

RAPPORT DE RECHERCHE

MÉTHODE DE RÉNOVATION DU BÂTI ANCIEN EN RÉGION DE BRUXELLES-CAPITALE

THIBAUT GUYAUX

GEOFFREY VAN MOESEKE

UCLouvain – ARCHITECTURE ET CLIMAT

AOÛT 2022

DANS LE CADRE DU PROJET FEDER

BRUSSELS RETROFIT LIVING LABS

La Région et l'Europe investissent dans votre avenir ! • Het Gewest en Europa investeren in uw toekomst!



1 AVANT PROPOS

Ce rapport explore l'applicabilité au patrimoine bâti bruxellois d'une méthode de rénovation développée dans le projet de recherche P-Renewal.

Cette recherche antérieure (www.p-renewal.be), Rénovation énergétique du bâti wallon d'avant-guerre à valeur patrimoniale, menée par dr Sophie Trachte et mme Dorothée Stiernon, Architecture et Climat, en partenariat avec le CSTC, a été financée par le Service Public de Wallonie – Département de l'énergie et du Bâtiment durable, dans le cadre de l'Appel à projets "Énergie - AIE 2016". Elle a permis la création d'un outil méthodologique de rénovation énergétique et durable adapté au bâti wallon d'avant 1919, à caractère patrimonial. Plus d'infos sur www.p-renewal.be, et dans les publications suivantes:

Stiernon, Dorothée ; Trachte, Sophie. Quel avenir pour les logements d'avant-guerre à valeur patrimoniale en Wallonie ?. In: Lieux dits, , no.18, p. 15-20 (2020)
Http://hdl.handle.net/2078.1/230912 -- DOI : 10.14428/ld.vi18.55853

Stiernon, Dorothée ; Trachte, Sophie ; Dubois, Samuel ; Desarnaud, Julie ; et. al. A method for the retrofitting of pre-1914 Walloon dwellings with heritage value. CISBAT 2019 International Conference – Climate Resilient Cities – Energy Efficiency & Renewables in the Digital Era (Lausanne, Switzerland, du 04/09/2019 au 06/09/2019). In: Journal of Physics Conference Series, Vol. Volume 1343, no. Conférence 1, p. / (2019)

L'originalité du présent rapport tient en l'application de cette méthode à un cas d'étude typique du patrimoine de la Région Bruxelloise : la maison bourgeoise. En particulier, il s'agit de développer une stratégie d'intervention pour un des bâtiments impliqués dans le Living Lab « Rénovons Ensemble ».



TABLE DES MATIERES

1	AVANT PROPOS.....	3
2	INTRODUCTION.....	8
2.1	Enjeux de la rénovation énergétique des bâtiments	8
2.1.1	La stratégie bruxelloise de rénovation	8
2.1.2	Aider le public dans sa démarche	9
2.2	Des fiches et un « RénoLab » pour réfléchir sa rénovation	10
2.3	Principe de la fiche.....	14
3	AGIR SUR SES PAROIS : LA NÉCESSITÉ D'UNE MÉTHODE	18
3.1	Déployer une méthodologie.....	18
3.2	Préparer son intervention sur la toiture à versant ou plate.....	19
3.2.1	Réaliser le diagnostic de ma paroi	19
3.2.2	Évaluer le caractère prioritaire d'une intervention	21
3.2.3	Interactions des mesures	23
3.2.4	Sélectionner sa méthode d'intervention.....	26
3.3	La méthode appliquée au cas d'étude : Préparer son intervention sur la toiture à versant	28
3.3.1	Diagnostic	28
3.3.2	Évaluer le caractère prioritaire d'une intervention	29
3.3.3	Identification des interactions	30
3.3.4	Méthode d'intervention.....	31
3.4	Préparer son intervention sur les façades.....	33
3.4.1	Réaliser le diagnostic de ma paroi	33
3.4.2	Évaluer le caractère prioritaire d'une intervention	34
3.4.3	Interactions des mesures	35
3.4.4	Sélectionner sa méthode d'intervention.....	37
3.5	La méthode appliquée au cas d'étude : Préparer son intervention sur la façade.....	39
3.5.1	Diagnostic	39
3.5.2	Évaluer le caractère prioritaire d'une intervention	39
3.5.3	Identification des interactions	41
3.5.4	Méthode d'intervention.....	43
3.6	Préparer son intervention sur les dalles de sol.....	46
3.6.1	Réaliser le diagnostic de ma paroi	46
3.6.2	Évaluer le caractère prioritaire d'une intervention	46
3.6.3	Mesures en interactions.....	48
3.6.4	Sélectionner sa méthode d'intervention.....	50
3.7	La méthode appliquée au cas d'étude : Préparer son intervention sur les dalles de sol ...	52
3.7.1	Diagnostic	52
3.7.2	Évaluer le caractère prioritaire d'une intervention	52
3.7.3	Identification des interactions	53
3.7.4	Méthode d'intervention.....	54
3.7.5	Description de la solution	55
3.8	Préparer son intervention sur les châssis	57
3.8.1	Réaliser le diagnostic de ma paroi	57
3.8.2	Évaluer le caractère prioritaire d'une intervention	57
3.8.3	Mesures en interactions.....	59



3.8.4	Sélectionner sa méthode d'intervention.....	61
3.9	La méthode appliquée au cas d'étude : Préparer son intervention sur les châssis et fenêtres	63
3.9.1	Diagnostic	63
3.9.2	Évaluer le caractère prioritaire d'une intervention	63
3.9.3	Identification des interactions	64
3.9.4	Méthode d'intervention.....	65
3.9.5	Description de la solution	65
3.10	Conclusion de l'analyse	67
4	ÉVALUER L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL D'UNE INTERVENTION	69
4.1	L'analyse du cycle de vie.....	69
4.1.1	Définition	69
4.1.2	Normes et méthode d'évaluations.....	69
4.1.3	Phases du cycle de vie.....	70
4.1.4	Évaluer l'impact environnemental avec l'outil Totem	71
4.2	Application de la méthode au cas d'étude	76
4.2.1	Modéliser les cas d'études	76
4.3	Analyse des résultats.....	97
4.4	Évaluation de l'impact environnemental des solutions.....	101
5	EVALUER L'IMPACT DES INTERVENTIONS SUR LES QUALITÉS PATRIMONIALES DU BÂTIMENT.....	104
5.1	Evaluation de la valeur patrimoniale d'un bien	104
5.1.1	Onze intérêts	104
5.1.2	Quatre critères.....	107
5.2	Tableau récapitulatif	108
5.3	Application de la grille de lecture au cas d'étude	111
5.4	Analyse du bien	111
5.4.1	Description des spécificités de l'édifice	111
5.4.2	Tableau récapitulatif	115
5.4.3	Éléments à conserver	116
5.5	Évaluation de l'impact environnemental des solutions.....	117
6	EVALUER L'IMPACT DES INTERVENTIONS SUR LE POTENTIEL HABITABLE	119
6.1	Vers une réaffectation des types bâtis belges	119
6.2	La maison bourgeoise	119
6.2.1	Description générale	119
6.2.2	Recommandations générales.....	120
6.2.3	Scénarios de modification de la surface habitable	120
6.2.4	Scénarios de modification de l'affectation	121
6.3	La maison ouvrière	124
6.3.1	Description générale	124
6.3.2	Recommandations générales.....	124
6.3.3	Scénarios de modification de la surface habitable.....	125
6.3.4	Scénarios de modification de l'affectation	125
6.3.5	Scénario visant à l'apport de nouvelles fonctions	126



6.4	Synthèses des recommandations.....	126
6.4.2	Application des recommandations au cas d'étude.	127
6.5	Évaluation de l'impact des solutions sur l'habitabilité	131
7	CONCLUSION	133



2 INTRODUCTION

2.1 Enjeux de la rénovation énergétique des bâtiments

D'ici 2030, la Belgique s'est engagée à réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 35%. Pour se rendre compte de l'enjeu que cela représente au niveau du secteur de la construction, plusieurs chiffres peuvent être établis :

- 74% de la consommation énergétique de la région est due au secteur résidentiel et les bureaux.
- 85% des 573276 logements bruxellois datent d'avant 1960
- 30% des bâtiments bruxellois ne sont pas du tout isolés

Derrière ces 3 chiffres s'esquisse la hauteur du défi, mais surtout le potentiel offert dans cette situation à la rénovation énergétique des bâtiments.

2.1.1 La stratégie bruxelloise de rénovation

Pour se faire et encouragée par une directive européenne, la région a dû se doter d'une stratégie de rénovation. C'est-à-dire un objectif commun fixe à la région afin d'atteindre la réduction des consommations espérée. Ce cap a été fixé à une consommation de 100kWh/m²/an en énergie primaire de moyenne pour l'ensemble du parc bâti de la région. Pour ceux qui sont déjà familiarisés avec la PEB, cela représente une performance C+ moyenne. Lorsqu'on observe la performance moyenne actuelle, elle est plutôt au niveau D, soit 210 kWh/m²/an.

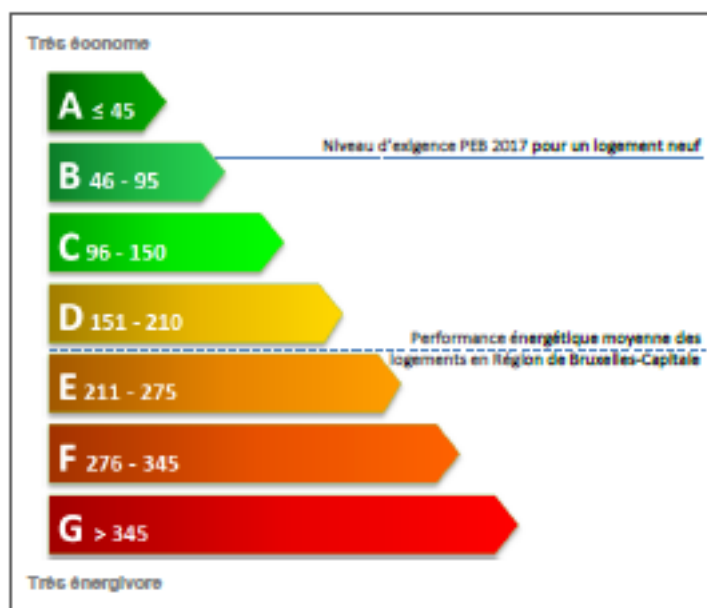


Figure 1 - Échelle PEB de la région bruxelloise **source** : Bruxelles environnement

Fixé un cap est une chose, mais pour l'atteindre des moyens doivent être déployés. C'est ainsi que plusieurs mesures clefs ont été décidées par la région :

a. L'établissement obligatoire du certificat PEB

Le certificat PEB est un document administratif qui atteste la performance énergétique d'un bâtiment. Plus concrètement, il décrit l'ensemble des caractéristiques d'un bien et sur cette base

propose une note représentant la consommation en énergie primaire annuelle du bâtiment sur une échelle allant de A++ (très économe) à G (très énergivore).

Pour le réaliser, un auditeur agréé par la région vient relever ces caractéristiques qui sont des plusieurs ordres :

- Superficie et degré d'isolation des parois
- Type de chauffage et énergie utilisée
- Présence de source d'énergie renouvelable (panneaux solaires ...)

Son obtention est d'ores et déjà obligatoire pour toute une série d'actions nécessitant son établissement :

- Lorsqu'un bien est rénové, les travaux doivent respecter les exigences actuelles en termes de système et d'isolation. Ce respect est alors attesté par un conseiller PEB
- Lorsqu'un bien est mis en vente ou à la location, celui-ci doit bénéficier d'un certificat PEB, alors établi par un certificateur agréé de la région.

D'ici 2025, la région prévoit de rendre obligatoire ce document pour tous les logements, première étape nécessaire.

b. La feuille de route

Si la PEB est une démarche déjà présente en région Bruxelloise depuis plus de 10 ans, une nouveauté va cependant s'adjoindre : la feuille de route. Il s'agit d'une liste des mesures prioritaires (mais non obligatoires) qui devront être prises afin de permettre au bâtiment d'améliorer sa performance énergétique et d'atteindre, à terme, le plus haut niveau de performance atteignable.

Cette performance atteignable sera définie en fonction du type de bâtiment. En effet, il est important de prendre en compte la situation particulière de chaque bâtisse puisque toutes ne pourront pas atteindre le niveau maximal des exigences pour diverses raisons (préservation des spécificités patrimoniales, éviter de réduire de trop l'espace habitable, disposition constructive compliquée...)

Sur base de cette liste, un planning sera ensuite établi, obligeant les propriétaires à effectuer une des interventions préconisées au minimum tous les 5 ans. Ce rythme permettra à terme d'atteindre en 2050 l'objectif de consommation fixé par la région.

Objectif	Travaux
2025	Réalisation du certificat PEB de l'habitation
2030	Échéance pour une des 5 mesures obligatoires au choix
2035	Échéance pour la deuxième des 5 mesures obligatoires au choix
2040	Échéance pour la troisième des 5 mesures obligatoires au choix
2045	Échéance pour la quatrième des 5 mesures obligatoires au choix
2050	Échéance pour la cinquième des 5 mesures obligatoires

2.1.2 Aider le public dans sa démarche

Cet objectif ambitieux mobilise largement la population bruxelloise et à ce titre, toute une série d'aide doit être mise en place pour accompagner cette transition énergétique.

Ces aides vont prendre différentes formes :

▪ Aides financières et administratives

La région bruxelloise a débloqué une large enveloppe budgétaire pour ce projet, mais elle a aussi adapté sa législation pour proposer des incitants fiscaux. L'adoption d'incitants fiscaux adaptés doit viser à favoriser la réalisation des travaux nécessaires. Le régime de primes énergie et rénovation existant va être adapté afin d'augmenter le soutien apporté aux maîtres d'ouvrages pour la réalisation de leurs travaux. Cette adaptation comprendra une augmentation des montants pour les travaux liés aux recommandations du nouveau certificat PEB, une simplification des formalités et la création d'un point d'entrée unique pour les demandes de primes. Finalement le prêt vert sera également renforcé pour toucher un plus grand public et permettre des investissements plus conséquents.¹

▪ Une stimulation de l'innovation

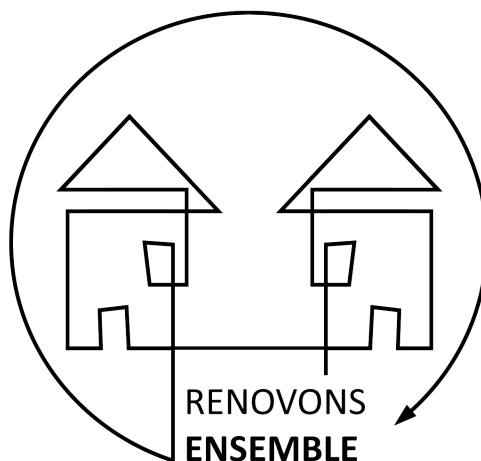
Pour convertir le secteur de la construction à la rénovation durable, rénovation qui repose sur les principes d'une économie circulaire, il est dans un premier temps nécessaire de soutenir et d'observer des projets concrets réalisés. Pour cela, un laboratoire de la rénovation durable du bâti bruxellois « RenoLab » sera mis en place.

De nombreuses mesures et partenariats nouveaux ou existants continueront à être développés pour intégrer au mieux l'économie circulaire et la transition énergétique dans la politique de rénovation.

Par ailleurs, les mesures de suivi et de publicité des innovations technologiques en matière d'écoconstruction et d'efficacité énergétique développées par la Région seront renforcées.²

2.2 Des fiches et un « RénoLab » pour réfléchir sa rénovation

C'est dans ce cadre que naît ce document. Issu d'un des RénoLab de la région Bruxelloise, ce document est le fruit d'un suivi et d'un support faits au projet *Rénovons Ensemble*.



Mis en place par la maison de quartier Bonnevie à Molenbeek, le projet s'attaque à deux défis très actuels :

- Réaliser une prise en charge de rénovations collectives et,

¹ <https://environnement.brussels/news/presentation-de-la-strategie-renovation-aux-horizons-2030-2050-bruxelles>

² idem

- Auprès de propriétaires privés/locataires qui n'arrivent actuellement pas à rénover pour des raisons telles que l'accessibilité financière, les complications administratives et pratiques, la difficulté de trouver un entrepreneur, l'adjudication, le suivi, etc.

Au travers du second point, ce document trouve toute sa pertinence. La difficulté des propriétaires face à l'enjeu de la rénovation énergétique est d'abord évidemment financière et administrative, mais il faut aussi reconnaître que la rénovation énergétique est un sujet technique, difficile d'accès lorsqu'on y est extérieur.

Pour remédier à ce frein technique, ces fiches, basées sur les cas d'études observées par le RénoLab, proposent d'aborder la rénovation grâce à une méthode. Celles-ci sont aussi le fruit de l'expérience de la cellule de recherche Architecture et Climat³ de l'UCLouvain, active autour des questions de rénovation, confort et durabilité dans le bâtiment.

Sur cette base, forte de plusieurs travaux de recherche et du soutien apporté au RénoLab, ces fiches ont été écrites afin de condenser une approche méthodique de la rénovation.

Cette fiche face au défi que représente la rénovation se base tout d'abord sur une certaine philosophie, qui caractérisera leur approche :

a. Proposer des solutions soucieuses du bâti ancien

Au travers de ce RénoLab, une première constatation peut être faite, la plupart des bâtiments bruxellois sont vieux. Cela s'observe particulièrement dans les cas d'études abordés ou tous datent d'avant 1900. Cela s'explique par le grand boom démographique qu'a connu Bruxelles lors du XIXe siècle qui a vu se construire la plupart des quartiers.

3 <https://uclouvain.be/fr/facultes/loci/archi-cli>

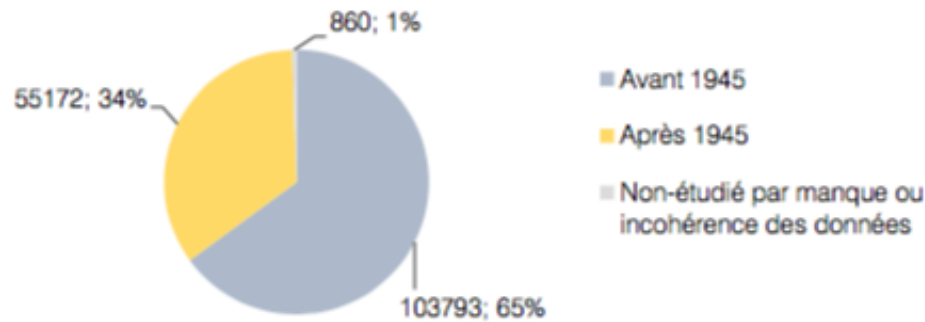


Figure 1. Répartition des bâtiments résidentiels étudiés dans le parc résidentiel bruxellois (en nombre; en %).

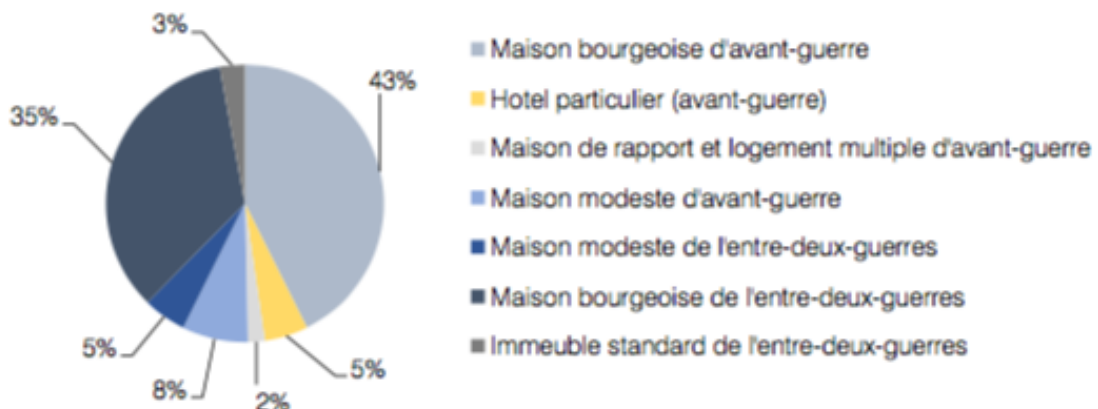


Figure 2. Répartition des bâtiments résidentiels, par type (en pourcents du parc de bâtiments résidentiels bruxellois d'avant 1945)

Figure 2 **Source** : B3RetroTool

Le bâti d'avant 1945 représente plus de 65% du stock résidentiel existant. Faiblement rénové, il constitue un enjeu majeur dans la politique énergétique bruxelloise. Cependant, la rénovation de ce stock est un défi d'autant plus grand qu'elle rencontre deux spécificités :

- **Les intérêts patrimoniaux du bâti ancien**

Bruxelles regorge de ressources patrimoniales. Celles-ci sont un gigantesque atout économique et culturel : appuyant le secteur touristique, rendant notre ville attrayante, entretenu par une multitude de corps de métier, le patrimoine contribue à dynamiser notre économie. Sa conservation ne doit cependant pas se limiter à cet objectif puisqu'il risquerait de restreindre son champ d'action. Dans son texte fondateur, la Charte de Venise de 1965 nous rappelait l'importance du patrimoine : « Chargées d'un message spirituel du passé, les œuvres monumentales des peuples demeurent dans la vie présente le témoignage vivant de leurs traditions séculaires. L'humanité, qui prend chaque jour conscience de l'unité des valeurs humaines, les considère comme un patrimoine commun, et, vis-à-vis des générations futures, se reconnaît solidairement responsable de leur sauvegarde. Elle se doit de les leur transmettre dans toute la richesse de leur authenticité ». Son premier article conférait la notion de monument historique tant aux grandes créations, mais aussi aux œuvres modestes qui ont acquis avec le

temps une signification commune. C'est cette signification commune que l'on cherche entre autres à maintenir lors de nos rénovations.

- **Le comportement hygrothermique particulier du bâti ancien**

Les techniques de construction anciennes se basent sur d'autres paradigmes que ceux actuels. Si aujourd'hui on tend à rendre nos bâtiments étanches à l'air et à l'eau, il en était différemment pour le bâti ancien. Les techniques de construction anciennes favorisaient les échanges d'eau au travers des parois et entre les ambiances intérieure et extérieure. La modification de cet équilibre ou le non-respect de ce comportement spécifique est susceptible d'engendrer des dégradations importantes du bâtiment.

Il ne s'agit pas ici de figer le patrimoine, ni de refuser l'utilisation de techniques contemporaines, mais d'entamer une réflexion sur la rénovation plus large qui soit apte à englober ces dimensions. Se profile alors une réflexion sur les techniques employées, sur des opportunités de valorisation, sur la façon d'habiter...

Ainsi, au travers de cette fiche, l'attention se portera sur ce bâti et surtout au travers de 2 types bâtis très présents sur le sol de la région, la maison bourgeoise et la maison ouvrière.

- b. Aborder la rénovation de manière globale et équilibrée*

Le processus de rénovation est souvent engagé en urgence d'abord pour des questions de salubrité ou pour des questions d'habitabilité (agrandissement, réaménagement intérieur, extension). Vient ensuite la question de la performance énergétique avec l'objectif premier de réduire la facture de chauffage. Complètement légitimes, ces actions entraînent un effet de focus oblitérant ou se mettant en confrontation avec d'autres aspects de la rénovation, qu'ils soient environnementaux ou patrimoniaux. On oublie alors de se poser les bonnes questions, et de mettre en évidence les interactions possibles entre les différentes mesures entreprises.

Élargir le champ de réflexion, c'est aussi questionner la manière dont nous évaluons une solution de rénovation. Quels critères devraient rentrer en ligne de compte ? Financier ? Énergétique ? Sanitaires ? Patrimonial ? Il est donc important de développer une réflexion multicritère pour aborder la rénovation sous différents angles de vue.

Le présent document vise à accompagner les maîtres d'ouvrages dans leur démarche et élargir leurs perspectives en les amenant à penser la rénovation comme un acte global. Il s'agit d'un processus qui doit s'envisager par étapes sur un temps plus long que celui uniquement dévolu aux travaux initiaux. La feuille de route offerte par la région bruxelloise constitue un outil qui va dans ce sens. Traitant de la rénovation dans un sens large, les présentes fiches tâcheront d'offrir un complément en se concentrant sur le bâti ancien.

- c. Aborder la rénovation énergétique de façon durable*

Si la rénovation énergétique peut être guidée par des impératifs de salubrité et de confort (meilleur comportement du bâtiment en hiver et été) et économiques (diminution de la facture, lors de la réalisation, lors de l'utilisation future du bâtiment), celle-ci doit aussi répondre aux enjeux du développement durable : utilisation raisonnée des matériaux, diminuer son énergie grise, gérer au mieux les ressources en eau, choisir des matériaux respectueux de l'environnement... Le risque est grand de mettre en œuvre des solutions à première vue intéressantes sous l'aspect énergétique ou financier, mais qui s'avérerait moins encline à prendre en compte cette dimension durable. Ainsi, les opportunités de rénovations présentées dans les fiches seront toujours jugées sur leurs qualités à intégrer cette composante, orientant les choix

vers des techniques réversibles, mettant en œuvre des matériaux isolants respectueux de l'environnement, du confort et de la santé l'occupant.

d. Se baser sur un processus de réflexion multicritère

Il n'existe évidemment pas de solutions toutes faites pour la rénovation du bâti ancien. En réalité, chaque cas est unique et distinct des autres. Cependant un processus réflexif commun peut être établi en appuyant une série de questionnements et en répondant à 5 attentions :

- Assurer la pérennité du bâti ;
- Maintenir le confort et la qualité de vie des habitants ;
- Rendre le logement énergétiquement performant ;
- Assurer la transition du logement en utilisant davantage d'énergie renouvelable et ainsi réduire ses émissions de gaz à effet de serre ;
- Effectuer des choix de techniques et matériaux respectueux de l'environnement et s'intégrant dans une économie circulaire ;
- Respecter la valeur architecturale ou paysagère du bâti.

À partir de ce raisonnement sur la rénovation, nous tâcherons d'aiguiller une réflexion par étape et formuler tout au long du parcours une série de recommandations pratiques et questionnement.

e. Illustrer

Sur base d'un des cas d'études du RenoLab, typique de notre région, les différents points de la méthodologie seront appliqués et discuter pour illustrer comment cette approche peut bénéficier au développement de notre stratégie de rénovation énergétique.

2.3 Principe de la fiche

a. Réaliser le diagnostic du bâtiment et identifier les interventions adaptées à chaque paroi

Une fois que l'on a à l'esprit, l'ensemble des critères plus généraux à intégrer dans son cahier des charges et à préserver, il faut réfléchir sur l'ensemble des mesures à mettre en place lors de sa rénovation. Celle-ci est le deuxième versant qui permettra de réfléchir à sa rénovation.

Le choix doit se baser à la fois sur le diagnostic effectué au préalable, mais aussi sur les potentialités que l'on souhaite développer dans son bâtiment.

▪ **Effectuer le diagnostic de la paroi**

Avant d'intervenir sur le bâti ancien en vue d'améliorer sa performance énergétique et son niveau de confort, il est indispensable de réaliser un diagnostic préalable qui permettra d'identifier, paroi par paroi, l'état de conservation des éléments et les pathologies éventuelles, mais également les travaux urgents d'entretien ou de réfection qui doivent être engagés avant toute opération de rénovation énergétique.

▪ **Identifier les interventions initiales**

3 types de mesures peuvent être appliquées à un bâtiment. On retrouve ainsi :

- Des mesures à appliquer sur l'enveloppe
- Des mesures à appliquer sur les techniques du bâtiment
- Des mesures à appliquer à l'habitabilité du bâtiment

Ces fiches se concentrent sur les interventions de l'enveloppe, cependant, il est important de ne pas isoler ce sujet et de toujours voir une rénovation dans sa globalité et permettre de sélectionner ces mesures conjointement.

Pour ce faire, les fiches utilisent différents arbres de choix qui, en fonction des réponses apportées, proposent un choix de technique : isolation par l'intérieur complète, isolation par l'intérieur partielle ou isolation par l'extérieur.

Pour chacun de ces choix, il existe plusieurs possibilités de mise en œuvre et de matériaux d'isolation. Sans pouvoir être exhaustive, la présente fiche présentera certaines solutions.

■ Identifier les interventions liées – interactions des mesures entre elles

Une fois qu'un panel initial de mesures est établi, il faut observer/identifier les interactions possibles entre les différentes interventions. Pour ce faire un outil réflexif permettant d'aborder le sujet est proposé. Sur base de 4 types d'interactions, et en fonction du type de parois, différentes réflexions sont proposées. Il ne s'agit pas ici d'être exhaustif ni trop explicatif, mais simplement d'esquisser un chemin possible. Ces schémas sont décrits précisément dans chaque fiche parois.

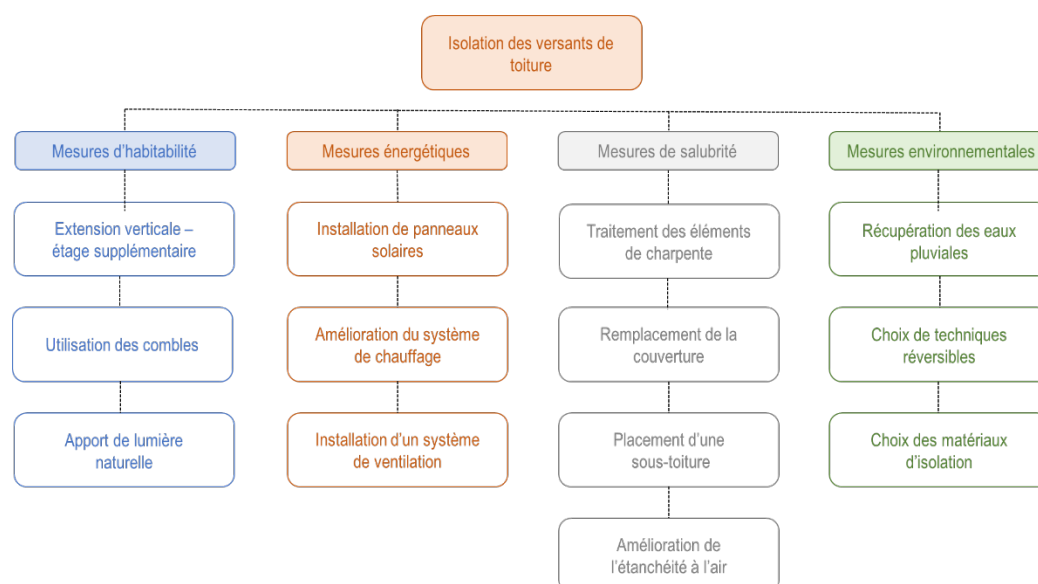


Figure 3 Mesures en interactions avec l'isolation des versants de toiture © P-renewal, Architecture et Climat

■ Hiérarchiser mes interventions

Lors d'une rénovation, la limitation générale des moyens financiers oblige à hiérarchiser les interventions et à déterminer les plus urgentes. En s'appuyant sur les informations récoltées lors des analyses préalables, le croisement de deux indicateurs, la performance énergétique de la paroi et sa vétusté, peut aider à déterminer le caractère prioritaire, nécessaire ou envisageable d'une intervention.

b. Réaliser une évaluation multicritère de sa solution de rénovation

Enfin, afin d'évaluer sa solution de rénovation, une approche multicritère doit être établie. Si certains sont relativement évidents, tels que l'évaluation financière et énergétique, d'autres critères peuvent venir se greffer sur notre réflexion et l'étoffer.

Ainsi, 4 critères seront discutés :

- **Le critère de l'impact environnemental**

Si la réduction de nos consommations énergétiques passe par une isolation efficace de nos bâtiments, il ne faut pas oublier que dès lors ils mettent en œuvre de matériaux beaucoup plus énergivore à leur fabrication, mais qui aussi bénéficient d'une durée de vie limitée. Pour éviter un report des consommations (à l'usine ou au démontage), l'impact d'une solution de rénovation doit être établi sur l'entièreté du cycle de vie du bâtiment.

- **Le critère patrimonial**

Ce critère vise à observer le bénéfice ou l'impact, provoqué par la mise en place d'une solution de rénovation sur les différents aspects patrimoniaux (alors préalablement étudié) d'une solution.

- **Le critère d'habitabilité**

Ce critère vise à observer le bénéfice ou l'impact, provoqué par la mise en place d'une solution de rénovation sur les différents aspects d'habitabilité (alors préalablement étudié) d'une solution.

- **Le critère de réversibilité**

La mise en place de technique réversible est un réel enjeu pour assurer la durabilité de notre rénovation. Veiller à la réversibilité des assemblages c'est à la fois pérenniser un investissement conséquent en veillant à ce qu'un défaut d'isolation, un matériau usé puisse être facilement remplacé sans devoir mettre à la benne toute notre paroi, mais aussi veillé par là même à réduire l'emprunte environnemental dû notre utilisation de matériau. Un matériau démontable c'est un matériau valorisable et qui poursuit son existence sur d'autres bâtiments une fois démonté.

	Spécificité patrimoniales	Impact environnemental	Habitabilité	Réversibilité
	La valeur patrimoniale existante est perdue		L'habitabilité du bien est altérée	Assemblage non réversible
	La valeur patrimoniale existante est altérée		L'habitabilité du bien est légèrement altérée	Assemblage Réversible avec dégats non réparables
	La valeur patrimoniale existante est conservée		L'habitabilité du bien est conservée	Assemblage réversible avec dégats réparables
	La valeur patrimoniale existante est améliorée		Habitabilité du bien est améliorée	Assemblage réverssible sans dégat

Figure 4 - Tableau indiquant les différents critères d'évaluation des solutions

3 AGIR SUR SES PAROIS : LA NÉCESSITÉ D'UNE MÉTHODE

Avant d'intervenir sur un bâtiment en vue d'améliorer sa performance énergétique et son niveau de confort, il est indispensable de réaliser un diagnostic spécifique qui abordera de manière globale et large d'une part, l'état actuel du bâtiment et d'autre part, l'ensemble des améliorations envisageables. Trois premières questions doivent en priorité être posées, car elles influenceront grandement les possibilités de mise en œuvre des mesures et des stratégies de rénovation énergétique :

- Quel financement est disponible ?
- Le logement est-il habité et doit-il rester habité durant les travaux ?
- Des travaux urgents d'entretien ou de réfection doivent-ils être engagés ?

En fonction des réponses à ces trois questions, la rénovation énergétique du bâtiment pourra être réalisée, soit de manière globale en une fois, soit par étapes.

Cette notion d'étape est primordiale puisque c'est elle qui nous oblige à opérer une hiérarchisation dans nos opérations. Dès lors, par où commencer ? Quelles parois doivent être prioritaires ? Ensuite quelle opération dois-je réaliser ?

Ensuite, la limitation du budget oblige à agir efficacement. Cette efficacité dans la rénovation, il faut aussi aller la chercher dans les possibles interactions qu'entretient la paroi avec d'autres systèmes du bâtiment. Toucher à la toiture, c'est par exemple aussi questionner la corniche. Il s'agit ici de sortir de l'urgence de la rénovation pour regarder plus largement sur les conséquences de sa rénovation et identifier les valorisations possibles.

3.1 Déployer une méthodologie

Ainsi, pour répondre à ces questions, cette fiche se structure autour de ces différentes parois en proposant une méthodologie en 4 points :

1. Réaliser un diagnostic à l'échelle de la paroi en relevant l'ensemble des dégradations, vieillissement pathologie présente ;
2. Croiser la performance énergétique de la paroi et sa vétusté pour définir l'urgence d'une intervention sur celle-ci ;
3. Identifier les possibles mesures qui entrent en interactions avec la rénovation de la paroi
4. Suivre un arbre décisionnel qui sur base des données collectées permet d'orienter l'utilisateur vers la solution de rénovation la plus adaptée à sa paroi.

Cette méthodologie est ici détaillée pour chaque paroi et sera ensuite appliquée en annexe aux 3 cas d'études fournis par le projet « Rénovons Ensemble ». Cette analyse agira comme préalable à l'évaluation multicritère des bâtiments.



3.2 Préparer son intervention sur la toiture à versant ou plate

3.2.1 Réaliser le diagnostic de ma paroi

Avant d'agir sur une paroi, un diagnostic précis de celle-ci doit être effectué. Il permettra à terme de se positionner sur les différentes mesures à prendre mais surtout d'adapter l'exécution de sa rénovation pour pallier aux possibles pathologies.

Le tableau suivant permet de reprendre ces points d'attentions appliqués aux toitures.

