



# Méthode d'analyse des projets de rénovation / reconstruction

Version 1 : Mars 2016

Réalisé par :

## Coordinateur



Marion Sié  
Jérôme Payet

CYCLECO  
1011 Avenue Léon Blum  
01500 Ambérieu-en-Bugey  
marion.sie@cycleco.eu  
[www.cycleco.eu](http://www.cycleco.eu)

## Partenaire



Thierry Rieser  
Camille Julien

ENERTECH  
Le village  
26160 Félines sur Rimandoule  
contact@enertech.fr  
[www.enertech.fr](http://www.enertech.fr)

## Financier



Yves Moch

ADEME  
500 Route des Lucioles  
06560 Valbonne  
yves.moch@ademe.fr  
[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

---

# Table des matières

---

Table des matières.....	3
Introduction.....	5
I  Destinataires et objectifs .....	5
I.1  Public.....	5
I.2  Typologie de projets .....	5
I.3  Objectifs.....	5
II  Elaboration.....	5
II.1  Le projet I3E Rénovation.....	5
III  Outils associés.....	6
Définir le système.....	7
I  Identification des scénarios.....	7
I.1  Introduction.....	7
I.2  Scénario de référence .....	7
I.3  Scénarios de rénovation / réhabilitation .....	7
I.4  Scénarios de reconstruction .....	9
II  Définition du périmètre.....	10
II.1  Introduction.....	10
II.2  Equivalence fonctionnelle .....	10
II.3  Périmètre de l'étude .....	11
II.4  Lots inclus.....	11
II.5  Lots hors système .....	11
II.6  Lots soumis à interprétation .....	12
II.7  Exclusions des éléments identiques.....	12
III  Définition de la durée de service du bâtiment.....	13
III.1  Introduction.....	13
III.2  Durée de service des bâtiments.....	13
Spécifier les données.....	15
I  Données physiques .....	15
I.1  Matériaux .....	15
I.2  Chantier .....	15
I.3  Consommations à l'usage.....	15
I.4  Désamiantage .....	16
II  Données économiques.....	16
II.1  Année 0 et année 50 .....	16
II.2  Vie en œuvre.....	16
II.3  Valeurs résiduelles .....	17
II.4  Taux d'actualisation .....	18
II.5  Désamiantage .....	18
Comparer les scénarios .....	20
I  Evaluation.....	20
I.1  Utilisation des outils .....	20
I.2  Enoncés des premières conclusions.....	20
II  Vérification par analyses de sensibilité .....	20

II.1	Durées de vie des bâtiments .....	20
II.2	Valeurs résiduelles .....	20
II.3	Taux d'actualisation .....	21
Annexe	.....	22
I	Conclusion des études de cas détaillées .....	22

---

# Introduction

---

## I Destinataires et objectifs

### I.1 Public

Ce document est destiné aux équipes MOA – AMO – MOE ayant pour projet la réhabilitation d'un bâtiment de logement collectif datant des années 1945 – 1975 ou la reconstruction en lieu et place de l'existant. Le projet doit être à un stade peu avancé, typiquement avant l'étape Projet, et l'équipe projet doit choisir entre plusieurs variantes.

### I.2 Typologie de projets

Les projets couverts par cette Méthode sont les projets de réhabilitation énergétique de bâtiments de logement collectif datant des années 1945 – 1975 aux seins desquels plusieurs variantes sont à l'étude. Les variantes se distinguent par le choix réhabiliter l'existant ou reconstruire, l'objectif de performance énergétique ou le type de matériaux (conventionnels ou biosourcés).

La production d'énergie par panneaux photovoltaïques ou capteurs solaires thermiques n'est pas couverte par la Méthode (elle ne sera donc pas intégrée dans l'analyse).

### I.3 Objectifs

La Méthode fournit une comparaison de scénarios de rénovation et reconstruction sur des indicateurs environnementaux, énergétique et économique et constitue en cela une aide à la décision pour l'équipe projet.

## II Elaboration

### II.1 Le projet I3E Rénovation

La présente Méthode est réalisée dans le cadre du projet I3E Rénovation. Le projet I3E Rénovation a été retenu dans le cadre de l'appel à projets de recherche "Vers des bâtiments responsables à l'horizon 2020", lancé par l'ADEME fin 2013. Il est porté par Cycleco et Enertech.

