJETS

### ↓ 3 CHAMPS D'OPTIMISATION



#### Produits de construction & équipements

La modification du choix des matériaux concerne uniquement les matériaux neufs. Si le produit est saisi avec une DED\* dans le projet, nous avons conservé le même type de donnée dans les scénarios « base » et « optimisation » afin de limiter l'influence de ce paramètre (la donnée par défaut est fortement majorée).

\* Donnée environnementale par défaut



#### Performance de l'enveloppe

Ce champ intègre les optimisations sur l'ensemble de l'enveloppe du projet pour réduire les consommations de chauffage et de refroidissement. Elle intègre le niveau d'isolation et les éléments de conception bioclimatique.



#### Systèmes et sources énergétiques

Ce champ interroge les stratégies d'efficacité énergétique des systèmes et le recours à des sources d'énergie bas carbone.

### 3 NIVEAUX DE PERFORMANCE →

#### BASE

Le niveau de référence pour répondre aux exigences réglementaires sans effort particulier sur le carbone.

#### PROJET

Le niveau du projet tel qu'il a été conçu : représente l'état de l'art actuel en matière de conception bas-carbone.

#### OPTIMISATION

Le niveau le plus élevé atteignable en intégrant les leviers de réduction jugés réalistes sur le projet.

- 100% du conservé non amorti est déposé (hors structure et hors modifications programmatiques) et remplacé par un produit neuf.
- Choix des matériaux neufs dégradés
- Modification des équipements techniques en fonction de la source énergétique définie

- Matériaux et équipements correspondant à l'écriture architecturale et technique du projet

- 100% du déposé est conservé et suppression des PCE neufs de remplacement (hors doublage et menuiseries et hors modifications programmatiques)
- Choix des matériaux neufs optimisés
- Modification des équipements techniques en fonction de la source énergétique définie

#### 1ère SOLUTION

le projet dispose d'un calcul RT

- UBAT de référence
- CEP de référence

#### 2ème SOLUTION

le projet ne dispose pas d'un calcul RT

- Calcul d'un UBAT réglementaire (cas par cas)
- Estimation des consommations chauffage

- Calcul RT
- DPE
- Simulation Thermique Dynamique
- Suivi énergétique

#### 1ère SOLUTION

le projet dispose d'un calcul RT

- CEP de référence – 40%
- Niveau BBC EFFINERGIE RÉNO

#### 2ème SOLUTION

le projet ne dispose pas d'un calcul RT

- Consommations chauffage (base) – 40%

- Dégradation des systèmes de chaud et / ou de froid (augmentation des facteurs d'émission et réduction des rendements).

- Sources énergétiques en adéquation avec le projet

- Optimisation des systèmes de chaud et / ou de froid

## 5 LEVIERS BAS CARBONE

### TACTICITÉ

Cette notion consiste à cibler les travaux à réaliser pour améliorer la performance tout en préservant au maximum le patrimoine, à la fois architectural et environnemental, du bâti existant : maximiser la valeur d'usage sur le long terme tout en minimisant le recours à des matériaux inutiles. Elle conjugue les stratégies de sobriété et de frugalité en intégrant les contraintes contextuelles liées à la rénovation.

### CIRCULARITÉ

Ce levier consiste à maximiser en premier lieu la partie réemployée des matériaux existants en privilégiant le réemploi in situ ou à proximité. Il s'intéresse ensuite aux stratégies de recyclage des matériaux et de valorisation matière en minimisant le degré de transformation.

### MATÉRIALITÉ

La matérialité porte sur les choix concernant les matériaux et produits de construction neufs qui seront intégrés à l'opération de rénovation. Elle interroge les enjeux de mixité constructive, de réinterprétation du savoir-faire traditionnel et de maintien d'un fonctionnement hygrothermique.

### TECHNICITÉ

Ce levier s'intéresse plus particulièrement à la réduction des émissions liées aux systèmes techniques. Il consiste à trouver un juste équilibre entre une approche « low-tech », une réduction des émissions en exploitation liée à la performance et un niveau de confort satisfaisant.

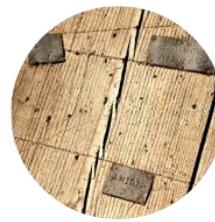
### EXTERNALITÉ

Ce levier interroge l'opportunité, pour toute opération de rénovation, de générer des impacts indirects positifs sur son territoire d'accueil : synergie ou mutualisation avec les voisins, apports de services urbains bas-carbone, dynamique de compensation au bénéfice des milieux naturels ou urbains à proximité.



### TACTICITÉ

Préserver l'existant  
Pas de matériau inutile  
Réinterroger la valeur d'usage



### CIRCULARITÉ

Réemploi in situ, ex situ  
Déconstruction sélective  
Récupération de ressources



### MATÉRIALITÉ

Mixité constructive  
Eco-matériaux adaptés à la rénovation



### TECHNICITÉ

Conception low-tech  
Discernement digital  
La bonne technologie au bon endroit



### EXTERNALITÉ

Partage et mutualisation avec les voisins  
Compensation avec des externalités positives sur le territoire.



Retrouvez une présentation détaillée et illustrée des 5 leviers bas-carbone dans le [carnet dédié](#)

## A - LOGEMENT INDIVIDUEL EN TISSU PAVILLONNAIRE - FICHE PROJET



### RÉHABILITATION «À ÉNERGIE 0» DE 4 LOGEMENTS EN SITE OCCUPÉ CHATEAUGIRON (35)



<b>Maître d'ouvrage / dépositaire</b>	VINCI-CONSTRUCTION
<b>Date de construction</b>	1993
<b>Programmation</b>	4 logements individuels
<b>Surface par fonction</b>	T2 : 51m <sup>2</sup> T3 : 66m <sup>2</sup>
<b>Nb de niveaux et parkings</b>	Maison de plein pied
<b>Nature de l'intervention</b>	Rénovation thermique
<b>Estimation du coût</b>	Environs 400 000 € HT hors options
<b>Planning</b>	Notification le 31 juillet 2018 5 mois de conception TCE Début des travaux : 04 Février 2019 Inauguration : 13 mars 2019 Livraison contractuelle : 27 mai 2019
<b>Contrainte(s) spécifique(s)</b>	Présence d'amiante et rénovation en site occupé
<b>Autre(s) particularité(s)</b>	<b>Démarche EnergieSprong</b> Objectif Energie =0 lissé sur l'année Engagement de performance

## A - LOGEMENT INDIVIDUEL EN TISSU PAVILLONNAIRE - FICHE HYPOTHÈSE

Exemplarité carbone



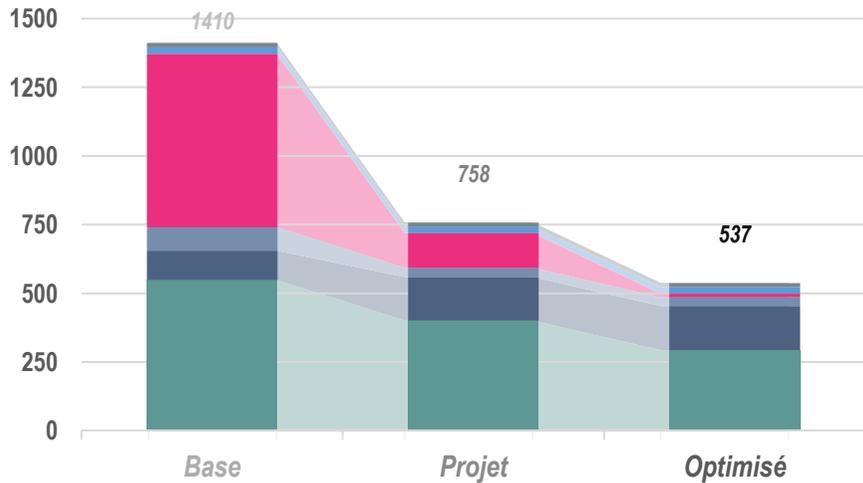
	BASE	PROJET	OPTIMISATION
<p><b>PCE</b></p> <p><b>ENERGIE</b></p>	<p><b>VRD, structure, maçonnerie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Réfection des réseaux</li> <li>Complément structurel avec un béton dégradé (extension module énergie)</li> <li>Réfection chevonnage toiture</li> <li>Couverture bac acier</li> <li>Descentes EP neuves</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réseaux conservés</li> <li>Complément structurel avec un béton standard (extension module énergie)</li> <li>Chevonnage toiture conservé</li> <li>Couverture bac acier</li> <li>Descentes EP conservées</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réseaux conservés</li> <li>Complément structurel avec un béton optimisé (extension module énergie)</li> <li>Chevonnage toiture conservé</li> <li>Couverture ardoise</li> <li>Descentes EP conservées</li> </ul>
	<p><b>Menuiserie, second œuvre</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cloisonnement neuf</li> <li>Portes intérieures neuves</li> <li>Doublage intérieur neuf</li> <li>ITE laine de verre + bardage acier</li> <li>Plafond plâtre neuf</li> <li>Menuiseries PVC + volets neufs</li> <li>Carrelage neuf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cloisonnement conservé</li> <li>Portes conservées</li> <li>Doublage intérieur conservé</li> <li>ITIE laine de verre + bardage acier</li> <li>Plafond plâtre conservé</li> <li>Menuiseries PVC + volet conservés</li> <li>Carrelage conservé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cloisonnement conservé</li> <li>Portes conservées</li> <li>Doublage intérieur conservé</li> <li>ITE laine biosourcée + bardage bois</li> <li>Plafond plâtre conservé</li> <li>Menuiseries PVC + volet conservés</li> <li>Carrelage conservé</li> </ul>
	<p><b>Lots techniques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Chaudière gaz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PAC</li> <li>PV 4650 Wc</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poêle à bois</li> <li>PV 4650 Wc</li> </ul>
	<p><b>Performance de l'enveloppe</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>UBAT Réglementaire</li> <li>Chauffage = 33 kWh EF / m<sup>2</sup> / an</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>UBAT = 0,364</li> <li>Chauffage = 18 kWh EF / m<sup>2</sup> / an</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chauffage = 18 kWh EF / m<sup>2</sup> / an</li> </ul>
	<p><b>Efficacité et production énergétique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Chaufferie gaz FE = 243 g CO<sub>2</sub> / kWh</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PAC élec FE = 210 g CO<sub>2</sub> / kWh</li> <li>PV 4650 Wc</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poêle bois FE = 46 g CO<sub>2</sub> / kW</li> <li>PV 4650 Wc</li> </ul>

## A - LOGEMENT INDIVIDUEL EN TISSU PAVILLONNAIRE - FICHE RÉSULTATS

### POTENTIEL DE RÉDUCTION GLOBALE DES ÉMISSIONS

**-873** kg eq CO2 / m² pour 50 ans

**-62%**

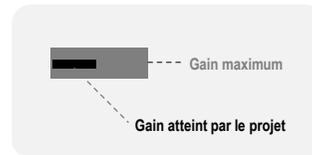


18 ans ----- 10 ans ----- 07 ans -->

- PCE\* neufs
- PCE conservés
- PCE déposés
- Energie
- Eau
- Chantier

### RÉPARTITION DES GAINS

kg eq CO2 / m² pour 50 ans



### ZOOM SUR CERTAINS LEVIERS

TACTICITÉ



**-146** kg eq CO2 / m² pour 50 ans

Les éléments conservés (hors structure) permettent une économie notable en comparaison avec leur remplacement dans le cadre de la rénovation.

