



---

## TRIPLE A

Retour d'expérience projet – 4-6 Bourse

---

## Introduction

Groupama Immobilier annonce en fin d'année 2022 la rénovation de son immeuble de bureaux situé 4-6 place de la Bourse, avec un objectif clair, inédit, et ambitieux : en faire « l'immeuble le plus nul de Paris », emblème de la sobriété. Le projet se veut low-tech, sobre, robuste réparable et résilient. Sa « nullité » se traduit par une volonté de zéro chauffage, zéro climatisation, zéro déchets, zéro maintenance complexe et zéro carbone.

Les différentes études et simulations menées dans la volonté de concrétiser cette ambition vont la faire évoluer :

- ▶ Les premières simulations menées par AREP démontrent que le confort hivernal n'est pas suffisant
- ▶ La configuration induit un impact potentiel très significatif sur les comportements des preneurs et ses aménagements (habillement, équipements...)
- ▶ L'absence de chauffage et de refroidissement rend le bâtiment impropre à son utilisation et induit une diminution de l'intensité d'usage aux périodes critiques de l'année

La réintroduction d'un système de chauffage sobre, via raccordement au réseau de chaleur urbain et émission par panneaux rayonnants repositionne l'immeuble dans une configuration plus classique, plus proche également de l'acceptabilité du marché, l'ensemble des équipements du système de chauffage pouvant être utilisés en mode rafraîchissement à partir d'un simple raccordement au réseau de froid urbain.

La démarche Triple A se décline sur cette base et a posé sur ce projet les questions suivantes :

- ▶ Comment concevoir aujourd'hui un bâtiment qui saura être utilisé dans les conditions climatiques du futur ? (Anticipation)
- ▶ Comment concevoir et valoriser un bâtiment durable, performant et sobre à court, moyen et long terme, limitant fortement les interventions nécessaires pour sa « mise à niveau » ? (Adaptation)
- ▶ Comment mettre en place une approche globale des émissions carbone liées au projet, prenant en compte un maintien de sa qualité d'usage dans le temps ? (atténuation)

## Remarque préalable

La démarche Triple A est une approche en cours de développement. Elle comporte un certain nombre de limites qu'il est important de garder à l'esprit. L'ambition immédiate n'est pas de proposer une méthode définitive, mais de chercher à aller plus loin que les référentiels, labels environnementaux et réglementations actuellement en vigueur, en posant des questions que ces cadres n'adressent pas encore pleinement.

### Une vision à long terme

Le consensus scientifique actuel privilégie la réduction des émissions carbone à court terme. La démarche Triple A adopte une perspective de long terme : en anticipant les besoins futurs dès la conception du bâtiment, elle peut

induire des adaptations (y compris à la hausse) des moyens techniques et/ou architecturaux. Ces choix peuvent sembler contre intuitifs dans une logique d'optimisation immédiate, mais ils visent à éviter des cycles de rénovation coûteux en carbone comme en ressources sur la durée de vie du bâtiment.

### **Durabilité et longévité**

Quand il s'agit d'impact environnemental, les réglementations et labels environnementaux actuels concentrent leurs objectifs sur la réduction de l'impact carbone des bâtiments, définie ici comme l'atténuation. Ils n'intègrent pas, ou peu, de notion de robustesse, d'adaptabilité ou de longévité des systèmes. Or, une approche exclusivement centrée sur la réduction carbone à court terme peut conduire à des arbitrages qui fragilisent le bâtiment face aux évolutions climatiques et d'usage à venir. La démarche Triple A cherche à concilier ces deux impératifs, en plaçant la durabilité au cœur de la réflexion.

### **Des données imparfaites et évolutives**

Toute démarche quantitative se heurte à la qualité des données disponibles. L'impact carbone des matériaux, des équipements ou des sources d'énergie varie selon les sources et évolue dans le temps. Dans l'état actuel de la méthodologie, ces données sont utilisées comme valeurs de référence à un instant donné, ce qui constitue une limite. Ce point est identifié comme un axe d'amélioration prioritaire de la démarche.

## **Approche contextuelle en coût global carbone**

Au fil des études et phases de conception s'est affirmé le besoin de tenir une « comptabilité » des émissions carbone associées au projet, combinant 2 volets évalués sur 50 ans :

- ▶ Carbone intrinsèque, lié aux produits et matériaux de construction
- ▶ Carbone exploitation, lié principalement aux consommations d'énergie du site

En se systématisant sur le projet, cette approche a permis de challenger, optimiser, arbitrer... parfois dans des directions contre-intuitives.