I3E Rénovation comprend les tâches suivantes:

- La réalisation d'une ACV environnementale, énergétique et économique détaillée pour deux cas d'étude permettant de déterminer les aspects clés à inclure dans la Méthode d'analyse à destination des acteurs du bâtiment ;
- La rédaction de la Méthode d'analyse de projets de rénovation proprement dite, opérationnelle et adaptée à son public ;
- Le test de la Méthode d'analyse par 5 à 10 MOA ou MOE en charge de projets de rénovation ;
- La dissémination des résultats du projet en France et à l'international auprès des acteurs du bâtiment et des experts de l'ACV.

La Méthode a donc été élaborée sur la base d'une analyse environnementale, énergétique et économique détaillée de deux études de cas réels. Ces études de cas ont tout d'abord permis de produire des données génériques réutilisables ainsi que des conclusions sur les paramètres clés des études à définir avec attention et à faire varier en analyse de sensibilité. La conclusion de l'analyse détaillée est rapportée en annexe du présent document pour information.

### III Outils associés

Trois outils Excel accompagnent la présente Méthode :

- Outil – Environnement & Energie
- Outil – Coût global
- Outil – Désamiantage

Ils contiennent les données génériques et les algorithmes de calcul permettant la comparaison des scénarios.

---

# Définir le système

---

## I Identification des scénarios

### I.1 Introduction

La première étape consiste à positionner vos variantes au sein des choix proposés. Vous n'êtes pas obligé d'étudier l'ensemble des scénarios. Il s'agit plutôt d'identifier ceux qui sont envisageables et intéressants au regard du contexte.

### I.2 Scénario de référence

Le scénario de référence est le suivant :

#### A. Ne rien faire

Ce scénario est caractérisé par le principe suivant : le propriétaire ne rénove pas le bâtiment mais souhaite tout de même continuer à l'utiliser. Ces deux postulats sont compatibles à la condition que certains produits et équipements soient remplacés au cours de la période de référence. Ainsi, on considère dans ce scénario uniquement les remplacements absolument nécessaires au bout d'un certain temps sans quoi le bâtiment n'est plus fonctionnel. La liste des éléments rentrant dans cette catégorie est la suivante :

- Fenêtres
- Portes palières
- Chauffe-eau
- Equipements sanitaires
- Lé d'étanchéité bitumineux
- Radiateurs électriques
- Equipement de production de chaleur gaz, fioul et bois

De plus, il est estimé que les produits et équipements sont poussés au maximum de leur durée de service.

Par ailleurs, il est considéré que l'on effectue un traitement filmogène sur le réseau de distribution de chauffage et d'ECS.

Même si le scénario A n'est pas parmi vos options, nous vous conseillons de le considérer comme référence.

### I.3 Scénarios de rénovation / réhabilitation

Les scénarios de rénovation et réhabilitation au choix sont décrits dans ce chapitre.

#### B. Rénovation par élément

Dans ce scénario le propriétaire effectue une rénovation par élément à  $t=0$  de la période de référence. Selon l'état du bâtiment existant cela peut concerner les menuiseries extérieures, l'étanchéité, l'ITE, etc. En tout état de cause, le principe décrit pour le scénario de référence est toujours valide: si la rénovation par élément ne prévoit pas le remplacement des éléments absolument fonctionnels alors il est programmé au cours de la période de référence en sachant que les produits et équipements sont poussés au maximum de leur durée de service. Par ailleurs, il est considéré que l'on effectue un traitement filmogène sur le réseau de distribution de chauffage et d'ECS.

#### C. Réhabilitation RT2005

Dans ce scénario le propriétaire effectue une rénovation globale conformément à la RT2005 à  $t=0$  de la période de référence. En outre, la rénovation globale inclut nécessairement le remplacement des éléments absolument fonctionnels. Aussi, si la rénovation du réseau de distribution de chauffage et ECS n'est pas prévue dans la rénovation globale alors un traitement filmogène est réalisé (non modélisé à date).

Au cours de la période de référence, les éléments arrivant à la fin de leur durée de service sont remplacés.

#### D. Réhabilitation objectif facteur 4 avec matériaux conventionnels

Dans ce scénario le propriétaire effectue une rénovation globale avec pour objectif de performance le facteur 4, c'est-à-dire la division par 4 des consommations de chauffage en énergie primaire. Il choisit des matériaux conventionnels et plutôt bon marché dans la mesure de la garantie des performances visés.

Au cours de la période de référence, les éléments arrivant à la fin de leur durée de service sont remplacés.