MATÉRIALITÉ



**-39** kg eq CO2 / m² pour 50 ans

Utilisation du bois préférée pour le bardage extérieure et choix d'un isolant biosourcé (laine de bois).

TECHNICITÉ



**-52** kg eq CO2 / m² pour 50 ans

Choix d'un fluide frigorigène moins émetteur pour la pompe à chaleur ( R513 A au lieu de R134 A).

EXTERNALITÉ



**-110** kg eq CO2 / m² pour 50 ans

Mise en oeuvre de panneaux photovoltaïques en toiture des logements.

## B - GRAND ENSEMBLE DE LOGEMENTS COLLECTIFS EN PÉRIPHÉRIE URBAINE - FICHE PROJET



### RÉHABILITATION DE 446 LOGEMENTS COLLECTIFS RÉSIDENCE LA GAVOTTE PEYRET, SEPTÈMES-LES-VALLONS (13)

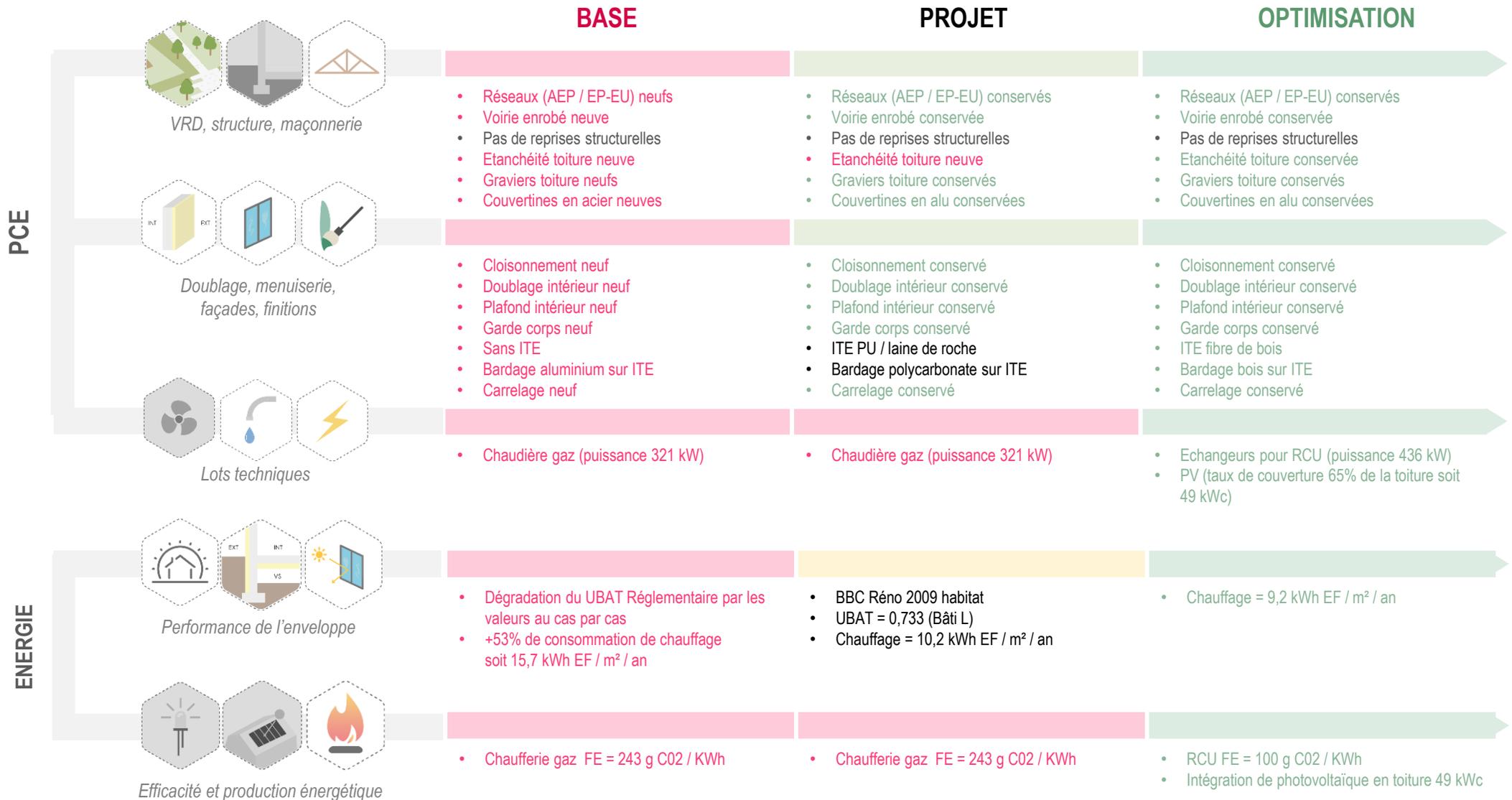


<b>Maître d'ouvrage / dépositaire</b>	VILOGIA / BOUYGUES-CONSTRUCTION
<b>Date de construction</b>	1971
<b>Programmation</b>	Logements collectifs
<b>Surface par fonction</b>	38230,2 m <sup>2</sup> de SDP
<b>Nb de niveaux et parkings</b>	14 Bâtiments au total : - 2 tours en R+15 - 1 tour en R+17 - 2 bâtiments en R+8 - 9 bâtiments en R+4 Stationnement en surface
<b>Nature de l'intervention</b>	Rénovation énergétique en site occupé (isolation, remplacement de menuiseries extérieures, ventilation...)
<b>Estimation du coût</b>	14,63 M €
<b>Planning</b>	Début des travaux : mars 2019 Livraison : 2021
<b>Contrainte(s) spécifique(s)</b>	Site occupé
<b>Autre(s) particularité(s)</b>	Niveau BBC Rénovation NF Habitat BDM niveau Bronze