Diagnostic de ma toiture à versant	
Charpente	
Les éléments de la charpente sont-ils planés ?	oui - non - je ne sais pas
La capacité portante de la charpente est-elle suffisante ? Est-elle apte à reprendre la surcharge liée aux travaux de rénovation ?	oui - non - je ne sais pas
Le bois présente-t-il des marques de pourrissement ?	oui - non - je ne sais pas
Le bois contient-il des insectes xylophages ?	oui - non - je ne sais pas
Les pièces de charpente exposées aux intempéries sont-elles en bon état ?	oui - non - je ne sais pas
Si des dégradations sont observables aux 3 dernières questions, décrivez-les :	
Est-ce que des éléments de charpente seront rendus inaccessibles par la rénovation ?	oui - non - je ne sais pas
Si oui lesquelles ?	
Voligeage et couverture	
La couverture et ses fixations sont-elles en bon état ?	oui - non - je ne sais pas
Le voligeage est-il en bon état ?	oui - non - je ne sais pas
Si l'état ne vous semble pas satisfaisant, décrivez les défauts observés	
Sous-toiture	
Y a-t-il une sous-toiture ?	oui - non - je ne sais pas
Si oui, est-elle en bon état ?	oui - non - je ne sais pas
Présente-t-elle des infiltrations d'eau ?	oui - non - je ne sais pas
Système d'égouttage des eaux de pluie	
Le système d'égouttage est-il en bon état ? (Gouttière...)	oui - non - je ne sais pas
Si l'état ne vous semble pas satisfaisant, décrivez les défauts observés	
Couche isolante	
La toiture présente-t-elle une couche isolante ?	oui - non - je ne sais pas
Si oui, est-elle en bon état ?	oui - non - je ne sais pas
Si oui, présente-t-elle une épaisseur suffisante ?	oui - non - je ne sais pas
Si l'état ne vous semble pas satisfaisant, décrivez les défauts observés	

Finition intérieure	
Y a-t-il une finition intérieure ?	oui - non - je ne sais pas
Si oui, quel est son état ?	oui - non - je ne sais pas
L'occupant souhaite-t-il la conserver ?	oui - non - je ne sais pas
Si l'état ne vous semble pas satisfaisant, décrivez les défauts observés	
Vérification de l'habitabilité des combles	
Comment accède-t-on à l'espace de comble ?	oui - non - je ne sais pas
Quelle est la hauteur disponible ?	oui - non - je ne sais pas
La structure du plancher est-elle apte à reprendre la surcharge liée au nouvel espace de vie : chambre, bureau, salle de bains...	oui - non - je ne sais pas

Diagnostic de ma toiture plate	
Généralité	
La toiture présente-t-elle des signes d'infiltration d'eau ?	oui - non - je ne sais pas
Les solins et acrotères sont-ils en bon état ?	oui - non - je ne sais pas
La pente d'écoulement est-elle suffisante ?	oui - non - je ne sais pas
Si l'état ne vous semble pas satisfaisant, décrivez les défauts observés	
Charpente	
Les éléments de la charpente sont-ils planés ?	oui - non - je ne sais pas
La capacité portante de la charpente est-elle suffisante ? Est-elle apte à reprendre la surcharge liée aux travaux de rénovation ?	oui - non - je ne sais pas
Le bois présente-t-il des marques de pourrissement ?	oui - non - je ne sais pas
Le bois contient-il des insectes xylophages ?	oui - non - je ne sais pas
Les pièces de charpente exposées aux intempéries sont-elles en bon état ?	oui - non - je ne sais pas
Si des dégradations sont observables aux 3 dernières questions, décrivez-les :	
Est-ce que des éléments de charpente seront rendus inaccessibles par la rénovation ?	oui - non - je ne sais pas
Si oui lesquelles ?	
Voligeage et couverture	
La couverture et ses fixations sont-elles en bon état ?	oui - non - je ne sais pas
Le voligeage est-il en bon état ?	oui - non - je ne sais pas
Si l'état ne vous semble pas satisfaisant, décrivez les défauts observés	

Système d'égouttage des eaux de pluie	
Le système d'égouttage est-il en bon état ? (Gouttière...)	oui - non - je ne sais pas
Si l'état ne vous semble pas satisfaisant, décrivez les défauts observés	
Couche isolante	
La toiture présente-t-elle une couche isolante ?	oui - non - je ne sais pas
Si oui, est-elle en bon état ?	oui - non - je ne sais pas
Si oui, présente-t-elle une épaisseur suffisante ?	oui - non - je ne sais pas
Si l'état ne vous semble pas satisfaisant, décrivez les défauts observés	
Finition intérieure	
Y a-t-il une finition intérieure ?	oui - non - je ne sais pas
Si oui, quel est son état ?	oui - non - je ne sais pas
L'occupant souhaite-t-il la conserver ?	oui - non - je ne sais pas
Si l'état ne vous semble pas satisfaisant, décrivez les défauts observés	

3.2.2 Évaluer le caractère prioritaire d'une intervention

Lors d'une rénovation, la limitation générale des moyens financiers oblige à hiérarchiser les interventions et à déterminer les plus urgentes. En s'appuyant sur les informations récoltées lors de l'analyse préalable, le croisement de deux indicateurs peut aider à déterminer le caractère prioritaire, nécessaire ou envisageable d'une intervention. Ceux indicateurs sont les suivants :

a. L'évaluation de la performance énergétique de la paroi

L'évaluation de la performance énergétique s'obtient en réalisant un audit PEB. Celui-ci est obligatoire lors d'une rénovation puisqu'il permet à la fois de valider le respect des critères fixé par la région, mais aussi il sert à informer les occupants d'un bâtiment de sa consommation théorique. S'il est utilisé majoritairement comme un outil de validation, il s'avère aussi pertinent pour disposer d'une vue plus générale du bâtiment et identifier les faiblesses au niveau des parois. De manière plus simplifiée, la grille présentée ci-dessous permet d'évaluer la performance énergétique d'une paroi sur base de l'existence d'un matériau isolant. Il est à noter qu'il s'agit d'une première estimation qui doit, par la suite, être validée soit par un expert, soit par l'évaluation de la paroi dans le logiciel PEB en introduisant les matériaux constituant la paroi.

Performance énergétique des parois du bâti	1. Très énergivore	2. énergivore	3. Moyen. énergivore	4. Peu énergivore
Toiture à versants	Couche isolante inexistante $U \geq 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	Couche isolante faible $1,5 \geq U \geq 1 \text{ W/m}^2\text{K}$	Couche isolante moyenne $1 \geq U \geq 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$	Couche isolante importante $U \leq 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$

Figure 5: Tableau permettant d'évaluer la performance énergétique des toitures - © P-renewal, Architecture et Climat

b. L'évaluation de l'état de vétusté de la paroi

L'évaluation de l'état de vétusté d'une paroi s'obtient en faisant appel à un entrepreneur, un architecte ou un expert dans le domaine. Il est à noter que l'audit PEB renseignera également l'état de conservation de chacune des parois de l'enveloppe et relèvera les pathologies éventuelles. De manière plus simplifiée, la grille présentée ci-dessous permet d'évaluer l'état d'une paroi sur base d'une vérification visuelle, sur site.

Vétusté et état des parois du bâti	1. Intervention prioritaire	2. Intervention nécessaire	3. Intervention envisageable	4. Intervention non prioritaire
Toiture à versants - bois	Charpente et couverture en mauvais état	Charpente en bon état, absence de sous-toiture et/ou couverture en mauvais état	Toiture avec sous-toiture présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	État neuf ou ayant fait l'objet de travaux de rénovation depuis moins de 5 ans

Figure 6 : Tableau permettant d'évaluer l'état de vétusté des toitures à versants- © P-renewal, Architecture et Climat

Vétusté et état des parois du bâti	1. Intervention prioritaire	2. Intervention nécessaire	3. Intervention envisageable	4. Intervention non prioritaire
Toiture plate	Charpente et étanchéité en mauvais état	Charpente en bon état mais étanchéités en mauvais état	Charpente et étanchéité présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	État neuf ou ayant fait l'objet de travaux de rénovation depuis moins de 5 ans

Figure 7 : Tableau permettant d'évaluer l'état de vétusté de la toiture plate - © P-renewal, Architecture et Climat

Ainsi, lorsqu'on croise les deux indicateurs précités, on obtient, pour la toiture à versant, le tableau suivant qui permet de déterminer le caractère prioritaire, nécessaire ou envisageable d'une mesure ou intervention.

TOITURE		Vétusté				
		1	2	3	4	
		Charpente en mauvais état et/ou absence de sous-toiture	Charpente en bon état mais absence de sous-toiture et/ou couverture en mauvais état	Toiture avec sous-toiture présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	État neuf ou ayant fait l'objet de travaux de rénovation depuis moins de 5 ans	
Performance	1	Couche isolante inexistante $U \geq 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	prioritaire	nécessaire	
	2	Couche isolante faible $1,5 \geq U \geq 1 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	prioritaire	nécessaire	
	3	Couche isolante moyenne $1 \geq U \geq 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	prioritaire	envisageable	non prioritaire
	4	Couche isolante importante $U \leq 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$			non prioritaire	non prioritaire

Figure 8 : Tableau croisé Performance énergétique et Vétusté – Toiture - ©Architecture et Climat

3.2.3 Interactions des mesures

Il s'agit ici d'identifier les autres mesures qui peuvent être traitées en même temps que la mesure d'amélioration énergétique envisagée, soit pour une question d'habitabilité, de vétusté, d'entretien ou de complémentarité dans l'amélioration du confort intérieur et de la performance énergétique.

Comme nous pouvons le voir dans la figure ci-dessous, la mesure envisagée est considérée ici comme le point d'entrée d'une démarche de rénovation énergétique et/ou sanitaire, car elle est envisagée comme une mesure à engager rapidement. Les autres cases non colorées représentent les éléments (bâti et équipements techniques) entrant directement en interaction technique, sanitaire et/ou économique avec la mesure de rénovation envisagée. Ces cases sont hiérarchisées : les premières cases ont une interaction plus forte avec l'action de rénovation que les cases suivantes.

Lorsque l'on souhaite travailler sur la toiture à versant, deux types de solutions peuvent émerger :

- Soit la réfection des versants de toitures
- Soit l'isolation du plancher des combles

Ainsi, les deux cas et interactions sont traités ici conjointement.

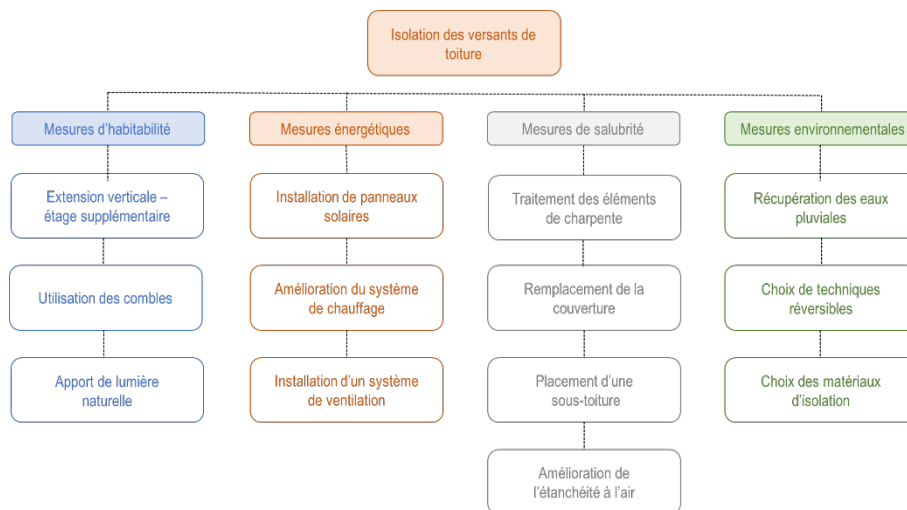


Figure 9 : -Mesures en interactions avec l'isolation des versants de toiture ©Architecture et Climat

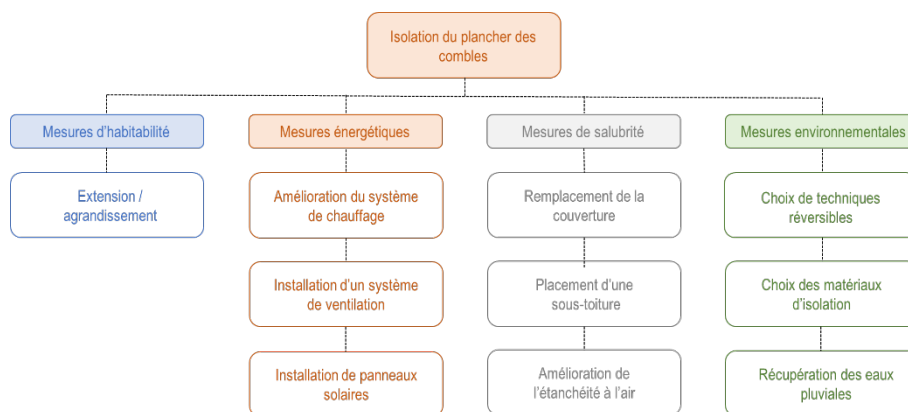


Figure 10 -Mesures en interactions avec l'isolation du plancher des combles ©Architecture et Climat

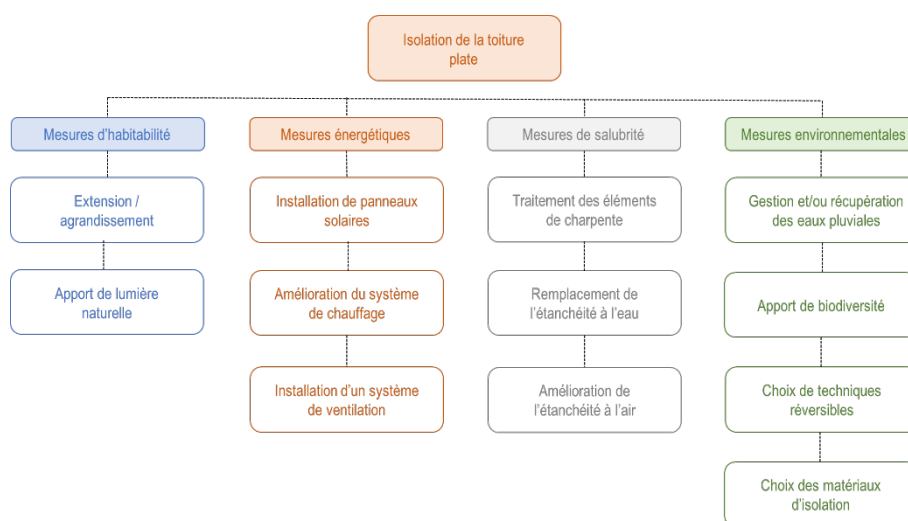


Figure 11 : -Mesures en interactions avec l'isolation de la toiture plate ©Architecture et Climat

a. Mesures d'habitabilité

Utilisation des combles	<i>Cette mesure sera à étudier en fonction de la hauteur disponible et de la présence d'ouverture apportant de la lumière</i>
Extension agrandissement	<i>Cette possibilité doit s'envisager en fonction des besoins d'habitabilité de l'occupant.</i>
Apport de lumière naturelle	<i>Cette possibilité doit s'envisager en fonction des besoins d'habitabilité de l'occupant.</i>

b. Mesures énergétiques

Amélioration du système de chauffage	<i>Avec l'isolation, on observe une diminution forte des déperditions énergétiques ce qui impacte l'équilibrage du réseau. C'est ainsi l'occasion d'étudier les actions possibles sur le système de chauffage existant.</i>
Installation d'un système de ventilation	<i>L'isolation implique une modification de l'étanchéité à l'air du bâti. Cela nécessite d'étudier le poste ventilation (qualité de l'air, risques de condensation, etc.).</i>
Installation de panneaux solaires	<i>En fonction de la dépose ou non de la couverture et de la pose d'une sous-toiture, la pose de panneaux solaires peut être envisagée.</i>

c. Mesures de salubrité

Traitement des éléments de charpente	<i>Le traitement sera à entreprendre si le diagnostic préalable a détecté des attaques de champignons ou d'insectes</i>
Remplacement de l'étanchéité à l'eau	<i>Si le diagnostic préalable a détecté des faiblesses ou un état défectueux, un remplacement de l'étanchéité à l'eau devra être envisagé.</i>
Remplacement de la couverture	<i>Si le diagnostic préalable détecte un mauvais état généralisé, un remplacement de la couverture doit être envisagé.</i>
Placement d'une sous toiture	<i>Lorsque celle-ci est absente, il est important alors de la mettre en œuvre.</i>
Amélioration de l'étanchéité à l'air	<i>Dans le cas de forte déperdition, l'étanchéité à l'air doit être revue</i>

d. Mesures environnementales

Gestion/Récupération des eaux pluviales	<i>En fonction de la dépose ou non de la couverture et de la réfection du système de récolte des eaux, il faudra étudier la gestion et récupération des eaux des pluies</i>
Apport de biodiversité	<i>Dans le cas où la structure du toit le permet, sa végétalisation peut être entreprise contribuant tant à la biodiversité qu'à gérer les eaux.</i>

Choix de techniques réversible

Le choix de technique réversible permettra de démonter facilement les éléments et de retrouver la situation d'origine.

Choix des matériaux d'isolation

Le choix de l'isolant a un impact important sur le bilan environnemental de la rénovation

3.2.4 Sélectionner sa méthode d'intervention

Le nombre de solutions adaptable à une même paroi est considérable. Cependant certaines décisions s'avéreront plus pertinentes. Pour guider cette réflexion, la méthode s'appuie sur des arbres de choix. Les arbres de choix, tels qu'ils sont proposés, présentent une série de questionnements permettant d'aboutir à un choix de mise en œuvre ou à une solution technique. En amont de ces arbres de choix, des questions plus subjectives, liées à la volonté du concepteur ou du maître d'ouvrage de conserver ou non les spécificités patrimoniales du bien en question, doivent être posées de manière à clarifier la ligne de conduite à suivre.

L'arbre de choix pour l'isolation des versants de toiture et l'arbre de choix pour l'isolation du plancher des combles sont présentés ci-dessous. Pour orienter son choix vers l'une ou l'autre solution, 2 questions sont à aborder :

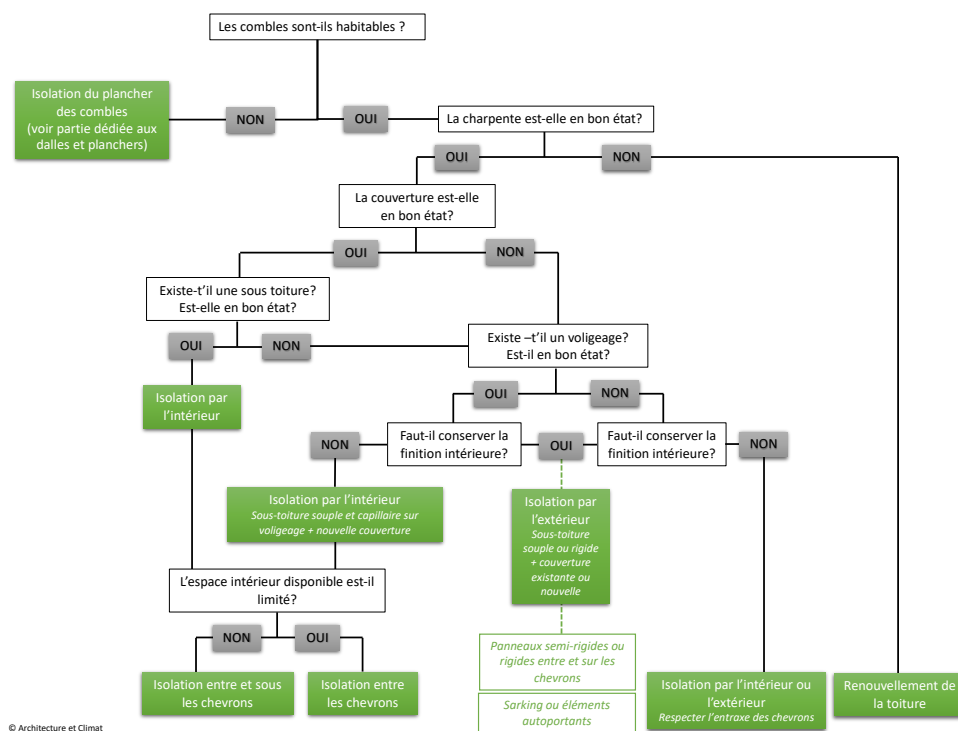


Figure 12 - Arbre de choix pour l'amélioration énergétique des versants de toiture ©Architecture et Climat

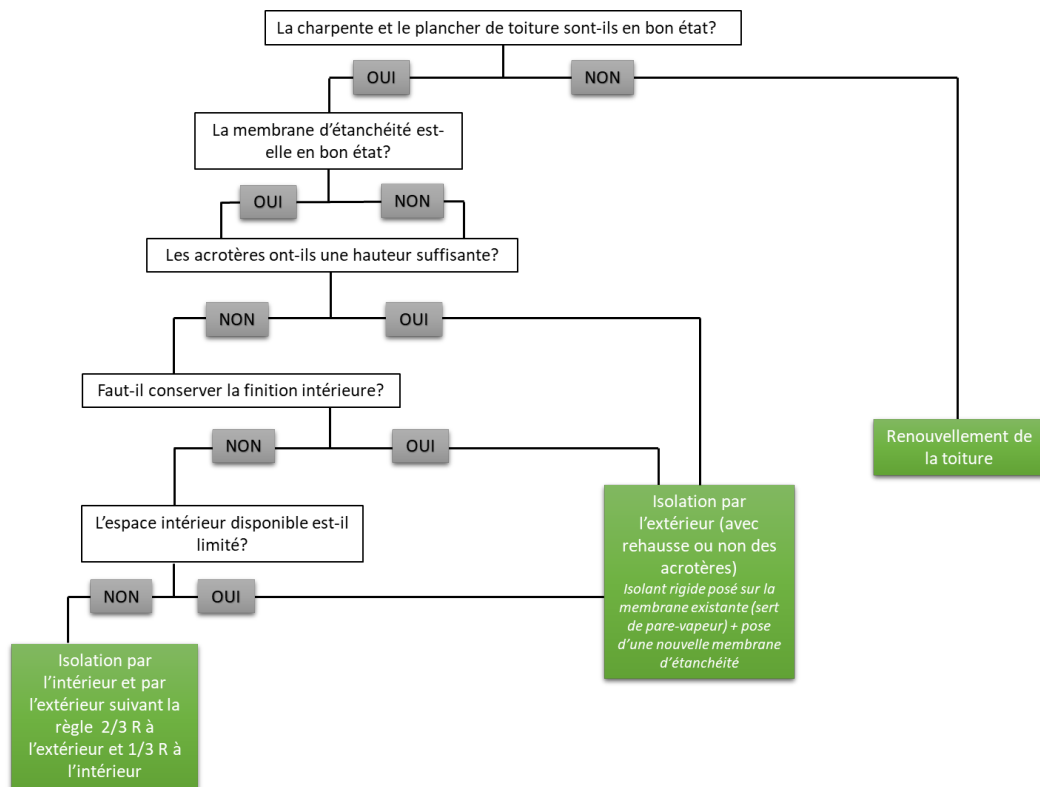


Figure 13 - Arbre de choix pour l'amélioration énergétique de toiture la toiture plate ©Architecture et Climat

3.3 La méthode appliquée au cas d'étude : Préparer son intervention sur la toiture à versant

3.3.1 Diagnostic

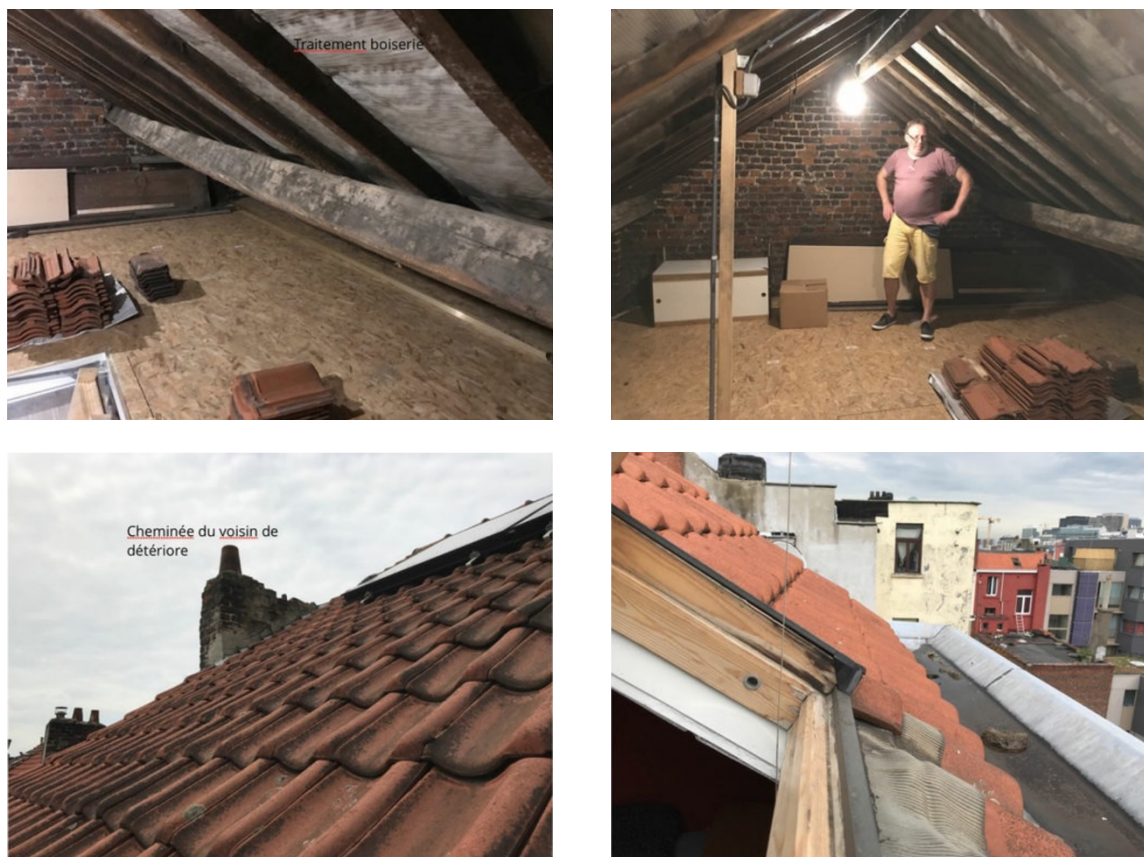


Figure 14- photos de la toiture ©rhizoom

▪ **Charpente**

L'état de la charpente semble correct, cependant des taches blanches sur certaines pièces de structures indiquent la présence d'humidité et nécessitent la mise en place d'un traitement préalable.

▪ **Sous toiture**

La sous-toiture semble en bon état, il n'y a pas de signe distinctif dénonçant la présence d'infiltration d'eau. L'état de la gouttière est correct.

▪ **Isolant**

Il y'a déjà une couche isolante faite à partir de laine de verre. Cependant, son épaisseur n'est pas connue. Nous ferons l'hypothèse d'une simple couche (10 cm).

▪ **Couverture et finition intérieure**

La couverture semble en bon état. Les panneaux solaires thermiques disposés sur la toiture sont aussi en bon état. Il n'y a pas de finition intérieure, la laine est laissée apparente.

▪ **Potentiel d'habitabilité**

L'étage des combles peut être aménagé pour accorder une pièce supplémentaire à la maison. Cependant cela sous-entend l'installation de fenêtres supplémentaires. Le plancher peut largement accepter la surcharge due à l'utilisation du lieu.

3.3.2 Évaluer le caractère prioritaire d'une intervention

TOITURE			Vétusté			
			1	2	3	4
			Charpente en mauvais état et/ou absence de sous-toiture	Charpente en bon état mais absence de sous-toiture et/ou couverture en mauvais état	Toiture avec sous-toiture présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	État neuf ou ayant fait l'objet de travaux de rénovation depuis moins de 5 ans
Performance	1	Couche isolante inexistante $U \geq 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	prioritaire	nécessaire	
	2	Couche isolante faible $1,5 \geq U \geq 1 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	prioritaire	nécessaire	
	3	Couche isolante moyenne $1 \geq U \geq 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	prioritaire	envisageable	non prioritaire
	4	Couche isolante importante $U \leq 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$			non prioritaire	non prioritaire

Sur base de la vétusté et de la performance énergétique, l'intervention sur les versants de toiture est jugée envisageable

a. Vétusté de la toiture

La charpente et la couverture sont en relativement bon état. Cependant certains points sont à noter :

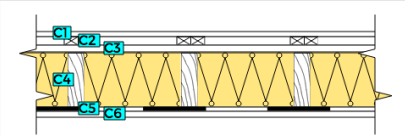
- Des éléments des charpentes doivent être traités pour assurer leur pérennité
- Certaines cheminées sont détériorées et doivent être remises en état

À partir de ces éléments, la toiture a été classée dans la catégorie de vétusté 3

b. Performance énergétique de la toiture

La toiture présente déjà une isolation de ses versants. Sur base de la modélisation Totem, la structure initiale de la toiture a été estimée à un U de $0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$ classant la paroi dans la catégorie 3

■ Modélisation des couches de la paroi

ID	Nom	Statut	%	Épaisseur	λ	durée de vie	Schémas
02_TV_EXIST				0,238 m	U= 0,41	W/m²K	
1	Revêtement - surfaces inclinées Tuiles Céramique non émaillée (246x195 mm) Clipsé	Existant.	1	0,015	-	60 ans	
2	Lattes à panne Lattes Bois résineux (32x26 mm) Cloué	Existant.	1	0,026	-	60 ans	
3	Sous-toiture Panneau Fibre de bois bitumé (22 mm) Cloué	Existant.	1	0,022	0,07	60 ans	
4	Couche composée	Existant	-	-	-	60 ans	
a.	Chevrons Poutres Bois dur Cloué	Existant.	0,15	0,175	-	60 ans	
b.	Isolation thermique Matelas Laine de verre Pour remplissage entre chevrons	Existant	85%	0,1	0,04	60 ans	

La modélisation suivant de la couche a été réalisée à partir de Totem et se base sur des hypothèses jugées plausibles quant à la composition de la paroi.

3.3.3 Identification des interactions

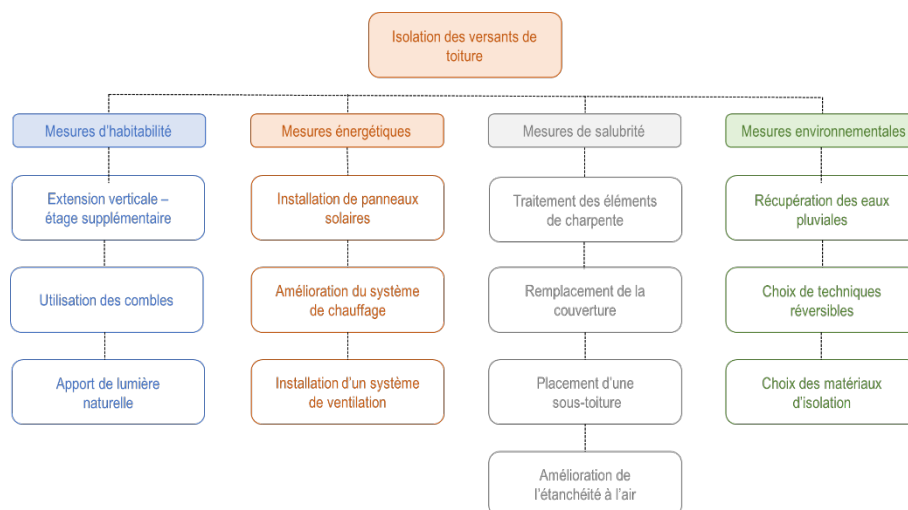


Figure 15 : -Mesures en interactions avec l'isolation des versants de toiture ©Architecture et Climat

Sur base du tableau d'interactions, nous pouvons identifier plusieurs travaux à effectuer conjointement :

- Utilisation des combles en aménageant ceux-ci
- L'apport de lumière naturelle par l'ajout de nouvelles fenêtres
- Le traitement des éléments de charpente
- L'amélioration de l'étanchéité à l'air

Les possibilités de matériaux d'isolation sont les suivantes :

- Matelas souples d'isolation : laines minérales (laine de roche, laine de verre), laines biosourcées (fibres de chanvre, de lin, de bois...), laines recyclées (fibres de coton, de cellulose...);
- Panneaux rigides ;
- Isolation en vrac insufflée sous pression.

Les points d'attention engendrés par cette solution sont les suivants :

- Le choix et la continuité du pare-vapeur : on choisira un pare-vapeur adapté au matériau d'isolation et à la fonction (usage) implantée dans les combles ;
- Les raccords d'isolation, d'étanchéité à l'eau et à l'air avec les autres parois (murs de façade et murs pignons) devront être correctement réalisés et continus ;
- Les détails et raccords de toiture doivent être vérifiés et soigneusement mis en œuvre : corniches, solins et contre-solins, bacs de cheminées, tabatières et velux, rives... ;
- Le cas échéant, prévoir les fourreaux pour le câblage des panneaux solaires ainsi que les évacuations de ventilation...

Il y a lieu de vérifier si d'autres travaux d'isolation sont prévus afin de mettre en œuvre des raccords adéquats.

Pour le cas de la maison bourgeoise étudié, les auteurs de projet ont choisi la solution « Pose de matelas d'isolation en sous-pente » composée des matériaux suivants :

- Matelas d'isolation : matelas de laine de verre ($\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$) et/ou matelas de fibres de bois ($\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$), cellulose en vrac ($\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$) ;
- Membrane pare-vapeur ;
- Panneau OSB.

Ces trois solutions permettent de répondre aux exigences de performances énergétiques, tout en répondant également à des enjeux d'utilisation soutenable de ressources et d'économie circulaire et en limitant l'impact environnemental des matériaux utilisés dans la rénovation.

Dans le cas du projet « rénovons ensemble », la solution choisie s'est portée sur une isolation entre chevrons avec l'utilisation de matelas de laine de bois.

3.4 Préparer son intervention sur les façades

3.4.1 Réaliser le diagnostic de ma paroi

Avant d'agir sur une paroi, un diagnostic précis de celle-ci doit être effectué. Il permettra à terme de se positionner sur les différentes mesures à prendre mais surtout d'adapter l'exécution de sa rénovation pour pallier aux possibles pathologies.

Le tableau suivant permet de reprendre ces points d'attentions appliqués aux façades.

Diagnostic de ma façade	
Etat général du mur	
Y a-t-il des altérations sur le mur ?	oui - non - je ne sais pas
Le mur subit-il des moisissures, des champignons ou insectes xylophages ?	oui - non - je ne sais pas
Le mur présente-t-il des signes d'humidité (tâches sur la finition intérieure, écaillage superficiel des biques en extérieur) ?	oui - non - je ne sais pas
Y a-t-il des sources possibles de remontées capillaires dans le mur ? (tâches d'humidité, bande horizontale à une hauteur d'environ 1m, efflorescence de sel)	oui - non - je ne sais pas
Si vous avez répondu oui à l'une des questions précédentes, pouvez décrire plus précisément l'altération rencontrée ?	
Maçonnerie (briques)	
L'état général des maçonneries et de leur joint est-il bon ?	oui - non - je ne sais pas
Si des fissures sont apparentes, quels semble être leur cause ?	oui - non - je ne sais pas
Le mur est-il encore plane ? A-t-il subi des déformations ?	oui - non - je ne sais pas
Y a-t-il de signe de désordre structure ?	oui - non - je ne sais pas
Si oui, lesquels ?	
Éléments spécifiques	
L'état des éléments suivant est-il satisfaisant ? Frise, soubassement, linteaux, jambages, appuis, renforts d'angle et balcon ?	oui - non - je ne sais pas
Si certains de ces éléments sont dans un état non satisfaisant, pouvez-vous le décrire ?	oui - non - je ne sais pas
Les ferronneries sont-elles en bon état ?	oui - non - je ne sais pas
Châssis et vitrage	
Quels sont le type, la qualité et l'état de conservation des vitrages ?	
Quels sont le type, la qualité et l'état de conservation des menuiseries ? (Châssis, porte...)	
Les joints d'étanchéité sont-ils toujours opérants ?	oui - non - je ne sais pas
Les quincailleries et systèmes d'ouvertures sont-ils toujours en bon état ?	oui - non - je ne sais pas

Les volets sont-ils dans un bon état de conservation ?	oui - non - je ne sais pas
Si l'un de ces éléments semble être dans un état non satisfaisant, décrivez les défauts rencontrés ?	
Corniche, chéneaux et descente d'eau	
La corniche, le chéneau et les descentes d'eau sont-ils en bon état ?	oui - non - je ne sais pas
Sinon quels sont les défauts présents ?	
Couche isolante	
La façade présente-t-elle une couche isolante ?	oui - non - je ne sais pas
Si oui, est-il en bon état ?	oui - non - je ne sais pas
Si oui, présente-t-il une épaisseur suffisante ?	oui - non - je ne sais pas

3.4.2 Évaluer le caractère prioritaire d'une intervention

Lors d'une rénovation, la limitation générale des moyens financiers oblige à hiérarchiser les interventions et à déterminer les plus urgentes. En s'appuyant sur les informations récoltées lors de l'analyse préalable, le croisement de deux indicateurs peut aider à déterminer le caractère prioritaire, nécessaire ou envisageable d'une intervention. Ceux indicateurs sont les suivants :

a. L'évaluation de la performance énergétique de la paroi

L'évaluation de la performance énergétique s'obtient en réalisant un audit PEB. Celui-ci est obligatoire lors d'une rénovation puisqu'il permet à la fois de valider le respect des critères fixé par la région, mais aussi il sert à informer les occupants d'un bâtiment de sa consommation théorique. S'il est utilisé majoritairement comme un outil de validation, il s'avère aussi pertinent pour disposer d'une vue plus générale du bâtiment et identifier les faiblesses au niveau des parois. De manière plus simplifiée, la grille présentée ci-dessous permet d'évaluer la performance énergétique d'une paroi sur base de l'existence d'un matériau isolant. Il est à noter qu'il s'agit d'une première estimation qui doit, par la suite, être validée soit par un expert, soit par l'évaluation de la paroi dans le logiciel PEB en introduisant les matériaux constituant la paroi.