### **Exemple 1 : optimisation de l'épaisseur de doublage**

Dans la continuité de la volonté de se conformer au PLU Bioclimatique, l'impact de l'augmentation du doublage thermique pour atteindre une résistance de  $5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  a été étudiée, l'intuition générale étant que l'augmentation de l'épaisseur d'isolant étant toujours vertueuse et éventuellement limitée par des enjeux économiques et de préservation de surface de plancher.

L'impact sur les besoins du bâtiment a été simulé pour plusieurs épaisseurs d'isolant, et les résultats mettent en avant que pour le projet 4-6 Bourse, au-delà d'une résistance de  $3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ , les gains énergétiques tendent à stagner et on ne gagne donc plus significativement sur l'indicateur « carbone exploitation ».

Cette conclusion offre des perspectives inattendues et intéressantes :

- ▶ Il est pertinent de ne pas surinvestir dans cette isolation
- ▶ Cette configuration préserve de la surface locative (environ  $40 \text{ m}^2$ )
- ▶ Elle permet également de limiter l'impact carbone intrinsèque lié à la mise en œuvre d'isolant à hauteur de  $26 \text{ tCO}_2\text{eq}$  sur 50 ans.

### **Exemple 2 : Solution de rafraîchissement low-tech : les brasseurs d'air**

Dans une logique de réduction du recours à la climatisation tout en maintenant des conditions de confort estival satisfaisantes, le projet s'est penché sur des solutions dites « low-tech », en intégrant spontanément l'installation de brasseurs d'air. Ces dispositifs permettent d'améliorer le confort thermique en augmentant les vitesses d'air, ce qui élargit la plage de températures acceptables par les utilisateurs, et réduit donc les consommations de froid.

Cependant, l'analyse en cycle de vie met en évidence un résultat contre-intuitif : le bilan carbone global (carbone intrinsèque + carbone d'exploitation) associé à ces dispositifs (brasseurs d'air, motorisation des ouvrants) s'avère supérieur à celui d'une solution reposant uniquement sur la climatisation pour atteindre un niveau de confort équivalent.

Sur le 4-6 Bourse, de tels dispositifs induisent :

- ▶ Un surcoût de carbone intrinsèque de 26 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans lié aux brasseurs et à leur alimentation.
- ▶ L'émission de 15 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans liées aux consommations électriques associées (carbone en exploitation)

En revanche, l'augmentation de 2°C de la consigne de climatisation ne permet qu'une réduction 8 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans. Le bilan carbone total (intrinsèque + exploitation) lié aux brasseurs d'air est alors de 33 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans.

Ce constat est lié au contexte du projet et s'explique principalement par le très faible contenu carbone déclaré du réseau de froid urbain parisien. Dans ce contexte spécifique, l'impact associé aux consommations électriques additionnelles liées aux équipements actifs (brasseurs, moteurs) ainsi que leur impact en carbone intrinsèque (fabrication des équipements et renouvellement) dépassent les gains associés à la réduction des besoins de climatisation.

Par ailleurs, dans le cas de l'immeuble 4-6 Bourse, le recours à la climatisation n'engendre pas de surcoût significatif en carbone intrinsèque, les infrastructures de distribution étant déjà mutualisées avec le système de chauffage. L'objectif de « zéro climatisation » ne constitue pas systématiquement l'option la plus pertinente sur le volet carbone et doit être évalué au regard du contexte énergétique local et des caractéristiques du projet.

### Exemple 3 : Le free-cooling

Le free-cooling repose ici sur la motorisation d'ouvrants intégrés aux menuiseries extérieures, permettant un renouvellement d'air efficace et automatique et une réduction des besoins en froid. Le choix initial s'est tourné vers un système de motorisation et d'automatisation complet des ouvrants. Dans une optique d'atténuation de l'impact carbone, la motorisation complète a été questionnée à la faveur d'une motorisation partielle. Seuls les ouvrants des parties communes, au nombre de 5 par plateau, restent motorisés. Le reste des ouvrants, situés dans des zones les espaces cloisonnables, est à ouverture manuelle. Il est donc de la responsabilité des utilisateurs du bâtiment, qui seront informés des moments propices d'ouverture et de fermeture par des panneaux d'informations, de les gérer. Ce choix d'une ventilation naturelle fair-tech, combinant fonctionnement manuel et automatisé, induit une réduction du carbone intrinsèque de 10 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans tout en permettant de conserver la réduction de l'impact en exploitation de 9 tCO<sub>2</sub>eq.