## B - GRAND ENSEMBLE DE LOGEMENTS COLLECTIFS EN PÉRIPHÉRIE URBAINE

### FICHE HYPOTHÈSE (bâtiment L)

Exemplarité carbone

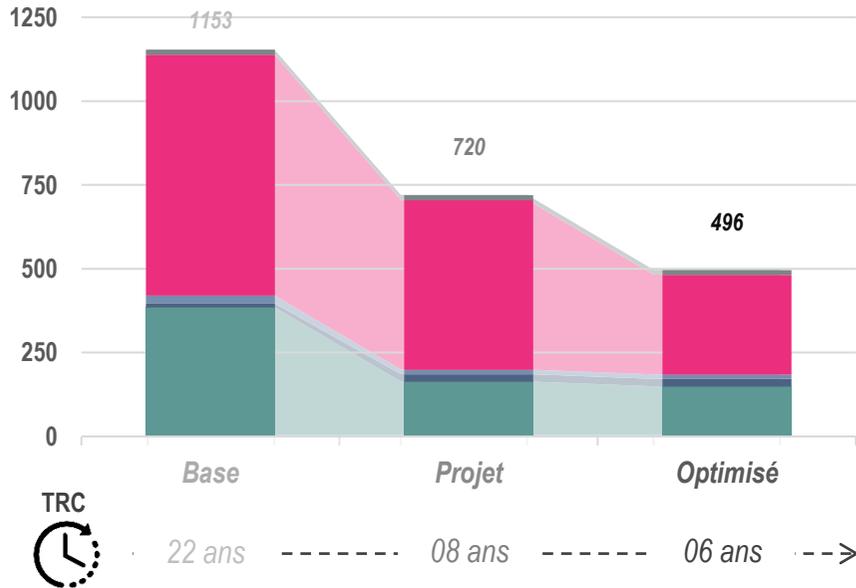
-  +

## B - GRAND ENSEMBLE DE LOGEMENTS COLLECTIFS EN PÉRIPHÉRIE URBAINE (bâtiment L) - FICHE RÉSULTATS

### POTENTIEL DE RÉDUCTION GLOBALE DES ÉMISSIONS

**-657** kg eq CO2 / m² pour 50 ans

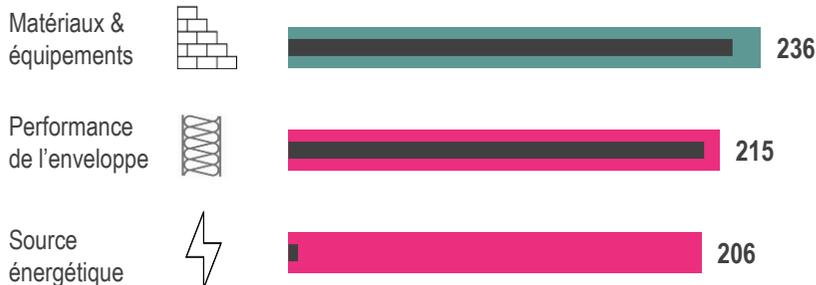
**-57%**



- PCE\* neufs
- PCE conservés
- PCE déposés
- Energie
- Eau
- Chantier

### RÉPARTION DES GAINS

kg eq CO2 / m² pour 50 ans



### ZOOM SUR CERTAINS LEVIERS



**-92** kg eq CO2 / m² pour 50 ans  
Préservation des couvertines acier des acrotères et des garde-corps.



**-11** kg eq CO2 / m² pour 50 ans  
Utilisation du bois préférée pour les menuiseries et le revêtement de façade



**-30** kg eq CO2 / m² pour 50 ans  
Choix de volets roulants non motorisés



**-35** kg eq CO2 / m² pour 50 ans  
Utilisation de mitigeurs d'évier et de douches de réemploi ou de seconde main.

## C - PATRIMOINE ANCIEN DU CENTRE VILLE À VOCATION D'HÉBERGEMENT - FICHE PROJET



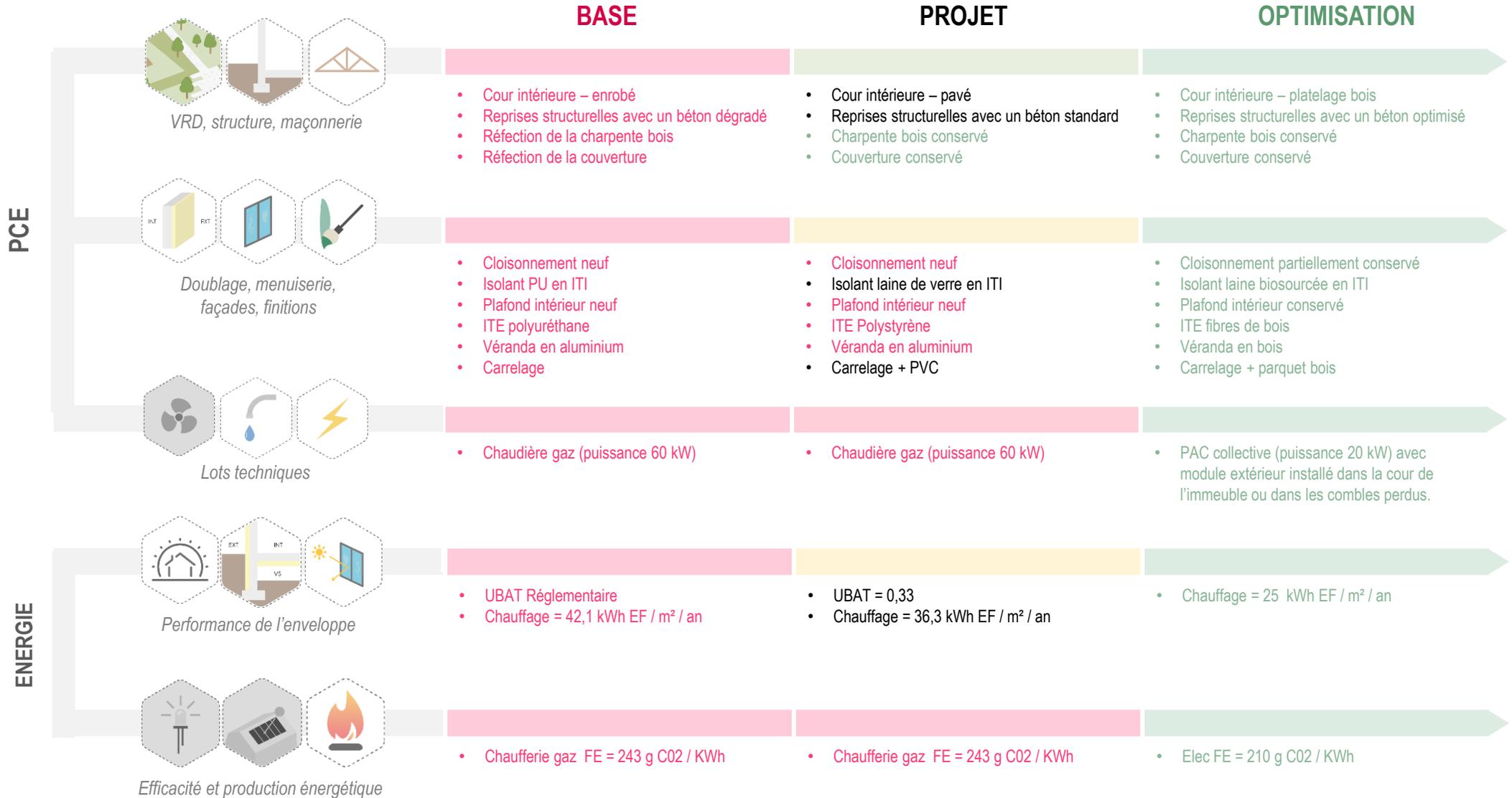
### AMÉNAGEMENT DE 9 LOGEMENTS ET D'UN LOCAL MUTUALISÉ RODEZ (12)



<b>Maître d'ouvrage</b>	UES HABITER 12
<b>Maître d'œuvre</b>	SOLIHA d'Aveyron
<b>Date de construction</b>	Immeuble Renaissance (XIV et XVII siècles)
<b>Programmation</b>	- 9 logements locatifs sociaux pour des personnes en situation d'handicap ou à mobilité réduite dont 2 dédiés à des personnes avec handicap lourd - Local (mutualisation de services d'aides aux personnes handicapées)
<b>Surface par fonction</b>	Surface tot hab = 430.7 m <sup>2</sup> Surface tot des communs = 115.60 m <sup>2</sup>
<b>Nb de niveaux et parkings</b>	R+3 +1 niveau Caves Chaufferie
<b>Nature de l'intervention</b>	Rénovation lourde : - Désamiantage - Restructuration des espaces - Consolidation de plancher bois
<b>Estimation du coût</b>	800 000.00 € HT
<b>Planning</b>	Permis de construire : mars 2018 DCE : mai 2018 Démarrage des travaux : septembre 2018 Date de livraison : décembre 2020
<b>Ancienne affectation</b>	Immeuble de 10 logements avec 2 locaux commerciaux Propriété du CCAS de Rodez
<b>Contrainte(s) spécifique(s)</b>	- Bâti patrimonial : ABF - Présence d'amiante - Norme d'accessibilité handicapée
<b>Autre(s) particularité(s)</b>	Label BBC Effinergie Rénovation

## C - PATRIMOINE ANCIEN DU CENTRE VILLE À VOCATION D'HÉBERGEMENT FICHE HYPOTHÈSE

Exemplarité carbone

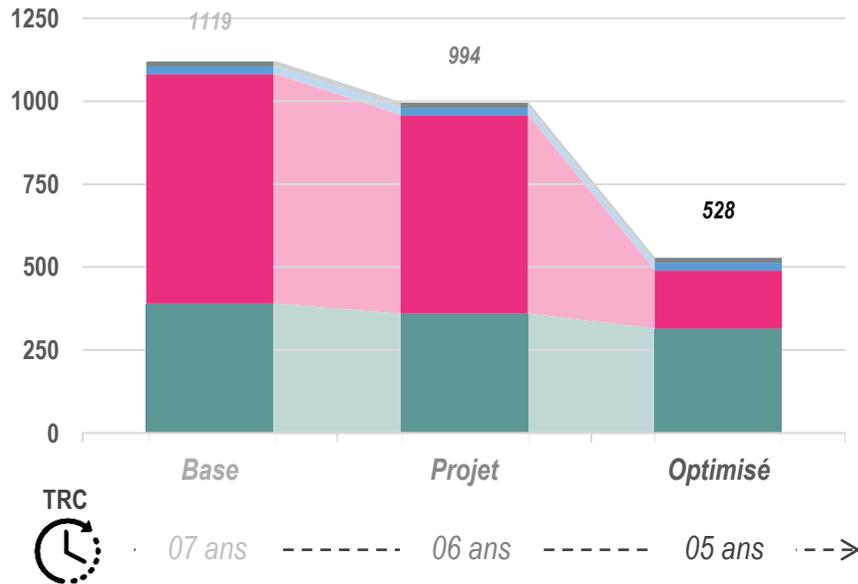


## C - PATRIMOINE ANCIEN DU CENTRE VILLE À VOCATION D'HÉBERGEMENT - FICHE RÉSULTATS

### POTENTIEL DE RÉDUCTION GLOBALE DES ÉMISSIONS

**-591** kg eq CO2 / m<sup>2</sup> pour 50 ans

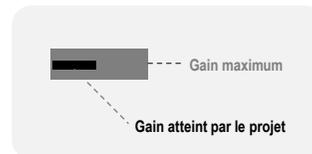
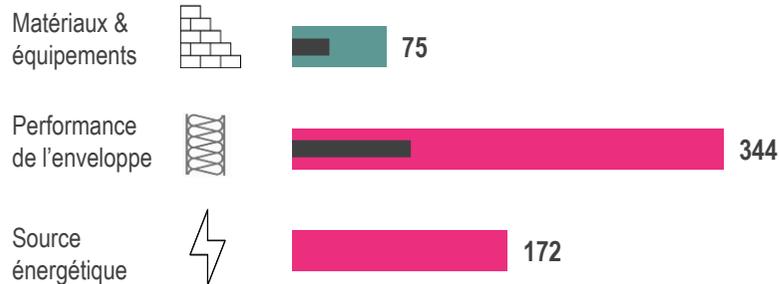
**-53%**



- PCE\* neufs
- PCE conservés
- PCE déposés
- Energie
- Eau
- Chantier

### RÉPARTION DES GAINS

kg eq CO2 / m<sup>2</sup> pour 50 ans



### ZOOM SUR CERTAINS LEVIERS



**-225** kg eq CO2 / m<sup>2</sup> pour 50 ans

Prévoir un degré d'isolation des parois opaques allant au-delà de la valeur seuil de la réglementation thermique (cas par cas) en limitant les ponts thermiques liés aux fixations.

**-29** kg eq CO2 / m<sup>2</sup> pour 50 ans

Utilisation d'un parquet bois (hors pièces d'eau) en alternative à une solution 100% carrelage.