Performance énergétique des parois du bâti	1. Très énergivore	2. énergivore	3. Moyen. énergivore	4. Peu énergivore
Façades	Couche isolante inexistante $U \geq 3 \text{ W/m}^2\text{K}$	Couche isolante faible $3 \geq U \leq 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	Couche isolante moyenne $1,8 \geq U \geq 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	Couche isolante importante $U \leq 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

Figure 18: Tableau permettant d'évaluer la performance énergétique des façades- © P-renewal, Architecture et Climat

b. L'évaluation de l'état de vétusté de la paroi

L'évaluation de l'état de vétusté d'une paroi s'obtient en faisant appel à un entrepreneur, un architecte ou un expert dans le domaine. Il est à noter que l'audit PEB renseignera également l'état de conservation de chacune des parois de l'enveloppe et relèvera les pathologies éventuelles. De manière plus simplifiée, la grille présentée ci-dessous permet d'évaluer l'état d'une paroi sur base d'une vérification visuelle, sur site.

Vétusté et état des parois du bâti	1. Intervention prioritaire	2. Intervention nécessaire	3. Intervention envisageable	4. Intervention non prioritaire
Façades	Façade présentant un mauvais état général : planéité, dégradation des matériaux...	Façade présentant des dégradations ponctuelles	Façade présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf ou ayant fait l'objet de travaux de rénovation depuis moins de 5 ans

Figure 19 : Tableau permettant d'évaluer l'état de vétusté des façades - © P-renewal, Architecture et Climat

Ainsi, lorsqu'on croise les deux indicateurs précités, on obtient, pour la toiture à versant, le tableau suivant qui permet de déterminer le caractère prioritaire, nécessaire ou envisageable d'une mesure ou intervention.

FAÇADE		Vétusté				
		1	2	3	4	
		Façade présentant un mauvais état général: planéité, dégradation des matériaux...	Façade présentant des dégradations ponctuelles	Façade présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf ou ayant fait l'objet de travaux de rénovation depuis moins de 5 ans	
Performance	1	Couche isolante inexistante $U \geq 3 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	prioritaire	nécessaire	
	2	Couche isolante faible $3 \geq U \geq 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	prioritaire	nécessaire	
	3	Couche isolante moyenne $1,8 \geq U \geq 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	nécessaire	envisageable	non prioritaire
	4	Couche isolante importante $U \leq 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$			non prioritaire	non prioritaire

Figure 20 : Tableau croisé Performance énergétique et Vétusté – Façades - ©Architecture et Climat

3.4.3 Interactions des mesures

Il s'agit ici d'identifier les autres mesures qui peuvent être traitées en même temps que la mesure d'amélioration énergétique envisagée, soit pour une question d'habitabilité, de vétusté, d'entretien ou de complémentarité dans l'amélioration du confort intérieur et de la performance énergétique.

Comme nous pouvons le voir dans la figure ci-dessous, la mesure envisagée est considérée ici comme le point d'entrée d'une démarche de rénovation énergétique et/ou sanitaire, car elle est envisagée comme une mesure à engager rapidement. Les autres cases non colorées représentent les éléments (bâti et équipements techniques) entrant directement en interaction technique, sanitaire et/ou économique avec la mesure de rénovation envisagée. Ces cases sont hiérarchisées : les premières cases ont une interaction plus forte avec l'action de rénovation que les cases suivantes.

Les interactions sont ici reprises selon deux cas de figure. Le premier lorsque la façade est rénovée par l'extérieur et le second lorsque l'on s'y attaque par la face intérieure.

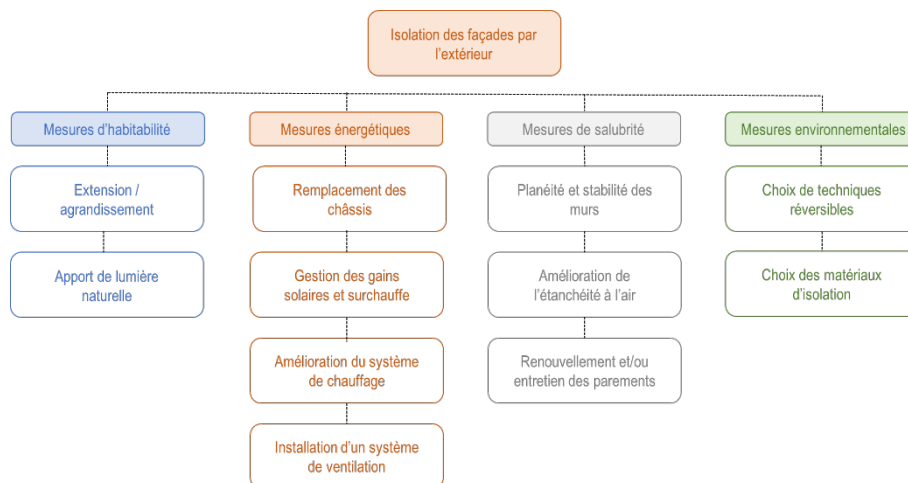


Figure 21 : -Mesures en interactions avec l'isolation de la façade par l'extérieur – ©Architecture et Climat

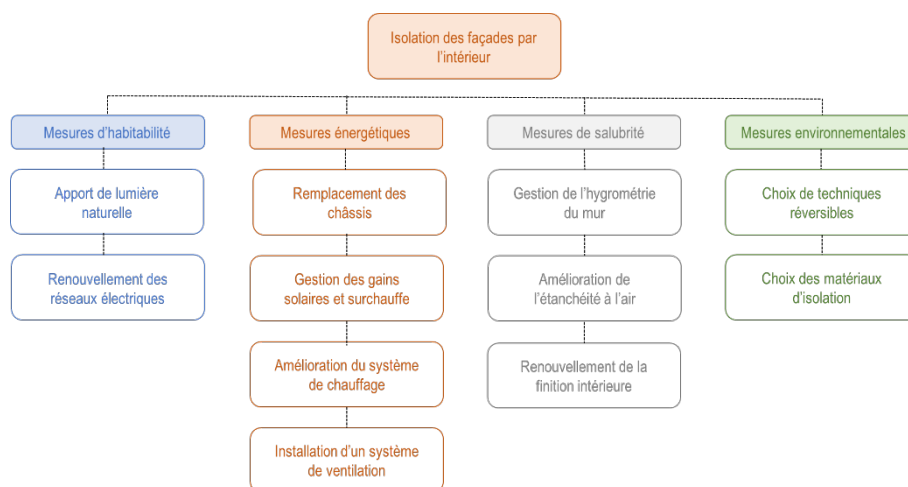


Figure 22 - Mesures en interactions avec l'isolation des façades par l'intérieur – © P-renewal, Architecture et Climat

a. Mesures d'habitabilité

Renouvellement des réseaux électriques

Cette mesure sera à étudier en fonction de la hauteur disponible et de la présence d'ouverture apportant de la lumière

Extension agrandissement

Cette possibilité doit s'envisager en fonction des besoins d'habitabilité de l'occupant.

Apport de lumière naturelle

L'apport de lumière est possible par l'agrandissement des baies, et ce en fonction de l'occupation et de l'orientation.

b. Mesures énergétiques

Remplacement/amélioration des châssis

Cette mesure doit être envisagée en même temps que l'isolation pour assurer une isolation et une étanchéité à l'air performantes.

Gestion des gains solaire et de surchauffe

En isolant, le bâtiment peut perdre une partie de son inertie. Ceci doit donc être géré par l'aménagement de mesures.

Amélioration du système de chauffage	<i>Avec l'isolation, on observe une diminution forte des déperditions énergétiques ce qui impacte l'équilibrage du réseau. C'est ainsi l'occasion d'étudier les actions possibles sur le système de chauffage existant.</i>
Installation d'un système de ventilation	<i>L'isolation implique une modification de l'étanchéité à l'air du bâti. Cela nécessite d'étudier le poste ventilation (qualité de l'air, risques de condensation, etc.).</i>
<i>c. <u>Mesures de salubrité</u></i>	
Planéité et stabilité des murs	<i>Avant tout travaux sur l'extérieur du mur, cette composante doit être vérifiée et corrigée le cas échéant.</i>
L'hygrométrie du mur	<i>Ce point doit être étudié afin que la couche d'isolation ne fasse pas obstacle au transfert d'humidité et d'eau dans le mur</i>
Amélioration de l'étanchéité à l'air	<i>Dans le cas de forte déperdition, l'étanchéité à l'air doit être revue mais aussi elle doit se penser conjointement à la ventilation du bâtiment</i>
Renouvellement de la finition intérieure	<i>L'isolation du mur permet de repenser son aspect et de l'assainir le cas échéant.</i>
<i>d. <u>Mesures environnementales</u></i>	
Choix de techniques réversible	<i>Le choix de technique réversible permettra de démonter facilement les éléments et de retrouver la situation d'origine.</i>
Choix des matériaux d'isolation	<i>Le choix de l'isolant a un impact important sur le bilan environnemental de la rénovation</i>

3.4.4 Sélectionner sa méthode d'intervention

Le nombre de solutions adaptable à une même paroi est considérable. Cependant certaines décisions s'avéreront plus pertinentes. Pour guider cette réflexion, la méthode s'appuie sur des arbres de choix. Les arbres de choix, tels qu'ils sont proposés, présentent une série de questionnements permettant d'aboutir à un choix de mise en œuvre ou à une solution technique. En amont de ces arbres de choix, des questions plus subjectives, liées à la volonté du concepteur ou du maître d'ouvrage de conserver ou non les spécificités patrimoniales du bien en question, doivent être posées de manière à clarifier la ligne de conduite à suivre.

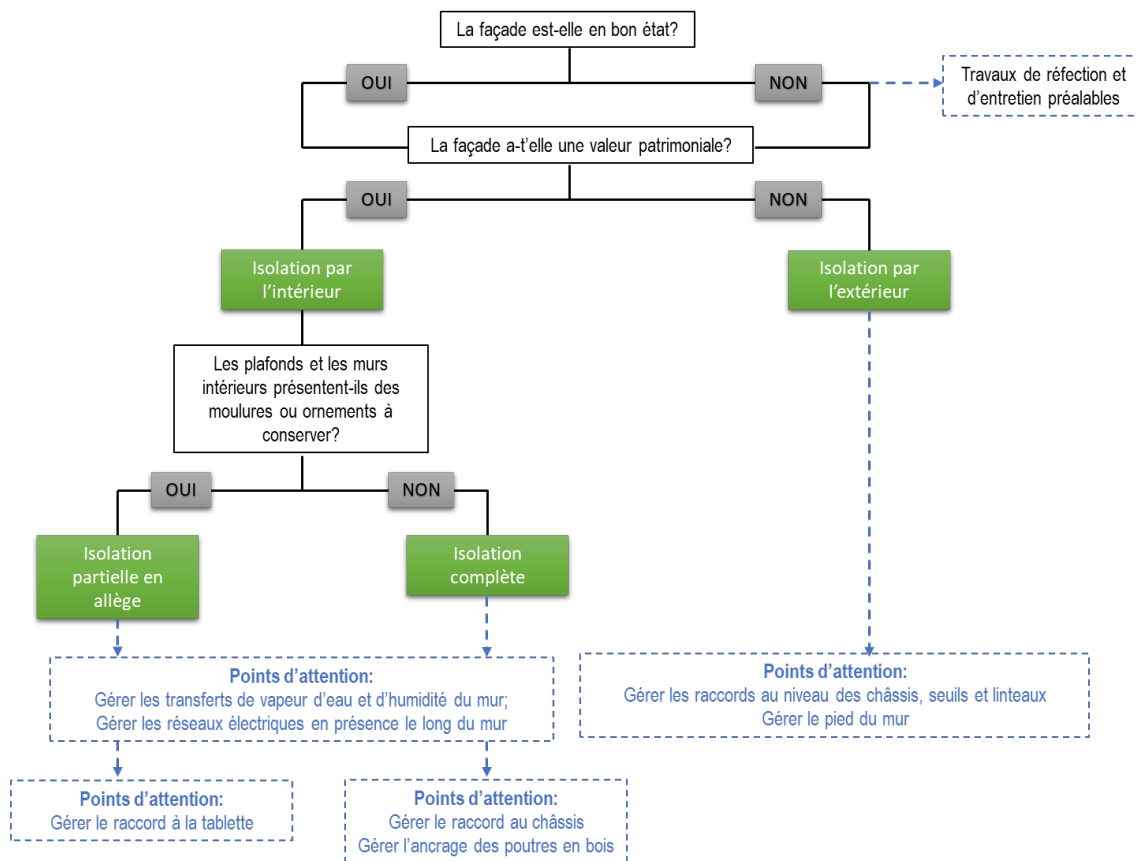


Figure 23 - Arbre de choix pour l'amélioration énergétique de la façade arrière

3.5 La méthode appliquée au cas d'étude : Préparer son intervention sur la façade

3.5.1 Diagnostic



Figure 24- photos de la façade ©rhizoom

- **Murs en maçonnerie**

Les murs se présentent dans un état général satisfaisant. Aucune fissure apparente n'est perceptible. La planéité de la façade est difficile à établir sur base des informations collectées.

- **Éléments spécifiques**

La façade avant bénéficie d'une mise en œuvre travaillée avec la présence d'un large sous-bassement en pierre bleue. Le haut est travaillé avec un bossage réalisé à partir d'enduit. Le revêtement souffre cependant des affres du temps. L'enduit s'écaille et est largement entamé par endroit, laissant apparaître la couche structurelle du mur. La pierre bleue souffre de coulure provoquant un changement de teinte. On retrouve 2 balcons avec des garde-corps en ferronnerie travaillée, mais qui semble relativement usée et devrait bénéficier d'une restauration.

- **Châssis et vitrage**

L'ensemble des menuiseries a été remplacé par des châssis PVC. Il tente de respecter la composition originelle. Il n'est pas spécifiquement particulier et peut être remplacé.

- **État général du mur**

Il est difficile d'établir sur base des informations à disposition l'état physico-chimique du mur. Pour aller plus loin, une investigation in situ s'avérerait nécessaire.

3.5.2 Évaluer le caractère prioritaire d'une intervention

FAÇADE		Vétusté				
		1	2	3	4	
		Façade présentant un mauvais état général: planéité, dégradation des matériaux...	Façade présentant des dégradations ponctuelles	Façade présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf ou ayant fait l'objet de travaux de rénovation depuis moins de 5 ans	
Performance	1	Couche isolante inexistante $U \geq 3 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	prioritaire	nécessaire	
	2	Couche isolante faible $3 \geq U \geq 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	prioritaire	nécessaire	
	3	Couche isolante moyenne $1,8 \geq U \geq 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	nécessaire	envisageable	non prioritaire
	4	Couche isolante importante $U \leq 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$			non prioritaire	non prioritaire

Sur base de la vétusté et de la performance énergétique, l'intervention sur la façade avant est jugée prioritaire

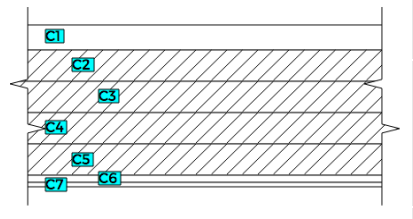
a. Vétusté de la façade avant

Sur base du diagnostic, la façade apparaît comme dans un état général peu satisfaisant. Les dégradations présentes sur la façade peuvent avoir des conséquences plus ou moins grandes. La mise à nu de la structure peut favoriser l'infiltration d'eau et modifier sensiblement le comportement hygrothermique du mur.

L'état général de la façade est donc en mauvais état ce qui la range dans la catégorie 1 de vétusté.

b. Performance énergétique de la façade avant

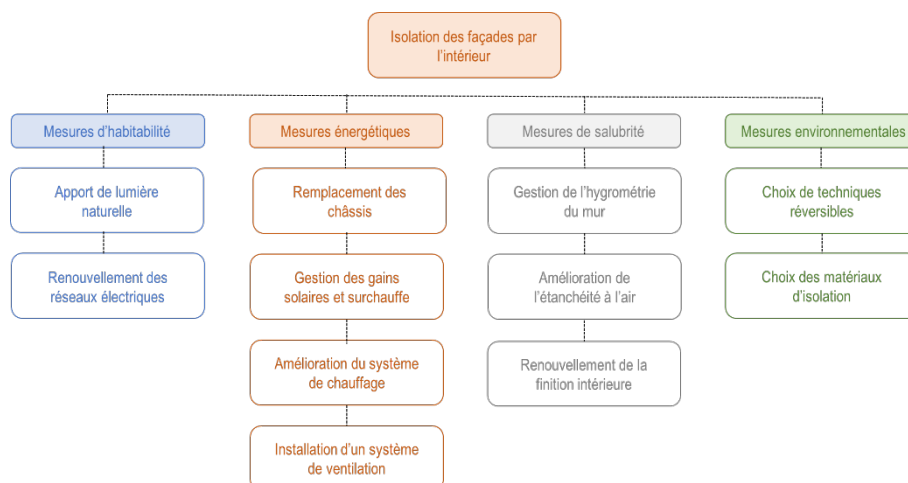
▪ **Modélisation des couches de la paroi**

ID	Nom	Statut	%	Épaisseur	λ	durée de vie	Schémas
01_FAC_AV01_EXIST				0,45 m	U= 1,46	W/m²K	
C1	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	100%	0,07 m	0,400	40 ans	
C2	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,088 m	1,330	60 ans	
C3	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,088 m	1,330	60 ans	
C4	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,088 m	1,330	60 ans	
C5	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,088 m	1,330	60 ans	
C6	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	100%	0,02 m	0,400	40 ans	
C7	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	100%	0,01 m	0,400	40 ans	

La modélisation suivante de la couche a été réalisée à partir de Totem et se base sur des hypothèses jugées plausibles quant à la composition de la paroi.

3.5.3 Identification des interactions

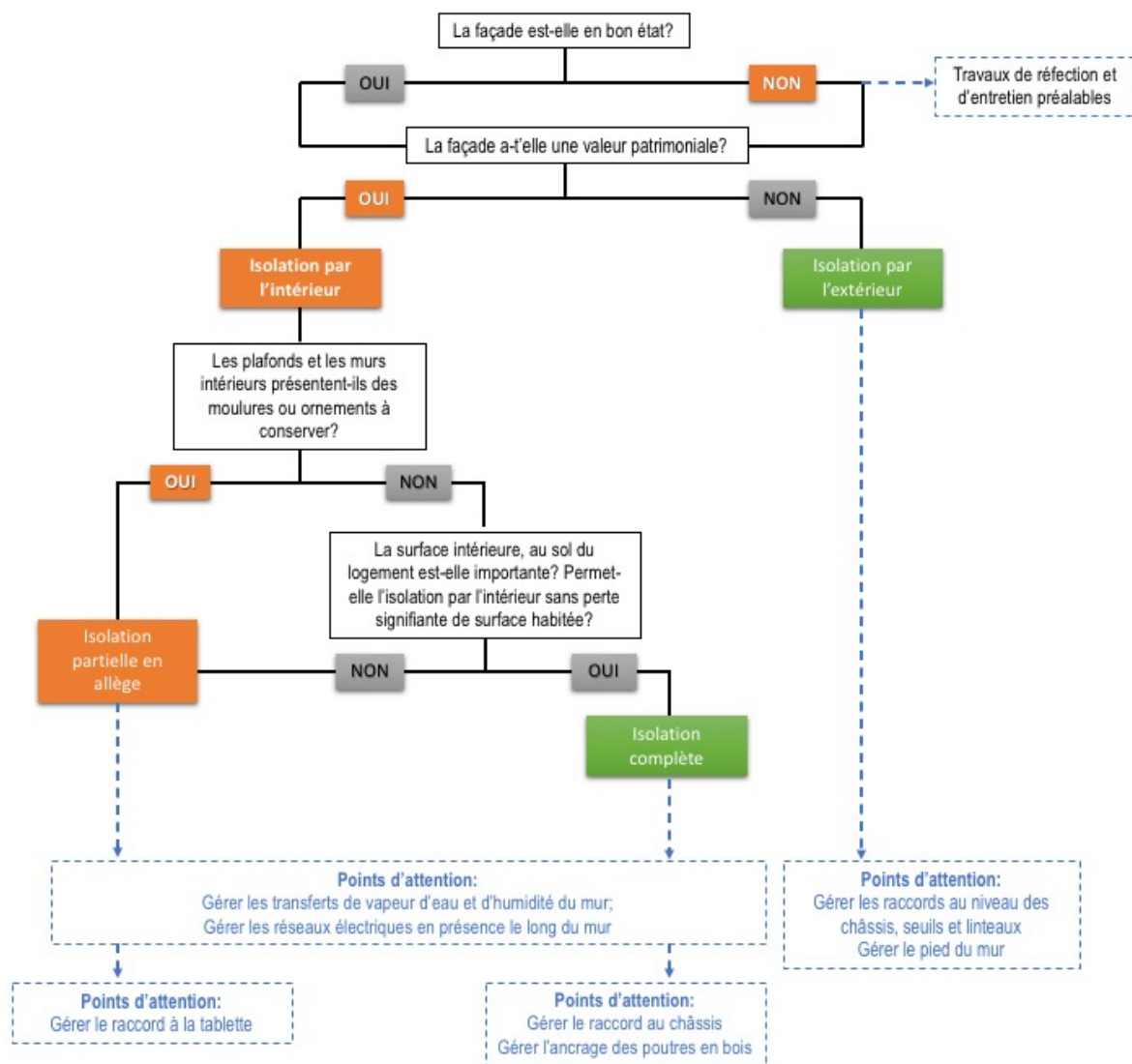
Deux arbres d'interactions sont possibles, en fonction du type d'intervention proposée. Cependant au vu des spécificités de la façade, seule sera présentée ici l'intervention par l'intérieur.



Sur base du tableau d'interactions, nous pouvons identifier plusieurs pistes de réflexion qui pourrait être poursuivie :

- Une gestion de l'hygrométrie du mur doit être prévue dans la mesure ou les dégradations présentes semblent indiquer des risques à ce niveau-là.
- En cas d'isolation par l'intérieur, une adaptation des systèmes (chauffage) doit être mise à l'ordre du jour.

3.5.4 Méthode d'intervention



Sur base du diagnostic, il apparaît que la solution la plus adaptée à la façade avant consiste en isolation partielle sous-allège. Celle-ci présente l'avantage de conserver tant les spécificités patrimoniales intérieures et extérieures.

a. Description de la solution

Les solutions techniques pouvant être envisagées sont les suivantes :

- **Enduit chaux-chanvre** nécessitant les étapes de mise en œuvre suivantes :
 - *Mise en œuvre par banchage* - à partir d'une épaisseur de 10 cm : Le principe est de remplir un coffrage préalablement réalisé en bois, et ce, autour ou entre ces pièces de bois. Le coffrage se limite à une hauteur de 30 à 40 cm, il sera relevé au fur et à mesure du remplissage afin d'accélérer le séchage du mortier chaux-chanvre. Un enduit de finition peut ensuite être appliqué sur l'enduit de chaux-chanvre, si nécessaire.
 - *Mise en œuvre à la main ou en projection mécanique* - épaisseur de 3 à 6 cm : (1) dépose de la finition et de l'enduit existant (2) nettoyage du support

(3) mise en œuvre de l'enduit chaux-chanvre (4) séchage (5) placement d'un enduit de finition si nécessaire.

- **Pose entre ossatures** (bois ou métal) nécessitant les étapes de mise en œuvre suivantes : (1) dépose de la finition et de l'enduit existant (2) nettoyage du support (3) ragréage éventuel du mur pour assurer une certaine planéité (4) pose de l'ossature (5) pose des matelas d'isolant ou de l'isolant en vrac (6) pose d'un pare-vapeur (7) pose d'un OSB (8) pose d'une contre-cloison technique éventuelle (9) placement des plaques de carton plâtre ou assimilé.
- **Pose par collage d'un isolant minéral rigide** nécessitant les étapes de mise en œuvre suivantes : (1) dépose de la finition et de l'enduit existant (2) nettoyage du support (3) ragréage éventuel du mur pour assurer une certaine planéité (4) placement d'une bande désolidarisante (en chanvre) au sol (5) collage des blocs isolants (6) pose d'un enduit de finition.
- **Pose par collage d'un panneau rigide d'isolation comprenant la finition** nécessitant les étapes de mise en œuvre suivantes : (1) dépose de la finition et de l'enduit existant (2) nettoyage du support (3) ragréage éventuel du mur pour assurer une certaine planéité (4) collage des panneaux isolants (5) pose d'un enduit de finition.

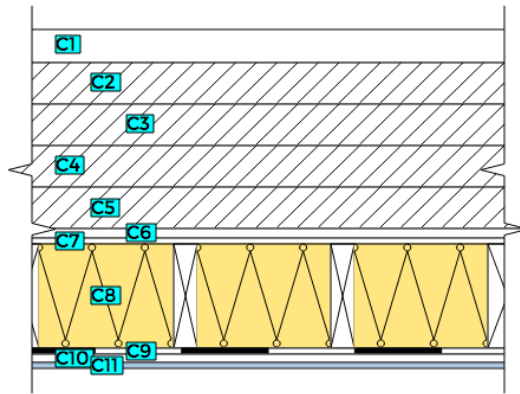


Figure 26 - Détail de la solution envisagée – *source* : Totem

Les possibilités de matériaux d'isolation sont les suivants :

- En solution « Enduit chaux-chanvre » : enduit chaux-chanvre d'une épaisseur variant de 3 à 12 cm ;
- En solution « Pose entre ossatures » : laines minérales (laine de roche, laine de verre), laines biosourcées (fibres de chanvre, de lin, de bois...), laines recyclées (fibres de coton, de cellulose...) ou isolant en vrac ;
- En solution « Collage d'un bloc minéral » : panneaux ou blocs de la marque Multipor ;
- En solution « Collage d'un panneau rigide avec finition » : principalement isolants synthétiques, laine de roche haute densité ou laine de bois (avec enduit à la chaux).

Les points d'attention engendrés par cette solution sont les suivants :

- La vérification de la présence de remontées capillaires dans le mur de façade. Si des remontées capillaires sont observées, un traitement préventif sera nécessaire avant toute intervention ;
- La vérification de la planéité du mur et le cas échéant, envisager un ragréage préalable aux travaux d'isolation ;
- La vérification de la résistance à la pluie du mur en fonction de son exposition (orientation, hauteur...) de manière à envisager une protection adéquate ;

- L'assurance de la bonne stabilité dans le temps de l'isolant choisi (tassement, humidité, vermine...), principalement lorsque celui-ci est mis entre ossatures ;
- Les raccords d'isolation avec les autres parois (murs de refend et murs pignon) devront être correctement réalisés et continus ;
- La gestion du pied du mur de la façade et de l'hygrométrie naturelle du mur ;
- Les raccords avec les tablettes de fenêtres qui devront être remplacées ;
- La gestion et la modification des réseaux techniques, si ceux-ci sont existants sur le mur à isoler (intégration d'une gaine technique) ;
- Dans le cas d'une isolation sur l'ensemble du mur, gestion des ancrages de poutres des planchers.

La faisabilité d'une isolation par l'intérieur devra cependant être étudiée impérativement en amont, dans le cadre du diagnostic :

- Étude de transfert de vapeur d'eau ;
- Étude des risques de condensation ;
- Étude des risques de développement de moisissures ;
- Étude de variations structurelles.

Pour le cas de la maison bourgeoise étudié, les auteurs de projet ont choisi la solution « Isolation entre ossatures » composée des matériaux suivants :

- Structure en bois massif local ;
- Matelas d'isolation : matelas de laine de verre ($\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$), matelas de fibres de bois ($\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$) ou cellulose en vrac ($\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$) ;
- Pare-vapeur et panneaux OSB ;
- Plaque de finition en carton plâtre.

Cette solution permet de répondre aux exigences de performances énergétiques tout en répondant également à des enjeux d'utilisation soutenable de ressources et d'économie circulaire et en limitant l'impact environnemental des matériaux utilisés dans la rénovation.

3.6 Préparer son intervention sur les dalles de sol

3.6.1 Réaliser le diagnostic de ma paroi

Avant d'agir sur une paroi, un diagnostic précis de celle-ci doit être effectué. Il permettra à terme de se positionner sur les différentes mesures à prendre mais surtout d'adapter l'exécution de sa rénovation pour pallier aux possibles pathologies.

Le tableau suivant permet de reprendre ces points d'attentions appliqués aux dalles de sol.

Diagnostic de mes dalles et châssis	
Etat général du plancher/ dalle	
Est-ce que les éléments structurels de la dalle ou du plancher de même que leur stabilité sont dans un état satisfaisant ?	oui - non - je ne sais pas
La sous-face des planchers est-elle en bon état ?	
La finition du sol est-elle en bon état ?	
Si vous avez répondu non à l'une des 3 questions, pouvez-vous détailler votre réponse ?	
Si des fissures sont présentes, quel semble être leur origine ?	
Le plancher subit-il des moisissures, des champignons ou insectes xylophages ?	
Le mur présente-t-il des signes d'humidité (tâches sur la finition intérieure ...) ?	
Y a-t-il d'autres altérations visibles ?	
Si oui lesquels ?	
Espace enterré	
L'air issu de l'espace enterré est-il de bonne qualité ? (Humidité, radon ...)	
L'espace enterré subit-il des remontées capillaires ou venues directes d'eau ?	
Ces éléments sont-ils source de dégradations ?	
Si oui quel ordre sont-ils ?	

3.6.2 Évaluer le caractère prioritaire d'une intervention



Lors d'une rénovation, la limitation générale des moyens financiers oblige à hiérarchiser les interventions et à déterminer les plus urgentes. En s'appuyant sur les informations récoltées lors de l'analyse préalable, le croisement de deux indicateurs peut aider à déterminer le caractère prioritaire, nécessaire ou envisageable d'une intervention. Ceux indicateurs sont les suivants :

a. L'évaluation de la performance énergétique de la paroi

L'évaluation de la performance énergétique s'obtient en réalisant un audit PEB. Celui-ci est obligatoire lors d'une rénovation puisqu'il permet à la fois de valider le respect des critères fixé par la région, mais aussi il sert à informer les occupants d'un bâtiment de sa consommation théorique. S'il est utilisé majoritairement comme un outil de validation, il s'avère aussi pertinent pour disposer d'une vue plus générale du bâtiment et identifier les faiblesses au niveau des parois. De manière plus simplifiée, la grille présentée ci-dessous permet d'évaluer la performance énergétique d'une paroi sur base de l'existence d'un matériau isolant. Il est à noter qu'il s'agit d'une première estimation qui doit, par la suite, être validée soit par un expert, soit par l'évaluation de la paroi dans le logiciel PEB en introduisant les matériaux constituant la paroi.

Performance énergétique des parois du bâti	1. Très énergivore	2. énergivore	3. Moyen. énergivore	4. Peu énergivore
Dalles et planchers	Couche isolante inexistante $U \geq 3 \text{ W/m}^2\text{K}$	Couche isolante faible $3 \geq U \geq 1 \text{ W/m}^2\text{K}$	Couche isolante moyenne $1 \geq U \geq 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	Couche isolante importante $U \leq 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$

Figure 27: Tableau permettant d'évaluer la performance énergétique des dalles de sol- © P-renewal, Architecture et Climat

b. L'évaluation de l'état de vétusté de la paroi

L'évaluation de l'état de vétusté d'une paroi s'obtient en faisant appel à un entrepreneur, un architecte ou un expert dans le domaine. Il est à noter que l'audit PEB renseignera également l'état de conservation de chacune des parois de l'enveloppe et relèvera les pathologies éventuelles. De manière plus simplifiée, la grille présentée ci-dessous permet d'évaluer l'état d'une paroi sur base d'une vérification visuelle, sur site.

Vétusté et état des parois du bâti	1. Intervention prioritaire	2. Intervention nécessaire	3. Intervention envisageable	4. Intervention non prioritaire
Dalles et planchers	Dalle ou structure de plancher en mauvais état général, y compris la finition	Dalle ou structure de plancher en bon état, finition de sol en mauvais état	Dalle ou plancher présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf ou ayant fait l'objet de travaux de rénovation depuis moins de 5 ans

Figure 28 : Tableau permettant d'évaluer l'état de vétusté des dalle de sol - © P-renewal, Architecture et Climat

Ainsi, lorsqu'on croise les deux indicateurs précités, on obtient, pour la dalle, le tableau suivant qui permet de déterminer le caractère prioritaire, nécessaire ou envisageable d'une mesure ou intervention.

Dalle de sol		Vétusté				
		1	2	3	4	
		Dalle ou plancher en mauvais état général, y compris la finition	Dalle ou plancher en bon état, revêtement en mauvais état	Dalle présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf ou ayant fait l'objet de travaux de rénovation depuis moins de 5 ans	
Performance	1	Couche isolante inexistante $U \geq 3 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	prioritaire	nécessaire	
	2	Couche isolante faible $3 \geq U \geq 1 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	prioritaire	nécessaire	
	3	Couche isolante moyenne $1 \geq U \geq 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	nécessaire	envisageable	non prioritaire
	4	Couche isolante importante $U \leq 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$			non prioritaire	non prioritaire

Figure 29 : Tableau croisé Performance énergétique et Vétusté – dalles de sol - ©Architecture et Climat

3.6.3 Mesures en interactions

Il s'agit ici d'identifier les autres mesures qui peuvent être traitées en même temps que la mesure d'amélioration énergétique envisagée, soit pour une question d'habitabilité, de vétusté, d'entretien ou de complémentarité dans l'amélioration du confort intérieur et de la performance énergétique.

Comme nous pouvons le voir dans la figure ci-dessous, la mesure envisagée est considérée ici comme le point d'entrée d'une démarche de rénovation énergétique et/ou sanitaire, car elle est envisagée comme une mesure à engager rapidement. Les autres cases non colorées représentent les éléments (bâti et équipements techniques) entrant directement en interaction technique, sanitaire et/ou économique avec la mesure de rénovation envisagée. Ces cases sont hiérarchisées : les premières cases ont une interaction plus forte avec l'action de rénovation que les cases suivantes.

Les interactions sont ici reprises selon deux cas de figure. Le premier lorsque la façade est rénovée par l'extérieur et le second lorsque l'on s'y attaque par la face intérieure.

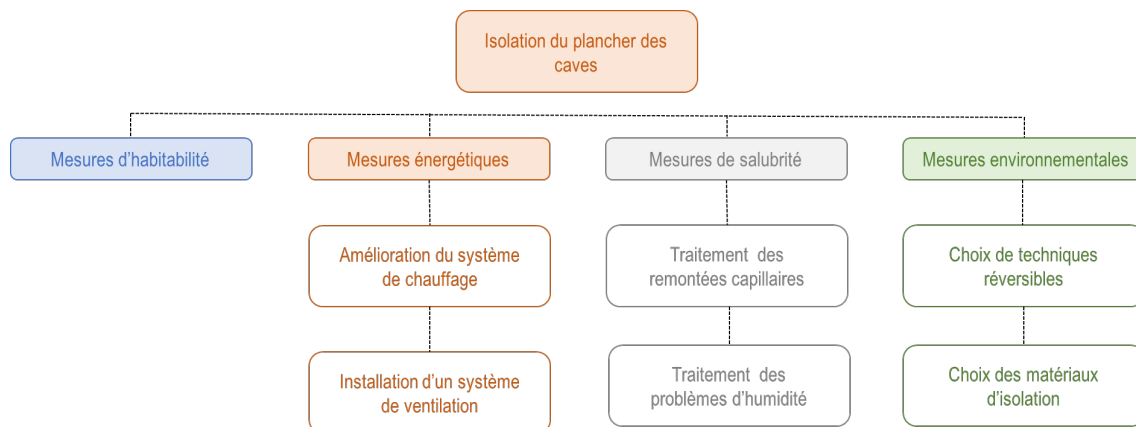


Figure 30 : -Mesures en interactions avec l'isolation du plancher des caves– ©Architecture et Climat

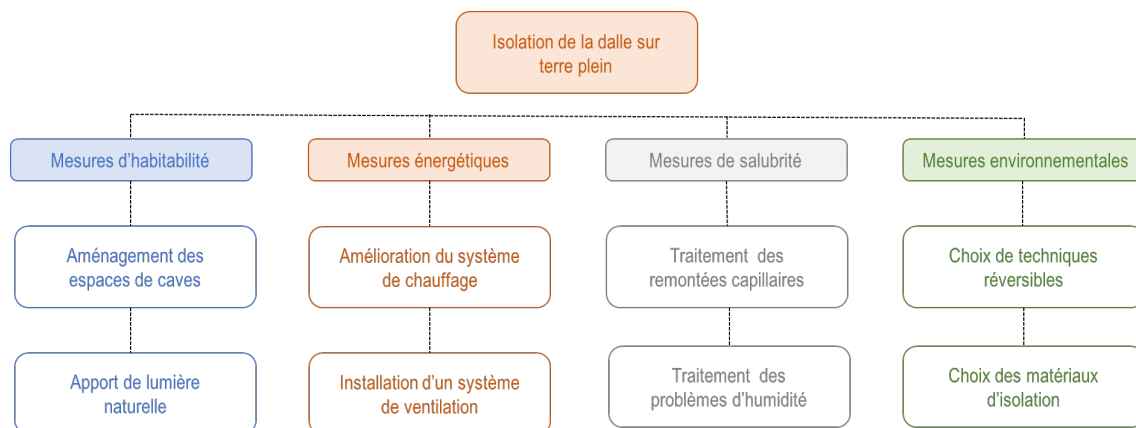


Figure 31 - Mesures en interactions avec l'isolation de la dalle sur terre-plein– © P-renewal, Architecture et Climat

a. Mesures d'habitabilité

Aménagement de l'espace des caves

Cette possibilité doit s'envisager en fonction des besoins d'habitabilité de l'occupant.