Au total, la motorisation des 5 ouvrants par plateau induit :

- ▶ un surcoût carbone intrinsèque de 7 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans
- ▶ et une réduction de l'impact carbone en exploitation de 9 tCO<sub>2</sub>eq sur 50 ans.

## Développement d'indicateurs

### Efficacité économique carbone

Les premières phases du projet ont induit l'étude de nombreuses variantes / optimisations. L'impact carbone calculé en utilisant les données issues de l'ACV pour le carbone intrinsèque et de la SED pour le carbone en exploitation a été mis en parallèle des éventuels surcoûts d'investissement et l'ensemble des initiatives a été analysé au regard du ratio entre € dépensé et tonne ou kg de CO<sub>2</sub> économisé.

Cette nouvelle « métrique » d'*efficacité économique carbone* est amenée à être utilisée plus systématiquement pour arbitrer les choix de la Maîtrise d'Ouvrage. Elle permet de hiérarchiser les capacités d'investissement,

d'objectiver les initiatives entre elles mais également au regard d'autres « valorisations du carbone », comme c'est le cas de la valeur de l'action pour le climat introduite par France Stratégie<sup>1</sup>.

Mise à jour en mars 2025 par la commission Quinet, cette valeur fixe à 256 €/tCO<sub>2</sub>eq le seuil de référence pour 2025, portée à 300 €/tCO<sub>2</sub>eq en 2030 et 563 €/tCO<sub>2</sub>eq en 2050. Toute action d'atténuation dont le coût est inférieur à ce seuil est considérée comme économiquement justifiée au regard des objectifs climatiques nationaux.

Appliquée à l'échelle d'un projet de rénovation, elle permet de donner une valeur monétaire aux tonnes de CO<sub>2</sub> évitées sur le long terme, et donc de rendre comparables, sur une même base, des choix constructifs a priori hétérogènes : isolation renforcée, choix de matériaux biosourcés, systèmes techniques évolutifs, ou encore anticipation d'un besoin en froid. Dans une démarche Triple A, où l'horizon d'évaluation dépasse la livraison du bâtiment, cette trajectoire de valeur croissante conforte la pertinence d'investissements initiaux plus élevés, dès lors qu'ils permettent d'éviter des émissions futures.

L'efficacité économique carbone a été évaluée sur trois exemples sur le 4-6 Bourse :

- ▶ EXEMPLE 1, traitement des ponts thermiques des planchers intermédiaires : 57 €/ tCO<sub>2</sub>eq
- ▶ EXEMPLE 2, gaine d'ascenseur en CLT : 1500 €/ tCO<sub>2</sub>eq
- ▶ EXEMPLE 3, faux-plancher technique de réemploi : 213 €/ tCO<sub>2</sub>eq

**Nota** : Autres dispositions à valoriser au travers de l'indicateur

Isolant en laine de bois – en attente données économiste

Vitrage intégrant du calcin recyclé (type Oraé) – en attente données BET Façade

## Intensité d'usage

### Principe

Certaines dispositions étudiées et intégrées au projet Bourse impliquent du carbone intrinsèque supplémentaire sans générer une économie d'énergie en phase exploitation. Pour autant, ces dispositions impactent l'intensité d'usage du bâtiment (définie comme la capacité temporelle de celui-ci à assurer sa fonction, notamment un environnement de travail suffisamment confortable) et induisent un meilleur amortissement du carbone intrinsèque dépensé pour les travaux de rénovation. D'où la nécessité de ne plus seulement réfléchir en coût global carbone et d'introduire un indicateur d'intensité d'usage carbone.

Cet indicateur vise à caractériser l'amortissement de l'impact carbone du projet (intrinsèque + exploitation) engendré par l'amélioration de son intensité d'usage. Cet indicateur permet également la comparaison entre le bâtiment à l'état projeté, après rénovation par rapport au bâtiment de référence s'il n'avait pas fait l'objet d'une rénovation, ou pour lequel la stratégie de rénovation serait différente .