**-14** kg eq CO2 / m<sup>2</sup> pour 50 ans

Choix d'une peinture intérieure recyclée

**-30** kg eq CO2 / m<sup>2</sup> pour 50 ans

Hypothèse de réduction du poids carbone des équipements de plomberie : ballon ECS et mitigeurs par analyse comparative et démarche spécifique menée avec les fabricants (-30%\*)

\* Ratio lié aux retour d'expérience AIA

## D – GRANDE PIÈCE URBAINE PATRIMONIALE À RESTRUCTURER - FICHE PROJET



### BÂTIMENT JEAN GOUJON PARIS (75)

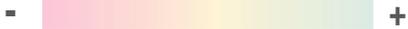


<b>Maître d'ouvrage</b>	COVIVIO
<b>Date de construction</b>	1931 (haussmanien)
<b>Programmation</b>	Bureaux
<b>Surface par fonction</b>	9165 m <sup>2</sup>
<b>Nb de niveaux et parkings</b>	R+8 dont : -RDC à usage d'accueil, business center et salles de réunions. -7 étages de bureaux dont une partie en Coworking -une cafétéria au R+8 donnant sur une terrasse végétalisée accessible PMR 23 places de parking en sous-sol
<b>Nature de l'intervention</b>	Restructuration de bureaux
<b>Estimation du coût</b>	27 M €
<b>Planning</b>	Dépôt PC : novembre 2018 Travaux Curage : Mars à juin 2019 DCE projet : mars 2019 Travaux reconstruction : Janvier 2020
<b>Contrainte(s) spécifique(s)</b>	Projet situé dans un ensemble inscrit, soumis à l'avis de l'ABF Plan pluie Paris Zone inondable du PPRI Plan de sectorisation végétale de la zone UG (secteur de mise en valeur du végétal)
<b>Autre(s) particularité(s)</b>	Certifications HQE BD 2016 niveau Excellent BREEAM RFO 2015 niveau Excellent, OsmoZ BiodiverCity, R2S niveau 1 étoile

## D – GRANDE PIÈCE URBAINE PATRIMONIALE À RESTRUCTURER

### FICHE HYPOTHÈSE

Exemplarité carbone



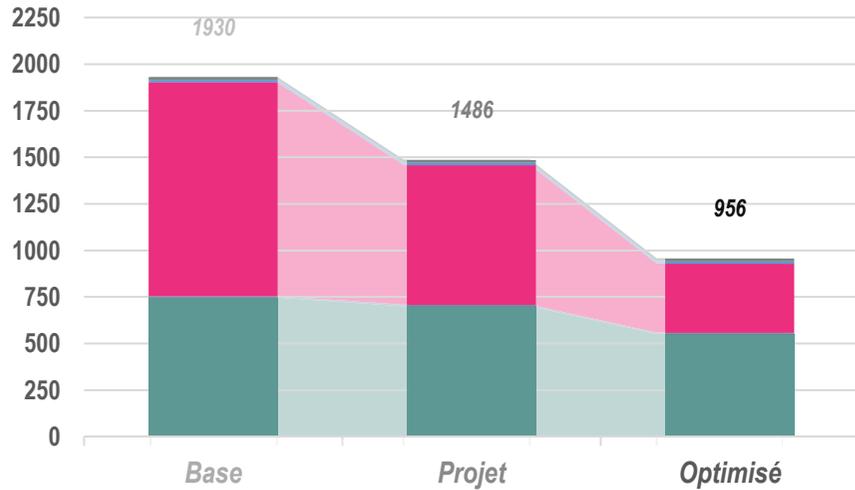
	BASE	PROJET	OPTIMISATION
PCE	<p>VRD, structure, maçonnerie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Réfection cour intérieure en enrobé</li> <li>Jardinières métalliques</li> <li>Reprises structurelles avec un béton dégradé</li> <li>Toiture végétalisée standard</li> </ul>	<p>Voirie cour intérieure conservée</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Jardinières métalliques</li> <li>Reprises structurelles avec un béton standard</li> <li>Toiture végétalisée standard</li> </ul>	<p>Voirie cour intérieure conservée</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Jardinières en bois</li> <li>Reprises structurelles avec un béton optimisé</li> <li>Toiture végétalisée recyclée</li> </ul>
	<p>Menuiserie, second œuvre</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cloisonnement neuf</li> <li>ITI en Polyuréthane</li> <li>Plafond plâtre neuf</li> <li>Faux plafonds métalliques</li> <li>Plancher technique neuf bois non durable</li> <li>Pergolas et murs rideaux aluminium</li> <li>Moquette</li> </ul>	<p>Cloisonnement neuf</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ITI en laine de roche</li> <li>Plafond plâtre neuf</li> <li>Faux plafonds métalliques</li> <li>Plancher technique neuf bois durable</li> <li>Pergolas et murs rideaux aluminium</li> <li>Moquette</li> </ul>	<p>Cloisonnement partiellement conservé</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ITI en laine de bois</li> <li>Plafond plâtre conservé</li> <li>Faux plafonds bois</li> <li>Plancher technique réemployé</li> <li>Pergolas et murs rideaux bois</li> <li>Moquette recyclée</li> </ul>
	<p>Lots techniques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>RCU (besoins 510 kW)</li> <li>Groupe froid (puissance 171 kW)</li> </ul>	<p>RCU (besoins 510 kW)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Raccordement au réseau froid</li> </ul>	<p>RCU (besoins 510 kW)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Raccordement au réseau froid</li> </ul>
	<p>Performance de l'enveloppe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>UBAT Réglementaire</li> <li>Chauffage = 82 kWh EF / m<sup>2</sup> / an</li> </ul>	<p>UBAT = 0,54</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Chauffage = 73 kWh EF / m<sup>2</sup> / an</li> </ul>	<p>Chauffage = 49 kWh EF / m<sup>2</sup> / an</p>
	<p>Efficacité et production énergétique</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>RCU FE = 240 g CO<sub>2</sub> / kWh</li> <li>Groupes Froid FE = 65 g CO<sub>2</sub> / kWh</li> </ul>	<p>CPCU FE = 166 g CO<sub>2</sub> / kWh</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Climespace FE = 7 g CO<sub>2</sub> / kWh</li> </ul>	<p>RCU FE = 100 g CO<sub>2</sub> / kWh</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Climespace FE = 7 g CO<sub>2</sub> / kWh</li> </ul>

## D – GRANDE PIÈCE URBAINE PATRIMONIALE À RESTRUCTURER - FICHE RÉSULTATS

### POTENTIEL DE RÉDUCTION GLOBALE DES ÉMISSIONS

**-975** kg eq CO<sub>2</sub> / m<sup>2</sup> pour 50 ans

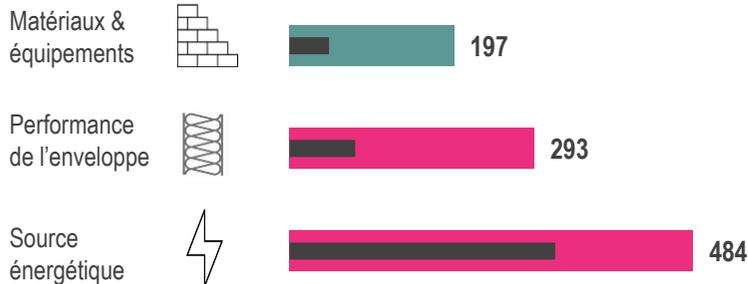
**-50%**



> 100 ans      53 ans      27 ans

### RÉPARTION DES GAINS

kg eq CO<sub>2</sub> / m<sup>2</sup> pour 50 ans



- PCE\* neufs
- PCE conservés
- PCE déposés
- Energie
- Eau
- Chantier



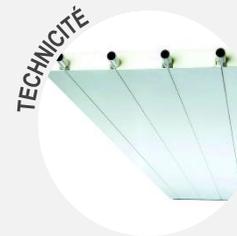
### ZOOM SUR CERTAINS LEVIERS



**-50** kg eq CO<sub>2</sub> / m<sup>2</sup> pour 50 ans  
Utilisation de faux planchers de réemploi



**-43** kg eq CO<sub>2</sub> / m<sup>2</sup> pour 50 ans  
Choix d'un revêtement de sol en textile recyclé



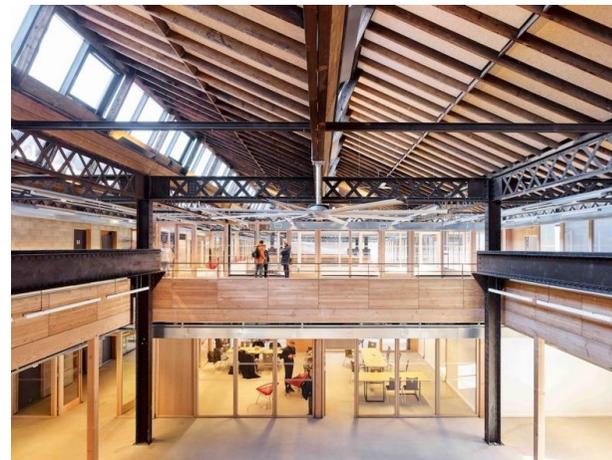
**-41** kg eq CO<sub>2</sub> / m<sup>2</sup> pour 50 ans  
Hypothèse de division par deux de l'empreinte carbone des panneaux rayonnants (réemploi ou démarche industrielle de réduction)



**-36** kg eq CO<sub>2</sub> / m<sup>2</sup> pour 50 ans  
Hypothèse de division par deux de l'empreinte carbone des suspensions pour l'éclairage intérieur

## E - PATRIMOINE INDUSTRIEL ENFRICHÉ - FICHE PROJET

**H7, LIEU TOTEM DE LA FRENCH TECH**  
 LYON (69)



**Maître d'ouvrage / dépositaire** SPL Lyon Confluence

**Date de construction** 1857

**Programmation** Bureaux - Hébergement de start-up dans le monde du numérique et zone événementielle pour permettre au lieu totem d'organiser les manifestations propres à son rayonnement