Apport de lumière naturelle

L'apport de lumière est possible par l'agrandissement des baies et ce en fonction de l'occupation et de l'orientation.

b. Mesures énergétiques

Amélioration du système de chauffage

Avec l'isolation, on observe une diminution forte des déperditions énergétiques ce qui impact l'équilibrage du réseau. C'est ainsi l'occasion d'étudier les actions possibles sur le système de chauffage existant.

Installation d'un système de ventilation

L'isolation implique une modification de l'étanchéité à l'air du bâti. Cela nécessite d'étudier le poste ventilation (qualité de l'air, risques de condensation, etc.).

c. Mesures de salubrités

Traitement des remontées capillaires

Dans le cas où le diagnostic identifierait des remontées capillaires, ceci devra être intégré à la réflexion de mise en œuvre.

Traitement des problèmes d'humidités

Dans le cas où le diagnostic identifierait des problèmes liés à l'humidité, ceci devra être intégré à la réflexion de mise en œuvre.

d. Mesures environnementales

Choix de techniques réversibles

Le choix de technique réversibles permettra de démonter facilement les éléments et de retrouver la situation d'origine.

Choix des matériaux d'isolation

Le choix de l'isolant a un impact important sur le bilan environnemental de la rénovation

3.6.4 Sélectionner sa méthode d'intervention

Le nombre de solutions adaptable à une même paroi est considérable. Cependant certaines décisions s'avéreront plus pertinentes. Pour guider cette réflexion, la méthode s'appuie sur des arbres de choix. Les arbres de choix, tels qu'ils sont proposés, présentent une série de questionnements permettant d'aboutir à un choix de mise en œuvre ou à une solution technique. En amont de ces arbres de choix, des questions plus subjectives, liées à la volonté du concepteur ou du maître d'ouvrage de conserver ou non les spécificités patrimoniales du bien en question, doivent être posées de manière à clarifier la ligne de conduite à suivre.

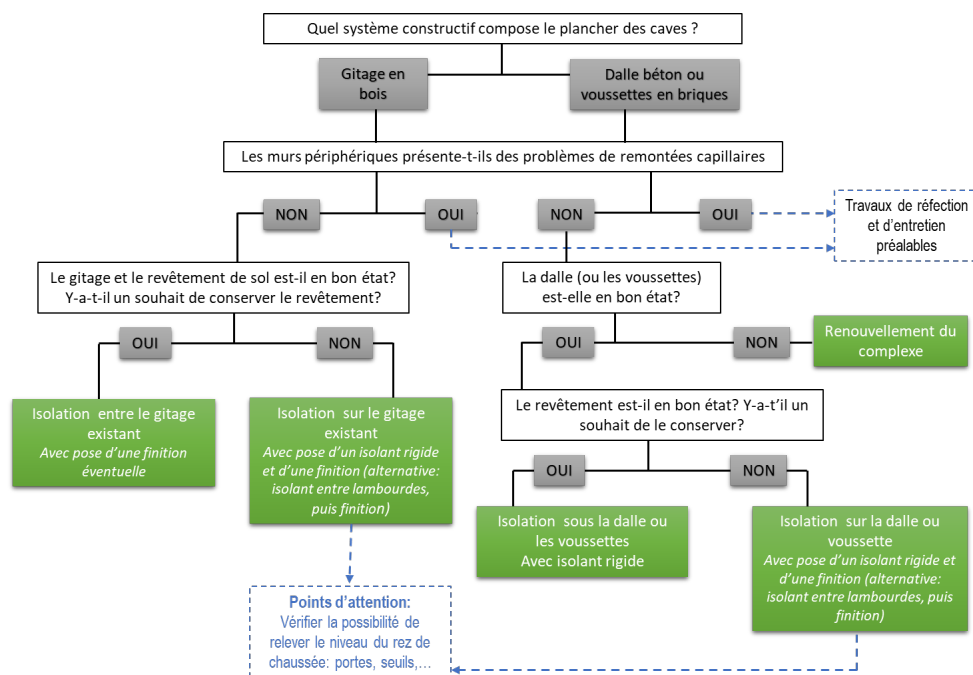


Figure 32 - Arbre de choix pour l'amélioration énergétique du plancher des caves

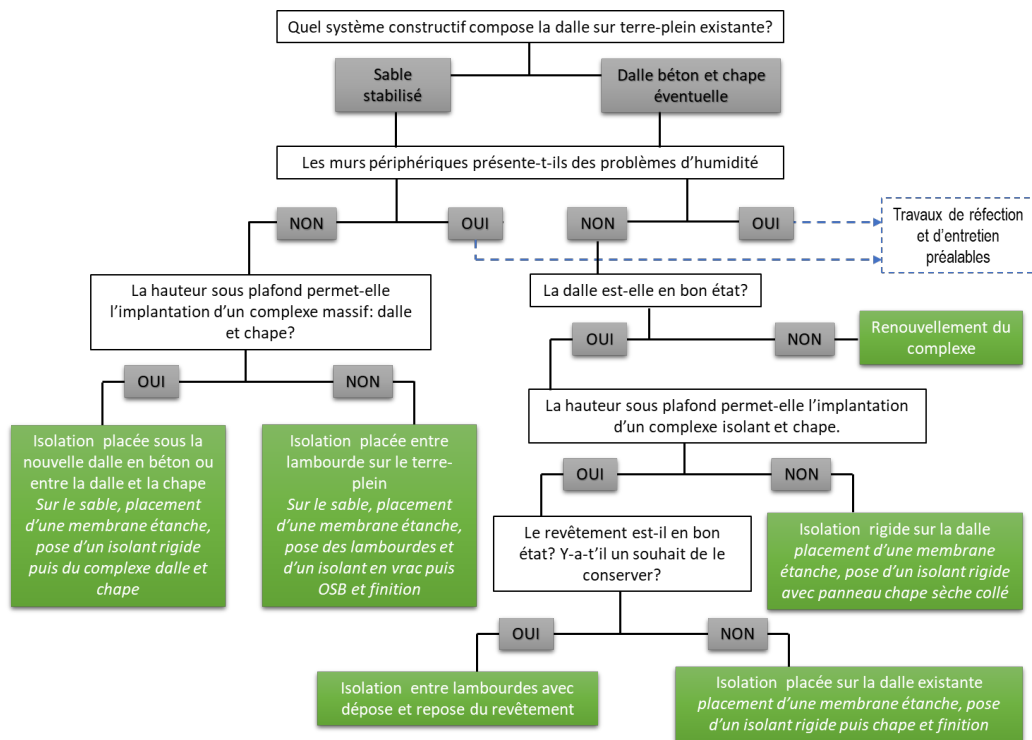


Figure 33 - Arbre de choix pour l'amélioration énergétique de la dalle sur terre-plein

3.7 La méthode appliquée au cas d'étude : Préparer son intervention sur les dalles de sol

3.7.1 Diagnostic

Aucune visite n'a été possible, ainsi l'état de la dalle de sol n'est pas connu correctement. Il sera alors supposé que son état général est satisfaisant sans pouvoir aller plus loin dans l'exécution du diagnostic. En terme de surface, l'entièreté du bâtiment est supposée reposé sur cave avec la mise en œuvre de voussettes.

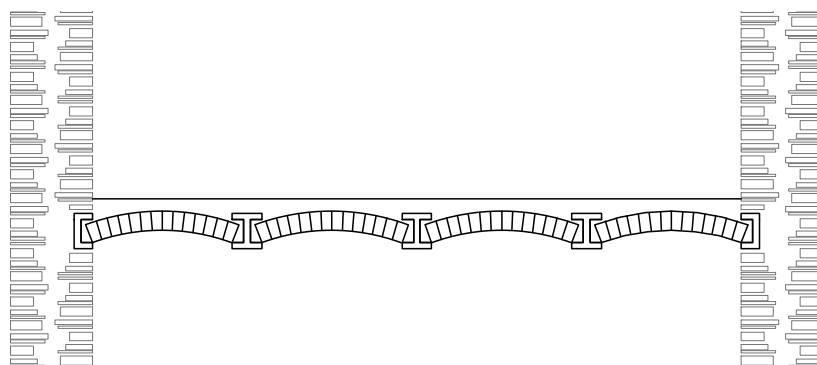


Figure 34 - coupe schématique d'un plancher à voussettes

3.7.2 Évaluer le caractère prioritaire d'une intervention

Dalle de sol			Vétusté			
			1	2	3	4
			Dalle ou plancher en mauvais état général, y compris la finition	Dalle ou plancher en bon état, revêtement en mauvais état	Dalle présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf ou ayant fait l'objet de travaux de rénovation depuis moins de 5 ans
Performance	1	Couche isolante inexistante $U \geq 3 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	prioritaire	nécessaire	
	2	Couche isolante faible $3 \geq U \leq 1 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	prioritaire	nécessaire	
	3	Couche isolante moyenne $1 \geq U \geq 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	nécessaire	envisageable	non prioritaire
	4	Couche isolante importante $U \leq 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$			non prioritaire	non prioritaire

Sur base de la vétusté et de la performance énergétique, l'intervention sur la dalle de cave est jugée nécessaire

a. Vétusté de la dalle de sol

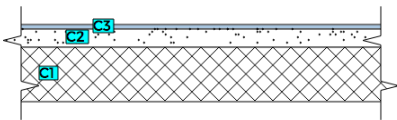
Sans pouvoir observer précisément la dalle de sol, aucun diagnostic n'a été relevé. Cependant nous pouvons estimer que la dalle n'est pas neuve et donc présente un vieillissement normal. A partir de ces éléments, la toiture a été classé dans la catégorie de vétusté 3

b. Performance énergétique de la dalle de sol

La toiture plate ne présente a priori pas de couche isolante. Cette surface est donc une source de déperdition. A partir de la modélisation des couches de la dalle de sol, celle-ci est évalué à un U de 3 w/m²K. Ceci la range dans la catégorie 1 de la performance proposée par le tableau.

▪ **Modélisation des couches de la paroi**

La modélisation suivant de la couche a été réalisée à partir de Totem et se base sur des hypothèses jugées plausibles quant à la composition de la paroi.

ID	Nom	Statut	%	Epaisseur	λ	durée de vie	Schémas
02_DS_EXIST				0,21 m	U= 3 W/m²K		
C1	Revêtement Carreaux rigides Céramique émaillée (300x300x10 mm) Collé	Existant	1	0,01	0,81	60	
C2	Chape Enduit épais Ciment	Existant	1	0,05	0,85	60	
C3	Dalle Coulé sur site Béton armé (150 mm)	Existant	1	0,15	2,3	60	

3.7.3 Identification des interactions

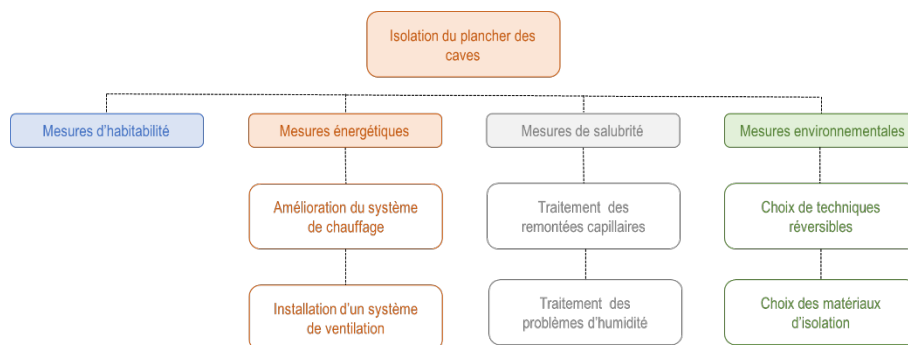


Figure 35 : -Mesures en interactions avec l'isolation du plancher des caves– ©Architecture et Climat

Sur base du tableau d'interactions, nous pouvons identifier plusieurs pistes de réflexion qui pourrait être poursuivies :

- L'hydrothermie des murs est à étudié et des observations quant à la possibilité de remontée capillaire et d'humidité dans les murs.

- Les systèmes doivent pouvoir être adaptés pour faire face à la diminution des besoins de chauffage mais aussi à l'étanchéité à l'air accrue.

3.7.4 Méthode d'intervention

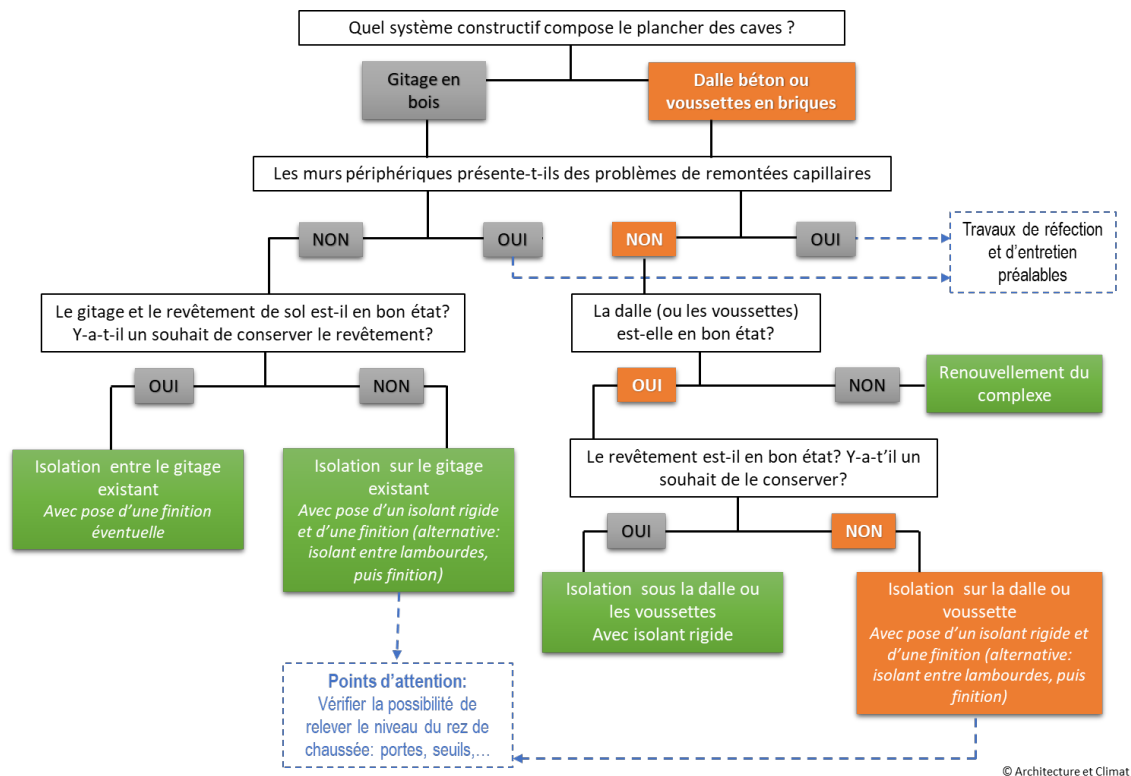


Figure 36 - Maison bourgeoise - Solution 2 pour l'isolation du plancher des caves

Source : © P-renewal, Architecture et Climat

Cette solution propose une isolation sur le dessus du plancher. Pour la maison bourgeoise, plusieurs solutions peuvent être envisagées en fonction de la possibilité de rehausser le niveau du rez-de-chaussée et de la volonté du maître d'ouvrage à conserver le revêtement existant visible ou non. Les auteurs de projets ont considéré, vu la qualité de l'escalier et de la présence de cheminées existantes de ne pas conserver les revêtements existants dans les circulations et de travailler avec la hauteur disponible (chape et hauteur de lambourdes).

La solution propose de mettre en œuvre la couche isolante (rigide et résistante à la compression) directement sur la dalle de sol, puis de poser une chape sèche sur l'isolant et de poser un nouveau revêtement (pour les zones de circulation) et le revêtement existant pour la zone de séjour.

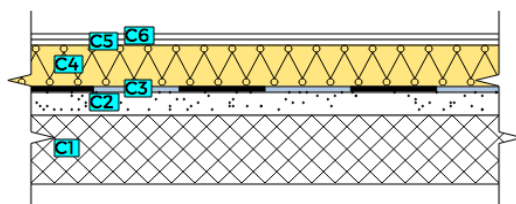


Figure 37 - Détail de la solution envisagée – *source* : Totem

3.7.5 Description de la solution

La solution technique envisagée est la suivante :

- **Isolation rigide sur dalle** nécessitant les étapes de mise en œuvre suivantes : (1) dépose du revêtement existant (y compris sous-revêtement : sable ou chape ou égaline), (2) pose d'une couche d'égaline, (3) pose d'une membrane souple et étanche, (4) pose de l'isolant rigide et incompressible, (5) pose d'une membrane souple, (6) mise en œuvre des panneaux de chape sèche et (7) pose du revêtement existant et/ou nouveau.

Les possibilités de matériaux d'isolation sont les suivants :

- Isolants rigides synthétiques : panneaux de PUR et de PIR ;
- Isolants rigides minéraux : laine de roche haute densité ;
- Isolants rigides d'origine biosourcée : panneaux de liège ou de laine de bois.

Les points d'attention engendrés par cette solution sont les suivants :

- La mise en œuvre de la membrane souple : la membrane doit remonter légèrement le long des murs de façade et des cloisons intérieures ;
- Les raccords d'isolation aux murs de façade et murs pignons : l'ensemble doit être désolidarisé des murs extérieurs par une bande d'isolant pour limiter le pont thermique en about de dalle.

L'isolation thermique est réalisée sous la chape flottante (sèche ou humide). Cette dernière peut recevoir tout type de revêtements de sol, y compris des planchers en bois sur lambourdes le cas échéant. Cette solution permet une continuité avec l'isolation par l'intérieur des murs de façade et, dans ce cas, traite parfaitement les ponts thermiques. Cette mesure peut également être l'occasion de revoir l'installation de chauffage en intégrant un plancher chauffant basse température.

Pour le cas de la maison bourgeoise, les auteurs de projet ont choisi la solution « Pose d'un isolant rigide sur la dalle existante » composée des matériaux suivants :

- Revêtement laissé aux choix du maître d'ouvrage et revêtement existant ;
- Chape : panneau de chape sèche en fibroplâtre ($\lambda = 0,32 \text{ W/mK}$) ;

- Panneau rigide d'isolation : panneau de PUR ($\lambda = 0,025 \text{ W/mK}$), panneau de laine de roche ($\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$) ou panneau de fibres de bois ($\lambda = 0,046 \text{ W/mK}$) ;
- Membrane souple PE.

Cette solution permet de répondre aux exigences de performances énergétiques, tout en répondant également à des enjeux d'utilisation soutenable de ressources et en limitant l'impact environnemental des matériaux utilisés dans la rénovation. Il faut noter que les revêtements nouveaux seront sans doute mis en œuvre au mortier de ciment ou mortier colle, cette solution est non réversible.



3.8 Préparer son intervention sur les châssis

3.8.1 Réaliser le diagnostic de ma paroi

Avant d'agir sur une paroi, un diagnostic précis de celle-ci doit être effectué. Il permettra à terme de se positionner sur les différentes mesures à prendre mais surtout d'adapter l'exécution de sa rénovation pour pallier aux possibles pathologies.

Le tableau suivant permet de reprendre ces points d'attentions appliqués aux châssis.

Diagnostic des fenêtres et châssis	
Châssis et vitrage	
Quels sont le type, la qualité et l'état de conservation des vitrages ?	oui - non - je ne sais pas
Quels sont le type, la qualité et l'état de conservation des menuiseries ? (Châssis, porte...)	
Les menuiseries ont-elles été déformées avec le temps ?	oui - non - je ne sais pas
Trouve-t-on des traces de dégradation due à l'oxydation des dormants ?	oui - non - je ne sais pas
Trouve-t-on des traces de dégradation due à l'apparition de moisissures sur les dormants ?	oui - non - je ne sais pas
Les joints d'étanchéité sont-ils toujours opérants ?	oui - non - je ne sais pas
Les quincailleries et systèmes d'ouvertures sont-ils toujours en bon état ?	oui - non - je ne sais pas
Les volets sont-ils dans un bon état de conservation ?	oui - non - je ne sais pas
Si l'un de ces éléments semble être dans un état non satisfaisant, décrivez les défauts rencontrés ?	
Ventilation	
L'étanchéité à l'air est-elle suffisante ?	oui - non - je ne sais pas
L'habitation bénéficie-t-elle d'un système de ventilation ?	
Si oui de quel type ?	

3.8.2 Évaluer le caractère prioritaire d'une intervention

Lors d'une rénovation, la limitation générale des moyens financiers oblige à hiérarchiser les interventions et à déterminer les plus urgentes. En s'appuyant sur les informations récoltées lors de l'analyse préalable, le croisement de deux indicateurs peut aider à déterminer le caractère prioritaire, nécessaire ou envisageable d'une intervention. Ceux indicateurs sont les suivants :

a. L'évaluation de la performance énergétique de la paroi

L'évaluation de la performance énergétique s'obtient en réalisant un audit PEB. Celui-ci est obligatoire lors d'une rénovation puisqu'il permet à la fois de valider le respect des critères fixé par la région, mais aussi il sert à informer les occupants d'un bâtiment de sa consommation théorique. S'il est utilisé majoritairement comme un outil de validation, il s'avère aussi pertinent pour disposer d'une vue plus générale du bâtiment et identifier les faiblesses au niveau des parois. De manière plus simplifiée, la grille présentée ci-dessous permet d'évaluer la performance énergétique d'une paroi sur base de l'existence d'un matériau isolant. Il est à noter qu'il s'agit d'une première estimation qui doit, par la suite, être validée soit par un expert, soit par l'évaluation de la paroi dans le logiciel PEB en introduisant les matériaux constituant la paroi.

Performance énergétique des parois du bâti	1. Très énergivore	2. énergivore	3. Moyen. énergivore	4. Peu énergivore
Châssis	Châssis ancien et simple vitrage $U \geq 6 \text{ W/m}^2\text{K}$	Châssis ancien avec double vitrage traditionnel $6 \geq U \geq 3 \text{ W/m}^2\text{K}$	Châssis récent avec double vitrage traditionnel $3 \geq U \geq 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	Châssis récent avec double vitrage traditionnel $U \leq 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

Figure 38: Tableau permettant d'évaluer la performance énergétique des dalles de sol- © P-renewal, Architecture et Climat

b. L'évaluation de l'état de vétusté de la paroi

L'évaluation de l'état de vétusté d'une paroi s'obtient en faisant appel à un entrepreneur, un architecte ou un expert dans le domaine. Il est à noter que l'audit PEB renseignera également l'état de conservation de chacune des parois de l'enveloppe et relèvera les pathologies éventuelles. De manière plus simplifiée, la grille présentée ci-dessous permet d'évaluer l'état d'une paroi sur base d'une vérification visuelle, sur site.

Vétusté et état des parois du bâti	1. Intervention prioritaire	2. Intervention nécessaire	3. Intervention envisageable	4. Intervention non prioritaire
Châssis	Fenêtres présentant un mauvais état général : pourrissement important, éléments cassés ou fêlés, défaut d'étanchéité...	Fenêtres présentant des dégradations ponctuelles : peintures écaillées, pourrissement en surface...	Fenêtres présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf ou ayant fait l'objet de travaux de rénovation depuis moins de 5 ans

Figure 39 : Tableau permettant d'évaluer l'état de vétusté des dalle de sol - © P-renewal, Architecture et Climat

Ainsi, lorsqu'on croise les deux indicateurs précités, on obtient, pour les châssis, le tableau suivant qui permet de déterminer le caractère prioritaire, nécessaire ou envisageable d'une mesure ou intervention.

Châssis		Vétusté			
		1	2	3	4
		Fenêtres présentant un mauvais état général : pourrissement important, éléments cassés ou fêlés, défaut d'étanchéité ...	Fenêtres présentant des dégradations ponctuelles: peintures écaillées, pourrissement en surface...	Fenêtres présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	Etat neuf ou ayant fait l'objet de travaux de rénovation depuis moins de 5 ans
Performance	1	Châssis ancien et simple vitrage $U \geq 6 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	prioritaire	nécessaire
	2	Châssis ancien avec double vitrage traditionnel $6 \geq U \geq 3 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	prioritaire	nécessaire
	3	Châssis récent avec double vitrage traditionnel $3 \geq U \geq 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	nécessaire	envisageable
	4	Châssis récent avec double vitrage traditionnel $3 \geq U \geq 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$			non prioritaire

Figure 40 : Tableau croisé Performance énergétique et Vétusté – dalles de sol - ©Architecture et Climat

3.8.3 Mesures en interactions

Il s'agit ici d'identifier les autres mesures qui peuvent être traitées en même temps que la mesure d'amélioration énergétique envisagée, soit pour une question d'habitabilité, de vétusté, d'entretien ou de complémentarité dans l'amélioration du confort intérieur et de la performance énergétique.

Comme nous pouvons le voir dans la figure ci-dessous, la mesure envisagée est considérée ici comme le point d'entrée d'une démarche de rénovation énergétique et/ou sanitaire, car elle est envisagée comme une mesure à engager rapidement. Les autres cases non colorées représentent les éléments (bâti et équipements techniques) entrant directement en interaction technique, sanitaire et/ou économique avec la mesure de rénovation envisagée. Ces cases sont hiérarchisées : les premières cases ont une interaction plus forte avec l'action de rénovation que les cases suivantes.

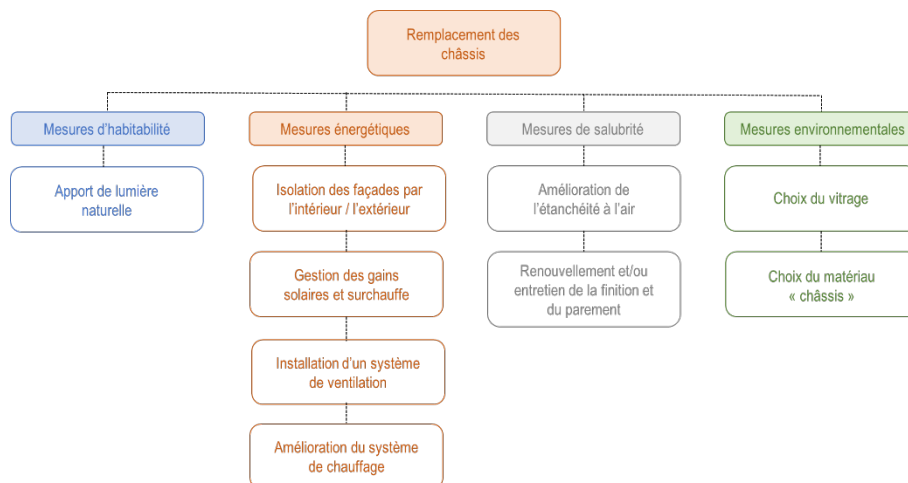


Figure 41 : -Mesures en interactions avec le remplacement des châssis– ©Architecture et Climat

a. Mesures d'habitabilité

Apport de lumière naturelle

L'apport de lumière est possible par l'agrandissement des baies et ce en fonction de l'occupation et de l'orientation.

b. Mesures énergétiques

Isolation par l'intérieur ou l'extérieur des façades

En travaillant le raccord châssis/façade on va chercher à assurer la continuité de l'isolant. Pour ce faire le remplacement des châssis est un bon moment pour réfléchir à ce raccord.

Gestion des gains solaire et de surchauffe

En isolant, le bâtiment peut perdre une partie de son inertie. Ceci doit donc être géré par l'aménagement de mesures.

Amélioration du système de chauffage

Avec l'isolation, on observe une diminution forte des déperditions énergétiques ce qui impact l'équilibrage du réseau. C'est ainsi l'occasion d'étudier les actions possibles sur le système de chauffage existant.

Installation d'un système de ventilation

L'isolation implique une modification de l'étanchéité à l'air du bâti. Cela nécessite d'étudier le poste ventilation (qualité de l'air, risques de condensation, etc.).

c. Mesures de salubrités

Amélioration de l'étanchéité à l'air

Dans le cas où le diagnostic identifierait des remontées capillaires, ceci devra être intégré à la réflexion de mise en œuvre.

Renouvellement/entretien de la finition et du parement

Dans le cas où le diagnostic identifierais des problèmes lié à l'humidité, ceci devra être intégré à la réflexion de mise en œuvre.

d. Mesures environnementales

Choix de techniques réversible

Le choix de technique réversibles permettra de démonter facilement les éléments et de retrouver la situation d'origine.

Choix des matériaux d'isolation

Le choix de l'isolant a un impact important sur le bilan environnemental de la rénovation

3.8.4 Sélectionner sa méthode d'intervention

Le nombre de solutions adaptable à une même paroi est considérable. Cependant certaines décisions s'avèreront plus pertinentes. Pour guider cette réflexion, la méthode s'appuie sur des arbres de choix. Les arbres de choix, tels qu'ils sont proposés, présentent une série de questionnements permettant d'aboutir à un choix de mise en œuvre ou à une solution technique. En amont de ces arbres de choix, des questions plus subjectives, liées à la volonté du concepteur ou du maître d'ouvrage de conserver ou non les spécificités patrimoniales du bien en question, doivent être posées de manière à clarifier la ligne de conduite à suivre.

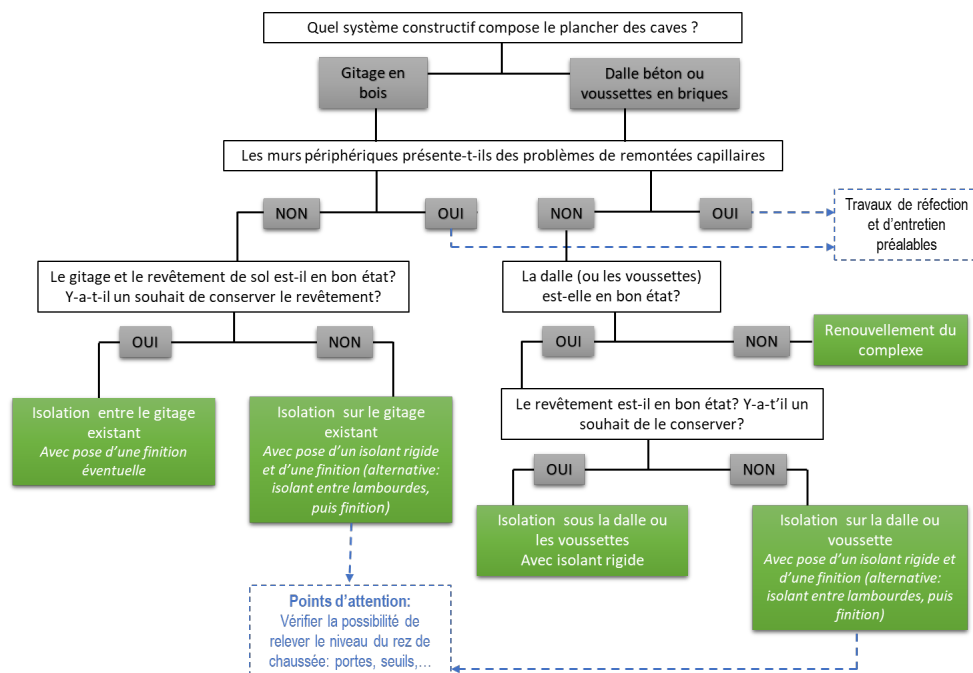


Figure 42 - Arbre de choix pour l'amélioration énergétique du plancher des caves

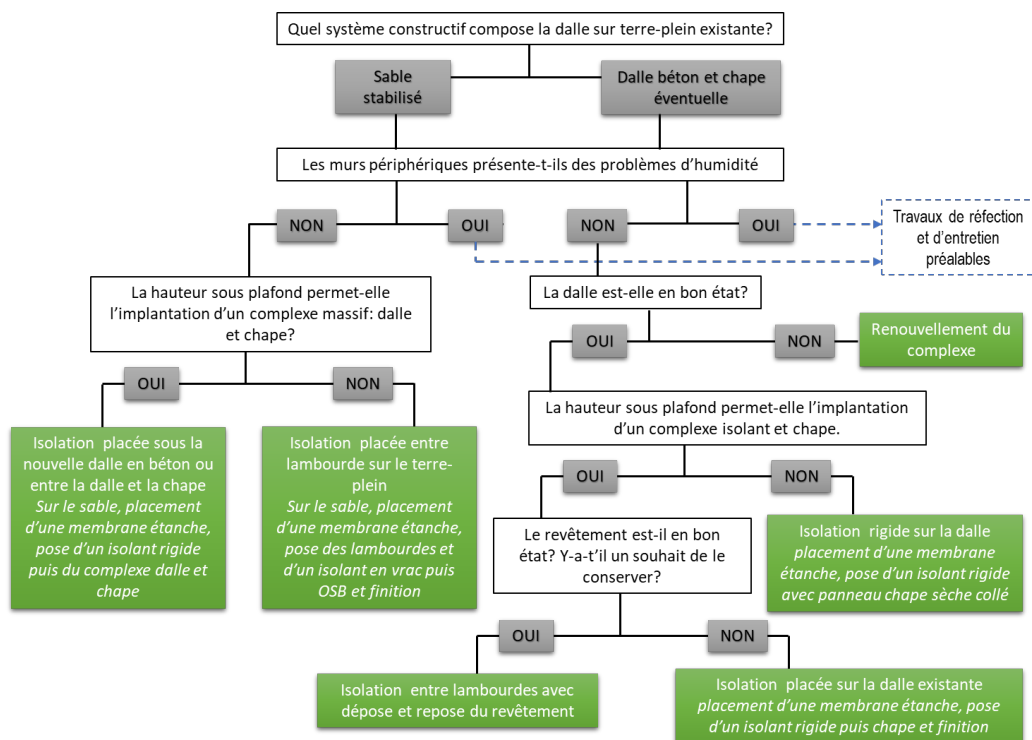


Figure 43 - Arbre de choix pour l'amélioration énergétique de la dalle sur terre-plein

3.9 La méthode appliquée au cas d'étude : Préparer son intervention sur les châssis et fenêtres

3.9.1 Diagnostic

Les châssis sont dans un bon état général. Ils ont été remplacé il y a 20 ans par une alternative PVC et bénéficie de la performance de cette époque. Sans pouvoir identifier précisément le type, il s'agit cependant d'une performance correcte.

Les menuiseries sont en bon état, il n'y a pas de trace directement de déformation. Si on trouve des traces d'humidité au pied des châssis, il n'y a cependant pas de dégradation des dormants dû à une oxydation de ceux-ci. L'humidité a permis à quelques moisissures de se développer au niveau des joints, qui dès lors devrait être nettoyée et l'étanchéité à l'air/ la ventilation du bâtiment devrait être étudiée.

3.9.2 Évaluer le caractère prioritaire d'une intervention

Châssis		Vétusté				
		1	2	3	4	
		Fenêtres présentant un mauvais état général : pourrissement important, éléments cassés ou fêlés, défaut d'étanchéité ...	Fenêtres présentant des dégradations ponctuelles: peintures écaillées, pourrissement en surface...	Fenêtres présentant un état de vieillissement normal, sans dégradation notable	État neuf ou ayant fait l'objet de travaux de rénovation depuis moins de 5 ans	
Performance	1	Châssis ancien et simple vitrage $U \geq 6 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	prioritaire	nécessaire	
	2	Châssis ancien avec double vitrage traditionnel $6 \geq U \geq 3 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	prioritaire	nécessaire	
	3	Châssis récent avec double vitrage traditionnel $3 \geq U \geq 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	prioritaire	nécessaire	envisageable	non prioritaire
	4	Châssis récent avec double vitrage traditionnel $3 \geq U \geq 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$			non prioritaire	non prioritaire

Sur base de la vétusté et de la performance énergétique, l'intervention sur les châssis est jugée envisageable

a. Vétusté des châssis

Bien qu'il y ait la présence d'un peu d'humidité, les châssis semblent cependant dans un état de vieillissement normal. Il ne semble pas nécessaire de les classer dans un état plus critique de vétusté. Un niveau 3 a donc été établis.

b. Performance énergétique des châssis

Sur base d'une hypothèse que ces châssis sont en double vitrage mais déjà relativement ancien, nous avons estimé raisonnable de supposer un vitrage avec un U de 2 W/m²K. Il ne s'agit pas d'une hypothèse très favorable mais elle semble réaliste.

▪ **Modélisation des couches de la paroi**

La modélisation suivant de la couche a été réalisée à partir de Totem et se base sur des hypothèses jugées plausibles quant à la composition de la paroi.