#### E. Réhabilitation objectif facteur 4 avec matériaux biosourcés

Dans ce scénario le propriétaire effectue une rénovation globale avec pour objectif de performance le facteur 4, c'est-à-dire la division par 4 des consommations de chauffage en énergie primaire. Lorsque cela est possible, il choisit des matériaux biosourcés, notamment pour les huisseries, les isolants et le revêtement extérieur.

Au cours de la période de référence, les éléments arrivant à la fin de leur durée de service sont remplacés.

#### F. Réhabilitation objectif passif avec matériaux conventionnels

Dans ce scénario le propriétaire effectue une rénovation globale avec pour objectif de performance le passif. Il choisit des matériaux conventionnels et plutôt bon marché dans la mesure de la garantie des performances visés.

Au cours de la période de référence, les éléments arrivant à la fin de leur durée de service sont remplacés.

#### G. Réhabilitation objectif passif avec matériaux biosourcés

Dans ce scénario le propriétaire effectue une rénovation globale avec pour objectif de performance le passif. Lorsque cela est possible, il choisit des matériaux biosourcés, notamment pour les huisseries, les isolants et le revêtement extérieur.

Au cours de la période de référence, les éléments arrivant à la fin de leur durée de service sont remplacés.

## I.4 Scénarios de reconstruction

Les scénarios de démolition et reconstruction au choix sont décrits dans ce chapitre.

#### H. Construction béton RT2012 avec matériaux conventionnels

Dans ce scénario le propriétaire démolit le bâtiment existant et en reconstruit un nouveau avec pour objectif de performance ceux décrits dans la RT2012. Il choisit des matériaux conventionnels et plutôt bon marché dans la mesure de la garantie des performances visées. En particulier, le bâtiment est en structure béton.

Au cours de la période de référence, les éléments arrivant à la fin de leur durée de service sont remplacés.

#### I. Construction béton RT2012 avec matériaux biosourcés

Dans ce scénario le propriétaire démolit le bâtiment existant et en reconstruit un nouveau avec pour objectif de performance ceux décrits dans la RT2012. Le bâtiment est en structure béton et, lorsque cela est possible, le propriétaire choisit des matériaux biosourcés, notamment pour les huisseries, les isolants et le revêtement extérieur.

Au cours de la période de référence, les éléments arrivant à la fin de leur durée de service sont remplacés.

#### J. Construction bois RT2012 avec matériaux biosourcés

Dans ce scénario le propriétaire démolit le bâtiment existant et en reconstruit un nouveau avec pour objectif de performance ceux décrits dans la RT2012. Le bâtiment est en structure bois et, lorsque cela est possible, le propriétaire choisit des matériaux biosourcés, notamment pour les huisseries, les isolants et le revêtement extérieur.

Au cours de la période de référence, les éléments arrivant à la fin de leur durée de service sont remplacés.

#### K. Construction béton objectif passif avec matériaux conventionnels

Dans ce scénario le propriétaire démolit le bâtiment existant et en reconstruit un nouveau avec pour objectif de performance le passif. Il choisit des matériaux conventionnels et plutôt bon

marché dans la mesure de la garantie des performances visés. En particulier, le bâtiment est en structure béton.

Au cours de la période de référence, les éléments arrivant à la fin de leur durée de service sont remplacés.

#### L. Construction béton objectif passif avec matériaux biosourcés

Dans ce scénario le propriétaire démolit le bâtiment existant et en reconstruit un nouveau avec pour objectif de performance le passif. Le bâtiment est en structure béton et, lorsque cela est possible, il choisit des matériaux biosourcés, notamment pour les huisseries, les isolants et le revêtement extérieur.

Au cours de la période de référence, les éléments arrivant à la fin de leur durée de service sont remplacés.

#### M. Construction bois objectif passif avec matériaux biosourcés

Dans ce scénario le propriétaire démolit le bâtiment existant et en reconstruit un nouveau avec pour objectif de performance le passif. Le bâtiment est en structure bois et, lorsque cela est possible, il choisit des matériaux biosourcés, notamment pour les huisseries, les isolants et le revêtement extérieur.

Au cours de la période de référence, les éléments arrivant à la fin de leur durée de service sont remplacés.

### Période de test

Les testeurs sont invités à communiquer à l'équipe I3E la liste des scénarios étudiés par l'équipe projet.