**Surface par fonction** 2 700 m<sup>2</sup> d'espace tertiaire  
 1 400 m<sup>2</sup> d'espace événementiel

**Nb de niveaux et parkings** L'Atelier : R+1, 1 niveau en mezzanine bois

**Nature de l'intervention** Rénovation lourde

**Estimation du coût** 5,8 M€ HT

**Planning** Concours : mai 2015  
 Livraison : mars 2019

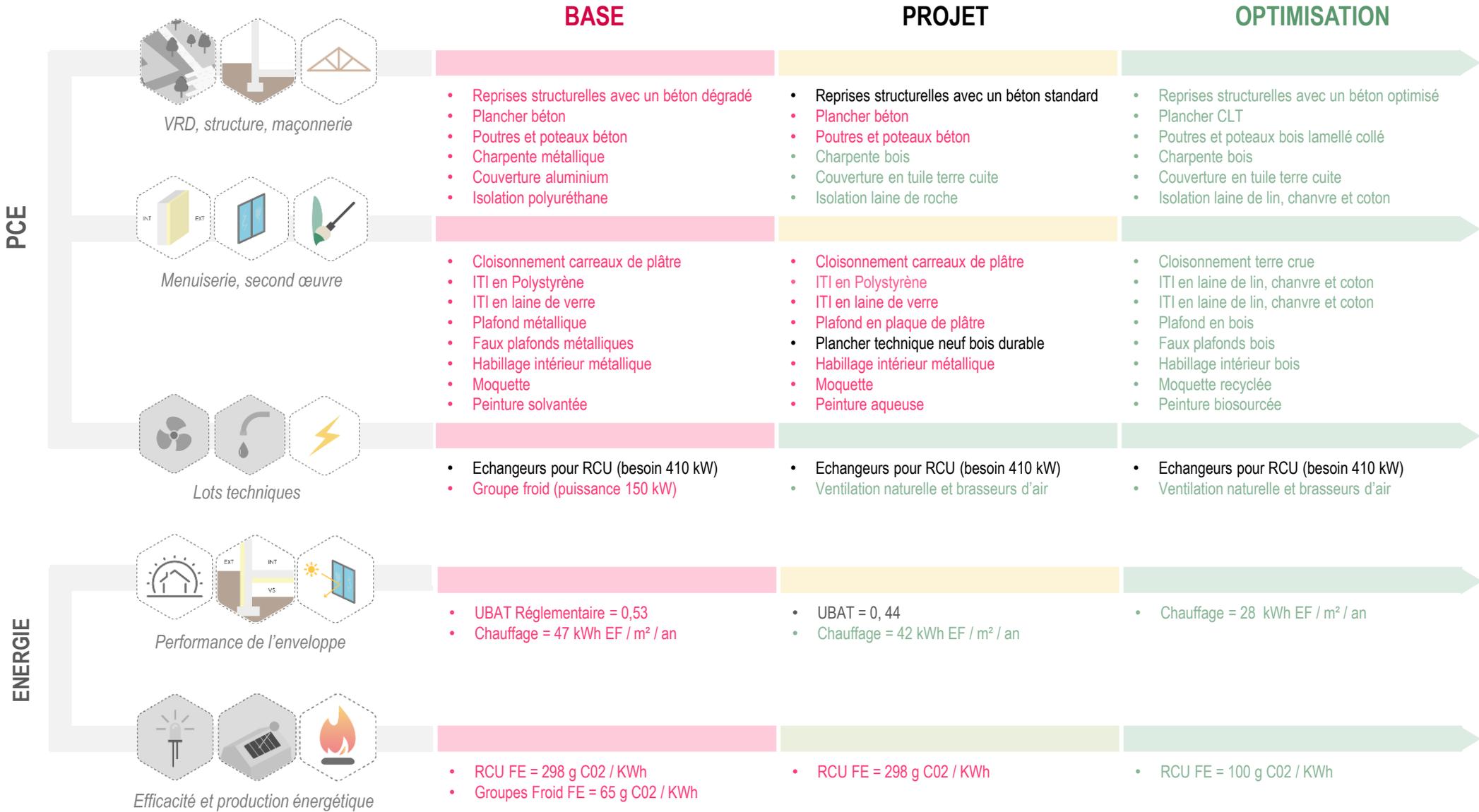
**Ancienne affection** Ancienne chaudronnerie

**Contrainte(s) spécifique(s)** Contraintes géotechniques  
 Renforcement structurelle et changement de l'intégralité de l'étanchéité en toiture

**Autre(s) particularité(s)** Démarche WWF One living Planet  
 Matériaux biosourcés  
 Production photovoltaïque en toiture (exportation)  
 Pas de climatisation : brasseurs d'air et ventilation naturelle.

## E - PATRIMOINE INDUSTRIEL ENFRICHÉ - FICHE HYPOTHÈSE

Exemplarité carbone

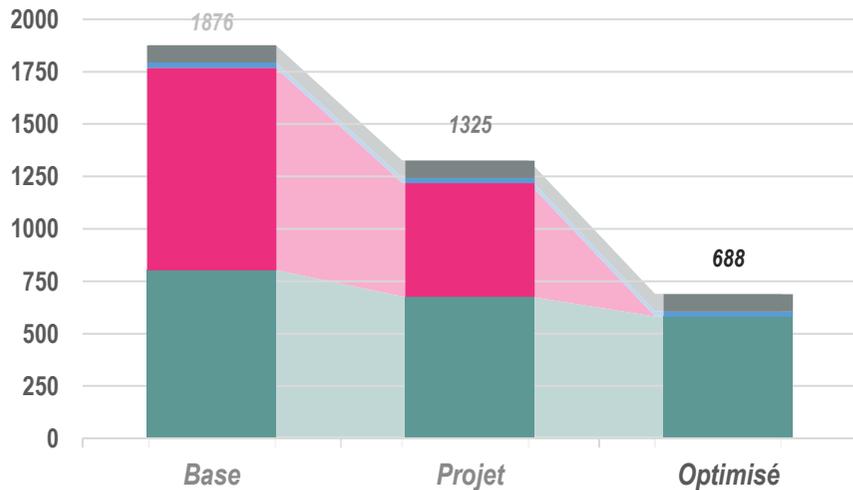


## E - PATRIMOINE INDUSTRIEL ENFRICHÉ - FICHE RÉSULTAT

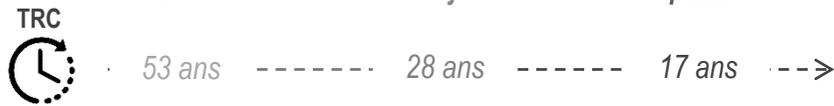
### POTENTIEL DE RÉDUCTION GLOBALE DES ÉMISSIONS

**-1188** kg eq CO2 / m² pour 50 ans

**-63%**

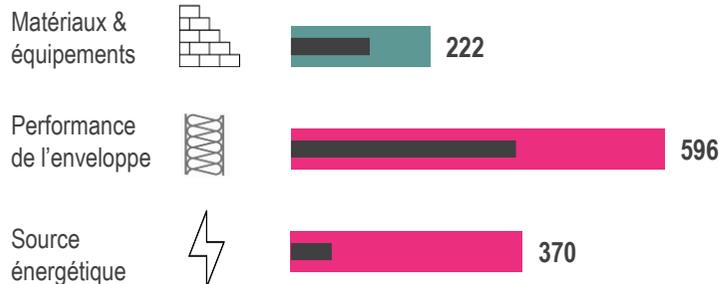


- PCE\* neufs
- PCE conservés
- PCE déposés
- Energie
- Eau
- Chantier



### RÉPARTION DES GAINS

kg eq CO2 / m² pour 50 ans



### ZOOM SUR CERTAINS LEVIERS



**-360** kg eq CO2 / m² pour 50 ans

Renforcement de la performance de l'enveloppe existante préféré à une stratégie de type "boite dans la boite".



**-67** kg eq CO2 / m² pour 50 ans

Utilisation du bois préférée à l'acier et au béton pour la mezzanine et les menuiseries intérieures.



**-63** kg eq CO2 / m² pour 50 ans

Mise en oeuvre d'une stratégie de rafraîchissement par brasseur d'air en lieu et place de l'installation d'un groupe froid.



**-250** kg eq CO2 / m² pour 50 ans

Mise en oeuvre de panneaux photovoltaïques en toiture des sheds.