ID	Nom	Statut	%	Epaisseur	λ	durée de vie	Schémas
02_MF_EXIST				-	U= 2 W/m²K		
C1	Couche Composée	-	-	-	-	-	
a.	Châssis Profilés PVC (U = 1.6 W/m²K) Fenêtre à battant	Existant	0,25		1,6	40 ans	
b.	Remplissage de châssis Vitre Double vitrage - remplissage Argon (24 mm - U = 1.1 W/m²K)	Existant	0,75	0,024 m	1,1	30 ans	

3.9.3 Identification des interactions

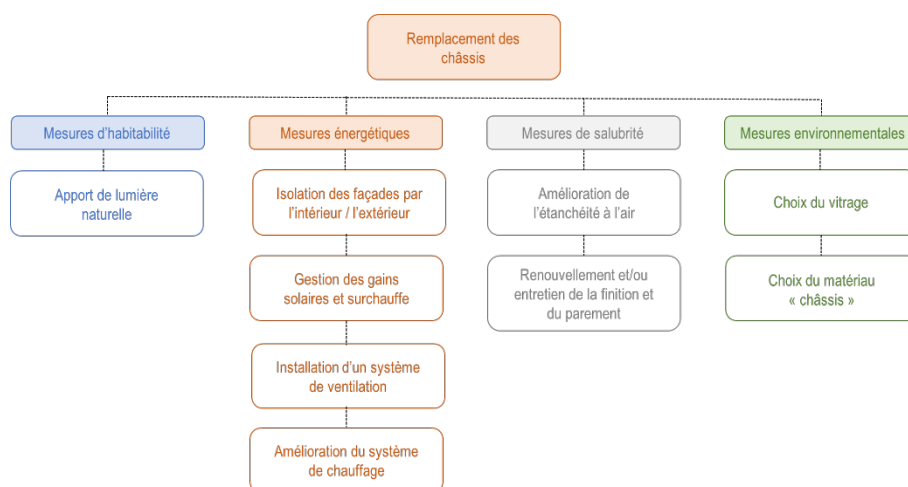


Figure 44 : -Mesures en interactions avec l'isolation du plancher des caves– ©Architecture et Climat

Sur base du tableau d'interactions, nous pouvons identifier plusieurs pistes de réflexion qui pourrait être poursuivies :

- Comme précité, la ventilation semble faire défaut au bâtiment, celle-ci devrait être étudiée conjointement si le remplacement des châssis était envisagé.

3.9.4 Méthode d'intervention

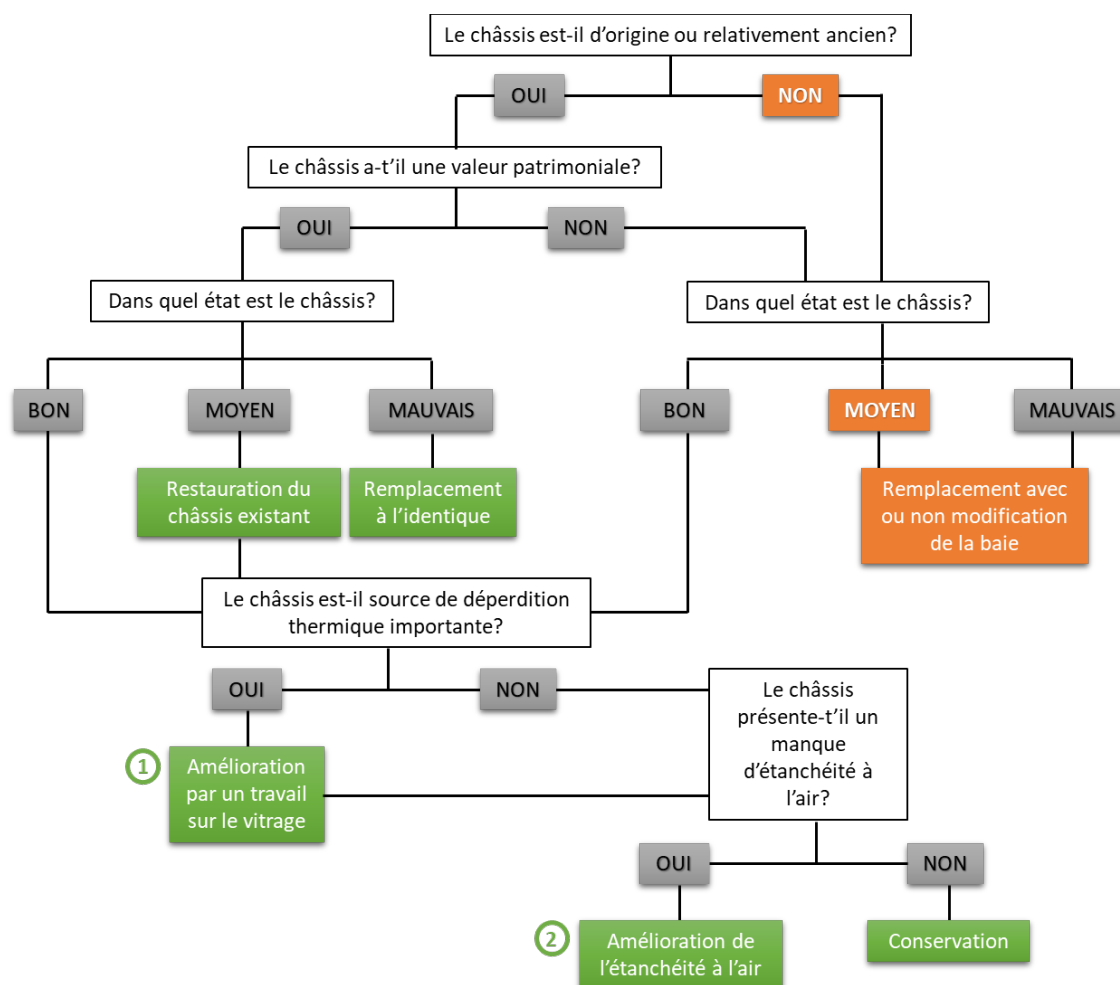


Figure 45 - Maison bourgeoise - Justification du remplacement des châssis – solution 2

Source : © P-renewal, Architecture et Climat

La Solution propose le remplacement des châssis bois existants par un châssis bois performant à double ou triple vitrage.

3.9.5 Description de la solution

La solution technique envisagée est la suivante :

- **Le remplacement du châssis existant par un châssis en bois plus performant** nécessitant les étapes de mise en œuvre suivantes : (1) dépose du châssis existant (y compris démontage de la tablette de fenêtre intérieure et de la finition des retours de baies), (2) pose des joints et membranes d'étanchéité à l'eau et à l'air, (3) pose du nouveau châssis, (4) pose éventuelle d'isolant entre le dormant et la maçonnerie existante, (5) réfection des finitions intérieures (linteau et retours de baies) et (6) repose de la tablette intérieure.

Les possibilités de vitrages sont les suivants :

- Double vitrage performant ;

- Double ou triple vitrage à haut rendement.

Remarque sur le choix des vitrages :

Le triple vitrage est très bénéfique vis-à-vis des déperditions d'hiver, mais réduit la transmission des apports solaires « gratuits » et l'éclairage naturel. Il ne peut conduire à un gain significatif que dans les zones froides et pour les expositions nord. C'est pourquoi il semble intéressant d'équiper les fenêtres exposées au sud et à l'ouest de doubles vitrages, les autres orientations pouvant être équipées de triples vitrages.

Les possibilités de matériaux pour les châssis sont les suivants :

- De manière générale, choisir un châssis performant à triple frappe ;
- Bois, Bois avec capot extérieur en aluminium, Bois-Liège, Aluminium, PVC... Le choix du matériau s'effectuera en fonction de la performance thermique du châssis « Uf » et de son esthétique, et en fonction de la nécessité d'entretien, du vieillissement du matériau, de l'impact environnemental du matériau d'origine, de sa méthode de fabrication et de son recyclage.

Les points d'attention engendrés par cette solution sont les suivants :

- La pose et la mise en œuvre de qualité des différents joints et membranes d'étanchéité (eau et air). Ces joints doivent être parfaitement continus et adhérer aux supports sur toute leur longueur ;
- Le placement d'un isolant dans le vide entre le dormant et la maçonnerie côté intérieur ;
- La repose correcte de la tablette de fenêtre.

Il est également important de souligner que cette mesure va améliorer sensiblement l'étanchéité à l'air du logement. **Il est donc impératif de réfléchir à la possibilité d'intégrer un système de ventilation conjointement au remplacement des châssis.**

Cette solution permet de répondre aux exigences de performances énergétiques tout en répondant également à des enjeux d'utilisation soutenable de ressources et en limitant l'impact environnemental des matériaux utilisés dans la rénovation.

3.10 Conclusion de l'analyse

Au terme de cette première analyse et sur base des données collectées, il est possible de dresser un premier tableau de synthèse reprenant les différentes mesures envisageables et adaptées à son bâtiment. Tout ne doit pas être réalisé. Elles peuvent être prises soit indépendamment soit en groupe.

Pour effectuer cette décision, il est important d'évaluer les différentes conséquences de chaque intervention sur le bâtiment. Ainsi la section suivant s'attachera à élargir le propos des critères habituel comme celui du budget à 3 autres tout aussi important :

- L'impact environnemental de la solution
- L'impact sur les aspects patrimoniaux du bâtiment
- L'impact sur les potentialités en termes d'habité

D'autres critères pourraient venir compléter encore la solution et l'étoffer, mais la vocation de ce document n'est pas d'être exhaustif, mais de donner les lignes de conduite pour entamer la rénovation de son bâtiment.

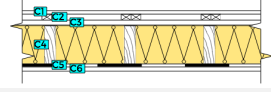
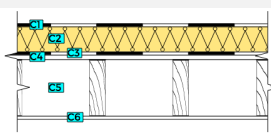
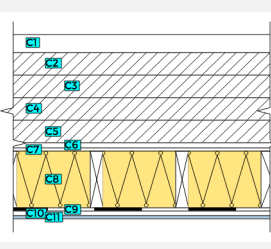
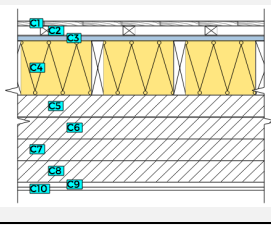
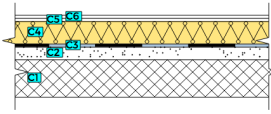
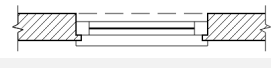
Parois	Priorité de l'intervention	Solution préconisée	Schéma
Versants de toiture	Envisageable	Isolation entre chevrons	
Toiture plate	Nécessaire	Isolation par l'extérieur avec ou non-rehausse des acrotères existants.	
Façade avant	Prioritaire	Isolation partielle sous-allège, entre ossatures	
Façade arrière	Prioritaire	Isolation par l'extérieur avec un bardage sur ossature	
Dalle de sol	Nécessaire	une isolation sur le dessus du plancher	
Châssis	Envisageable	Remplacement des châssis bois existants par un châssis bois performant à double ou triple vitrage	

Figure 46 - Récapitulatifs des solutions sélectionnées

4 ÉVALUER L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL D'UNE INTERVENTION

4.1 L'analyse du cycle de vie

4.1.1 Définition

Lorsque l'on parle d'impact environnemental d'un bâtiment, les consommations directes (chauffage, électricité...) constituent la partie la plus visible. Il ne s'agit cependant que de la partie émergée d'une question complexe. Tout d'abord parce que l'impact environnemental est plus large que la simple consommation des ressources primaires (comment prendre en considération par exemple les polluants générés, les gaz à effets de serre émis...), mais aussi comment éviter des effets de report ? L'amélioration de l'efficacité énergétique de l'enveloppe d'un bâtiment nécessite des matériaux plus coûteux en énergie tant pour les produire que les recyclés. Comment être sûr que l'économie ainsi réalisée lors de l'utilisation du bâtiment ne va pas se reporter sur d'autre phase ?

L'analyse du cycle de vie vise à répondre à ces questions. Il s'agit d'une technique de quantification de l'impact environnemental d'un produit, d'un élément ou d'un bâtiment complet pendant tout un cycle. On admet ainsi 4 phases de cycles de vie successives :

- **La phase de production/fabrication** : elle comprend l'extraction, le transport des matières premières ainsi que l'énergie nécessaire à la fabrication
- **La phase de mise en œuvre ou construction** : Elle comprend l'ensemble de l'énergie nécessaire à cette opération, y compris, le transport des matériaux de l'usine au chantier.
- **La phase d'utilisation** : Cette phase comprend aussi la maintenance et les réparations ou renouvellements/remplacements nécessaires.
- **La phase de fin de vie** : cette phase prendra en compte le démontage, le tri, le transport et le traitement final.

L'analyse du cycle de vie peut être vue comme un modèle mathématique à même de transformer des flux de matières ou d'énergies en impacts environnementaux.

4.1.2 Normes et méthode d'évaluations

Cette méthodologie est décrite par différentes normes internationales ou locales permettant d'accorder le résultat obtenu.

Ainsi l'étude devra être conforme aux exigences posées par les normes :

- ISO 14040 : Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadre
- ISO 14044 : Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Exigences et lignes directrices. Cette nouvelle norme, avec la version de 2006 de l'ISO 14040, annule et remplace les ISO 14041, 14042 et 14043, qui ont été révisées.

De plus, des normes harmonisées (CEN TC 350) en matière d'analyse environnementale des produits de construction et des bâtiments ont été publiées au niveau européen :

- EN 15804 Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products (CEN 2012)
- EN 15978 Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method (CEN 2011a)

- EN 15643-2 Sustainability of construction works - Assessment of buildings - Part 2: Framework for the assessment of environmental performance (CEN 2011b)
- TR 15941 Sustainability of construction works - Environmental product declarations – Methodology for selection and use of generic data (CEN 2010)

Dans le cas de l’outil TOTEM employé ici pour l’étude, les impacts environnementaux se fondent sur deux normes :

- La norme EN 15 804 : Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Déclarations environnementales sur les produits - Règles régissant les catégories de produits de construction. La norme a fait l’objet d’une évolution importante fin 2020. La méthode TOTEM respecte actuellement les principes de base de l’ancienne version de la norme (EN15804+A1), mais elle sera adaptée fin 2020 pour répondre aux exigences de la nouvelle version de la norme (EN15804+A2).
- La norme EN 15 978 : 2012 Contributions des ouvrages de construction au développement durable – Évaluation de la Performance environnementale des Bâtiments–Méthode de Calcul.

Ces normes définissent un cadre uniforme pour l’évaluation de la performance environnementale des matériaux et bâtiments tout au long de leur cycle de vie. Elles définissent par exemple les indicateurs à prendre en compte et les étapes du cycle de vie.

Les données utilisées dans Totem sont adaptées au contexte belge ; notamment en ce qui concerne les éléments suivants

- Le mix énergétique européen ou belge pour la production d’électricité,
- Les scénarios de transport pour l’importation des matières premières,
- Distances prises en compte pour le transport des matériaux (de l’usine au chantier)
- La durée de vie des matériaux
- Les scénarios de fin de vie des matériaux (données de transport et traitement des déchets).

4.1.3 Phases du cycle de vie

Lors d’une analyse du cycle de vie, il est important de déterminer les phases prises en compte par l’étude. En effet, plusieurs possibilités existent. Les méthodologies d’ACV reconnaissent 3 approches :

- Du berceau à la porte de l’usine (cradle to gate) : Cette méthode isole les impacts liés à la production d’un élément. On retrouvera ainsi l’extraction et le traitement des matières premières, l’énergie nécessaire, le transport vers l’usine ainsi que la production et le processus.
- Du berceau à la porte de l’usine avec option (cradle to gate with options) : Cette méthode permet d’élargir la première approche à d’autres phases du cycle de vie.
- **Du berceau à la tombe** : Dans cette variante, l’ensemble des phases sont analysées (production, mise en œuvre, démontage/destruction, traitements). Des hypothèses sont alors posées pour rencontrer au mieux la réalité de l’élément analysé. En Europe, cette méthode est imposée dans le cadre de la construction.

TOTEM permet la réalisation d'une analyse du berceau à la tombe, c'est-à-dire les étapes A, B et C sur la figure ci-dessous. En fonction du matériau, plusieurs statuts seront cependant affectés :

- Matériau neuf : Ce statut du matériau va inclure l'ensemble des étapes de vie du matériau (A, B, C);
- Matériau existant : Lors d'une rénovation, on peut souhaiter conserver certains matériaux existants. Pour ce faire, on considérera le matériau uniquement lors de l'étape d'utilisation (B1 à B7);
- Matériau de réemplois : Dans ce cas, la phase de production du matériau est omise et on ne considère alors que la mise en œuvre et l'utilisation. (A4, A5 et B1 à B7):

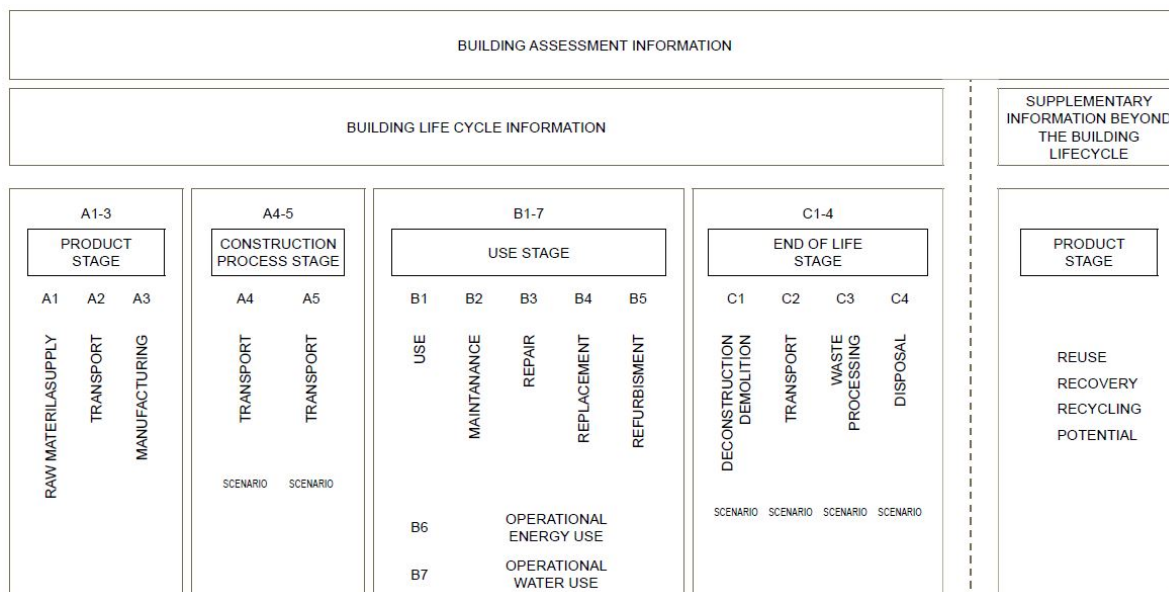


Figure 47 Vue d'ensemble des étapes du cycle de vie et les limites du système dans la norme européenne EN 15978: 2011 (CEN 2011a) – Source : Milieugerelateerde Materiaalprestatie van Gebouwelementen (MMG report) (www.ovam.be)

4.1.4 Évaluer l'impact environnemental avec l'outil Totem

a. Méthode générale d'évaluation de l'impact environnemental

Pour évaluer les impacts environnementaux, une méthode rigoureuse est nécessaire afin d'obtenir un résultat et une estimation pertinente. Celle-ci suit une méthode de détermination en plusieurs étapes décrite ci-dessous :

- Catégorisation des impacts

On sélectionne tous les impacts qui seront repris dans l'inventaire. Ils correspondent aux problématiques actuelles ou thèmes environnementaux jugés importants par la société. Les catégories sont souvent le résultat des émissions dans l'air, le sol et l'eau ainsi que l'extraction des ressources et de l'occupation des terres... À chaque catégorie est ensuite associé un indicateur quantitatif.

- Classifications

Une fois les catégories définies, chacun des flux est réparti dans les catégories. Il s'agit là d'un moment délicat, en effet, les effets d'un flux peuvent être multiples il faut donc vérifier qu'il n'y a pas de redondance dans la prise en considération de leurs impacts.

- Caractérisation

Les flux sont ensuite caractérisés en fonction de leurs contributions à l'impact. Cette étape permet la conversion des impacts vers une unité commune comme le CO₂ qui pourront ensuite être agrégés pour chaque flux et permettre une valeur unique à l'indicateur.

- Normalisation, regroupement et pondération

Une fois chaque flux caractérisé, il est possible de les rassembler dans une valeur plus large sur l'impact environnemental. Cependant pour ce faire il faut estimer le poids de chacun des indicateurs. Cette étape est délicate dans la mesure où la hiérarchisation des critères est une tâche subjective qui pourra amener à différents résultats en fonction des jugements opérés. Il est à noter aussi qu'il n'existe dès lors pas de norme qui fasse consensus.

Dans le cas de TOTEM, cette note unique est une monétarisation des impacts.

L'objectif est alors d'obtenir une note générale pour l'ensemble des critères.

- Interprétation

Les chiffres seuls ne suffisent pas, il faut les contextualiser et expliquer ce qu'ils peuvent nous indiquer. Ainsi, une étape d'analyse et d'interprétation est nécessaire. Elle permettra aussi de signaler les limites de l'étude afin d'éviter toute interprétation trompeuse.

Pour ce faire il est important que les résultats soient exprimés clairement, de même que la méthodologie.

b. Les indicateurs

Pour évaluer l'impact environnemental, différents facteurs ont été définis. La norme EN15804 en renseigne une partie et l'outil TOTEM en utilise 17 répartis sur deux catégories : CEN et CEN+.

Les indicateurs CEN sont des indicateurs reconnus mondialement et faisant l'objet d'un consensus. Concernant les indicateurs CEN+, ceux-ci font encore l'objet de discussions.

Indicateurs CEN	unité
Changement climatique (Global warming)	kg CO ₂ eqv.
Détérioration de la couche d'ozone (Ozone depletion)	kg CFC-11 eqv.
Acidification du sol et de l'eau (Acidification for soil and water)	kg SO ₂ eqv.
Eutrophisation (Eutrophication)	kg (PO ₄) ₃ - eqv.
Formation d'oxydants photochimiques (Photochemical ozone creation)	kg éthane eqv.
Épuisement des matières premières non fossiles (Depletion of abiotic resources: elements)	kg Sb* eqv.
Épuisement des matières premières fossiles (Depletion of abiotic resources: fossil fuels)	MJ, net calorific value

Tableau 1 : Indicateurs CEN intégré dans l'outil TOTEM

Indicateurs CEN+	unité
Effets de rayonnement ionisant sur l'homme (ionising radiation, human health)	kg U235 eq
Écotoxicité: eau douce (écotoxicité: freshwater)	CTUe
Formation de particules fines (particulate matter)	kg PM2.5 eq
Toxicité humaine : effets cancérogènes (human toxicity, cancer effects)	CTUh

Toxicité humaine : effets non cancérogènes(human toxicity, non-cancer effects)	CTUh
Pénurie en eau (water depletion)	m ³ water eq
Utilisation du sol : matière organique (Land use occupation: soil organic matter)	kg C déficit
Utilisation du sol : biodiversité (Land use occupation: Biodiversity)	m ² ire
Transformation du sol : matière organique (Land use transformation: soil organic matter)	kg de déficit
Transformation du sol : biodiversité (Land use transformation: Biodiversity)	m ²

Tableau 2 : Indicateurs CEN+ intégré dans l'outil TOTEM

Ces indicateurs constituent l'agrégation des flux (entrants – matières premières, transformées, énergies – et sortant – rejets, déchets, émissions) au sein de catégorie d'impact. Chaque impact est classé selon sa position dans la chaîne de cause. Ainsi on distingue :

- Les effets primaires : découlant directement des activités étudiées comme l'émission de gaz CFC ;
- Les effets secondaires : qui sont des conséquences par exemple la destruction de la couche d'ozone, qui augmente la pénétration des rayons UV et donc les problèmes de cataractes ou de cancer ?

TOTEM est un outil qui va permettre une caractérisation des effets secondaires. On parle d'une méthode orientée sur les dommages.

c. La base de données

La base de données de l'outil TOTEM a été développée par le VITO, le CSTC et la KULeuven sur base de données génériques issus de la base de données suisse Ecoinvent, internationalement reconnue. Cette base de données a été choisie pour ses qualités multiples : exhaustivité, transparence, adaptabilité/modularité (possibilité d'adaptation aux scénarios représentatifs pour la Belgique), fiabilité, disponibilité des informations par rapport à l'incertitude des données, Actualisation régulière, disponibilité des données représentatives pour l'Europe occidentale et la Belgique.

À court terme, les données « fabricants » issues des analyses de cycle de vie et des déclarations environnementales de produit (en cours de vérification au CSTC) seront introduites dans la base de données TOTEM. Il sera donc alors possible d'utiliser les valeurs d'indicateurs renseignées dans les déclarations environnementales de produit (EPD), qui fournissent des données particulières sur les impacts d'un produit spécifique (marque, type, site de production ...).

d. La durée de vie du bâtiment et des composants

L'analyse de cycle de vie se fait sur une durée de vie de 60 ans, ce qui signifie que l'on considère qu'après 60 ans, une rénovation lourde aura lieu et qu'il est dès lors justifié de considérer les impacts des matériaux sur cette période.

Cependant, la durée de vie de chaque matériau varie en fonction de son usage, sa situation dans le bâtiment... Ainsi, TOTEM fait appel à sa base de données pour définir a priori la durée de vie d'un élément.

Si celle-ci est inférieure à 60 ans, on va alors considérer que le matériau devra être remplacé intégralement, et ce autant de fois que nécessaire multipliant dès lors les impacts dus à ce matériau.

La durée de vie d'un matériau n'est pas modifiable dans l'outil et empêchent alors de considérer la préservation de certain matériau au terme de l'analyse du premier cycle de vie, bien que cela eu put être souhaitable.

e. Résultats

Les impacts environnementaux d'un élément ou d'un bâtiment sont exprimés dans TOTEM par différents « scores » proposés à plusieurs niveaux :

- Un coût environnemental total « monétariste »
- Des scores détaillés :
 - En %, réparties par catégorie d'élément (score au niveau bâtiment)
 - En % réparti par matériaux (score au niveau élément)
 - Avec le détail pour la part « matériaux » et la part « énergie »
 - Avec le détail par indicateur d'impact environnemental
 - Avec le détail par étape du cycle de vie

Afin de faciliter la comparaison entre variantes, les différents impacts environnementaux considérés dans TOTEM peuvent être agrégés en un score unique, exprimé en € par unité fonctionnelle (m2, m ou unité pour un élément, m2 de plancher pour un bâtiment).

Ce score monétariste (coût environnemental) est obtenu en additionnant les scores de chaque indicateur (x kg éq. CO2 pour le réchauffement climatique) multipliés au préalable par un facteur de monétarisation spécifique (par exemple 0.05€/kg éq. CO2 pour le réchauffement climatique).

Le résultat environnemental monétariste est présenté selon le niveau et l'unité fonctionnelle (UF) utilisée :

- Pour les éléments planaires (par exemple les murs), cela correspond à 1 m² de l'élément considéré
- Pour les éléments linéaires (par exemple les poutres), cela correspond à 1 m de l'élément considéré ;
- Pour les éléments 'à la pièce' (par exemple les portes), cela correspond à une pièce de l'élément considéré
- Pour un bâtiment : en €/ m² de surface de plancher brute du bâtiment

▪ Remarques sur la monétarisation

Les facteurs de monétarisation représentent les coûts portés par la société pour remédier aux dommages causés à l'environnement (ex. soins de santé, perte de biodiversité) ou mettre en œuvre des mesures de prévention pour éviter ces dommages.

Ces indicateurs offrent l'avantage d'agréger en un seul résultat une réalité complexe, mais il faut savoir rester critique quant à leur usage.

En effet l'utilisation d'une monétarisation fait appel à des éléments politique et sociologique en tentant d'estimer ce que la société est disposée à payer pour éviter un dommage environnemental. Cela pose aussi la question de la valorisation de chacun des critères.

- **Monétarisation du réchauffement climatique**

Dans l'outil TOTEM, l'impact « Réchauffement climatique » **est monétariste à raison de 0,05 € pour 1kg CO₂ émis.**

Ce facteur de monétarisation est basé sur les coûts de prévention, c'est-à-dire le coût estimé des politiques pour rester sous +2°C par rapport à 1990, qui a été comparé avec le facteur obtenu par la méthode des coûts des dommages. Cependant, l'évaluation ne prend pas en compte l'ensemble des impacts du réchauffement climatique, spécialement ceux liés aux scénarios extrêmes. De plus, actuellement, les politiques mises en œuvre se révèlent insuffisantes pour atteindre les objectifs. Or c'est le coût de ces politiques qui est la base de la monétarisation.

- **Monétarisation de l'épuisement des ressources abiotiques fossiles**

Dans l'outil TOTEM, l'impact « Épuisement des ressources abiotiques fossiles » qui peut être assimilé à l'énergie grise non renouvelable **est monétariste à raison de 0,00 € pour 1MJ utilisé.**

Le facteur de monétarisation de l'épuisement des ressources fossiles est nul, parce qu'il est considéré que les coûts de la raréfaction de la ressource sont intégrés dans les coûts du marché (le prix de vente du matériau). L'application de ce facteur nul est également justifiée par la considération du fait que les impacts de la consommation d'énergie fossile sont principalement liés aux émissions de gaz à effets de serre qu'engendre leur combustion.

▪ **Remarque sur l'agglomération des résultats – énergie utilisée dans le bâtiment et matériaux**

L'outil TOTEM considère, dans le score agrégé et monétariste, les impacts environnementaux liés à l'utilisation des matériaux et composants constituant les différentes parois du bâtiment (selon leur durée de vie), mais également les impacts environnementaux liés à l'utilisation d'énergie de chauffage lorsque le bâtiment est occupé (et ce pendant 60 ans) et ce, en raison des pertes par transmission à travers les parois.

Pour estimer la quantité d'énergie de chauffage nécessaire, l'outil TOTEM évalue la valeur U de chaque paroi créée.

Afin de pouvoir identifier clairement les impacts environnementaux liés au choix des matériaux, il faut exporter le fichier Excel et prendre uniquement les résultats correspondant à l'onglet « étapes du cycle de vie – matériaux ». Ces résultats n'apparaissent pas automatiquement ni clairement.

Cette manière d'évaluer ne permet pas non plus de comparer aisément entre eux plusieurs matériaux. Pour comparer différents choix de matériaux, on doit créer des variantes d'un même élément en changeant chaque fois le matériau à comparer, puis comparer les différentes variantes.

Dans cette étude, ces deux scores seront donc séparés et discutés séparément.

4.2 Application de la méthode au cas d'étude

L'étude se déroulera en plusieurs étapes :

4.2.1 Modéliser les cas d'études

Pour réaliser l'étude, plusieurs types de données doivent être récoltées. Ainsi, pour chaque cas d'études, il faut connaître :

- La description du projet
- Les propriétés géométriques (volume, nombre d'étages ...)
- La composition des parois

En plus de ces informations qui constitueront la base du projet, il faut définir les interventions d'isolation qui seront réalisées ainsi que chaque matériau employé. Pour pouvoir comparer les résultats, il est important que pour chaque projet, les mêmes matériaux soient employés. Ceci demande donc la mise en place d'une bibliothèque commune d'éléments.

La méthodologie des différentes étapes est décrite ci-dessous :

a. Description des cas d'étude

▪ **Données à fournir :**

Pour chaque bâtiment, Totem nécessite une série d'information de base non géométrique sur le projet.

- Le type de construction (ici une rénovation)
- La date projetée de la rénovation
- Le nombre d'habitants
- La fonction du bâtiment (résidentiel)

▪ **Obtention des données et hypothèses faites**

Vu la typologie des cas d'études (maison bourgeoise/ouvrière unifamiliale), le nombre de personnes a été évalué à 5 (une famille nombreuse).

Une série d'informations supplémentaires sont rajoutées à cette étape pour permettre l'identification aisée des cas d'études tels que leur adresse ou le nom de référence qui sera employé pendant toute l'étude.

Cas d'étude 01		
Nom	Prospérité	
Abréviation	Pro.	
Adresse	23, Rue de la prospérité, 1080 Molenbeek	
Type de construction	Rénovation	
Date projetée de la rénovation	01/01/2020	
Fonction du bâtiment	Résidentiel	
Type de bâtiment	Maison bourgeoise	
Nombre d'habitants	5 personnes	

b. Définition des propriétés géométriques des cas d'études

▪ Données à fournir

Au terme de cette étape, on obtient :

- La surface de plancher brut du bâtiment
- Le volume chauffé
- Le nombre d'étages
- La surface de l'enveloppe

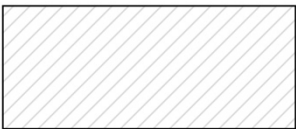
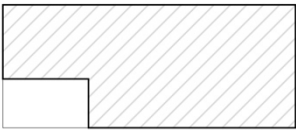
▪ Obtention des données et hypothèses faites

La géométrie est obtenue à partir des données publiques disponibles. Plusieurs sources sont alors utilisées :

- Les données cadastrales de Brugis
- Les données 3D d'Urbis-Data

Pour compléter celle-ci, un relevé photographique des façades est réalisé pour permettre d'affiner les données.

À partir de ce jeu de donnée, des plans et coupes sont réalisés de même qu'une maquette numérique Sketchup avec uniquement l'enveloppe du bâtiment. Celle-ci permettra de calculer facilement toutes les surfaces de l'enveloppe.

Prospérité			
Surface de plancher brut	342 m ² (avec les combles)		
Volume chauffé	1380 m ³		
Nombre d'étages	R+2 sans les combles		
Surface de l'enveloppe	430,3 m ² (sans les murs mitoyens)		
Plan du rez-de-chaussée		104 m ²	
Plan du 1 ^{er} étage		92m ²	
Plan du 2 ^e étage		73m ²	
Plan du 3 ^e étage (combles)		73m ²	



c. Constitution d'une bibliothèque d'éléments

Afin d'assurer une cohérence entre les 3 cas d'études et les compositions « matérielles » des mesures de rénovation sur l'enveloppe de ceux-ci, l'étude utilise à chaque fois les mêmes matériaux pour l'encodage des éléments.

Cette phase se fait en deux étapes. En définissant d'abord les matériaux de construction génériques et ensuite les isolants sélectionnés.

▪ **Données à fournir**

Pour chaque matériau sont repris dans un tableau synthétique :

- La paroi
- Le composant
- Le nom et la description Totem
- La valeur lambda encodée

▪ **Obtention des données et hypothèses faites**

9 isolants ont été sélectionnés sur deux critères :

- Ceux le plus utilisé actuellement dans le secteur de la construction
- Une série d'isolants biosourcés présents sur le marché belge et avec un procédé de mise en œuvre applicable aux cas d'études

Pour chacun de ses isolants, une épaisseur est suggérée. Celle-ci se base sur les critères de résistance thermique de l'isolant définis par la région bruxelloise pour l'obtention des subsides.