## II Définition du périmètre

### II.1 Introduction

Afin que la comparaison soit valide il convient de vérifier l'équivalence fonctionnelle des scénarios et d'ajuster le contenu de chacun afin que le périmètre d'analyse soit identique pour tous. C'est l'objectif de ce chapitre.

### II.2 Equivalence fonctionnelle

Tous les scénarios doivent se situer au même endroit (même conditions climatiques) et proposer une densité d'habitation similaire. En pratique, la SHAB/habitant de chaque scénario doit être comprise entre 16 et 21m<sup>2</sup>. Si ces conditions ne sont pas remplies, la validité de la comparaison est mise en doute.

Par ailleurs, les scénarios peuvent être différents en termes de SHAB, nombre d'habitants, nombre d'étages, nombre et typologie de logements.

## II.3 Périmètre de l'étude

Les éléments pris en compte dans la présente analyse sont exclusivement les actions visant à :

- La réalisation d'espaces clos, couverts et accessibles
- L'isolation thermique
- L'apport de chauffage et d'ECS
- La ventilation

La base de la comparaison des scénarios est donc la fourniture d'espaces clos, couverts, isolés, ventilés et approvisionnés en énergie. Les actions de rénovation et de reconstruction allant au-delà de ces services rendus ne sont pas considérées dans l'étude.

## II.4 Lots inclus

Votre projet contient certainement des lots évidemment inclus car visant l'apport des quatre fonctions listées comme base de la comparaison dans le paragraphe précédent. Voici une liste d'éléments à inclure dans l'étude, pour exemple :

- En termes de matériaux et d'équipements :
  - ITE
  - Chauffage
  - ECS
  - Ventilation
  - Gros œuvre (pour les reconstructions)
- En termes de consommations à l'usage :
  - Chauffage
  - ECS
  - Ventilation

## II.5 Lots hors système

Votre projet contient certainement des lots visant clairement d'autres objectifs que ceux précités. Il convient de les écarter de l'analyse. Voici une liste d'éléments à exclure de l'étude, pour exemple :

- En termes de matériaux et d'équipements :
  - Aménagement immobilier et mobilier (sauf émetteur de chaleur)
  - Réseaux de (télé)communication (courants faibles)
  - Confort acoustique au-delà de l'isolation thermique

- Sous-sols : parking, caves, etc.
- Aménagement de l'espace extérieur : parking, espaces verts...
- En termes de consommations à l'usage :
  - Eclairage
  - Ascenseur
  - Usages spécifiques de l'électricité : froid, informatique, lavage, etc.
  - Cuisson
  - Courants faibles

## II.6 Lots soumis à interprétation

D'autre part, votre projet inclut certainement des lots liés aux services rendus mais allant un peu au-delà. Par exemple le mode d'accès aux étages (escaliers, ascenseur) ou la couverture extérieure (joue sur esthétique du bâtiment et intégration dans le paysage). A moins que ces lots soient clairement dissociables de la base de la comparaison qui nous intéresse, les processus liés à ces éléments doivent être pris en compte même si le service rendu pour l'habitant est distinct d'un scénario à l'autre. Il convient par contre de clairement les identifier.

## II.7 Exclusions des éléments identiques

Les éléments identiques d'un scénario à l'autre, même impliqué dans les quatre fonctionnalités base de la comparaison, sont exclus. C'est le cas de la consommation en eau à l'usage, par exemple.

### Période de test

Afin d'améliorer la définition du périmètre, les testeurs sont invités à communiquer à l'équipe I3E, pour chacun des scénarios:

- la localisation et la tranche de densité couverte ;
- la liste des lots inclus;
- la liste des lots hors système ;
- la liste des lots soumis à interprétation ;
- la liste des éléments identiques exclus.

# III Définition de la durée de service du bâtiment

## III.1 Introduction

Dans l'étude, deux durées sont utilisées et ne doivent pas être confondues :

- La durée de service, ou de vie, du bâtiment à définir par l'équipe projet pour chaque scénario ;
- La période de référence pour l'étude fixée dans la Méthode à 50 ans.