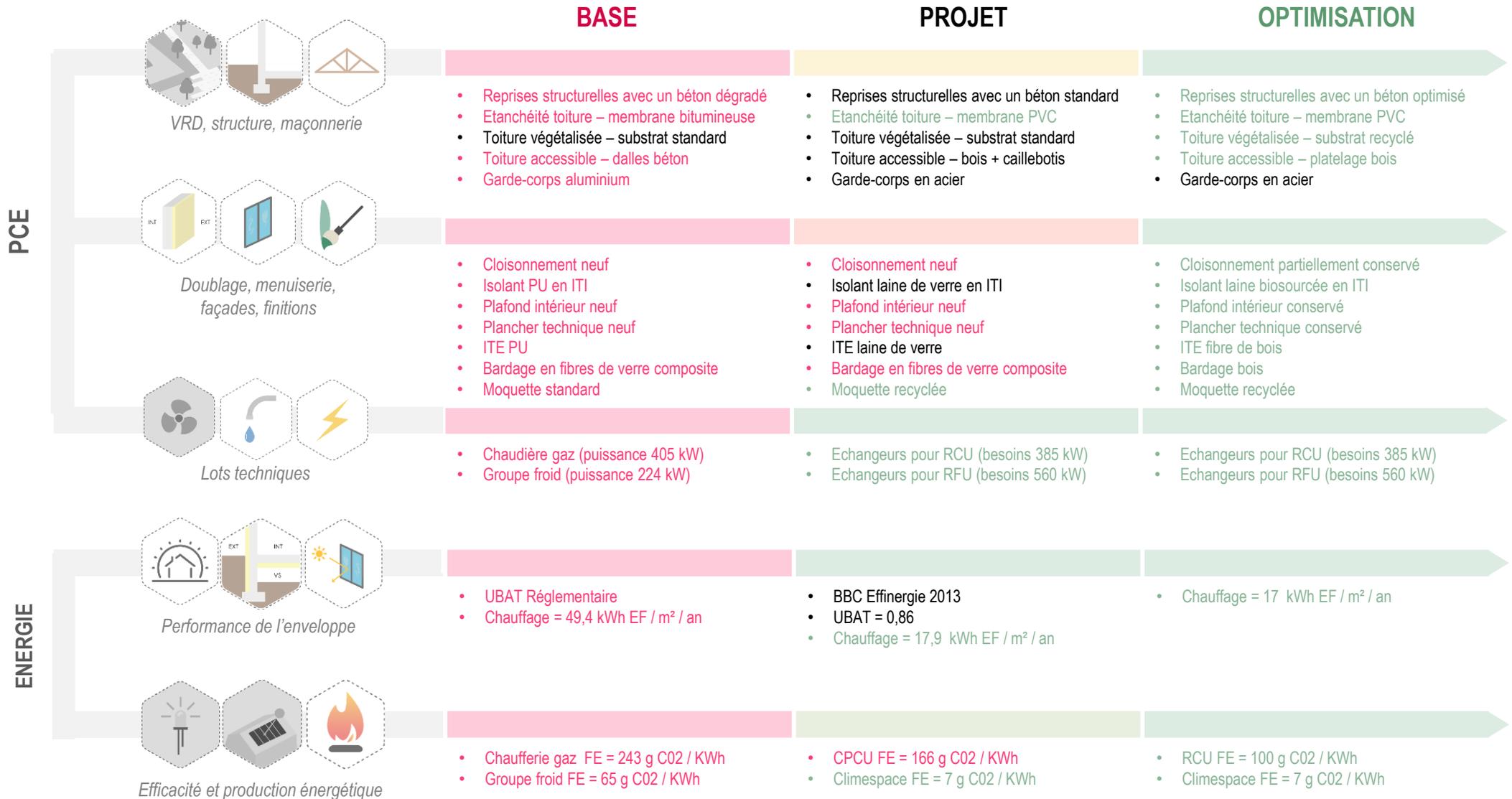
## F – IMMOBILIER D'ENTREPRISE RÉCENT À RÉNOVER LOURDEMENT - FICHE RÉSULTATS


**PROJET IBOX**  
 PARIS (75)


<b>Maître d'ouvrage</b>	TERAO / GECINA
<b>Date de construction</b>	1973
<b>Programmation</b>	Bureaux en blanc RIE et restaurant
<b>Surface par fonction</b>	20569 m <sup>2</sup> de SDP totale ou 19401 m <sup>2</sup> de SU 1035 m <sup>2</sup> de RIE, 73 m <sup>2</sup> de fitness, 300 m <sup>2</sup> de business center
<b>Nb de niveaux et parkings</b>	R+17, 4 niveaux des sous-sols.  Parking situé au SS4 mais non inclus dans le PC
<b>Nature de l'intervention</b>	Rénovation lourde
<b>Estimation du coût</b>	NC
<b>Planning</b>	Dépôt de PC en Décembre 2015 APD PRO en Mai 2016 DCE en Juillet 2016 Début de chantier en Novembre 2016 Livraison en Avril 2019
<b>Ancienne affectation</b>	Bureaux
<b>Contrainte(s) spécifique(s)</b>	Bâtiment en IGH Désamiantage complet de la tour
<b>Autre(s) particularité(s)</b>	- Démarche de <b>réduction de l'empreinte carbone « Facteur 4 »</b> , selon la Feuille de Route Climat Gecina 2020 - Certification NF HQE Bâtiments Tertiaires 2015 - Certification LEED BD+C niveau GOLD - Certification WELL Core & Shell niveau GOLD - Label BBC Effinergie 2013 - <b>Garantie de Résultats Énergétiques : 69 kWhEF/m<sup>2</sup>/an</b> - Agriculture urbaine en toiture (Sous les Fraises)

## F – IMMOBILIER D'ENTREPRISE RÉCENT À RÉNOVER LOURDEMENT FICHE HYPOTHÈSE

Exemplarité carbone

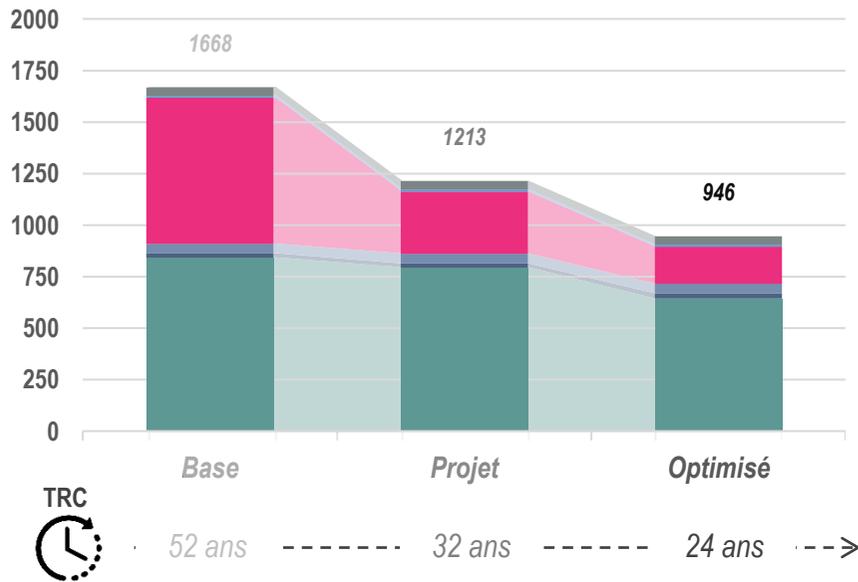


## F – IMMOBILIER D'ENTREPRISE RÉCENT À RÉNOVER LOURDEMENT - FICHE RÉSULTATS

### POTENTIEL DE RÉDUCTION GLOBALE DES ÉMISSIONS

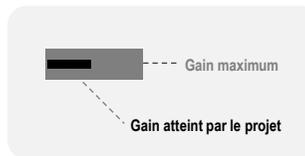
**-722** kg eq CO2 / m² pour 50 ans

**-43%**



- PCE\* neufs
- PCE conservés
- PCE déposés
- Energie
- Eau
- Chantier

### RÉPARTION DES GAINS



### ZOOM SUR CERTAINS LEVIERS



**-27** kg eq CO2 / m² pour 50 ans

Réduction permise par une optimisation des reprises structurales sur l'ouvrage existant et une utilisation de ciment bas carbone sur 60% des ouvrages en béton.



**-46** kg eq CO2 / m² pour 50 ans

Utilisation de châssis vitrés mixte bois-alu



**-31** kg eq CO2 / m² pour 50 ans

Utilisation de 50% de stores recyclés issus du réemploi ou démarche d'optimisation du poids carbone des stores textiles avec le fabricant (hypothèse de réduction par 2).

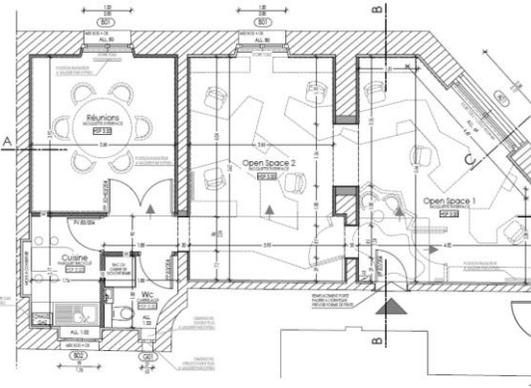


**-110** kg eq CO2 / m² pour 50 ans

Optimisation du taux d'ENRR du réseau de chaleur et raccordement à un réseau de froid optimisé en lieu et place de groupes froids mono-blocs.

## G - REZ DE CHAUSSÉE ACTIF - FICHE RÉSULTATS

### BUREAUX DE WIGWAM, UN LOCAL COMMERCIAL EN REZ DE CHAUSSÉE D'UN IMMEUBLE DE PATRIMOINE HISTORIQUE, NANTES (44)



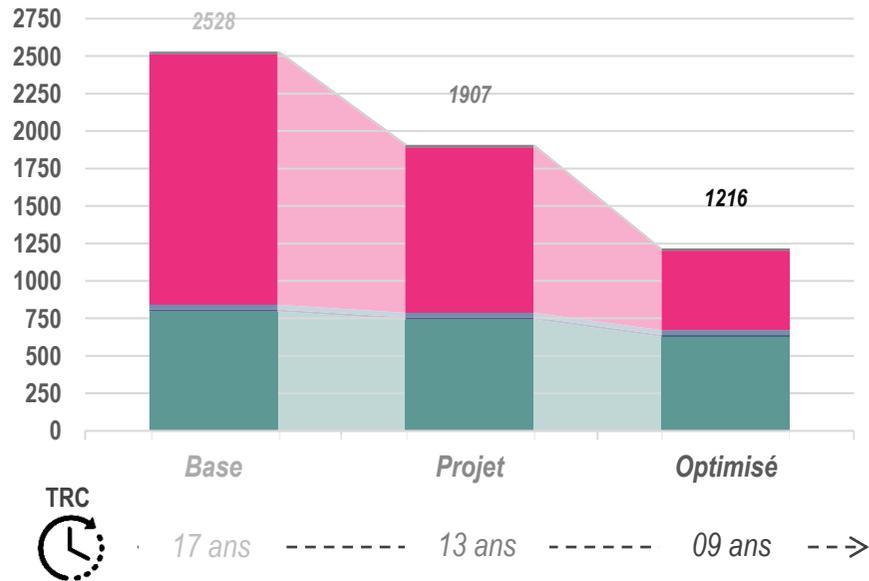
<b>Maître d'ouvrage / dépositaire</b>	WIGWAM - CONSEIL
<b>Date de construction</b>	1904
<b>Programmation</b>	Bureaux
<b>Surface par fonction</b>	Bureaux : 70 m <sup>2</sup>
<b>Nb de niveaux et parkings</b>	R+1 (pas de parking)
<b>Nature de l'intervention</b>	Rénovation lourde
<b>Estimation du coût</b>	Non communiqué
<b>Planning</b>	2014 : achat du local 2015 : début des travaux Avril 2016 : emménagement de Wigwam dans le local rénové.
<b>Ancienne affectation</b>	1905-1945 : épicerie 1945-1990 : local commercial d'un petit transporteur 1990-2014 : local de bureau pour la SNCF
<b>Contrainte(s) spécifique(s)</b>	Du fait de la proximité avec le Château des Ducs de Bretagne, les interventions sur les façades de l'immeuble dans lequel est implanté le projet sont soumises à autorisations des ABF.
<b>Autre(s) particularité(s)</b>	Participation au test HQE Performance Economie circulaire car le projet a fait appel au <b>réemploi de matériaux</b> et à la conservation de l'existant en partie



## G - REZ DE CHAUSSÉE ACTIF - FICHE RÉSULTATS

### POTENTIEL DE RÉDUCTION GLOBALE DES ÉMISSIONS

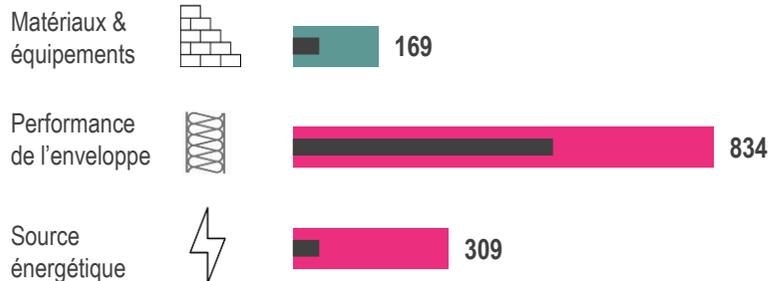
**-1312** kg eq CO2 / m² pour 50 ans



**-52%**

- PCE\* neufs
- PCE conservés
- PCE déposés
- Energie
- Eau
- Chantier

### RÉPARTITION DES GAINS



### ZOOM SUR CERTAINS LEVIERS



**-516** kg eq CO2 / m² pour 50 ans

Remplacement des menuiseries, des portes et soin apporté aux détails d'étanchéité à l'air de l'enveloppe.