Ainsi, l'isolant parois verticales doivent proposer une résistance de 2 m²K/W et celui des toitures 4 m²K/W

Parois	Composant	Bibliothèque matériaux TOTEM	Valeur lambda encodée
Toit à versant	Couverture	Tuiles - terre cuite ou céramique (non émaillée; 246 x 195 mm) y compris crochets de fixation de tuile	/
		Revêtement toiture - surfaces en pente - ardoise - ardoise naturelle, indigène (400x200x3 mm) y compris crochets d'ardoises	/
		Revêtement toiture - surfaces en pente - ardoise - ardoise naturelle, importée (400x200x3 mm) y compris crochets d'ardoises	/
	Lattage / contre-lattage	Infrastructure pour revêtement toiture- voliges (26 x 32 mm) bois résineux - pour tuiles céramiques	/
		Infrastructure pour revêtement toiture - voliges (27 x 36 mm) bois résineux – pour ardoises naturelles	/
	Pare-pluie	panneau en fibres de bois latex 22 mm, cloué - pour tuiles en béton et en céramique et ardoises naturelles	0,047
		panneau en fibres de bois bituminé 22 mm, cloué - pour tuiles en béton et en céramique et ardoises naturelles	0,047
	Éléments de charpente	Toiture en pente - profilés - chevrons - bois dur (non traité; 175 mm; 100%)	/
	« existant »	Toiture en pente - profilés - pannes - bois dur (non traité; hauteur 225 mm; 100%)	/
	Éléments de charpente nouveaux	Toiture en pente - profilés - chevrons - bois résineux (traité; 200 mm; 100%)	0,13
	Pare-vapeur	Pare-vapeur - polyéthylène (PE) agrafé	/
	Finitions intérieures nouvelles	Infrastructure pour revêtement toiture - panneau - panneau OSB (18 mm) cloué	0,13
		Finition de mur, intérieur - panneaux - plaque de plâtre, 1 couche (épaisseur 12,5 mm) vissé (sous-structure non comprise) y compris remplissage des joints	0,25
		Revêtement plafond - panneau - à base de plâtre (1,25 cm) largeur 1,2 m, vissé, y compris remplissage des joints	0,25
Toit plat	Éléments de charpente - existant	Dalle de toiture - toiture plate - poutre en bois dur (non-traité; 200 mm; 100%) y compris vis	
	Revêtement extérieur	Dalle de plancher - toiture plate - panneaux - panneau OSB (18 mm) cloué	0,13
		Revêtement toiture - surfaces horizontales - en lés - bitume polymère - collé à l'aide de colle à froid	
		Revêtement toiture - surfaces horizontales - en lés - EPDM - partiellement collés	
		Revêtement toiture - surfaces horizontales - en lés - bitume polymère - collé à l'aide de colle à froid	
	Pare-vapeur	Revêtement toiture - pare-vapeur - polyéthylène (PE) agrafé	
	Revêtements intérieurs	Finition de mur, intérieur - panneaux - plaque de plâtre, 1 couche (épaisseur 12,5 mm) vissé (sous-structure non comprise) y compris remplissage des joints.	0,25
		Dalle de plancher - toiture plate - panneaux - panneau OSB (18 mm) cloué	0,13
Plancher des combles	Charpente / structure existante	Mur extérieur - porteur - parti primaire - ossature en bois (non traité, vissé sur site; 100%) 140 mm	
	Plancher à voussettes	Dalle de toiture - toiture plate - poutres en acier (IPÉ 140, 14 cm, entraxe 75 cm)	
		Mur mitoyen - porteur - parti primaire - briques de terre cuite (190 x 90 x 50) maçonnées - y compris mortier chaud et rejointoyage (1,5 cm joint)	
	Remplissage	Plancher, sous-couche pour revêtement de sol - mortier chaud-trass	
	Revêtement supérieur	Dalle de plancher - toiture plate - panneaux - panneau OSB (18 mm) cloué	0,13
		Plancher, sous-couche pour revêtement de sol - chape à base de ciment	

Parois	Composant	Bibliothèque matériaux TOTEM	Valeur lambda encodée
	Revêtement inférieur	Finition de mur, intérieur - enduit - enduit de plâtre sur maçonnerie - mécanique (pour peinture ou papier peint)	
		Dalle de plancher - toiture plate - panneaux - panneau de particules (18 mm) cloué	
		Finition de mur, intérieur - panneaux - plaque de plâtre, 1 couche (épaisseur 12,5 mm) vissé (sous-structure non comprise) y compris remplissage des joints	0,25
Murs de façade et pignons	Mur porteur existant en briques pleines	Mur mitoyen - porteur - parti primaire - briques de terre cuite (190 x 90 x 50) maçonnées- y compris mortier chaux et rejointoyage (1,5 cm joint)	0.7809
	Ossature bois pour isolation intérieure	Mur intérieur - non porteur - parti primaire - ossature en bois (non traité, vissé sur site; 100%) 100 mm	0,13
	Ossature bois pour isolation extérieure	Mur extérieur - porteur - parti primaire - ossature en bois (traité, cloué sur site; 100%) 220 mm	
	Pare-vapeur – isolation par l'intérieur	Finition de mur, intérieur - pare-vapeur - 50% polypropylène (PP)/50% polyéthylène (LDPE) - fixé avec du ruban adhésif	
	Finitions intérieures existantes	Finition de mur, intérieur - enduit - enduit de plâtre sur maçonnerie - mécanique (pour peinture ou papier peint) – 10 mm	0,4
		Revêtement plafond – enduit – plâtre – enduit à la chaux maçonnerie – 20 mm	
	Finitions intérieures nouvelles	Finition de mur, intérieur - panneaux - plaque de plâtre, 1 couche (épaisseur 12,5 mm) vissé (sous-structure non comprise) y compris remplissage des joints	0,25
		Finition de mur, intérieur – panneaux – panneau OSB (18mm) vissé	0,13
		Finition de mur, intérieur - badigeon à la chaux sur maçonnerie – sur bloc chaux-chanvre uniquement	/
	Finitions extérieures	Finition de mur, extérieur - élément de fermeture - bardage en bois (non traité) mélèze (épaisseur 22 mm) - vide ventilé	
Dalle de sol	Structure existante	Dalle de sol - béton armé coulé sur site (150 mm; 2 treillis d'armature, maille 150 x150 Ø 8 mm)	
	Revêtement supérieur existant	Revêtement de sol, dur - carreaux-ciments (indigènes; 200x200x16 mm) mortier chaud – 5cm	
		Revêtement de sol, dur - chape fluide à base de granito/terrazzo - 150 mm	
		Plancher, sous-couche pour revêtement de sol - chape à base de ciment	
		Revêtement de sol, dur - carreaux - céramique (grès pressé, émaillé; 300x300) collés	
	Membranes	Dalle de sol - membrane d'étanchéité - polyéthylène 2/10	
	Nouveau revêtement	Dalle de plancher - toiture plate - panneaux - panneau OSB (18 mm) cloué	0,13
		Finition de mur, intérieur - panneaux - plaque fibres-gypse, 1 couche, vissé (sous-structure non comprise) largeur 60 cm, y compris remplissage des joints	0,25
		Plancher, sous-couche pour revêtement de sol - chape à base de ciment armé (50mm)	
		Revêtement de sol, dur - carreaux - céramique (grès pressé, émaillé; 300x300) collés	
Plancher sur caves	Structure massive	Dalle de toiture - toiture plate - poutres en acier (IPÉ 140, 14 cm, entraxe 75 cm)	
	Plancher à voûte ou à voussettes	Mur mitoyen - porteur - parti primaire - briques de terre cuite (190 x 90 x 50) maçonnées- y compris mortier chaux et rejointoyage (1,5 cm joint)	
	Remplissage	Plancher, sous-couche pour revêtement de sol - mortier chaux-trass	

Parois	Composant	Bibliothèque matériaux TOTEM	Valeur lambda encodée
	Revêtement supérieur	Plancher, sous-couche pour revêtement de sol - chape isolante avec granulats de perlite expansée - seulement au-dessus de la dalle de sol	
		Revêtement de sol, dur - carreaux - céramique (grès pressé, émaillé; 300x300) collés	
		Finition de mur, intérieur - panneaux - plaque fibres-gypse, 1 couche, vissé (sous-structure non comprise) largeur 60 cm, y compris remplissage des joints	0,25
	Revêtement inférieur	Dalle de plancher - toiture plate - panneaux - panneau OSB (18 mm) cloué	0,13
		Revêtement plafond - enduit - plâtre - application mécanique sur béton armé	

Nom	Ref	Nom complet	λ	Épaisseur en toiture	Épaisseur dans les murs et dalles
			W/mK	R = 4 m²K/W	R = 2 m²K/W
Laine de bois	WS1135	Mur extérieur - porteur Isolation thermique Matelas Laine de bois Pour remplissage entre ossatures bois Fixation par serrage	0,038 W/mK	0,152 m	0,076 m
Laine de verre	WS362	Mur mitoyen Isolation thermique Matelas Laine de verre Pour remplissage entre ossatures bois Fixation par serrage	0,032 W/mK	0,128 m	0,064 m
Cellulose	WS172	Mur extérieur - porteur Isolation thermique Flocons Cellulose Pour remplissage entre ossatures bois Insufflé sur site	0,04 W/mK	0,16 m	0,08 m
PUR	WS611	Finition de toiture Isolation thermique Panneau PUR - feutre en fibre de verre bitumineux (60 mm) Partiellement collé Sur dalle de toiture en béton, tôle de toiture ou finition bitume	0,024 W/mK	0,096 m.	0,048 m
Verre cellulaire	WS633	Finition de toiture Isolation thermique Panneau Verre cellulaire (150 mm) Collé Sur dalle de toiture	0,045 W/mK	0,18 m	0,09 m
Panneau de liège	WS39	Finition de sol Isolation thermique Panneau Liège expansé Sur dalle isolant	0,04 W/mK	0,16 m	0,08 m
Laine de roche	WS475	Finition de sol Isolation thermique Panneau Laine de roche Sur dalle	0,024 W/mK	0,096 m	0,048 m
EPS	WS288	Mur - finition extérieure Isolation thermique Panneau EPS Pour mur creux	0,032 W/mK	0,128 m	0,064 m
PUR	WS362	Plancher sur sol Isolation thermique Panneau PUR - Couche d'aluminium (90 mm) Sous dalle	0,024 W/mK	0,096 m	0,048 m

d. Définir les types de parois et stratégie appliquées

Pour chaque cas d'étude, une bibliothèque d'éléments/parois a été développée sur base des mesures de rénovation proposées pour l'enveloppe de chaque cas d'étude. Cette bibliothèque d'éléments reprend ainsi pour chaque cas d'étude et pour chaque paroi composant l'enveloppe :

- Les parois existantes, intitulées « EXIST »
- Les mesures de rénovation appliquée à la paroi existante, intitulé « RENO ». Chaque mesure est encodée avec trois isolants différents : RENO1, RENO2, RENO3.

■ **Données à fournir**

- Le type de paroi décrit sous forme de couche
- Les stratégies décrites sous forme de couche

Pour chaque couche de la paroi, les différents éléments doivent être indiqués :

- Le type de matériau
- Le statut (rénové ou existant)
- L'emprise sur la couche (en %)
- L'épaisseur (en mm)
- La durée de vie (définis par Totem)
- La conductivité thermique (λ)

■ **Obtention des données et hypothèses faites**

Pour identifier le nombre de types de parois nécessaire, la composition de chaque paroi est relevée sur base d'observation photo. Pour chaque composition un type est proposé. Les variations de composition sont attendues dans différents cas de figure :

- Selon la fonction que la paroi occupe dans le bâtiment, entre le toit et les fenêtres par exemple. Ce type de distinction nécessitera l'utilisation de techniques distinctes d'isolation.
- Selon la position de la paroi, entre la façade avant ou arrière par exemple, m'épaisseur des murs, ou la finition varie. S'il est possible d'utiliser la même technique pour chacun des murs, chaque composition aura une résistance thermique différente et donc nécessitera plus ou moins d'isolant.

Une fois chaque type défini, une composition de parois générique y est attribuée. Celle-ci tâchera au mieux de représenter l'ensemble du type. Sa détermination est faite sur base d'observation, mais aussi de recoupement avec d'autres études réalisées sur des bâtiments similaires. Cette phase permet la définition deux valeurs clefs nécessaires : le type de matériaux sa position et son épaisseur. Enfin, pour chaque type de parois, sa surface est mesurée à partir de la maquette numérique, et ce sur chaque cas d'études.

Pour chaque type de parois, une technique de rénovation a été sélectionnée. Celle-ci a été choisie sur deux critères :

- La facilité d'exécution ;
- La réversibilité.

La réversibilité d'une solution est importante pour assurer la durabilité à long terme d'une solution, permettant le remplacement facile d'éléments défectueux (isolation humide, chevrons fragiles ...)

Chaque stratégie est ensuite déclinée sur base de 3 isolants. L'étude permettra donc :

- De comparer l'utilisation de différent type d'isolants pour la rénovation des différents parois
- De comparer une solution d'isolation par parois avec les autres techniques appliquées aux autres parois.

L'étude se concentre sur l'étude de la rénovation des parois extérieures. Pour ce faire, l'enveloppe extérieure de chaque cas d'études sera subdivisée en parois types selon la division suivante :

Éléments de parois			
01	Façade	Avant avec enduit	Av.01
		Avant avec pierre bleue	Av.02
		Arrière avec enduit	Ar
02	Plancher	Sur cave	DE
		Des combles	PC
03	Toiture	Versants	TV
		Plate	TP
04	Vitrage		MF

Ci-dessous sont repris l'ensemble des types de parois et leurs variantes rénovées, sont adjointes les principales valeurs.

ID	Nom	Catégorie	Épaisseur	Valeur U	Référence BB/sfb	Durée de vie élément
01	FAC_AV01_EXIST	Mur-Mur extérieur	0,45	1,46	(21)+	≥60
01	FAC_AV01_RENO1	Mur-Mur extérieur	0,7	0,23	(21)+	≥60
01	FAC_AV01_RENO2	Mur-Mur extérieur	0,7	0,24	(21)+	≥60
01	FAC_AV01_RENO3	Mur-Mur extérieur	0,7	0,23	(21)+	≥60
01	FAC_AV01_EXIST	Mur-Mur extérieur	0,48	1,75	(21)+	≥60
01	FAC_AV02_RENO1	Mur-Mur extérieur	0,73	0,24	(21)+	≥60
01	FAC_AV02_RENO2	Mur-Mur extérieur	0,73	0,24	(21)+	≥60
01	FAC_AV02_RENO3	Mur-Mur extérieur	0,73	0,24	(21)+	≥60
01	FAC_AR_EXIST	Mur-Mur extérieur	0,39	1,87	(21)+	≥60
01	FAC_AR_RENO1	Mur-Mur extérieur	0,68	0,21	(21)+	≥60
01	FAC_AR_RENO2	Mur-Mur extérieur	0,68	0,21	(21)+	≥60
01	FAC_AR_RENO3	Mur-Mur extérieur	0,68	0,21	(21)+	≥60
02	DS_EXIST	Plancher-Plancher au-dessus d'un local non chauffé	0,21	3,26	(13)+	≥60
02	DS_RENO1	Plancher-Plancher au-dessus d'un local non chauffé	0,31	0,24	(13)+	≥60
02	DS_RENO2	Plancher-Plancher au-dessus d'un local non chauffé	0,31	0,24	(13)+	≥60
02	PC_EXIST	Plancher-Plancher du grenier	0,26	1,96	(23)+	≥60
02	PC_RENO1	Plancher-Plancher du grenier	0,46	0,2	(23)+	≥60
02	PC_RENO2	Plancher-Plancher du grenier	0,46	0,19	(23)+	≥60
02	PC_RENO3	Plancher-Plancher du grenier	0,46	0,19	(23)+	≥60
03	TV_EXIST	Toiture-Toiture en pente	0,24	2,2	(27.2)+	≥60
03	TV_RENO1	Toiture-Toiture en pente	0,24	0,19	(27.2)+	≥60
03	TV_RENO2	Toiture-Toiture en pente	0,24	0,19	(27.2)+	≥60
03	TV_RENO3	Toiture-Toiture en pente	0,24	0,19	(27.2)+	≥60

03	TP_EXIST	Toiture-Toiture plate	0,26	1,79	(27.1)+	≥60
03	TP_RENO1	Toiture-Toiture plate	0,37	0,21	(27.1)+	≥60
03	TP_RENO2	Toiture-Toiture plate	0,43	0,22	(27.1)+	≥60
03	TP_RENO3	Toiture-Toiture plate	0,45	0,45	(27.1)+	≥60
04	MF_EXIST	Ouverture-Fenêtre extérieure	-	1,58	(31)+	30
04	MF_RENO1	Ouverture-Fenêtre extérieure	-	0,9	(31)+	30

■ Façade avant avec enduit – AV01

ID	Nom	Statut	%	Épaisseur	λ	durée de vie	Schémas
01_FAC_AV01_EXIST				0,45 m	U= 1,46 W/m²K		
C1	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	100%	0,07 m	0,400	40 ans	
C2	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,088 m	1,330	60 ans	
C3	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,088 m	1,330	60 ans	
C4	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,088 m	1,330	60 ans	
C5	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,088 m	1,330	60 ans	
C6	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	100%	0,02 m	0,400	40 ans	
C7	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	100%	0,01 m	0,400	40 ans	
01_FAC_AV01_RENO1				0,702 m	U= 0,23 W/m²K		
C1	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	1	0,07	0,4	40	
C2	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C3	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C4	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C5	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C6	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	1	0,02	0,4	40	
C7	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	1	0,01	0,4	40	
C8	Couche composée	Nouveau	-	0,22	-	60	

a.	Isolation thermique Matelas Laine de bois Pour remplissage entre ossatures bois	nouveau	0,85	0,16	0,038	60	
B.	Partie primaire Ossature Bois résineux - Bois dur (220 mm) Cloué	Nouveau.	0,15	0,22	0,136	60	
C9	Pare-vapeur Feuille d'étanchéité PP - PE (0.22 mm) Scotché	Nouveau.	1	0,001	-	60	
C10	Structure portante Panneau OSB (18 mm) Vissé	Nouveau.	1	0,018	0,13	60	
C11	Revêtement Panneau Plâtre (12.5 mm) Vissé	Nouveau.	1	0,0125	0,25	30	



01_FAC_AV01_RENO1				0,702 m	U= 0,24 W/m²K		
C1	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	100%	0,07 m	0,400	40 ans	
C2	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,088 m	1,330	60 ans	
C3	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,088 m	1,330	60 ans	
C4	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,088 m	1,330	60 ans	
C5	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,088 m	1,330	60 ans	
C6	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	100%	0,02 m	0,400	40 ans	
C7	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	100%	0,01 m	0,400	40 ans	
C8	Couche composée	Nouveau	-	0,22 m	-	60 ans	
a.	Isolation thermique Matelas Laine de verre Pour remplissage entre ossatures bois	nouveau	85%	0,15 m	0,036	60 ans	
B.	Partie primaire Ossature Bois résineux - Bois dur (220 mm) Cloué	Nouveau.	15%	0,22 m	0,136	60 ans	
C9	Pare-vapeur Feuille d'étanchéité PP - PE (0.22 mm) Scotché	Nouveau.	100%	0,001 m	-	60 ans	
C10	Structure portante Panneau OSB (18 mm) Vissé	Nouveau.	100%	0,018 m	0,130	60 ans	
C11	Revêtement Panneau Plâtre (12.5 mm) Vissé	Nouveau.	100%	0,013 m	0,250	30 ans	

01_FAC_AV01_RENO3				0,702 m	U= 0,23 W/m²K		
C1	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	100%	0,07 m	0,400	40 ans	
C2	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,088 m	1,330	60 ans	
C3	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,088 m	1,330	60 ans	
C4	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,088 m	1,330	60 ans	
C5	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,088 m	1,330	60 ans	
C6	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	100%	0,02 m	0,400	40 ans	
C7	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	100%	0,01 m	0,400	40 ans	
C8	Couche composée	Nouveau	-	0,22 m	-	60 ans	
a.	Isolation thermique Flocons Cellulose Pour remplissage entre ossatures bois	nouveau	85%	0,17 m	0,040	60 ans	
B.	Partie primaire Ossature Bois résineux - Bois dur (220 mm) Cloué	Nouveau.	15%	0,22 m	0,136	60 ans	
C9	Pare-vapeur Feuille d'étanchéité PP - PE (0.22 mm) Scotché	Nouveau.	100%	0,001 m	-	60 ans	

C10	Structure portante Panneau OSB (18 mm) Vissé	Nouveau.	100%	0,018 m	0,130	60 ans	
C11	Revêtement Panneau Plâtre (12.5 mm) Vissé	Nouveau.	100%	0,013 m	0,250	30 ans	

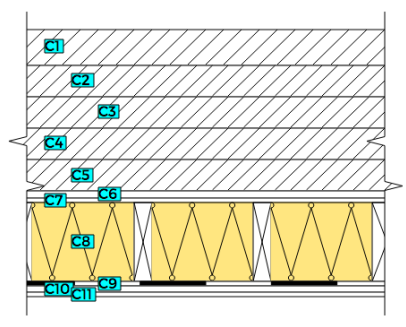
■ Façade avant avec pierre bleue – AV02

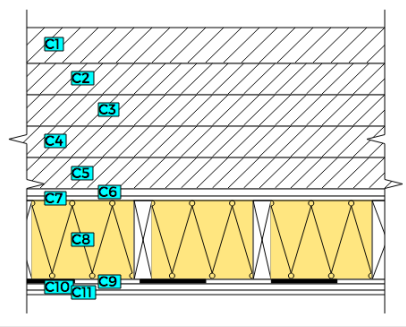
ID	Nom	Statut	%	Épaisseur	λ	durée de vie	Schémas
01_FAC_AV02_EXIST				0,48 m	U= 2 W/m²K		
C1	Partie primaire Moellons Pierre calcaire Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,1 m	1,640	40 ans	
C2	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,088 m	1,330	60 ans	
C3	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,088 m	1,330	60 ans	
C4	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,088 m	1,330	60 ans	
C5	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	100%	0,088 m	1,330	60 ans	
C6	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	100%	0,02 m	0,400	40 ans	
C7	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	100%	0,01 m	0,400	40 ans	

01_FAC_AV02_RENO1				0,73 m	U= 0,24 W/m²K		
C1	Partie primaire Moellons Pierre calcaire Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,1	1,64	40	
C2	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C3	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C4	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C5	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C6	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	1	0,02	0,4	40	
C7	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	1	0,01	0,4	40	
C8	Couche composée	Nouveau	-	0,22	-	60	
a.	Isolation thermique Matelas Laine de bois Pour remplissage entre ossatures bois	nouveau	0,85	0,16	0,038	60	
B.	Partie primaire Ossature Bois résineux - Bois dur (220 mm) Cloué	Nouveau.	0,15	0,22	0,136	60	
C9	Pare-vapeur Feuille d'étanchéité PP - PE (0.22 mm) Scotché	Nouveau.	1	0,001	-	60	
C10	Structure portante Panneau OSB (18 mm) Vissé	Nouveau.	1	0,018	0,13	60	

C11	Revêtement Panneau Plâtre (12.5 mm) Vissé	Nouveau.	1	0,0125	0,25	30	
-----	--	----------	---	--------	------	----	--

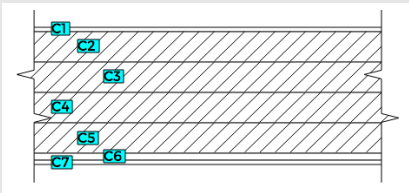
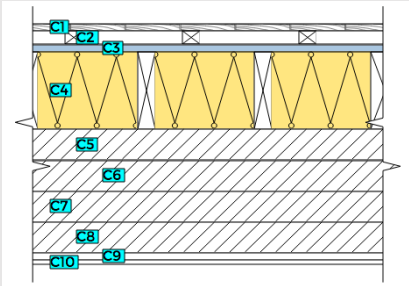


01_FAC_AV02_RENO2				0,73 m	U= 0,24 W/m²K		
C1	Partie primaire Moellons Pierre calcaire Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,1	1,64	40	
C2	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C3	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C4	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C5	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C6	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	1	0,02	0,4	40	
C7	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	1	0,01	0,4	40	
C8	Couche composée	Nouveau	-	0,22	-	60	
a.	Isolation thermique Matelas Laine de verre Pour remplissage entre ossatures bois	nouveau	0,85	0,15	0,036	60	
B.	Partie primaire Ossature Bois résineux - Bois dur (220 mm) Cloué	Nouveau.	0,15	0,22	0,136	60	
C9	Pare-vapeur Feuille d'étanchéité PP - PE (0.22 mm) Scotché	Nouveau.	1	0,001	-	60	
C10	Structure portante Panneau OSB (18 mm) Vissé	Nouveau.	1	0,018	0,13	60	
C11	Revêtement Panneau Plâtre (12.5 mm) Vissé	Nouveau.	1	0,0125	0,25	30	

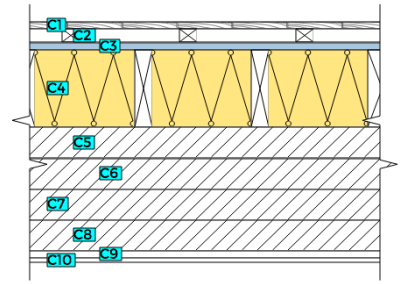
01_FAC_AV02_RENO3				0,73 m	U= 0,24 W/m²K		
C1	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	1	0,01	0,4	40	
C2	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C3	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C4	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C5	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C6	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	1	0,02	0,4	40	
C7	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	1	0,01	0,4	40	
C8	Couche composée	Nouveau	-	0,22	-	60	
a.	Isolation thermique Flocons Cellulose Pour remplissage entre ossatures bois	nouveau	0,85	0,17	0,04	60	
B.	Partie primaire Ossature Bois résineux - Bois dur (220 mm) Cloué	Nouveau.	0,15	0,22	0,136	60	
C9	Pare-vapeur Feuille d'étanchéité PP - PE (0.22 mm) Scotché	Nouveau.	1	0,001	-	60	

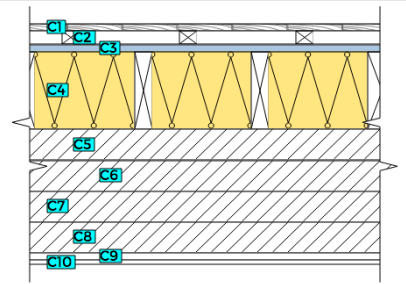
C10	Structure portante Panneau OSB (18 mm) Vissé	Nouveau.	1	0,018	0,13	60	
C11	Revêtement Panneau Plâtre (12.5 mm) Vissé	Nouveau.	1	0,0125	0,25	30	

■ Façade arrière avec enduit - AR

ID	Nom	Statut	%	Épaisseur	λ	durée de vie	Schémas
01_FAC_AR_EXIST				0,48 m	U= 2 W/m²K		
C1	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	1	0,01	0,4	40	
C2	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C3	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C4	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C5	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C6	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	1	0,02	0,4	40	
C7	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	1	0,01	0,4	40	
01_FAC_AR_RENOI				0,68 m	U= 0,21 W/m²K		
C1	Revêtement Planches Mélèze (22 mm) Cloué	Nouveau.	1	0,022	-	20	
C2	Couche composée	Nouveau	-	0,038	-	60	
a.	Structure portante Lattes Bois résineux (38x38 mm - entraxe 600 mm) Vissé	Nouveau.	0,15	0,038	-	60	
B.	Lame d'air Sans forme Couche d'air - ventilée	Nouveau	0,85	0,02	-	60	
C3	Sous-toiture Panneau Fibre de bois - latex (22 mm) Cloué	Nouveau.	1	0,022	0,07	60	
C4	Couche composée	Nouveau	-	0,22	-	60	
a.	Isolation thermique Matelas Laine de bois Pour remplissage entre ossatures bois	nouveau	0,85	0,08	0,038	60	
B.	Partie primaire Ossature Bois résineux - Bois dur (220 mm) Cloué	Nouveau.	0,15	0,22	0,136	60	
C5	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C6	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C7	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C8	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C9	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	1	0,02	0,4	40	

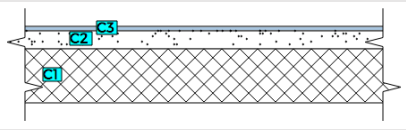
C10	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	1	0,01	0,4	40	
-----	--	-----------	---	------	-----	----	--

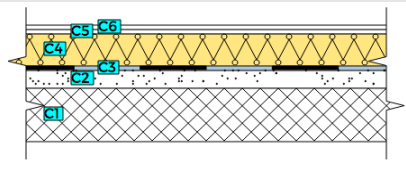
01_FAC_AR_RENO2			0,68 m		U= 0,21 W/m²K		
C1	Revêtement Planches Mélèze (22 mm) Cloué	Nouveau.	1	0,022	-	20	
C2	Couche composée	Nouveau	-	0,038	-	60	
a.	Structure portante Lattes Bois résineux (38x38 mm - entraxe 600 mm) Vissé	Nouveau.	0,15	0,038	-	60	
B.	Lame d'air Sans forme Couche d'air - ventilée	Nouveau	0,85	0,02	-	60	
C3	Sous-toiture Panneau Fibre de bois - latex (22 mm) Cloué	Nouveau.	1	0,022	0,07	60	
C4	Couche composée	Nouveau	-	0,22	-	60	
a.	Isolation thermique Matelas Laine de verre Pour remplissage entre ossatures bois	nouveau	0,85	0,08	0,036	60	
B.	Partie primaire Ossature Bois résineux - Bois dur (220 mm) Cloué	Nouveau.	0,15	0,22	0,136	60	
C5	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C6	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C7	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C8	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C9	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	1	0,02	0,4	40	
C10	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	1	0,01	0,4	40	

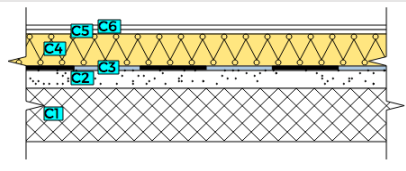
01_FAC_AR_RENO3			0,68 m		U= 0,21 W/m²K		
C1	Revêtement Planches Mélèze (22 mm) Cloué	Nouveau.	1	0,022	-	20	
C2	Couche composée	Nouveau	-	0,038	-	60	
a.	Structure portante Lattes Bois résineux (38x38 mm - entraxe 600 mm) Vissé	Nouveau.	0,15	0,038	-	60	
B.	Lame d'air Sans forme Couche d'air - ventilée	Nouveau	0,85	0,02	-	60	
C3	Sous-toiture Panneau Fibre de bois - latex (22 mm) Cloué	Nouveau.	1	0,022	0,07	60	
C4	Couche composée	Nouveau	-	0,22	-	60	
a.	Isolation thermique Matelas Laine de verre Pour remplissage entre ossatures bois	nouveau	0,85	0,08	0,036	60	
B.	Partie primaire Ossature Bois résineux - Bois dur (220 mm) Cloué	Nouveau.	0,15	0,22	0,136	60	
C5	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C6	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C7	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	

C8	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (188x88x48 mm) Posé sur mortier de ciment	existant	1	0,088	1,33	60	
C9	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	1	0,02	0,4	40	
C10	Mur - finition intérieure Revêtement Enduit épais Plâtre Sur la maçonnerie	existante	1	0,01	0,4	40	

■ Plancher au-dessus de locaux non chauffés - DS

ID	Nom	Statut	%	Épaisseur	λ	durée de vie	Schémas
02_DS_EXIST				0,21 m	U= 3 W/m²K		
C1	Revêtement Carreaux rigides Céramique émaillée (300x300x10 mm) Collé	Existant.	1	0,01	0,81	60	
C2	Chape Enduit épais Ciment	existant	1	0,05	0,85	60	
C3	Dalle Coulé sur site Béton armé (150 mm)	Existant	1	0,15	2,3	60	

02_DS_RENO1				0,31 m	U= 0,24 W/m²K		
C1	Revêtement Carreaux rigides Céramique émaillée (300x300x10 mm) Collé	Nouveau.	1	0,01	0,81	60	
C2	Revêtement Panneau Fibre-gypse (12.5 mm) Vissé	Nouveau.	1	0,0125	0,35	60	
C3	Isolation thermique Panneau PUR - Couche d'aluminium (90 mm) Sous dalle	nouveau	1	0,09	0,024	60	
C4	Étanchéité à l'eau Feuille d'étanchéité PE (0.2 mm) Pose libre avec chevauchement	nouveau	1	0,001	-	60	
C5	Chape Enduit épais Ciment	existant	1	0,05	0,85	60	
C6	Dalle Coulé sur site Béton armé (150 mm)	Existant	1	0,15	2,3	60	

02_DS_RENO2				0,31 m	U= 0,24 W/m²K		
C1	Revêtement Carreaux rigides Céramique émaillée (300x300x10 mm) Collé	Nouveau.	1	0,01	0,81	60	
C2	Revêtement Panneau Fibre-gypse (12.5 mm) Vissé	Nouveau.	1	0,0125	0,35	60	
C3	Isolation thermique Panneau Laine de roche Sur dalle	nouveau	1	0,09	0,024	60	
C4	Étanchéité à l'eau Feuille d'étanchéité PE (0.2 mm) Pose libre avec chevauchement	nouveau	1	0,001	-	60	
C5	Chape Enduit épais Ciment	existant	1	0,05	0,85	60	
C6	Dalle Coulé sur site Béton armé (150 mm)	Existant	1	0,15	2,3	60	

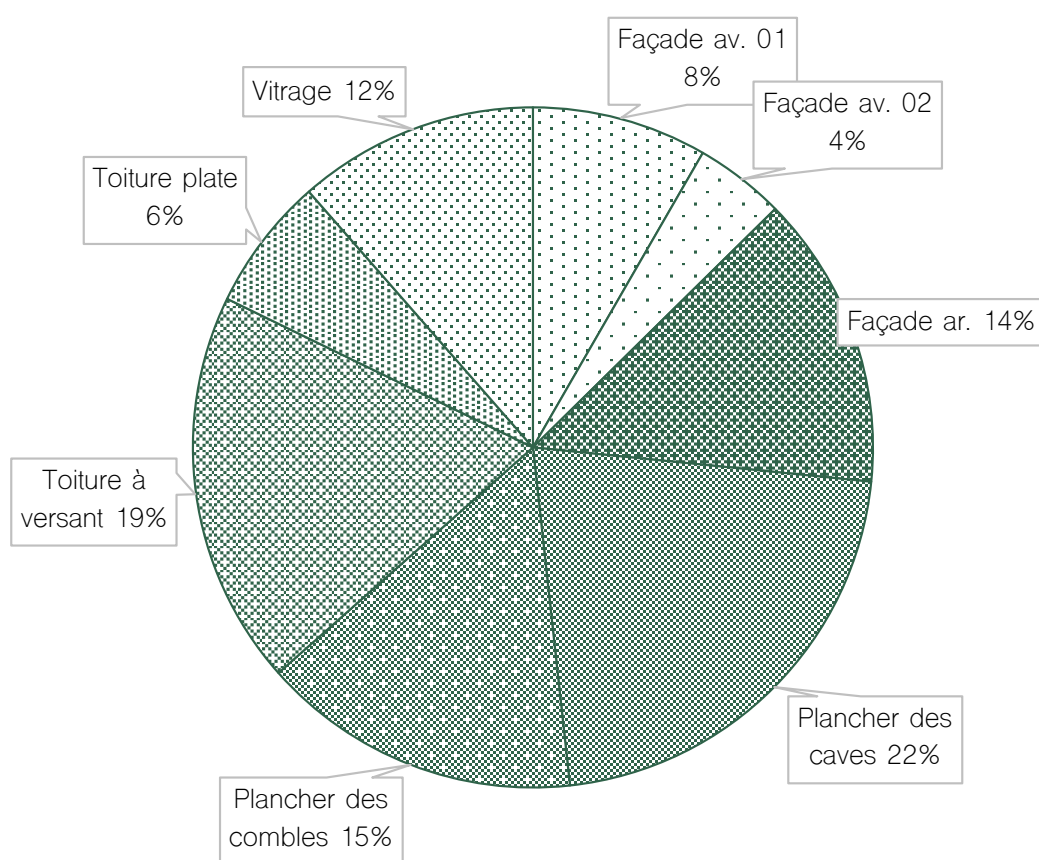
e. Attribuer à chaque paroi des cas d'études un type

Une fois la bibliothèque d'éléments constituée, les cas d'études sont subdivisés en parois et classés par type.