Il se calcule comme le rapport entre le carbone total (intrinsèque et exploitation) et le nombre de jours, sur 50 ans, durant lesquels le bâtiment reste opérationnel, c'est-à-dire pendant lesquels la température opérative reste en dessous de 28°C<sup>2</sup> .

$$\text{Indicateur d'intensité usage carbone} = \frac{\text{carbone total (intrinsèque + exploitation) sur 50 ans}}{\text{nombre de jours ouverts utilisables sur 50 ans}}$$

Pour illustrer cet indicateur, prenons en exemple deux bâtiments.

- ▶ Le 4-6 Bourse, dimensionné et conçu de manière à répondre aux objectifs d'Anticipation, Adaptation et Atténuation. Ce bâtiment intègre donc dès la livraison des produits et équipements permettant de répondre

<sup>1</sup> [FS-2025-RAPPORT QUINET\\_19mars20h-COUV-vdef.pdf](#)

<sup>2</sup> Voir définition des paramètres de confort p.8

à un besoin de froid croissant lié à l'augmentation des températures à venir. Ses équipements techniques sont dimensionnés selon un scénario météo représentatif de la période [2040 - 2060]. Sa conception permet, sur l'ensemble de son cycle de vie, de sauter un cycle de rénovation lourde.

- ▶ Un bâtiment B, dimensionné de manière plus traditionnelle. Il est notamment conçu selon le scénario météo actuel sans anticiper un besoin en froid supplémentaire.

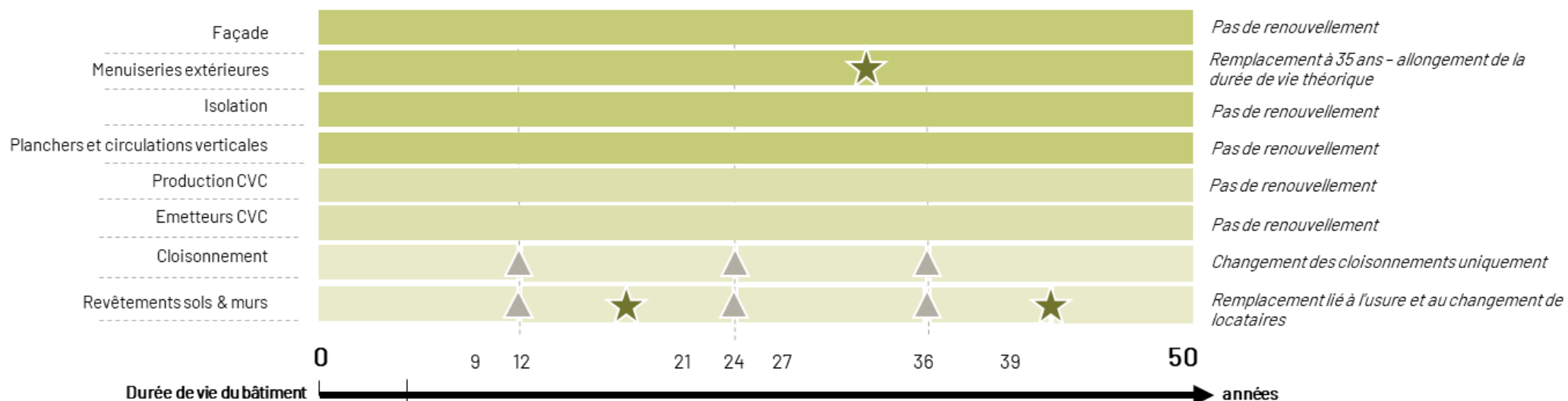
Le carbone intrinsèque du 4-6 Bourse est donc susceptible d'être plus élevé que celui du bâtiment B. Néanmoins, à long terme, en sautant un cycle de restructuration lourde, le carbone intrinsèque réel du 4-6 Bourse sera moins élevé que celui du projet B.