**-39** kg eq CO2 / m² pour 50 ans

Utilisation de bois préférée pour les éléments structurels verticaux et horizontaux.



**-32** kg eq CO2 / m² pour 50 ans

Choix d'un revêtement de sol en moquette 100% recyclée (filet de pêche) au lieu d'un sol souple standard. Une démarche de réemploi a également été menée sur les revêtements muraux (-3,5 kg eq CO2/m²) et le mobilier.

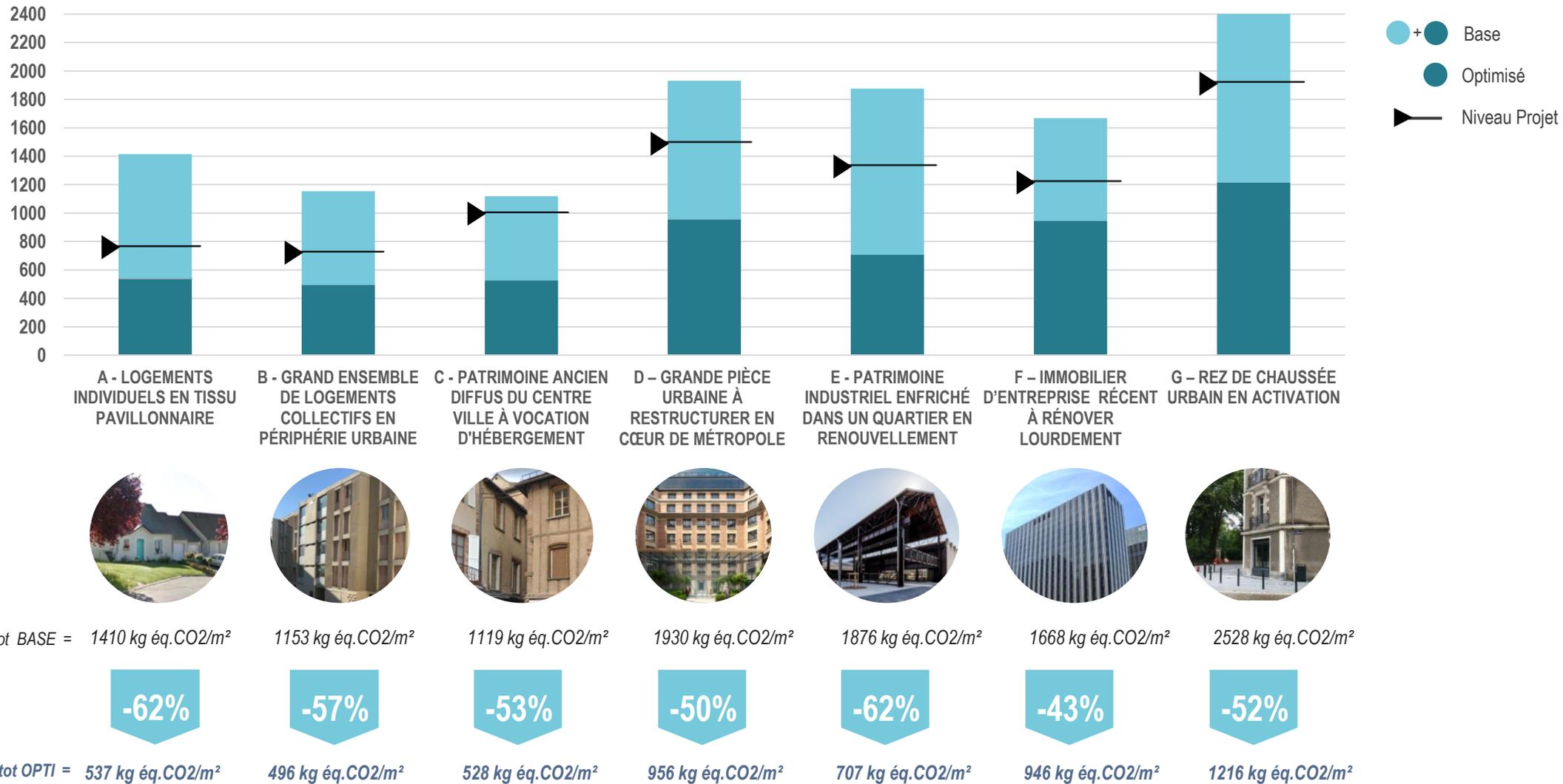


**-344** kg eq CO2 / m² pour 50 ans

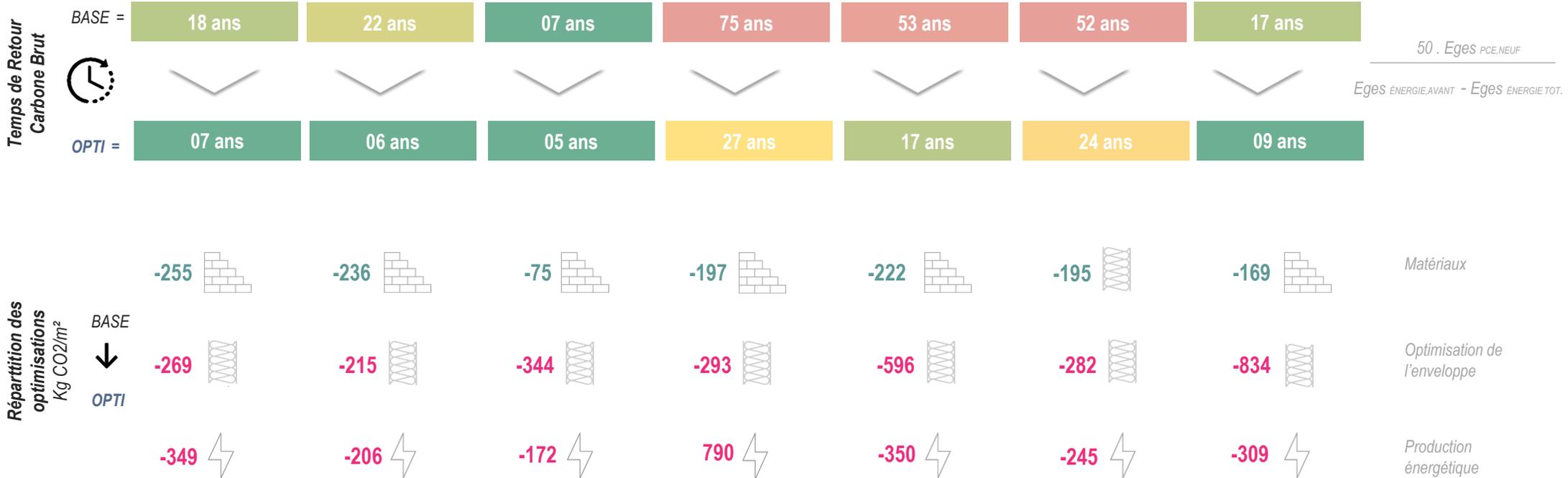
Mise en oeuvre d'une CTA double flux décentralisée avec récupération d'énergie de rendement 80%

# SYNTHÈSE ET PERSPECTIVES

## COMPARAISON DES OPTIMISATIONS – RÉDUCTION DES ÉMISSIONS



## COMPARAISON DES OPTIMISATIONS –TEMPS DE RETOUR CARBONE ET RÉPARTITION DES EFFORTS



## ENSEIGNEMENTS SUR LE POIDS CARBONE DE LA RÉNOVATION

Nous présentons ci-après les principaux enseignements des analyses de cycle de vie réalisées dans le cadre du projet NZC.

### ENSEIGNEMENT N°1 : LA CARBODIVERSITÉ

La hiérarchisation des émissions varie fortement d'un cas d'étude à l'autre. Ainsi, le poids de l'énergie est très variable selon les possibilités offertes en matière de périmètre d'intervention et de contraintes associées (patrimoine, présence d'amiante, insertion urbaine...). Les contributeurs dominants sur les produits de construction et équipements (PCE) sont également contrastés.

Ce constat appelle, pour chaque levier, à considérer l'importance d'une analyse contextuelle s'appuyant sur les singularités de l'existant.

### ENSEIGNEMENT N°2 : LE CARBONE 2 ACCESSIBLE !

Sur le panel de projets considérés, l'atteinte du niveau Carbone 2 du label énergie carbone pour les bâtiments neufs a été constaté dans la plupart des cas étudiés sur l'indicateur Eges,tot et sur 100% des projets pour l'indicateur Eges,PCE. Même si l'exemplarité des cas d'étude est à considérer, ce constat montre la pertinence d'une rénovation en comparaison avec la démolition/reconstruction : il est possible d'atteindre le meilleur niveau du label Energie Carbone à un prix défiant toute concurrence. Cela invite également à une démarche de sobriété concernant les parties démolies et les extensions.

### ENSEIGNEMENT N°3 : DES IMPACTS PCE SIGNIFICATIFS

Sur l'ensemble du cycle de vie, le poids carbone des produits de construction et des équipements des projets modélisés est compris entre 30 et 75% du bilan global. Il est donc loin d'être négligeable malgré la préservation d'une grande partie des structures existantes. La promotion des produits de rénovation et des équipements à plus faible empreinte carbone (issus de l'économie circulaire ou biosourcés) n'est donc pas à déconsidérer dans un contexte de rénovation.

### ENSEIGNEMENT N°4 : DE NOUVELLES PRIORITÉS

Dans le cadre des projets modélisés, les lots fluides (CVC, Electricité, Plomberie) représentent un poids notable en rénovation. C'est également le cas des lots de finitions et des cloisonnements qui sont usuellement considérés comme minoritaires dans les analyses sur la construction neuve (en comparaison avec la structure et le clos-couvert). Ces deux constats appellent à aller plus loin dans l'optimisation des émissions de ces contributeurs. Ils invitent à une conception plus low-tech et frugale : interroger la place des systèmes avec discernement et supprimer les matériaux superflus.

### ENSEIGNEMENT N°5 : UNE TEMPORALITÉ CARBONE

L'étude NZC Rénovation a permis l'introduction d'un indicateur, le temps de retour carbone brut de la rénovation. Il est défini comme la durée nécessaire pour que la réduction des émissions (liée aux économies d'énergies/sources décarbonées) compense l'investissement carbone lié aux produits et équipements installés lors de la rénovation. Selon le degré d'optimisation carbone de la rénovation, cet indicateur varie entre 6 et plus de 70 ans. Une rénovation énergétique n'est donc pas toujours bas-carbone ! Ce constat invite une nouvelle fois à surveiller l'équilibre entre l'impact des matériaux de rénovation et les économies carbone générées. L'étude met également l'accent sur l'importance du changement de vecteur énergétique.