## III.2 Durée de service des bâtiments

Vous devez d'abord estimer, pour chaque scénario, la durée de service du bâtiment en prenant en compte les aspects suivant :

- La qualité de la structure et la durée de service maximale espérée en conséquence :
  - Elles peuvent être distinctes entre les réhabilitations et les reconstructions si vous jugez que la qualité de la structure est meilleure aujourd'hui qu'hier ;
  - Elles peuvent être distinctes entre les constructions bois et les constructions béton si vous jugez que la qualité de la structure est distincte selon ces deux modes constructifs.
- L'attractivité du quartier et évolution potentielle de l'occupation du terrain : idem pour chaque scénario.
- La qualité et la fréquence de l'entretien du bâtiment, sachant que les scénarios sont classés dans les catégories suivantes :
  - A minima : Remplacements à minima (scénario A)
  - Faible : Remplacements à minima et rénovation par élément tous les 50 ans en moyenne (scénario B)
  - Normale : Remplacements normaux et rénovation globale tous les 50 ans en moyenne (scénarios C à M)

### Exemple :

*Afin de déterminer les durées de vie, on établit les postulats suivants :*

*1. La durée de vie maximale pour les bâtiments, qu'ils peuvent atteindre lorsqu'ils sont bien entretenus, régulièrement rénovés, habités, etc., est de 150 ans pour les bâtiments construits entre 1945 et 1975 et de 200 ans pour les bâtiments construits de nos jours.*

*2. Les bâtiments entretenus à minima ou faiblement (scénarios A et B) durent 50 ans de moins que les bâtiments qui sont rénovés conformément aux normes RT ou avec des objectifs encore plus ambitieux.*

*Ainsi, les durées de vie sont les suivantes :*

*→ Bâtiment du scénario A : 100 ans ;*

*→ Bâtiment du scénario C : 150 ans ;*

### Période de test

Afin d'améliorer la définition de la durée de service, les testeurs sont invités à communiquer à l'équipe I3E:

- les postulats de base à l'estimation des durées de vie des bâtiments;
- les durées de vie de chaque bâtiment des différents scénarios.

---

# Spécifier les données

---

## I Données physiques

### I.1 Matériaux

Des données d'impacts génériques par m<sup>2</sup> SHAB sont proposées dans l'outil Excel pour chacun des scénarios. Elles correspondent aux impacts de la fabrication des matériaux de rénovation ou de reconstruction, et de remplacements pendant 50 ans. L'impact de la maintenance est négligé.

#### Période de test

Afin d'améliorer les données génériques, les testeurs sont invités à communiquer à l'équipe I3E, pour au moins un scénario:

- le bilan des matériaux et équipements mis en œuvre pendant le chantier de rénovation ou reconstruction;
- une estimation des remplacements à opérer sur les 50 prochaines années.

### I.2 Chantier

Des données d'impacts génériques par m<sup>2</sup> SHAB sont proposées dans l'outil Excel pour chaque type de chantier et pour chaque scénario. Elles correspondent aux impacts des chantiers : consommations d'énergie sur les chantiers, transport des matériaux depuis le fabricant jusqu'au chantier, évacuation et traitement des déchets.

#### Période de test

Afin d'améliorer les données génériques, les testeurs sont invités à communiquer à l'équipe I3E, pour au moins un scénario:

- les données de consommations de chantier (énergie et eau);
- le poids total des matériaux transportés sur le chantier ;
- le poids total des déchets évacués du chantier.

### I.3 Consommations à l'usage

Des données d'impacts génériques par m<sup>2</sup> SHAB et par kWh sont données dans l'outil Excel pour différents systèmes de chauffage. Les consommations du bâtiment en énergie finale après rénovation / reconstruction sont à spécifier par l'équipe projet pour chacun des scénarios. Elles

doivent tenir compte des rendements de production, de distribution et d'émission dans le bâtiment ainsi que des conditions climatiques de la localité.

## I.4 Désamiantage

Si les projets présentent des problématiques de désamiantage, l'équipe projet peut calculer les impacts à l'aide de l'outil Excel dédié. Des données d'impacts génériques pour le confinement, l'utilisation de déprimogènes, le transport des opérateurs et des déchets, et les opérations de retraits en elles-mêmes sont disponibles. Les surfaces confinées, la durée du chantier et les quantités de matériaux à retirer sont à spécifier par l'équipe projet pour chacun des scénarios.

# II Données économiques

## II.1 Année 0 et année 50

Des données de coûts génériques par m<sup>2</sup> SHAB sont proposées dans l'outil Excel pour chacun des scénarios. Ils correspondent aux coûts de la fabrication des matériaux de rénovation ou de reconstruction, de leur transport et de leur mise en œuvre.