La timeline présentée ci-après illustre ce principe :

# Projet 4-6 BOURSE

Bâtiment confortable et adaptable, baux plus longs

- ★ Restructuration lourde
- ★ Renouvellement lié à l'usure
- ▲ Changement de locataire



# Projet B

Bâtiment peu confortable et peu adaptable, baux courts



Cette timeline permet de comparer les fréquences de renouvellement par famille d'équipements et matériaux :

	<b>4-6 Bourse</b>	<b>Bâtiment B</b>
Façade	0	0
Menuiseries extérieures	1	1
Isolation	0	1
Planchers et circulations verticales	0	partiel
Production CVC	0	1
Emetteurs CVC	0	1
Cloisonnement	3	4
Revêtements sols & murs	5	6

Ce surcoût initial de carbone intrinsèque permet au 4-6 Bourse de rester complètement opérationnel y compris selon un scénario climatique projeté. A l'inverse le bâtiment B pourra répondre à ses besoins en froid sur les premières années, mais passé un certain temps, ses équipements techniques ne présenteront plus une puissance suffisante et la continuité de l'usage du bâtiment s'en trouvera impactée. Supposons une année type représentative d'un climat pour la période [2040 - 2060]. Les résultats de l'étude de confort réalisée montrent que le bâtiment B n'est plus en capacité d'assurer des conditions de confort opérationnelles durant 20 jours dans l'année.

Le calcul de l'indicateur d'intensité d'usage carbone pour les deux scénarios donne le résultat suivant :

	<b>4-6 Bourse</b>	<b>Bâtiment B</b>
Carbone intrinsèque (kgCO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .SDP)	700	650
Carbone exploitation (kgCO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> .SDP)	350	450
Nombre de jours opérationnels sur 50 ans (température opérative <28°C)	18 250	16 520 <sup>3</sup>
Indicateur Intensité Usage Carbone (kgCO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> <sub>SDP</sub> .jours sur 50 ans)	0,057	0,067

Il est ainsi possible d'évaluer la pertinence d'une rénovation au regard de l'intensité d'usage qu'elle permet. La rénovation et donc l'impact sur le carbone total d'un bâtiment « TRIPLE A » *vaut le coup* si son indicateur d'intensité d'usage carbone est inférieur à un bâtiment qui subirait une rénovation sans anticipation des conditions climatiques futures. L'indicateur permet également d'évaluer l'efficacité et la performance de la rénovation que subiraient deux bâtiments aux périmètres différents mais aux objectifs similaires.

<sup>3</sup> En complément des jours d'inconfort, le nombre de jours liés aux travaux de restructuration lourde ont été soustraits, en considérant en moyenne 2 ans de travaux.

## Définition des critères de confort

Les réglementations et certifications actuelles ne parlent pas le même langage quand il s'agit de confort d'été : la RE2020 mesure le confort d'été en "degrés-heures d'inconfort", un cumul des écarts de température intérieure au-delà de 26°C la nuit et 28°C le jour, tandis que la certification HQE raisonne en pourcentage des heures occupées où un seuil est dépassé. Ces deux approches poursuivent le même objectif mais sont méthodologiquement différentes. Il apparaît difficile dans ces conditions de comparer deux bâtiments sur une base commune, ou pour un bailleur de s'engager contractuellement sur un niveau de performance tangible.

Sur le projet 4-6 Bourse, la définition du confort est simple : au-delà de 28°C ressentis pendant plus de deux heures dans la journée, le bâtiment est considéré comme non opérationnel : les occupants risquent de ne pas faire l'effort de se déplacer, l'usage est compromis. En dessous de cette température, la continuité est jugée assurée. C'est un critère binaire et lisible, qu'on peut inscrire dans un contrat de performance et suivre facilement.

## Définition du scénario météo de référence

Mais un seuil de confort ne suffit pas. Encore faut-il savoir selon quel climat les performances sont atteintes. La RE2020 extrapole la canicule de 2003 sans s'appuyer sur des projections futures. La certification HQE, elle, fait mieux : elle requiert l'utilisation de scénarios prospectifs issus des projections du GIEC. Mais ces fichiers ont deux angles morts : ils représentent un climat moyen projeté sans restituer la dynamique d'un épisode caniculaire, et leur résolution spatiale n'est pas suffisamment précise pour capturer des phénomènes locaux comme l'îlot de chaleur urbain parisien.

Pour pallier ce manque de données, il a été confié à SERACLE la génération de scénarios climatiques prospectifs intégrant les projections du GIEC dans leur trajectoire la plus défavorable, le SSP5-8.5, avec une résolution locale intégrant l'effet d'îlot de chaleur urbain parisien. Deux niveaux de test ont été retenus : une année typique représentatif du climat pour la période [2040-2059] pour évaluer la continuité d'usage au quotidien, et une intégrant un épisode caniculaire de probabilité décennale pour qualifier la résilience du bâtiment face au pire scénario estival, le "stress test".