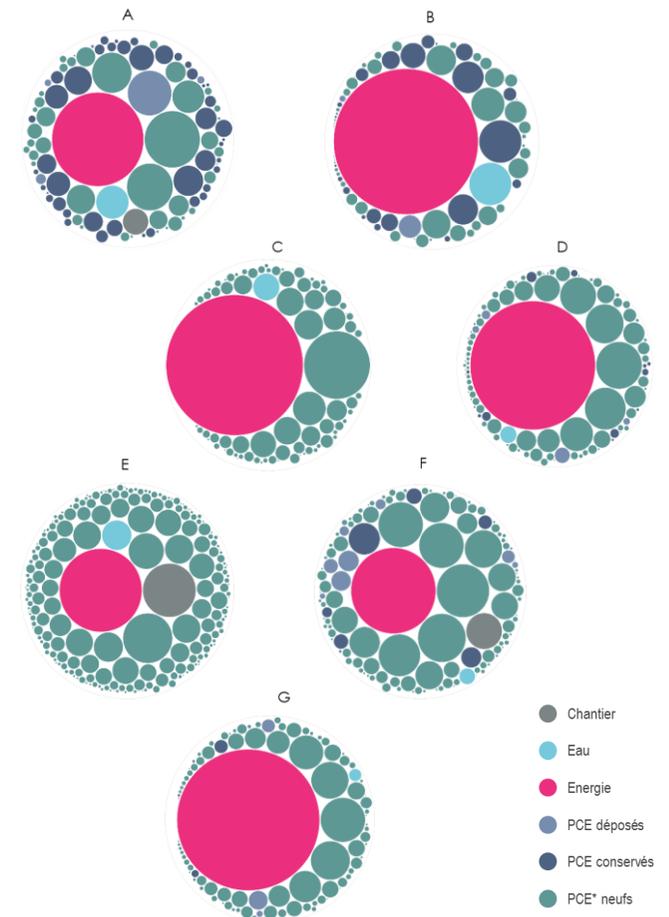


Illustration de la « carbodiversité » des opérations de rénovation sur les 7 projets du programme NZC rénovation. Représentation moléculaire : la taille des bulles est proportionnelle à l'impact de chaque contributeur de l'ACV (la représentation montre le scénario « projet »).

## PERSPECTIVES SUITE AUX OPTIMISATIONS NZC RÉALISÉES

### PERSPECTIVE N°1 : L'ÉNERGIE DE CHAUFFAGE RESTE UNE PRIORITÉ

Les projets utilisés pour établir les cas génériques intègrent d'ores et déjà cet enjeu car la plupart vont au-delà de la réglementation thermique applicable aux bâtiments rénovés (projets exemplaires, BBC Effinergie rénovation...).

Toutefois, le calibrage des projets « au minimum réglementaire » montre qu'il existe des leviers majeurs de réduction à intégrer. L'optimisation de l'enveloppe et l'utilisation de sources énergétiques bas carbone représentent des pistes de réduction de 400 kg à plus de 1000kg/m<sup>2</sup>.

**La réglementation actuelle, portée sur l'enveloppe (cas par cas) ou la consommation en énergie primaire (Cep, réf), ne suffit donc pas à garantir la réduction effective des émissions liées aux consommations énergétiques.**

### PERSPECTIVE N°2 : LES RÉNOVATIONS FRUGALES, BAS-CARBONE PAR NATURE

Les cas génériques B et C qui portent sur les logements collectifs (Gavotte et Soliha) présentent des émissions modérées et des temps de retour carbone faibles. Les leviers de réduction y sont également modérés. Ceci s'explique car ces projets concernent des travaux ciblés d'amélioration de l'enveloppe avec peu d'interventions lourdes.

En particulier, **la rénovation de passoires énergétiques** (comme le cas C) présente une faible variabilité du temps de retour carbone qui demeure avantageux dans tous les cas. **Dans ce contexte précis, la rénovation s'avère toujours rentable et l'analyse du cycle de vie ne représente pas une absolue nécessité.**

A l'inverse, les rénovations très lourdes des cas génériques D, E et F qui concernent des locaux d'activité avec une mise au norme et des équipements conséquents ont des émissions et des enjeux d'optimisation plus prononcés.

La teneur des travaux (et à l'inverse le degré de frugalité) représente donc des indicateurs de l'enjeu de réduction des émissions à considérer.

### PERSPECTIVE N°3 : DES LEVIERS TECHNIQUES À APPROFONDIR ET À ANALYSER EN EFFORT /GAIN

Les leviers identifiés pour réaliser les optimisations NZC concentrent majoritairement les stratégies de sobriété énergétique, préservation de l'existant), de matérialité (éco-matériaux) et dans une moindre mesure de circularité (réemploi). Ce constat pointe du doigt la maturité modérée des filières de réemploi et les recherches restant à mener sur les deux leviers restants (technicité et externalité).

La technicité est bien intégrée en termes d'efficacité énergétique. Sur ce point, les approches menées montrent que le choix de l'équipement doit être apprécié selon le rapport poids carbone du dispositif/ économie d'énergie généré. Par exemple, l'emploi d'un double flux décentralisé trouve sa pertinence dans le cadre du rez-de-chaussée en activation qui dispose de leviers faibles sur l'enveloppe et les équipements de production énergétique. Il est plus questionnable sur les grandes rénovations (cas D-E-F) sur lesquels l'approche « low-tech »\* montre des résultats intéressants (brasseur, bioclimatisme...).

En revanche, **peu de leviers sont encore identifiés ou objectivables sur la réduction du poids carbone des équipements** : détail des contributeurs non connu et ne permettant pas une approche fine de réduction, leviers de reconditionnement/équipement des équipements non matures. C'est un axe d'amélioration important pour la rénovation bas-carbone.

\* questionner les besoins réels en technologies et développer des solutions moins complexes et consommatrices de ressources



Le dispositif d'isolation extérieur « énergiesprong » pour le logement individuel représente une opportunité de réduire les émissions liées à l'énergie de chauffage.



Les rénovations en site occupé et à budget se concentrent généralement sur l'amélioration de l'enveloppe sans excès de matériaux ajoutés. Ici l'exemple du projet Gavotte.

## PERSPECTIVES SUITE AUX OPTIMISATIONS NZC RÉALISÉES

### PERSPECTIVE N°4 : DES CONTRAINTES SPÉCIFIQUES QUI PÈSENT SUR LES LEVIERS

Les contraintes spécifiques qui s'appliquent sur chacun des scénarios retenus sont autant de contraintes qui limitent les potentiels d'optimisation.

**Le contexte patrimonial empêche l'emploi d'une isolation par l'extérieur** dans les cas C, D et G par exemple. La pollution et l'instabilité de sol oblige à des reprises structurelles fortes dans le cas de la French Tech (cas E). Le désamiantage oblige à un curage important laissant peu de place au réemploi pour IBOX (cas F).

**Les leviers en matière de production énergétique photovoltaïque sont conditionnés par la morphologie urbaine**, la possibilité d'utilisation de la toiture et ne sont opérants que sur 3 cas génériques sur 7 : l'habitat pavillonnaire, les grands ensembles et le patrimoine industriel représentent notamment des gisements solaires particulièrement intéressants si le climat et le contexte urbain s'y prêtent.

### PERSPECTIVE N°5 : LE VECTEUR USAGE, UN PRISME INDISPENSABLE À INTÉGRER

Dans les cas où les surfaces intérieures sont fortement contraintes et qu'il n'y a pas de possibilité d'isolation par l'extérieur (cas C Soliha et cas G Wigwam), l'optimisation de l'enveloppe vient en concurrence directe avec la surface utile. Ce paramètre est à apprécier car il limite les leviers d'optimisation et impacte la qualité d'usage.

**Mettre sur un même plan la réduction des émissions et la réduction de la surface utile** peut constituer une approche pertinente pour arbitrer sur les derniers cm d'isolants à mettre en œuvre.

Un autre enjeu est celui de **la prise en compte du confort d'été et de la résilience climatique**. Avec l'arrivée de la RE2020, on comptabilise désormais systématiquement un besoin en froid supplémentaire en cas de dépassement des températures de confort (facteur pouvant être aussi contraignant que l'atteinte des Bbio/Cep). Une contrainte supplémentaire devrait elle être intégrée en ce sens à l'approche NZC sur l'ensemble des cas génériques modélisés (exemple : PAC réversible, brasseur d'air, protection solaire, free cooling,...) ?

Autre paramètre agissant sur l'empreinte carbone en exploitation, **l'impact du mobilier intérieur** n'est actuellement pas pris en compte dans l'ACV et mériterait d'être évalué (renouvellement fréquent, opportunités de réemploi...) en particulier pour le cas G (rez de chaussée en activation).

### PERSPECTIVE N°6 : DES EXTERNALITÉS POSITIVES CONTEXTUELLES À OBJECTIVER

Au-delà de la production photovoltaïque déjà évoquée, peu de leviers de type « externalités » ont pu être intégrés de manière effective aux optimisations proposées.

Ce constat répond à une double difficulté :

- d'une part, **ces externalités ne sont pas toujours objectivables car les retours d'expérience sur l'économie carbone sont peu documentés** ou inexistants. C'est le cas notamment des externalités positives liées à la rénovation sur la réduction des déplacements carbonés (services de proximité, maintien d'une activité au plus proche du domicile).
- d'autre part, **la méthode actuelle de calcul ne permet pas de valoriser les externalités**. C'est le cas notamment des stratégies de partage et de mutualisation ou d'optimisation de l'usage en jouant sur la complémentarité des occupations.

Il apparaîtrait donc pertinent de développer des méthodologies spécifiques pour intégrer ces pistes de réflexion à la stratégie NZC.



*Des gisements solaires fortement conditionnés par la morphologie urbaine. Le patrimoine industriel enrichi représente un gisement conséquent sans affecter l'identité du patrimoine bâti.*



*La mise à disposition des locaux en dehors des plages d'occupation, une opportunité pour réduire les émissions carbone ramenées à la valeur d'usage du projet. L'impact du renouvellement trop fréquent du mobilier intérieur pourrait également être intégré à l'approche.*