Par ailleurs, un coût générique pour les chantiers de démolition, l'évacuation et le traitement des déchets de démolition, de construction et de rénovation est proposés.

### Période de test

Afin d'améliorer les données génériques, les testeurs sont invités à communiquer à l'équipe I3E, pour au moins un scénario:

- le coût de rénovation / construction incluant l'achat des matériaux, leur transport et mise en œuvre pendant le chantier de rénovation ou reconstruction.

## II.2 Vie en œuvre

Des données de coût générique pour le chauffage, l'ECS et la ventilation sont proposées dans l'outil Excel pour différentes énergies. Elles contiennent le coût de l'abonnement (si pertinent) et le tarif au kWh. L'équipe projet est encouragé à les spécifier au regard de son contexte.

Un coût générique pour les remplacements et pour la maintenance à opérer pendant 50 ans et aussi donné.

### Période de test

Afin d'améliorer les données génériques, les testeurs sont invités à communiquer à l'équipe I3E, pour au moins un scénario:

- une estimation des coûts de remplacement et des coûts de maintenance à opérer au cours des 50 prochaines années.

## II.3 Valeurs résiduelles

Les valeurs résiduelles de chaque bâtiment est à définir par l'équipe projet selon la méthode de son choix considérant :

- Le prix au m2 de la localité ;
- La différence de prix au m2 des logements de bâtiments neufs ou de bâtiments construits entre 1945 et 1975, si vous estimez qu'il y en a une;
- La différence de prix au m2 des logements de bâtiments incluant des matériaux bisourcés et ceux incluant des matériaux conventionnels, si vous estimez qu'il y en a une;
- L'état du bâtiment à la fin de la période de référence, avec, en outre, la nécessité de rénover ;
- La valeur verte, c'est-à-dire la valeur additionnelle du bâtiment liée à sa performance thermique (voir schéma ci-dessous) ;
- La présence d'amiante et la nécessité de désamianter en fin de vie.

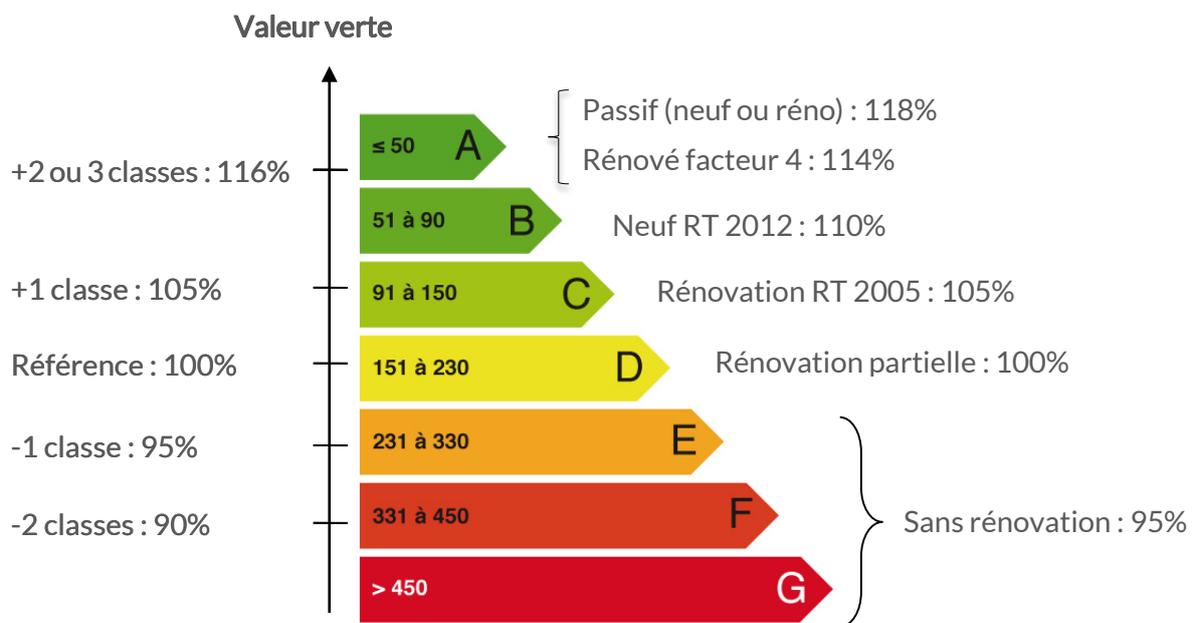


Figure 1: Sur ou sous-valorisation du prix au m2 au regard de la performance thermique du bâtiment

Par ailleurs les bâtiments démolis au terme de la période de référence ont une valeur résiduelle nulle.