■ Donnée à fournir

- Le type de parois par cas d'études
- La surface couverte par chaque type

Éléments de parois				Pr.
01	Façade	Avant avec enduit	Av.01	40 m ²
		Avant avec pierre bleue	Av.02	20,65 m ²
		Arrière avec enduit	Ar	67,15 m ²
02	Plancher	Sur cave	DE	104 m ²
		Des combles	PC	73 m ²
03	Toiture	Versants	TV	90 m ²
		Plate	TP	30,5 m ²
04	Vitrage		MF	55 m ²
Total				480,3 m ²



Distribution des surfaces - Prospérité



Tableau 1 - Impact environnemental des interventions analysée pour 3 types d’isolant

ID	Nom	Catégorie	Isolant	Epaisseur	Epaisseur	λ	Valeur U	ΔT° moy	Coupures	Economie d'énergie par m² de paroi	Coût environnemental Chauffage & Matériau		Coût environnemental Matériau		Coût environnemental			Coût total - hors TVA
				Paroi	Isolant						Réchauffement climatique	Combustibles fossiles	Réchauffement climatique	Combustibles fossiles	Matériaux	Energie	Total	
				m	cm	W/mK	W/m²K	°C	°C	KW/m².an	Kg CO ₂ equ./m²	MJ/m²	Kg CO ₂ equ.	MJ/m²	€/m²	€/m²	€/m²	€/m²
1.1.0	FAC_AV01_EXIST	Mur-Mur extérieur	-	0,45	-	-	1,46	6,5	1,5	-	-	-	-	-	18	35,8	37,6	
1.1.1	FAC_AV01_RENO1	Mur-Mur extérieur	Laine de bois	0,70	16,00	0,04	0,23	6,5	1,5	91,7	173,9	2494,0	68,9	689,7	9,0	5,7	14,8	
1.1.2	FAC_AV01_RENO2	Mur-Mur extérieur	Laine de verre	0,70	15,00	0,03	0,24	6,5	1,5	91,0	181,0	2608,0	75,4	793,9	9,5	5,8	15,3	
1.1.3	FAC_AV01_RENO3	Mur-Mur extérieur	Cellulose	0,70	17,00	0,04	0,23	6,5	1,5	91,7	172,6	2451,0	68,1	666,5	8,7	5,7	14,4	
1.2.0	FAC_AV01_EXIST	Mur-Mur extérieur	-	0,48	-	-	1,75	6,5	1,5	-	-	-	-	-	28	42,9	45,8	
1.2.1	FAC_AV02_RENO1	Mur-Mur extérieur	Laine de bois	0,73	14,00	0,04	0,24	6,5	1,5	112,6	159,2	2465,0	51,3	611,7	8,2	5,9	14,1	
1.2.2	FAC_AV02_RENO2	Mur-Mur extérieur	Laine de verre	0,73	14,00	0,03	0,24	6,5	1,5	112,6	166,4	2580,0	57,8	715,9	8,7	5,9	14,6	
1.2.3	FAC_AV02_RENO3	Mur-Mur extérieur	Cellulose	0,73	16,00	0,04	0,24	6,5	1,5	112,6	157,9	2422,0	50,5	578,5	7,8	5,9	13,7	
1.3.0	FAC_AR_EXIST	Mur-Mur extérieur	-	0,39	-	-	1,87	6,5	1,5	-	-	-	-	-	08	45,8	46,6	
1.3.1	FAC_AR_RENO1	Mur-Mur extérieur	Laine de bois	0,68	8,00	0,04	0,21	6,5	1,5	123,8	128,5	2064,0	34,8	456,0	8,3	5,1	13,4	
1.3.2	FAC_AR_RENO2	Mur-Mur extérieur	Laine de verre	0,68	7,00	0,04	0,21	6,5	1,5	123,8	133,9	2154,0	37,7	501,8	8,4	5,3	13,7	
1.3.3	FAC_AR_RENO3	Mur-Mur extérieur	EPS	0,68	6,50	0,32	0,21	6,5	1,5	123,8	133,7	2127,0	38,9	499,0	8,2	5,2	13,4	
2.1.0	DS_EXIST	Plancher-Plancher au dessus d'un local non chauffé	-	0,21	-	-	3,26	10	1,5	-	-	-	-	-	26	80,0	82,5	
2.1.1	DS_RENO1	Plancher-Plancher au dessus d'un local non chauffé	Laine de roche	0,31	9,00	0,02	0,24	10	1,5	137,6	164,6	2990,0	55,0	808,6	6,1	6,0	12,1	
2.1.2	DS_RENO2	Plancher-Plancher au dessus d'un local non chauffé	PUR	0,31	9,00	0,02	0,24	10	1,5	137,6	160,0	2661,0	50,5	779,6	5,7	6,0	11,7	
2.2.0	PC_EXIST	Plancher-Plancher du grenier	-	0,26	-	-	1,96	10	1,5	-	-	-	-	-	24	48,0	50,4	
2.2.1	PC_RENO1	Plancher-Plancher du grenier	Laine de bois	0,46	14,00	0,04	0,20	10	1,5	80,2	136,0	2302,0	46,8	757,0	6,8	4,9	11,7	
2.2.2	PC_RENO2	Plancher-Plancher du grenier	Laine de roche	0,46	14,00	0,02	0,19	10	1,5	80,7	151,2	2491,0	65,4	1017,0	8,5	4,7	13,1	
2.2.3	PC_RENO3	Plancher-Plancher du grenier	Panneau de liège	0,46	16,00	0,04	0,19	10	1,5	80,7	151,2	2542,0	67,5	1104,0	8,9	4,6	13,5	
3.1.0	TV_EXIST	Toiture-Toiture en pente	-	0,24	-	-	2,20	6,5	1,5	-	-	-	-	-	02	53,9	54,2	
3.1.1	TV_RENO1	Toiture-Toiture en pente	Laine de bois	0,24	15,50	0,04	0,19	6,5	1,5	149,9	106,0	1775,0	22,8	346,7	4,0	4,5	8,5	
3.1.2	TV_RENO2	Toiture-Toiture en pente	Laine de verre	0,24	14,00	0,03	0,19	6,5	1,5	149,9	115,5	1931,0	28,8	440,8	4,4	4,7	9,1	
3.1.3	TV_RENO3	Toiture-Toiture en pente	Cellulose	0,24	16,00	0,04	0,19	6,5	1,5	149,9	106,0	1766,0	22,0	313,0	3,6	4,6	8,3	
3.2.0	TP_EXIST	Toiture-Toiture plate	-	0,26	-	-	1,79	6,5	1,5	-	-	-	-	-	15	43,8	45,4	
3.2.1	TP_RENO1	Toiture-Toiture plate	PUR	0,37	10,00	0,02	0,21	6,5	1,5	117,8	154,0	3413,0	59,9	1794,0	6,8	5,2	12,0	
3.2.2	TP_RENO2	Toiture-Toiture plate	Verre cellulaire	0,43	18,00	0,05	0,22	6,5	1,5	117,1	161,0	4028,0	73,8	2516,0	8,3	4,8	13,1	
3.2.3	TP_RENO3	Toiture-Toiture plate	Panneau de liège	0,45	16,00	0,04	0,45	6,5	1,5	99,9	163,9	3631,0	66,2	1953,0	8,3	5,3	13,6	
4.1.0	MF_EXIST	Ouverture-Fenêtre extérieure	PVC	-	-	-	1,58	6,5	1,5	-	-	-	-	-	45,3	38,7	84,2	
4.1.1	MF_RENO1	Ouverture-Fenêtre extérieure	Grande fenêtres -bois/liège	-	-	-	0,90	6,5	1,5	50,7	607,0	9648,0	203,0	2704,0	32,8	22,1	54,9	



Tableau 2 - Impact environnemental des interventions appliquées au cas d'études (ajusté au nombre de m² de chaque paroi)

Cas d'études : Prospérité

ID	Interventions	Description de l'interventions	Surface des parois	Isolant choisis	Epaisseur Paroi	Epaisseur Isolant	λ	Valeur U init.	Valeur U reno.	ΔT° moy	Coupures	Consommatio n initiale	Consommatio n Finale	Economie d'énergie par m² de paroi	Coût environnemental Chauffage & Matériau		Coût environnemental Matériau		Coût environnemental		
			m²		m	cm	W/mK	W/m.K	W/m.K						Kg CO ₂ equ.	MJ	Kg CO ₂ equ.	MJ	€	€	€
1.1	Façade avant : isolation partielle sous allège - 100cm - Enduit plâtre	Isolation partielle sous allège et entre ossature de 10 cm = composite des matériaux suivants : - Structure en bois massif local ; - Matelas d'isolation : matelas de laine de verre (λ = 0,035 W/mK), matelas de fibres de bois (λ = 0,036 W/mK) ou cellulose en vrac (λ = 0,038 W/mK) ; - Pare-vapeur et panneaux OSB.	40	Cellulose	0,70	17,00	0,04	1,46	0,23	6,5	1,5	4354,97143	686,057143	3668,9	6904,0	98040,0	2723,2	26260,0	348,0	228,5	576,4
1.2	Façade avant : isolation partielle sous allège - 100cm - Pierre bleue	Isolation partielle sous allège et entre ossature de 10 cm = composite des matériaux suivants : - Structure en bois massif local ; - Matelas d'isolation : matelas de laine de verre (λ = 0,035 W/mK), matelas de fibres de bois (λ = 0,036 W/mK) ou cellulose en vrac (λ = 0,038 W/mK) ; - Pare-vapeur et panneaux OSB.	20,65	Cellulose	0,73	16,00	0,04	1,75	0,24	6,5	1,5	2694,825	369,576	2325,2	<u>3260,6</u>	<u>50014,3</u>	<u>1042,8</u>	<u>11946,0</u>	<u>162,0</u>	<u>121,2</u>	<u>283,1</u>
1.3	Façade arrière : isolation et mise en place d'un bardage ext.	Bardage sur ossature : - Structure en bois massif local ; - Matelas d'isolation : panneaux d'EPS graphité (λ = 0,031 W/mK), matelas de laine de verre (λ = 0,035 W/mK) ou matelas de fibres de bois (λ = 0,036 W/mK) ; - Pare-plus rigide en fibres de bois d'une épaisseur de 2 à 3,5 cm (λ = 0,045 W/mK) ; - Bardage en bois	67,15	Laine de bois	0,68	8,00	0,04	1,87	0,21	6,5	1,5	9363,97157	1051,569	8312,4	8628,8	138597,6	2339,5	30620,4	554,9	343,3	898,5
2.1	Plancher des caves : isolation sur voussettes	Pose d'un isolant rigide sur les voussettes et dans une épaisseur de 10cm avec : - Isolant en panneaux de liège (λ = 0,043 W/mK) ou isolant en panneaux semi-rigide de laine de laine de verre (λ = 0,036 W/mK) ; - Plaque de carton-plâtre ou panneau OSB	104	PUR	0,31	9,00	0,02	3,26	0,24	10	1,5	15450,5371	1137,46286	<u>14313,1</u>	16640,0	276744,0	5251,0	81078,4	597,7	622,6	1219,9
2.2	Plancher des combles : isolation entre lambourdes	Pose de d'isolant souple ou en vrac entre lambourdes croisées avec un matelas de fibres de bois (λ = 0,036 W/mK) ou matelas de laine de verre (λ = 0,035 W/mK)	73	Laine de bois	0,46	14,00	0,04	1,96	0,20	10	1,5	6520,36	665,342857	5855,0	9928,0	168046,0	3414,9	55261,0	494,6	358,4	853,4
3.1	Toiture à versant : isolation entre chevrons	Isolation des versants, entre chevrons : matelas de laine de verre (λ = 0,035 W/mK) et/ou matelas de fibres de bois (λ = 0,036 W/mK), cellulose en vrac (λ = 0,038 W/mK) membrane pare-vapeur et panneau OSB	90	Cellulose	0,24	16,00	0,04	2,20	0,19	6,5	1,5	14765,1429	1275,17143	13490,0	9540,0	158940,0	1976,4	28170,0	327,6	416,0	743,4
3.2	Toiture plate : isolation avec structure chaude	Isolant rigide sur étanchéité existante avec : panneaux de PUR (λ = 0,025 W/mK), panneaux de verre cellulaire (λ = 0,036 W/mK) ou panneaux de liège (λ = 0,043 W/mK)	30,5	PUR	0,37	10,00	0,02	1,79	0,21	6,5	1,5	4071,22714	477,63	3593,6	4697,0	104096,5	1827,0	54717,0	207,4	157,1	364,8
4.1	Vitrage : Remplacement du double vitrage	Remplacement du vitrage existant par un double vitrage basse émissivité et amélioration de l'étanchéité à l'air, principalement aux raccords entre les dormant et les murs de façade.	55	Grande fenêtres - bois/liège	-	-	-	1,58	0,90	6,5	1,5	6480,25714	3691,28571	2789,0	33385,0	530640,0	11165,0	148720,0	1803,5	1215,5	3019,0



4.3 Analyse des résultats

Il n'existe pas de solutions qui soient parfaites, cependant il est possible de les observer sous différents angles. Dans la situation présente, le résultat est analysé en deux temps.

Tout d'abord, les solutions d'interventions sont analysées entre elles, c'est-à-dire qu'on observe l'impact de la solution pour 1 m² mis en œuvre.

Attention, les résultats présentés sont des estimatifs succins réalisés sur base de nombreuses hypothèses pour approcher le comportement du bâtiment ! Il ne constitue en rien une preuve de résultats, mais ils peuvent cependant indiquer des tendances !

Aussi il faut être conscient que les solutions ont été sélectionnées sur base de l'état initial du bâtiment. Et donc les économies possibles sont relatives à la performance initiale des parois du cas d'étude !

a. Analyse des solutions entre elles (par m² de parois)

Tout d'abord, les solutions d'interventions sont analysées entre elles, c'est-à-dire qu'on observe l'impact de la solution pour 1 m² mis en œuvre.

Tout d'abord sur base de cette première analyse, le choix de l'isolant par technique a pu être établi. En effet, pour chaque solution, 3 alternatives d'isolant étaient proposées.

Le tableau 1 souligne à chaque fois l'isolant le plus performant pour chaque indicateur et chaque solution d'isolation.

Ensuite, une fois l'isolant choisi, il est possible de comparer l'impact de chaque solution. 3 graphes sont proposés dans cette approche, les deux premiers comparent successivement l'économie d'énergie réalisée avec l'impact sur le réchauffement climatique puis l'épuisement des ressources fossiles.

On peut estimer qu'un matériau préformant se situerait proche de l'axe d'ordonnée avec une hauteur importante.

Le dernier graphe compare l'épuisement des ressources fossiles et l'impact sur le réchauffement climatique

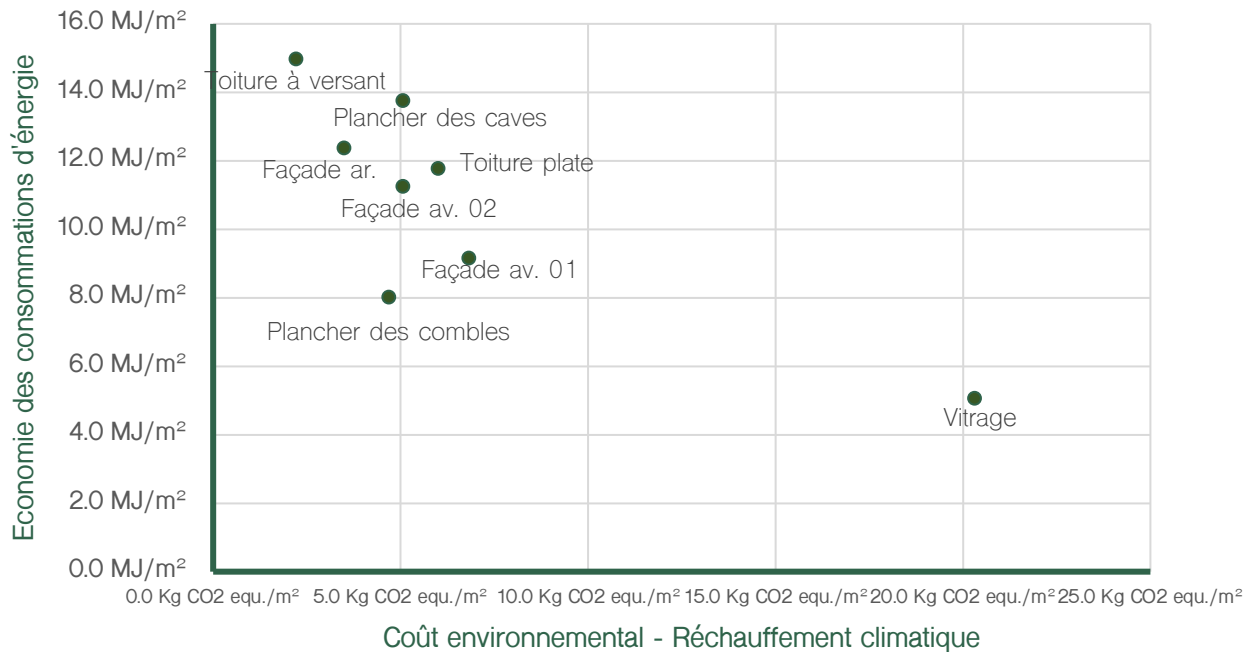
Il apparaît que l'isolation de la toiture semble être la solution la plus favorable, vient ensuite l'isolation du plancher des caves puis l'isolation de la façade arrière.

L'impact environnemental des solutions semble être équivalent mis à part 'isolation de toiture et le changement de vitrage qui se démarque tout deux positivement et négativement.

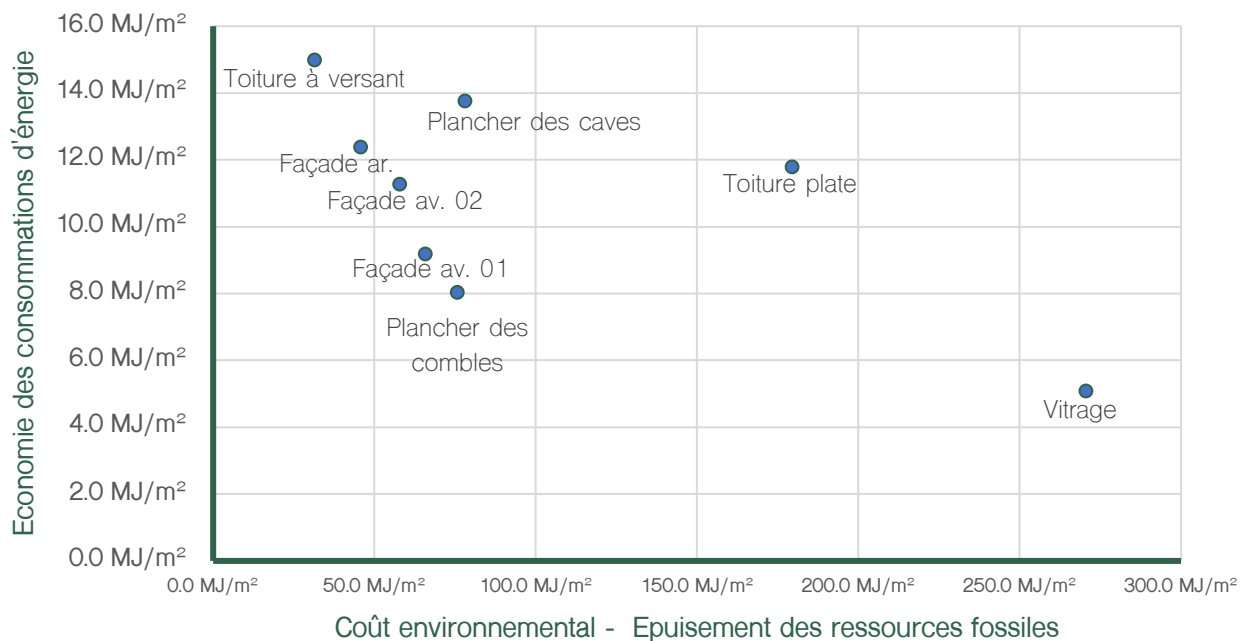
Ceci s'explique en partie par le phénomène de lissage opéré par notre choix préalable du matériau isolant ! En sélectionnant d'avance un matériau déjà performant d'un point de vue environnemental on minimise son impact sur le résultat final, reste alors seulement l'impact de la mise en œuvre.

Il est à noter qu'ici l'économie d'énergie n'est possible que si la paroi initiale était peu performante. Ainsi le remplacement du vitrage performe peu puisqu'il a été considéré que ceux-ci étaient initialement des châssis PVC.

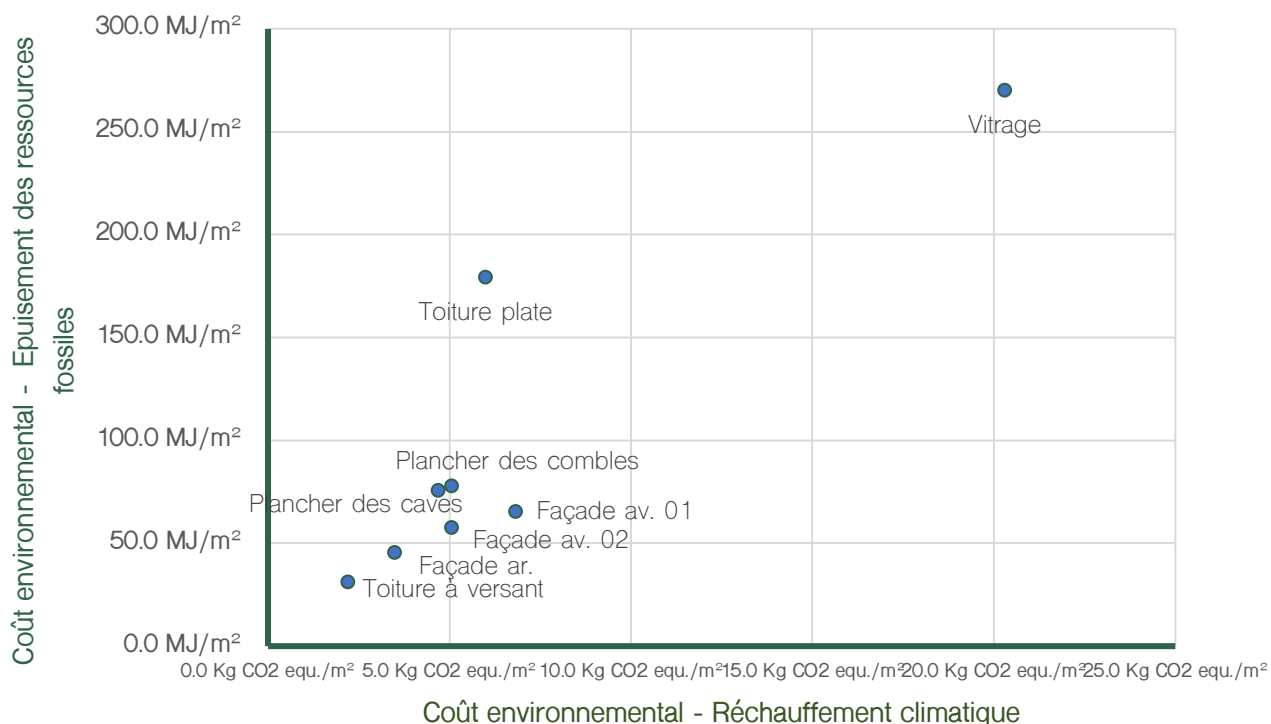
Comparatif entre le coût environnemental CO2 et l'économie d'énergie par m² de parois rénovés



Comparatif entre le coût environnemental MJ et l'économie d'énergie par m² de parois rénovés

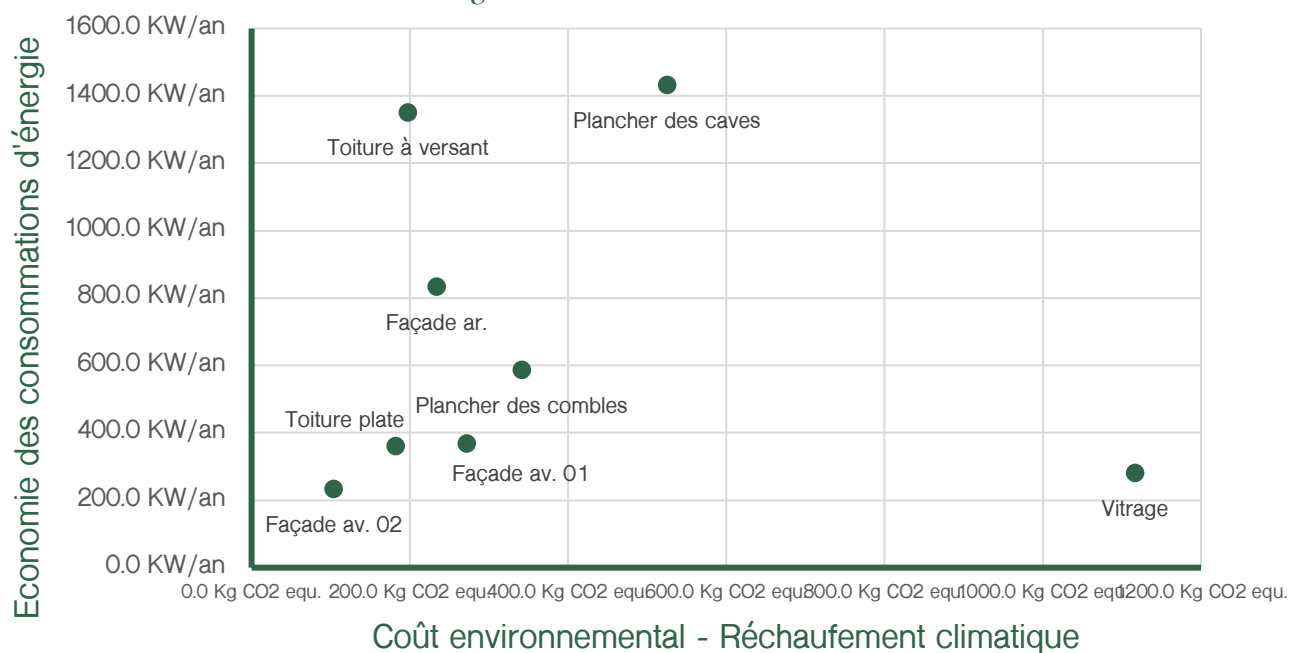


Comparatif entre le coût environnemental MJ et l'économie d'énergie par m²



b. Analyse des solutions appliquées au cas d'étude

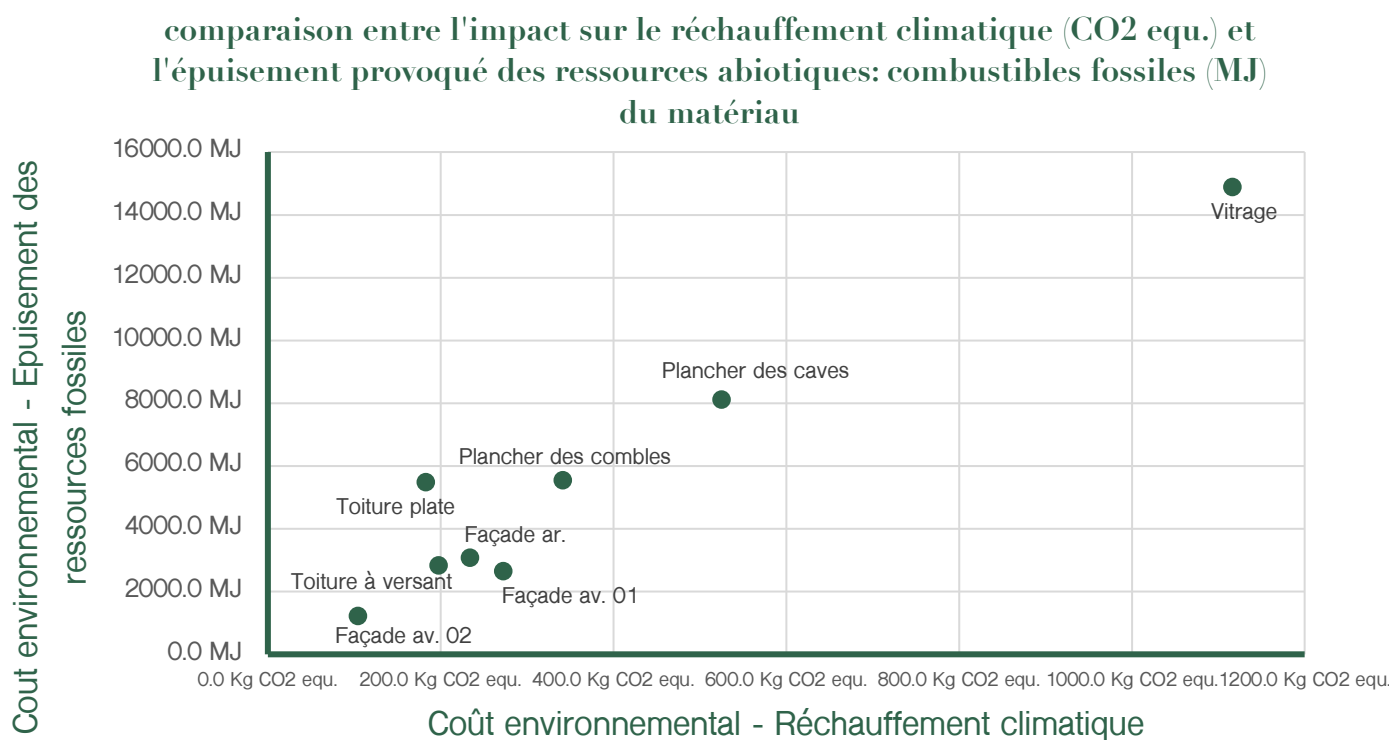
Comparaison entre le coût environnemental (CO2) et l'économie d'énergie (en fonction du cas d'étude)



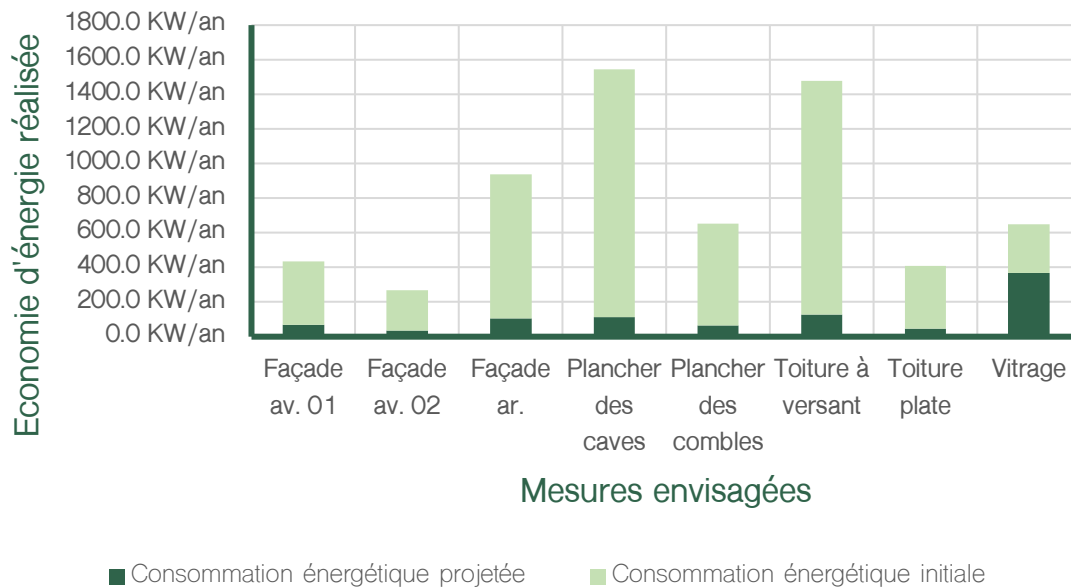
Cette seconde analyse met en parallèle l'économie d'énergie annuelle réalisée due à l'isolation avec le coût environnemental du matériau. Cette fois-ci, la valeur par m² a été multipliée par la surface de chaque paroi et représente le coût environnemental estimé de cette mesure.

À la vue des résultats, on peut observer la performance à ce niveau de l'isolation de toiture qui va permettre une forte économie d'énergie. Elle est aussi une solution qui a un impact moindre sur le réchauffement climatique.

Elle se détache vraiment du lot principalement, car sa surface de déperdition est relativement élevée sur ce cas d'étude, ce qui en fait une solution très impactante. Une seconde surface importante est le plancher des caves. Cependant, la nécessité d'employer des panneaux incompressibles oblige à se tourner vers des matériaux plus chargés en énergie grise (ici le PUR) ce qui contraste bien plus les résultats. Aussi, les économies d'énergies dues aux caves doivent être prises avec précautions. En effet, la transmission de chaleurs dans le sol n'est pas équivalente à celle avec l'air. Le calcul des déperditions de chaleur devrait alors être amélioré (sur lequel se base l'économie d'énergie).



Représentation de l'économie d'énergie possible en fonction du type d'intervention



4.4 Évaluation de l'impact environnemental des solutions

a. Grille évaluative

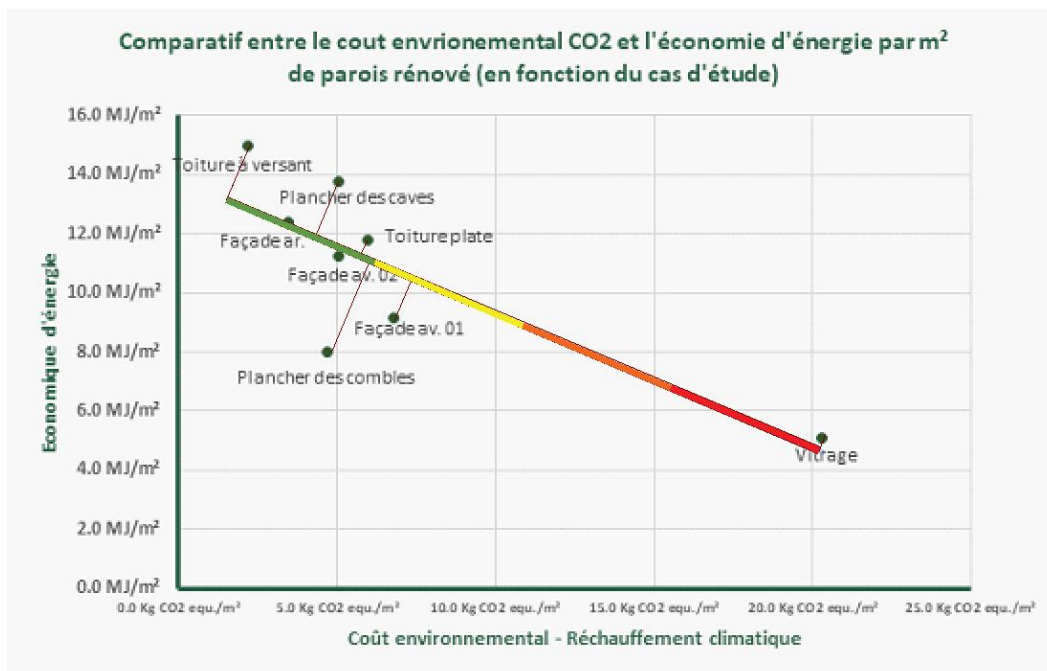


Figure 48 - classement des solutions par m²

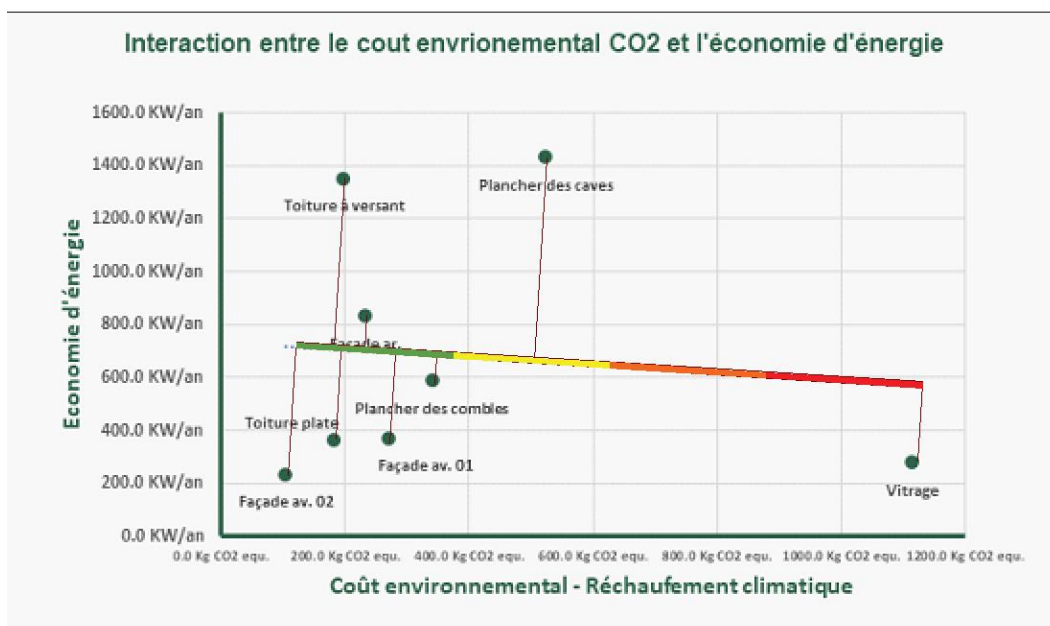


Figure 49 - classement des solutions ajusté à la surface sur bâtiment

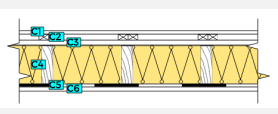
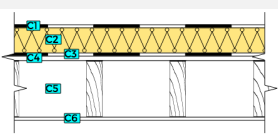
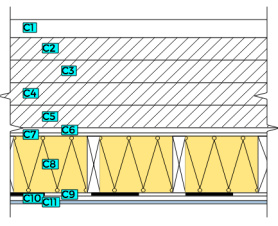
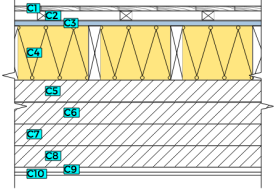
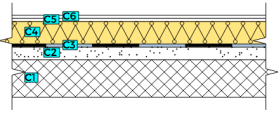
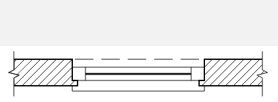
Donner un indicateur pour décrire une solution complexe est toujours un exercice d'équilibriste qui implique de valoriser ou non certaines solutions. Le choix a été fait ici d'utiliser le comparatif entre la participation au réchauffement climatique et la consommation. Puisqu'il s'agit de trouver une solution adaptée, afin d'établir une évaluation colorimétrique de chacune des solutions, celle-ci est projetée sur l'interpolation linéaire et l'écart entre les valeurs extrêmes de la courbe est divisé en 4. Chaque solution se voit ainsi attribuer une couleur. Cette méthode permet de classer les solutions sur un axe.

Il s'agit évidemment ici d'une méthode purement relative qui classe la solution sur base des extrêmes observés. Si d'autres solutions venaient à être étudiées, il est clair que les classements ne pourraient être comparés.

1. Résultats

En utilisant cette technique, nous pouvons donc fournir cette évaluation :

Critère d'impact environnemental			
Impact environnemental relatif conséquent	Impact environnemental moyen	Impact environnemental relatif limité	Impact environnemental relatif faible
1	2	3	4

Parois	Solution	Solution préconisée	Impact environnemental
Versants de toiture	Isolation entre chevrons		Économie d'énergie : 13490 MJ/an Impact sur le réchauffement climatique : 1976 kgCO₂equ Impact sur l'épuisement des ressources : 28170 MJ
Toiture plate	Isolation par l'extérieur avec ou non-rehausse des acrotères existants.		Économie d'énergie : 13490 MJ/an Impact sur le réchauffement climatique : 1976 kgCO₂equ Impact sur l'épuisement des ressources : 54717 MJ
Façade avant	Isolation partielle sous-allège, entre ossatures		Économie d'énergie : 3668 MJ/an Impact sur le réchauffement climatique : 2723 kgCO₂equ Impact sur l'épuisement des ressources : 26260 MJ
Façade arrière	Isolation par l'extérieur avec un bardage sur ossature		Économie d'énergie : 8312 MJ/an Impact sur le réchauffement climatique : 23339 kgCO₂equ Impact sur l'épuisement des ressources : 30620 MJ
Dalle de sol	Plancher des caves : isolation sur voussettes		Économie d'énergie : 1413,1 MJ/an Impact sur le réchauffement climatique : 5251 kgCO₂equ Impact sur l'épuisement des ressources : 81078 MJ
Châssis	Vitrage : Remplacement du double vitrage		Économie d'énergie : 2789 MJ/an Impact sur le réchauffement climatique : 11165 kgCO₂equ Impact sur l'épuisement des ressources : 148720 MJ

5 EVALUER L'IMPACT DES INTERVENTIONS SUR LES QUALITÉS PATRIMONIALES DU BÂTIMENT

L'analyse des spécificités patrimoniales doit être vue comme une étape nécessaire et préalable à l'établissement des objectifs de confort et de performances énergétiques et environnementales qui doivent respecter ces spécificités patrimoniales.

L'ensemble des spécificités patrimoniales forme la « valeur » patrimoniale du bien en question, même si celui-ci n'est pas classé ni intégré à la liste d'inventaire.

Le présent rapport se base sur la méthodologie actuellement appliquée lorsqu'un classement est envisagé par l'AWAP (Agence wallonne du Patrimoine).