# Perspectives

## Stratégie d'Adaptation

Les études menées ont permis de poser les premières bases opérationnelles des concepts d'Anticipation et d'Atténuation. En revanche, le troisième pilier, l'Adaptation, n'a pas encore été entièrement concrétisé à ce stade des études, et constituera un axe de travail prioritaire pour la suite. Au stade APD, les études ont abouti à des principes généraux de conception. Leur approfondissement devra s'accompagner d'un travail avec les fabricants et fournisseurs, afin de mieux anticiper les opérations de maintenance et de remplacement, et d'allonger autant que possible la durée de vie des produits et équipements retenus.

Sur ce point précis, les études actuelles rencontrent plusieurs limites :

- ▶ D'abord, les outils de calcul utilisés ne permettent pas de modéliser un allongement de la durée de vie des équipements. Ils n'autorisent que sa réduction, ce qui ne reflète pas l'objectif de l'Adaptation.
- ▶ Les calculs d'ACV réglementaires sont prévus pour une durée de vie conventionnelle du bâtiment fixée à 50 ans. La valorisation de l'augmentation de la durée de vie prévisionnelle, ou du moins du maintien de la fonctionnalité du bâtiment jusqu'à sa durée de vie théorique ne peut se faire qu'en diminuant arbitrairement la durée de vie prévisionnelle d'un bâtiment fictif de référence qui n'intégrerait pas les principes d'Adaptation.
- ▶ Ensuite, certains équipements tels que les panneaux rayonnants et les isolants, affichent déjà une durée de vie théorique équivalente à celle d'un bâtiment (50 ans), ce qui rend leur fréquence de remplacement peu pertinente à optimiser.

## **Intensité : continuité & densité**

La densité d'occupation pourrait mériter d'être prise en compte dans la réflexion globale. En effet, lorsque des travaux visent à accueillir davantage d'occupants dans un bâtiment, le carbone dépensé pour les réaliser est en quelque sorte mieux "rentabilisé" : le même investissement carbone est partagé entre un plus grand nombre d'occupants. Ce raisonnement rejoint celui de l'intensité d'usage : plus un bâtiment est utilisé, plus son carbone intrinsèque par occupant diminue. Le projet 4-6 Bourse en offre une illustration concrète : la densification du bâtiment a nécessité des travaux structurants, comme la restructuration des noyaux d'ascenseur, dont l'impact carbone doit être mis en regard du bénéfice qu'il génère sur la densification.

**Nota:** *il nous semble pertinent de conserver une cohérence d'échelle temporelle des indicateurs en les exprimant tous sur 50 ans. Néanmoins, les logiciels de simulation thermique actuels permettent uniquement une analyse sur une année. Les résultats obtenus doivent donc être extrapolés en projetant les performances annuelles sur une période de 50 ans, en les multipliant/adaptant. Cette approche présente une limite : elle ne permet pas de prendre en compte le caractère progressif de l'inadaptation d'un bâtiment face à l'évolution du climat.*

*De la même manière, l'usage progressif du froid ne peut pas être valorisé avec les méthodes de calcul actuelles. Les logiciels de Simulation Energétique Dynamique évaluent les consommations sur une année et suivant le scénario météorologique considéré. Le paramètre « carbone exploitation » multiplie de la même manière les résultats des consommations sur une année pour les obtenir sur 50 ans.*

*De même, les logiciels d'ACV ne permettent pas d'augmenter la durée de vie prévisionnelle des produits et équipements saisis dans l'étude. Cette donnée est conventionnelle et fixée par le déclarant (fabricant ou syndicat) à l'origine de la Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES). Elle doit être justifiée et s'appuie sur des données techniques, des retours d'expériences, ainsi que de référentiels normatifs tels que NF EN 15804 et ISO 15686, définissant des conditions d'usage et d'entretien standardisées.*

*A ce jour, le paramètre « carbone intrinsèque » est assimilable au composant « EGES,PCE » défini par le référentiel BBCE. Il ne prend pas en compte l'allongement de la durée de vie des produits et composants qui résulteraient de l'anticipation des opérations de maintenance et renouvellement intégrés dans la conception du bâtiment et qui découlent de l'objectif d'Adaptation de la stratégie TRIPLE A. Si le 4-6 Bourse est conçu de manière à pouvoir, sur la période de référence de 50 ans, sauter un cycle de rénovation du fait de sa conception, cela n'est actuellement pas traduit dans le calcul du carbone intrinsèque.*