### Exemple :

Afin de déterminer les valeurs résiduelles, on établit les postulats suivants (nb : ces bâtiments sont sans amiante) :

1. Au terme de la période de référence, le prix du marché est ajusté:

- les bâtiments existants en 2016 et rénovés sont estimés à 60% du prix du marché ;

- les bâtiments construits en 2016 sont estimés à 60% du prix du marché ;

2. Le prix au m<sup>2</sup> de chaque scénario est estimé à partir de la valeur ajustée et de la valeur verte.

3. Il n'y a pas de différence de prix entre un bâtiment incluant des matériaux biosourcés et un autre incluant des matériaux conventionnels.

Ainsi, les durées de vie sont les suivantes :

Prix du marché : 1000€/m<sup>2</sup>

→ Bâtiment du scénario B :  $1000 * 60% * 100% = 600€/m^2$

→ Bâtiment du scénario C :  $1000 * 60% * 105% = 630€/m^2$

→ Bâtiment du scénario H :  $1000 * 80% * 110% = 880€/m^2$

→ Bâtiment du scénario K :  $1000 * 80% * 118% = 944€/m^2$

→ Bâtiment du scénario M :  $1000 * 80% * 118% = 944€/m^2$

### Période de test

Afin d'améliorer la définition de la valeur résiduelle, les testeurs sont invités à communiquer à l'équipe I3E:

- les postulats de base à l'estimation de la valeur résiduelle des bâtiments et/ou la méthode de calcul;
- les valeurs résiduelles de chaque bâtiment des différents scénarios.

## II.4 Taux d'actualisation

Le taux réel d'actualisation est à définir par l'équipe projet en fonction du taux nominal d'actualisation et du taux d'inflation. Des valeurs par défaut sont proposées dans l'outil Excel. Ces taux sont identiques pour tous les scénarios.

### Période de test

Afin d'améliorer la définition du taux d'actualisation, les testeurs sont invités à communiquer à l'équipe I3E:

- les taux nominal d'actualisation et d'inflation et l'argumentaire en base de la sélection.

## II.5 Désamiantage

Si les projets présentent des problématiques de désamiantage, l'équipe projet peut calculer les coûts à l'aide de l'outil Excel dédié. Des données de coûts génériques pour le confinement,

l'utilisation de déprimogènes, le transport des opérateurs et des déchets, et les opérations de retraits en elles-mêmes sont disponibles. Les surfaces confinées, la durée du chantier et les quantités de matériaux à retirer sont à spécifier par l'équipe projet pour chacun des scénarios.

### **Période de test**

Afin d'améliorer les données génériques, les testeurs sont invités à communiquer à l'équipe I3E, pour au moins un scénario:

- la description détaillée et le coût de l'opération de désamiantage incluant le confinement, les déprimogènes, le transport des opérateurs et des déchets, et les opérations de retraits en elles-mêmes.

---

# Comparer les scénarios

---

## I Evaluation

### I.1 Utilisation des outils

L'équipe projet est invitée à comparer les scénarios à l'aide des trois outils Excel disponibles :

- Outil – Environnement & Energie
- Outil – Coût global
- Outil – Désamiantage

Seules les cases jaunes sont à renseigner. Les résultats sont consultables sous l'onglet « Comparaison ».

### I.2 Enoncés des premières conclusions

L'équipe projet énonce dans ces premières conclusions :

- Le ou les scénarios les plus favorables sur chaque indicateur ;
- Le ou les scénarios les moins favorables sur chaque indicateur et le contributeur le plus important.
- Le meilleur compromis au regard des cinq indicateurs d'intérêt.

## II Vérification par analyses de sensibilité

### II.1 Durées de vie des bâtiments

L'estimation des durées de vie repose sur des postulats énoncés par l'équipe projet, discutables par définition. Nous invitons l'équipe projet à modifier ces postulats et, en conséquence, les durées de vie des bâtiments dans l'étude environnementale et énergétique et à vérifier la véracité des premières conclusions suite à ce changement.

Dans l'étude économique, il est possible qu'une modification des durées de vie ait une conséquence sur la valeur résiduelle d'un ou de plusieurs bâtiments dans la mesure où les bâtiments démolis au terme de la période de référence ont une valeur résiduelle nulle. Si tel est le cas, l'équipe projet modifie les valeurs résiduelles des bâtiments dans l'étude en coût global et vérifie la véracité des premières conclusions suite à ce changement.

### II.2 Valeurs résiduelles

L'estimation des valeurs résiduelles repose sur des postulats énoncés par l'équipe projet, discutables par définition. Nous invitons l'équipe projet à modifier ces postulats et, en

conséquence, la valeur résiduelle des bâtiments dans l'étude en coût global, et à vérifier la véracité des premières conclusions suite à ce changement.

## II.3 Taux d'actualisation

L'estimation du taux d'actualisation repose sur un argumentaire énoncé par l'équipe projet, discutables par définition. Nous invitons l'équipe projet à modifier cet argumentaire et, en conséquence, le taux d'actualisation pris en compte dans l'étude en coût global, et à vérifier la véracité des premières conclusions suite à ce changement.

### Période de test

Afin d'améliorer la Méthode, les testeurs sont invités à communiquer à l'équipe I3E :

- les premières conclusions de l'étude ;
- la procédure de vérification menée ;
- les conclusions finales ;
- son retour sur l'utilisation des outils.

---

# Annexe

---

## I Conclusion des études de cas détaillées

Le premier constat est que l'on n'observe pas les mêmes tendances d'un cas d'étude à l'autre. Il n'est donc pas possible d'énoncer une règle générale sur les scénarios les plus bénéfiques ou les plus impactant. De même, on n'observe pas les mêmes tendances sur chacun des indicateurs sélectionnés. Chaque indicateur doit donc être étudié individuellement et c'est au décideur d'établir ses priorités afin de faire un choix.

Il apparait des analyses de sensibilité que les systèmes de chauffage et de production d'ECS, et en particulier l'impact au kWh de ces systèmes, jouent un rôle déterminant dans l'analyse environnementale et énergétique. La comparaison des scénarios à système de chauffage et de production d'ECS identique, conduit, pour chaque cas d'étude, au même résultat : la rénovation est plus bénéfique que la reconstruction. Une règle peut donc être énoncée sur ce constat. En outre, si un maître d'ouvrage envisage des systèmes de chauffage distincts dans ses différentes variantes, ce choix sera potentiellement déterminant.

Nous avons constaté que la considération du mix électrique du pic de consommation peut faire varier d'environ 50% au maximum les impacts sur le changement climatique et les émissions de particules fines des scénarios thermiquement peu performants comprenant un chauffage et une production d'ECS électrique. Selon l'écart entre les scénarios, cela n'est pas nécessairement déterminant. Dans le cas d'un chauffage et ECS électrique, il convient d'avoir cet ordre de grandeur en tête lors de la lecture des résultats.

Par ailleurs, on observe que les scénarios avec matériaux biosourcés, rénovation ou reconstruction, ont effectivement un impact sur le changement climatique moindre. Les scénarios les plus bénéfiques sur cet indicateur sont toujours à base de matériaux biosourcés (soit les rénovations, soit les reconstructions).

A propos de l'analyse en coût global, elle semble déterminée par l'estimation de la valeur résiduelle des bâtiments en fin de vie d'une part et les taux d'actualisation et d'inflation d'autre part. L'estimation de la valeur résiduelle est liée en particulier à la durée de vie globale du bâtiment – ou, autrement dit, qu'advient-il du bâtiment au-delà de PRéf? L'estimation de ce paramètre est donc clé. Les taux d'actualisation et d'inflation sont aussi cruciaux.

Le désamiantage peut avoir une influence sur les résultats, notamment sur les indicateurs eutrophisation marine, énergie non renouvelable et coût global. Afin de correctement le prendre en compte sur ce dernier indicateur, il convient de le refléter dans l'estimation de la valeur résiduelle, c'est-à-dire de différencier la valeur résiduelle d'un bâtiment diagnostiqué avec amiante encapsulé de celle d'un bâtiment désamianté.

Enfin, plusieurs aspects de l'étude se sont révélés peu influent sur les résultats et peu important pour l'énoncé des conclusions. On les liste ci-après :

- La dégradation des performances des fenêtres et systèmes de production de chaleur au cours de la durée de vie de l'ouvrage ;
- La différence de performance entre les fenêtres et les systèmes de production de chaleur actuels et ceux des années 70 et la date de remplacement de ces éléments ;
- Le scénario de fin de vie des déchets de chantier.