Seront présentés ci-dessous :

- La méthodologie actuellement appliquée, les différents intérêts étudiés et les différents critères pris en compte ;
- Le tableau récapitulatif (intérêts et critères) ;
- L'analyse des spécificités de chaque cas d'étude ;
- Le tableau récapitulatif de chaque cas d'étude qui sera la base sur laquelle les objectifs cibles d'abord et le listing de mesures ensuite seront établis.

5.1 Evaluation de la valeur patrimoniale d'un bien

La valeur patrimoniale des cinq cas d'étude est évaluée par les auteurs de projet sur base des onze intérêts et quatre critères définis par le Département du Patrimoine (actuellement AWAP).

Ces intérêts et critères constituent le fondement de l'évaluation patrimoniale.

Les onze intérêts, repris dans l'ordre de leur apparition légale au niveau wallon, sont les suivants : historique (1931), artistique (1931), scientifique (1931), social (1976 - intérêt défini comme un témoignage de la vie sociale d'une époque), archéologique et technique (1987), paysager (1999), architectural, esthétique, mémoriel et urbanistique (les quatre en 2014). Ces onze intérêts permettent de couvrir l'ensemble du champ patrimonial.

Le dernier décret de 2014 introduit également la notion de « critères » qui sont l'authenticité, l'intégrité, la rareté et la représentativité.

5.1.1 Onze intérêts

Les onze intérêts doivent être considérés comme des outils d'analyse distincts et complémentaires. Ils ont des angles différents d'analyse des caractéristiques du bien en question.

▪ **Intérêt archéologique**

L'intérêt archéologique s'applique à un bien patrimonial qui recèle, visibles ou non, des **preuves d'activité humaine antérieure à la période contemporaine (fin XVIII^e siècle jusqu'à aujourd'hui)** susceptibles de contribuer de manière significative à la compréhension d'un groupe humain et de sa relation à l'environnement, moyennant, de manière principale, le recours aux méthodes d'investigation archéologique.

▪ **Intérêt architectural**

L'intérêt architectural se réfère au témoignage éminent qu'offre un bien patrimonial en termes de **conception fonctionnelle et formelle** et en termes de **qualité d'exécution** ainsi que, le cas échéant, à sa **place dans l'histoire de l'architecture**.

L'intérêt architectural se focalise davantage sur le gros-œuvre et les volumes dans leur ensemble, tandis que l'intérêt artistique examine davantage le second-œuvre et les éléments de décoration. Ces deux intérêts sont fortement liés et peuvent être aussi combinés avec l'intérêt technique si le bien témoigne d'une innovation technique ou d'une ingéniosité particulière.

L'analyse architecturale s'attache à mettre en évidence les caractéristiques les plus importantes du bien, si possible mises en contexte, en vue de contribuer à une meilleure compréhension du bâtiment. Une progression logique est suivie allant du général au particulier ou par corps ou partie de bâtiment.

L'évaluation prend notamment en compte :

- La conception fonctionnelle, qui se traduit par le choix d'un emplacement, d'une organisation (interne et externe), de matériaux et de techniques..., soit un programme ;
- La conception formelle, qui concerne la structure physique, soit l'agencement des volumes, le rythme des supports ou des ouvertures, l'équilibre des proportions... ;
- L'exécution, soit la qualité des matériaux utilisés et celle de leur mise en œuvre, le caractère singulier ou innovant des techniques de construction ;
- La place du bien dans l'histoire de l'architecture, soit qu'il s'inscrit dans un mouvement architectural spécifique, soit qu'il constitue un jalon significatif ou un modèle ayant connu une postérité.

▪ Intérêt artistique

L'intérêt artistique se réfère à une expression stylistique ou à des préoccupations formelles explicites telles qu'elles s'expriment de manière privilégiée dans le second-œuvre d'un bâtiment, les décors et le mobilier.

▪ Intérêt esthétique

L'intérêt esthétique est justifié lorsqu'un bien répond aux critères classiques de « beauté » (à savoir une combinaison harmonieuse de proportions, de couleurs, de formes, d'équilibre, de contrastes...) et est largement reconnu comme tel par une population, indépendamment de son usage ou de sa fonction.

L'intérêt esthétique concerne un bien construit seul ou en lien avec son contexte immédiat (muret, escalier, allée, couronne végétale...), dans la perspective d'un rapport harmonieux, programmé ou spontané, donnant lieu à un « ressenti » agréable.

▪ Intérêt historique

L'intérêt historique se fonde sur les associations qui peuvent être établies entre le bien patrimonial et un événement, un personnage ou une institution, un phénomène social, et/ou sur la capacité du lieu à évoquer un épisode du passé ou un mode de fonctionnement humain (organisation sociale, système politique, fonctionnement économique, pratiques religieuses, traditions ou courant d'idées...).

L'intérêt historique s'applique lorsqu'un bien ou une personnalité directement liée au bien a joué un rôle lors d'un fait représentatif majeur de l'histoire. Il doit se distinguer de l'intérêt mémoriel, qui lui est subordonné, et de l'intérêt social.

▪ Intérêt mémoriel

L'intérêt mémoriel est justifié lorsqu'un bien a pour fonction explicite de préserver le souvenir d'un événement, d'un personnage ou encore d'un groupe humain dans la conscience des contemporains. Cette fonction de « faire mémoire » peut être donnée dès la conception du bien ou après coup, généralement en raison des liens historiques qu'il entretient avec l'événement, le personnage ou le groupe considéré.

▪ Intérêt paysager

L'intérêt paysager d'un bien culturel porte sur la nature, la qualité et la spécificité des interactions entre les différentes composantes (composante naturelle, sociale, biologique, culturelle, morphologique, historique...) qui entrent en jeu dans l'appréhension d'une étendue (« portion de pays ») qui s'offre à l'observateur à partir d'un point de vue.

L'intérêt paysager s'applique davantage à l'évaluation d'un site qu'à celle d'un monument.

Pour éviter des confusions ou des recouvrements entre l'intérêt paysager et l'intérêt urbanistique ou l'intérêt esthétique, la méthode suivante est appliquée :

- Logiquement, la notion d'intérêt paysager appliquée à un bien construit concerne aussi bien les paysages urbains et industriels que ruraux, s'agissant de paysages culturels ; dans le cas de l'évaluation patrimoniale, il sera néanmoins préférable de réserver l'approche paysagère aux cas où elle peut être nettement distinguée de l'approche urbanistique ;
- Il importe de distinguer l'analyse d'un paysage, qui relève du seul intérêt paysager, des relations harmonieuses entre un bien et ses abords, qui relèvent en revanche de l'intérêt esthétique.

Sont évalués :

- L'impact visuel ou symbolique produit par un bien culturel appréhendé dans son environnement ;
- Les principes organisateurs du lieu : axes de vue, effets de perspective, équilibre des masses, effets de rythme, de formes ou de couleurs, unité ou variété ; il doit s'agir d'éléments visibles, observables à partir d'un endroit précis (c'est ce qui distingue un paysage d'un milieu géographique) ;
- Les modalités de l'incorporation du bien culturel dans la portion de territoire considérée (liens établis entre les deux, notamment sur base des notions d'altérité ou d'identité) ;
- Rareté, intégrité, authenticité et représentativité typologique peuvent s'appliquer si on évalue une portion de paysage représentative d'un « archétype paysager ».

▪ Intérêt scientifique

L'intérêt scientifique, appliqué à un site, est attribué à un lieu patrimonial présentant des caractères remarquables du point de vue de la flore, de la faune, de la géologie ou de la géomorphologie. Plus largement, il fait référence à la capacité d'un bien patrimonial de contribuer à la connaissance dans une discipline scientifique ou au fait d'être associé à un élément-clé de l'évolution de cette discipline.

Cet intérêt est peu fréquemment rencontré dans le cadre d'un monument et s'applique donc plus volontiers à un site, par un apport dans le domaine des sciences naturelles.

▪ Intérêt social

L'intérêt social tient compte de la signification que donne aujourd'hui une communauté donnée à un bien patrimonial, en raison du rôle qu'il joue dans la cohésion du groupe et/ou dans le sentiment d'appartenance de ses membres.

L'intérêt social doit idéalement être documenté. Il faut en effet qu'il se manifeste de manière tangible, durable ou suffisamment large.

La valeur sociale peut être attribuée à des biens :

- Qui remplissent un rôle-clé au sein d'une collectivité ;
- Qui accueillent des activités ou des traditions de celle-ci ;
- Qui incarnent des croyances, des idées... importantes pour une collectivité ;
- Qui contribuent à forger son identité, son sentiment d'appartenance.

▪ Intérêt technique

L'intérêt technique est justifié lorsqu'un bien témoigne du génie de l'homme dans le domaine des techniques ou lorsqu'un bien offre à voir de manière remarquable la mise en œuvre d'un système technique original, novateur ou inédit ou simplement caractéristique d'une époque.

L'intérêt technique couvre tous les champs de la technologie, depuis l'artisanat jusqu'à l'industrie. Il s'applique soit à des typologies particulières, mettant en œuvre une technique d'ingénierie mécanique performante à une époque donnée (moulin, fontaine, scierie...) ou un matériau innovant (béton, acier...), nécessitant des connaissances qui sortent du cadre strict de l'art de bâtir ou nécessitant l'intervention d'ingénieurs dans la conception (pont, ascenseur à bateau...).

Les techniques singulières qui appartiennent strictement à l'art de bâtir (comme la technique du bauché dans la région de Cul-des-Sarts ou encore l'appareil de pierres polygonales assemblées à joints vifs dans la région de Clavier...) doivent être considérées comme relevant de l'intérêt architectural.

▪ Intérêt urbanistique

L'intérêt urbanistique se définit par le rôle structurant joué par un bien patrimonial dans un espace bâti, qu'il définit ou organise, conduisant l'œil ou manifestant un ordonnancement cohérent, généralement porteur d'intentions.

L'intérêt urbanistique peut porter sur une construction seule, un ensemble de constructions, une structure urbanistique ou une combinaison de ces éléments.

L'intérêt urbanistique s'intéresse à la situation du bien dans l'organisation de la trame bâtie. Il s'agit ici d'envisager le bien non plus seulement en tant que monument isolé, mais d'étendre son rôle en tant qu'élément actif, constructif de son environnement, qui constitue aussi un cadre de vie.

5.1.2 Quatre critères

Les quatre critères doivent être considérés comme des indicateurs de qualité. Quels que soient les intérêts retenus, la valeur patrimoniale du bien est évaluée au regard de ces quatre critères.

▪ Critère d'authenticité

L'analyse d'authenticité doit être comprise comme la critique de l'adéquation entre l'état du bien à sa création et les intérêts patrimoniaux qui lui sont attribués dans son état actuel.

Suivant les intérêts concernés, l'analyse critique portera sur la forme, les matériaux, l'environnement, l'usage et la fonction, la tradition, l'esprit du lieu... De manière générale, elle

renvoie au concept de fidélité - de forme et de conception - aux origines, voire de matériaux, de fonction, d'environnement.

Il faut aussi tenir compte de l'érosion du temps, de l'évolution d'un bien sous l'effet des besoins, des sensibilités et des événements, ainsi que des restaurations successives. Un bâtiment transformé ou réaffecté au cours du temps peut être reconnu comme authentique quand les différentes étapes de son évolution apparaissent clairement, c'est-à-dire notamment quand sont préservés les matériaux originaux et leur mise en œuvre.

▪ Critère d'intégrité

L'intégrité d'un bien est fonction de son caractère complet, lisible, cohérent ou homogène sur le plan strictement matériel.

L'intégrité vise, par définition, un tout et non une partie : un bâtiment qui n'a conservé que sa façade avant, même intouchée, ne peut être considéré comme intègre ; il peut néanmoins, dans ce cas de figure, être considéré comme représentatif.

▪ Critère de rareté

La rareté doit être comprise dans son sens commun, c'est-à-dire le fait d'exister à peu d'exemplaires, soit comme le caractère exceptionnel sur le plan qualitatif.

A priori, la rareté d'un bien peut être envisagée, quel que soit l'intérêt qui lui serait reconnu.

▪ Critère de représentativité

La représentativité renvoie au concept de typicité, qui s'applique à un « bon exemple » réunissant nombre de caractéristiques significatives de la typologie à laquelle le bien appartient.

Le degré de représentativité est intimement lié à l'intégrité et, dans une moindre mesure, à l'authenticité : plus le bien est intact (non modifié) et plus il est complet (non diminué) dans ses différentes composantes, plus il a de chances d'avoir conservé une large part des caractères qui définissent sa typologie.

La représentativité est donc a priori analysée sur le plan typologique ou architectural.

5.2 Tableau récapitulatif

Intérêts	Critères			
	Authenticité	Intégrité	Rareté	Représentativité
Archéologique				
Architectural				
<i>Organisation fonctionnelle du lieu</i>				
<i>Organisation spatiale intérieure</i>				
<i>Systèmes constructifs</i>				

Intérêts	Critères			
	Authenticité	Intégrité	Rareté	Représentativité
<i>Matériaux principaux</i>				
<i>Composition des façades</i>				
<i>Matériaux de façades</i>				
<i>Composition des toitures</i>				
<i>Matériaux de toitures</i>				
<i>Composition des dalles</i>				
<i>Composition des planchers</i>				
<i>Matériaux de planchers et dalles</i>				
Artistique				
<i>Finitions et matériaux intérieurs</i>				
<i>Éléments de décoration intérieure</i>				
<i>Éléments de décoration extérieure (façades et toitures)</i>				
Esthétique				
<i>Proportions du volume extérieur</i>				
<i>Harmonie et équilibre des formes et volumes</i>				
<i>Harmonie des couleurs (façades)</i>				

Intérêts	Critères			
	Authenticité	Intégrité	Rareté	Représentativité
Historique				
Mémoriel				
Paysager				
<i>Organisation et composition des espaces extérieurs</i>				
Scientifique				
Social				
<i>Mémoire d'un mode d'habiter ou d'un mode de vie</i>				
Technique				
Urbanistique				

5.3 Application de la grille de lecture au cas d'étude



Figure 50 - Cas d'études Prospérité
Source : Région de Bruxelles - Capitale Inventaire du patrimoine architectural

L'accès au bâtiment étant limité, seul certains aspects identifiables ont été traité. Pour les espaces intérieures, certaines hypothèses ont été réalisées dans la mesure où elles apparaissent fortement plausibles au vue du bâtiment.

5.4 Analyse du bien

5.4.1 Description des spécificités de l'édifice

Les éléments à valeur patrimoniale relevés sont repris dans la liste ci-dessous, qui suit la même logique que le tableau récapitulatif du point **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

a. Intérêt archéologique

L'édifice analysé ne présente aucun intérêt archéologique.

Il a été construit fin XIXe pour être utilisé en tant que logement d'une famille bourgeoise. C'est un habitat mitoyen de type urbain implanté à Molenbeek, dans un quartier dense.

b. Intérêt architectural

▪ **Organisation fonctionnelle du lieu**

L'édifice est implanté dans un bâti dense, dans le centre de Molenbeek, à front de rue et parallèlement à celle-ci. Le bâtiment fait partie d'un alignement de maisons de rangée et mitoyennes. Le bâtiment principal se prolonge par un jardin en L entre mitoyen d'une surface d'environ 240 m², constitué de nombreux arbres et arbustes.

▪ **Organisation spatiale intérieure**

L'édifice comprend un niveau semi-enterré de caves, un rez-de-chaussée surélevé par rapport à la rue, deux étages et des combles sous toiture.

L'organisation spatiale de l'édifice est caractéristique du type « maison bourgeoise » avec :

- Une division en travées: une travée principale (2/3 de la largeur) dédiée aux pièces de vie et une travée secondaire (1/3 de la largeur) dédiée à la circulation avec une cage d'escalier accolée au mur mitoyen ;
- Une enfilade de trois pièces au rez-de-chaussée et de deux pièces aux étages ;
- Des pièces de vie, au rez-de-chaussée, présentant de grands volumes avec une belle hauteur sous plafond ;
- Des caves semi-enterrées et éclairées naturellement sur les deux façades.

▪ **Volume et gabarit**

L'édifice présente également un volume et gabarit spécifiques au type « maison bourgeoise ». Il est composé d'un volume haut et étroit surmonté d'un toit à deux versants.

Le volume principal présente une largeur de 6,6 mètres, une longueur de 15,75 mètres au rez-de-chaussée, 11,35 mètres aux étages et une hauteur sous corniche de 14 mètres côté rue. Il abrite un rez-de-chaussée d'une surface de 100 m², 1 niveaux d'une surface de 92 m² et deux niveaux de 72 m², soit une surface habitable totale d'environ 340 m² (combles compris).

▪ **Systèmes constructifs**

Le système constructif général de l'édifice est composé de murs gouttereaux et murs de refend porteurs en maçonnerie de briques de terre cuite pleines (rejointoyées au mortier de chaux), d'un plancher à entrevous (entre les caves et le rez-de-chaussée), de planchers d'étage en bois massif et d'une charpente de toiture à pannes et chevrons en bois de chêne.

▪ **Matériaux principaux**

Les principaux matériaux composant l'édifice sont la brique de terre cuite pleine, la pierre naturelle (pierre bleue belge et pierre schisteuse), le mortier et l'enduit de chaux, le bois de chêne et les tuiles de terre cuite.

▪ **Composition des façades**

L'édifice étant mitoyen, il présente une façade à rue et une façade arrière, côté jardin. La façade avant marque dans sa composition 3 travées équilibrée, avec une composition centrée appuyée par les balcons tandis que la façade arrière affiche le système d'organisation en travée (1/3 – 2/3) avec notamment les annexes saillantes marquant la plus petite travée. On note cependant une grande différence de traitement entre la façade à rue, destinée à être vue, et la façade arrière.

▪ **Matériaux et éléments décoratifs des façades**

L'ensemble des façades sont des murs porteurs d'une épaisseur variant de 42 cm (en cave) à 36 cm (niveaux hors sol). Ces murs sont en maçonnerie de briques pleines de terre cuite (22 x 11 x 6), rejointoyées au mortier de chaux, suivant un appareillage à la française.

Les deux façades sont percées de larges baies.

Seule la façade principale, mur gouttereau côté rue, est travaillée et présente quelques éléments de décoration, notamment, un large sous bassement en pierre bleue couvrant l'ensemble du rez-de-chaussée. Le matériau est rappelé dans les encadrement des baies de fenêtres. On note aussi la présence de balcons avec des assises travaillées et des ferrures d'origine. Les étages supérieurs sont enduits simulant un appareillage de pierre.

Façade à rue :

La porte d'entrée de l'édifice - travée de circulation - est surélevée de trois marches par rapport au trottoir et surmontée d'une imposte vitrée. Elle est entourée d'un jambage en pierre bleue

belge. Elle fait partie du « soubassement » de la maison qui est particulièrement travaillé. Celui-ci est constitué d'une première couche de pierre bleue particulièrement travaillée. Le soubassement est percé de deux baies de fenêtre éclairant les caves, qui est elle-même incorporée au sous-bassement.

Les châssis de fenêtres ne sont pas d'origine. Ils sont en PVC blanc, à double vitrage et ont été placés en 2000. Les châssis de deux travées sont à vantaux battants (simple ou double), surmontés d'une imposte.

On remarque également dans la façade à rue la présence de :

- La présence d'une frise travaillée avec des polyglyphes sur le haut de façade
- Un ancien décrottoir à côté de la porte d'entrée ;
- Une grille en ferronnerie protégeant les baies du soubassement.

Façade arrière :

La façade arrière en beaucoup moins soignée et travaillée que la façade à rue. Elle est constituée d'un mur de briques pleines en terre cuite maçonnées au mortier de chaux suivant un appareil simple. Le mur est enduit.

Les baies de fenêtres ont un seuil en pierre et surmontée d'un arc surbaissé. Les baies présentent un linteau métallique supposé non apparent.

La façade arrière ne présente aucun élément de décoration mis à part 4 bouleau.

▪ **Composition des toitures**

La toiture présente deux versants symétriques. Le volume est simple, sans ornementation ni décoration.

La charpente de la toiture est supposée composée d'un système simple à pannes reposant sur les murs mitoyens, de mur-à-mur, d'un seul tenant : une panne faîtière et une panne intermédiaire sur chaque versant. Les chevrons sont posés sur les pannes avec un entraxe de 30 cm et supportent un voligeage non jointif. L'ensemble, en bois massif (vraisemblablement du chêne), est en bon état.

Côté rue, le versant se termine sur un imposant chéneau en bois fortement décoré et accompagné d'une frise.

Trois fenêtre de toit de type « velux » est insérée dans la toiture.

▪ **Matériaux et éléments décoratifs des toitures**

La charpente est supposée en bois massif (vraisemblablement du chêne). La couverture n'est pas d'origine et est constituée de tuiles rouge en bon état. La toiture possède actuellement une légère couche isolante d'épaisseur inconnue et présente donc aussi une membrane de sous toiture en bon état.

▪ **Composition et matériaux de la dalle de sol et de la dalle au-dessus de la cave**

L'accès au bâtiment étant limité, les sols n'ont pas pu être observé

▪ **Composition et matériaux des planchers d'étage**

Le plancher des étages est supposé, d'une épaisseur de 23 cm et composé de solives portant perpendiculairement aux façades et reposant sur les murs de refend et les murs gouttereaux.

c. Intérêt artistique

▪ Finitions et matériaux intérieurs

L'accès au bâtiment étant limité, les finitions intérieures n'ont pas pu être observé

▪ Éléments de décoration intérieure

Pour un tel édifice, on peut attendre plusieurs éléments décoratifs

- Des corps de cheminé ;
- Des moulures au plafond des anciennes pièces de réception;
- Des anciennes doubles-portes en bois massif avec des quincailleries anciennes dans l'enfilade;
- Des revêtements de sol particuliers.

▪ Éléments de décoration extérieure (façades et toitures)

La façade avant présente de nombreuses décorations ancrées dans le style néo-classique type à Bruxelles

d. Intérêt esthétique

▪ Proportions du volume extérieur

Le volume principal présente une largeur de 6,6 mètres, une longueur de 15,75 mètres au rez-de-chaussée, 11,35 mètres aux étages et une hauteur sous corniche de 14 mètres côté rue. Le volume est simple, haut et étroit, et surmonté d'une toiture à deux versants. Il est représentatif de l'habitat bourgeois bruxellois entre 1800 et 1914.

▪ Harmonie et équilibre des formes et des volumes

L'édifice étudié a conservé ses formes et ses volumes d'origine. Il s'inscrit dans un ensemble de maisons de rangée de même type et gabarit. L'ensemble de la rue est cohérent et harmonieux.

▪ Harmonie des couleurs

L'édifice étudié a conservé ses couleurs d'origine. Il est difficile de se prononcer sur les châssis cependant. Les tons sont doux et harmonieux. La gamme des couleurs oscille entre le blanc cassé de l'enduit de façade et le gris/bleu des pierres utilisées pour le rez-de-chaussée et les seuils. L'édifice s'inscrit également dans l'harmonie des couleurs et des tons de la rue dans laquelle il est implanté.

e. Intérêt historique

L'édifice, comme tous les autres bâtiments de ce type, est le reflet d'un mode d'habiter « en ville » entre le Moyen Âge et la Seconde Guerre mondiale. Il ne peut cependant pas être associé à un événement particulier, un personnage ou une institution. Il ne peut pas non plus être relié à un phénomène social.

f. Intérêt mémoriel

L'édifice ne présente pas d'intérêt mémoriel.

g. Intérêt paysager

L'édifice et ses espaces extérieurs ne présentent pas de réel intérêt paysager, si ce n'est un intérêt à conserver une certaine cohérence (gabarit, couleurs et type de bâtis) et un équilibre de la rue et de l'ensemble dont il fait partie.

h. Intérêt scientifique

L'édifice ne présente pas d'intérêt scientifique.

i. Intérêt social

L'édifice ne présente pas d'intérêt social et/ou sociétal, si ce n'est qu'il est le reflet du mode de vie d'une population urbaine wallonne et du fonctionnement de celle-ci entre le Moyen Âge et la Seconde Guerre mondiale.

j. Intérêt technique

L'édifice ne présente pas d'intérêt technique.

k. Intérêt urbanistique

L'édifice ne présente pas d'intérêt urbanistique.

5.4.2 Tableau récapitulatif

Intérêts	Critères			
	Authenticité	Intégrité	Rareté	Représentativité
Archéologique	/	/	/	/
Architectural				
<i>Organisation fonctionnelle du lieu</i>	+	+	/	+
<i>Organisation spatiale intérieure</i>	++	++	/	++
<i>Systèmes constructifs</i>	++	++	/	++
<i>Matériaux principaux</i>	++	++	/	++
<i>Composition des façades</i>	++	++	/	++
<i>Matériaux de façades</i>	+	+	/	+
<i>Composition des toitures</i>	+	+	/	++
<i>Matériaux de toitures</i>	++	+	/	++
Artistique				
<i>Finitions et matériaux intérieurs</i>	++	+	/	++

Intérêts	Critères			
	Authenticité	Intégrité	Rareté	Représentativité
<i>Éléments de décoration intérieure</i>	++	+	/	++
<i>Éléments de décoration extérieure (façades et toitures)</i>	+	+	/	+
Esthétique	++	++	/	++
<i>Proportions du volume extérieur</i>	+	+	/	+
<i>Harmonie et équilibre des formes et volumes</i>	+	+	/	+
<i>Harmonie des couleurs (façades)</i>	++	++	/	++
Historique	/	/	/	/
Mémoriel	/	/	/	/
Paysager				
<i>Organisation et composition des espaces extérieurs</i>	+	+	/	+
Scientifique				
Social				
<i>Mémoire d'un mode d'habiter ou d'un mode de vie</i>	+	+	/	+
Technique	/	/	/	/
Urbanistique	/	/	/	/

Figure 51 - Tableau récapitulatif de la valeur patrimoniale de la maison bourgeoise
Source : Architecture et Climat

5.4.3 Éléments à conserver

Suite à cette analyse, les auteurs de projet estiment que la valeur patrimoniale de l'édifice réside principalement dans :

▪ La forme et le volume du bâtiment dans son ensemble

La forme et le volume d'origine sont conservés. Ils confèrent à l'édifice son authenticité et sa représentativité d'un type bâti fort présent à Bruxelles. De plus, il y a actuellement une cohérence importante dans l'ensemble des maisons/façades composant l'espace « rue » : gabarit, volume, hauteur, type de construction, matériaux... Cette cohérence d'ensemble doit être conservée.

Dans le cas du bâtiment étudié, les matériaux de façade (briques de terre cuite, pierre bleue belge, enduit) sont représentatifs des matériaux fréquemment utilisés dans la région.

▪ La façade principale, son soubassement et ses quelques éléments de décoration

Le « soubassement » de la maison est particulièrement travaillé avec :

- Une première couche de pierre bleue;
- Les encadrements de fenêtres

Ces matériaux et leur agencement sont représentatifs des matériaux utilisés dans la région.

▪ Les éléments de décoration d'intérieur d'origine

Si la maison présente certaines de ces spécificités intérieures, elles doivent être conservées :

- Des corps de cheminé ;
- Des moulures au plafond des anciennes pièces de réception;
- Des anciennes doubles-portes en bois massif avec des quincailleries anciennes dans l'enfilade;
- Des revêtements de sol particuliers.

5.5 Évaluation de l'impact environnemental des solutions

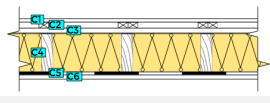
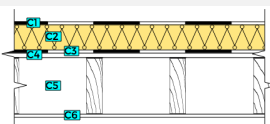
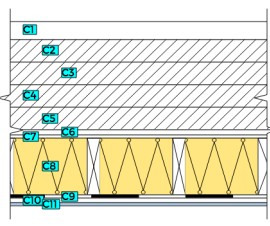
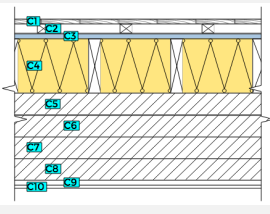
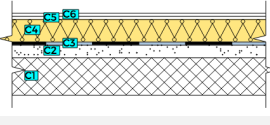
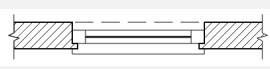
a. Grille évaluative

Sur base de cette analyse, il est désormais plus facile de statuer sur l'impact d'une solution sur la paroi. Afin de fournir une grille d'analyse visuelle, les critères suivants sont définis :

Critère d'impact environnemental			
Impact environnemental relatif conséquent	Impact environnemental moyen	Impact environnemental relatif limité	Impact environnemental relatif faible
1	2	3	4

b. Résultats

En utilisant cette technique, nous pouvons donc fournir cette évaluation :

Parois	Solution	Solution préconisée	Impact patrimonial
Versants de toiture	Isolation entre chevrons		La valeur patrimoniale existante est améliorée : la rénovation de la toiture à versants n'entraîne pas de modification des spécificités patrimoniales
Toiture plate	Isolation par l'extérieur avec ou non rehausse des acrotères existants.		La valeur patrimoniale existante est améliorée : la rénovation de la toiture plate n'entraîne pas de modification des spécificités patrimoniales
Façade avant	Isolation partielle sous-allège, entre ossature		La valeur patrimoniale existante est conservée : en isolant sous l'allège, on conserve les moulures au plafond. Seuls les radiateurs doivent être déplacés.
Façade arrière	Isolation par l'extérieur avec un bardage sur ossature		La valeur patrimoniale existante est conservée : malgré les 4 boueaux qui seront masqué par l'intervention, la façade arrière présente peu de spécificités architectoniques
Dalle de sol	Plancher des caves : isolation sur voussettes		La valeur patrimoniale existante est altérée : en isolant par le haut de la dalle, le revêtement (carrelage) est recouvert.
Châssis	Vitrage : Remplacement du double vitrage		La valeur patrimoniale existante est améliorée : le dessin des châssis peut être retravaillé pour correspondre plus à la division de châssis originel.

6 EVALUER L'IMPACT DES INTERVENTIONS SUR LE POTENTIEL HABITABLE

6.1 Vers une réaffectation des types bâtis belges

Le présent point vise à l'élaboration de recommandations quant à l'analyse du potentiel de densification ou de mixité de fonction d'un type bâti lors de sa rénovation. Elle mettra en avant les freins et leviers techniques ainsi que l'identification des mesures nécessaires à prendre pour la réalisation de cette densification ou mixité de fonction.

Deux types bâtis seront présentés au travers de ce point, la maison bourgeoise ainsi que la maison ouvrière. En effet, ces deux types sont très présents sur le territoire de la région et recourent une série de problématiques communes. Une fois le potentiel habité des deux types évalués, une courte conclusion sera établie sur ce qu'on peut attendre d'un potentiel habité. Ensuite une mise en application au cas d'études.

6.2 La maison bourgeoise

Les maisons bourgeoises du XVIII^e siècle, principalement du XIX^e siècle et du début du XX^e siècle constituent une grande partie du stock de bâti ancien de Bruxelles. On les retrouve dans toutes les communes. Elles sont les témoins de la richesse locale liée à au développement commercial, artisanal, industriel de la Région.

6.2.1 Description générale

a. Organisation spatiale

Les **maisons bourgeoises** se distinguent par la présence d'un corridor latéral qui donne accès à deux ou trois pièces en enfilade d'une profondeur de 4 à 5 mètres chacune. Les espaces intérieurs sont ainsi divisés en deux parties : une partie principale qui occupe 2/3 de la largeur et comprend les espaces de réception et de vie et une seconde partie plus étroite (1/3 de la largeur) incluant le corridor, la cage d'escalier et les services implantés côté jardin.

Au rez-de-chaussée (ou bel-étage dans le cas de rez-de-chaussée surélevé), les espaces de réception et de vie ont de grandes hauteurs sous-plafond et sont fortement éclairés par de larges baies vitrées.

Les maisons bourgeoises se développent généralement sur trois ou quatre niveaux surmontés d'un toit à deux versants qui abrite un grenier.

En outre, certaines maisons possèdent, en sous-sol, sur toute ou une partie de leur surface, une cave éclairée grâce à un rehaussement important du rez-de-chaussée (bel-étage). D'autres, plus modestes et plus réduites, ne possèdent pas de bel étage, tout au plus une ou deux marches qui permettent un isolement relatif par rapport au trottoir et l'éclairage des caves par des soupiraux.

Il existe donc une multitude de variations en volume et surface habitable, qui dépendent du niveau social du propriétaire et de la région d'implantation.

b. Matériaux

La maison bourgeoise est la plupart du temps édifiée en brique, enduit ou non, avec de nombreux inserts en pierre (sous-bassement, seuils...), mais elles aussi faites de matériaux issus de la révolution industrielle telle que des poutrelles métalliques.

Le système constructif est basé sur le système de construction des maisons mitoyennes à ossature bois. Alors que les planchers d'étage en bois reposent sur les façades et murs de refend, la structure du toit repose sur les murs mitoyens en briques de terre cuite. En revanche, les



planchers du rez-de-chaussée sont réalisés en partie en matériaux durs. Ils sont carrelés ou couverts de dalles de marbre.

Les façades à rue ainsi que les matériaux qui les composent varient selon les époques, en fonction des différents styles. Elles sont généralement constituées d'un mélange de briques et de pierre et d'un soubassement en pierre qui se démarque du reste de la façade. Le niveau de décoration de la façade à rue exprime clairement le niveau social des propriétaires.

Les menuiseries extérieures sont généralement en chêne et les toitures sont recouvertes de tuiles de terre cuite ou d'ardoises.

6.2.2 Recommandations générales

La maison bourgeoise est le reflet du mode de vie de la bourgeoisie des XVIII^e et XIX^e siècles, qui s'organise suivant un modèle très précis entre les zones de réception, l'espace familial et l'espace domestique.

Ce modèle ne correspond plus aux modes de vie et à la diversité des configurations familiales actuelles. Mais, les propriétés spatiales des pièces permettent des aménagements contemporains sans remettre en question les systèmes de distribution et l'organisation spatiale d'origine.

Pour s'adapter aux modes de vie contemporains, de nombreuses maisons bourgeoises ont intégré des nouvelles fonctions (sanitaires, cuisine...) dans les volumes existants ou ont été subdivisées en plusieurs logements afin d'abriter plusieurs familles et donc densifier l'espace bâti. La distinction nette de l'espace de distribution (corridor + escalier) et de l'espace de vie permet ces adaptations, sans devoir impliquer de grandes modifications structurelles.

La nécessité d'intégrer de nouvelles fonctions ou de répondre à un besoin parfois urgent de densification (spécifiquement au cœur des villes) ne doit pas occulter l'importance de respecter certains témoins de la typologie spécifique des maisons bourgeoises. Ainsi, certains éléments caractéristiques devraient impérativement subsister à la réaffectation. Il est donc important que toute intervention garantisse :

- L'identification du fonctionnement original en pièces en enfilade ;
- La conservation de tous les éléments caractéristiques de la façade avant (seuls un éventuel ravalement de façade et le changement des menuiseries à l'identique devraient être tolérés) ;
- La préservation maximale des éléments fonctionnels et décoratifs intérieurs tels que les cheminées, les menuiseries intérieures, les moulures, les boiseries, les ferronneries, les planchers...

Pour répondre à cet enjeu d'adaptation, différents types de scénarios peuvent être envisagés :

- Des scénarios qui vont modifier la surface habitable de l'habitation;
- Des scénarios qui vont modifier l'affectation du bâtiment.

6.2.3 Scénarios de modification de la surface habitable

La liste ci-contre n'a pas pour vertu d'être exhaustive, mais simplement d'ébaucher des possibilités. Il s'agit ici d'aborder la question de la modification de la surface habitable. Celle-ci apparaît souvent comme la première solution et pourtant elle n'est pas avare en conséquence. Tout d'abord il s'agit le plus souvent d'aménagement coûteux qui vont nécessiter de nombreux acteurs et démarches. En prenant le regard de la ville, on peut entrevoir que ce type d'adaptation participe à la densification voire sur densification progressive des quartiers.

Cependant si on entrevoit la plupart du temps les modifications comme une addition au volume existant, celle-ci peut aussi s'entrevoir comme une soustraction. En effet, pour gagner en qualité de vie, en offrant plus d'air et de lumière à la parcelle il est possible de la cureter. C'est-à-dire lui ôter les différentes constructions qui se sont accumulées au gré du temps pour faire mieux ressortir l'habitation initiale.

3 grandes solutions additives peuvent cependant être citées :

- **L'aménagement des façades et d'annexes**

L'aménagement des façades va permettre d'adjoindre de nouvelles ouvertures au bâtiment. Celles-ci vont permettre de rendre habitable ou d'améliorer la qualité de vie de l'occupant dans ces pièces.

L'aménagement d'annexes permet d'augmenter sensiblement la surface habitable. Elle va permettre le report de certaines fonctions de services de l'habitation comme la cuisine ou la salle de bain pour libérer la place dans le volume initial aux fonctions servies (séjour, chambres ...)

- **L'aménagement des combles**

L'aménagement des combles permet d'augmenter la surface habitable. Cette solution implique forcément la création de nouveaux percements en toiture pour garantir un éclairage naturel suffisant. Il conviendra de regrouper de façon structurée les ouvertures nécessaires et d'opter pour des menuiseries qui demeureront dans le plan de la couverture de toiture.

- **Le rehaussement des volumes**

Le rehaussement des volumes existants devrait théoriquement être évité pour des raisons patrimoniales, mais il se peut que, dans certaines situations exceptionnelles, le besoin de densification le nécessite, auquel cas cette possibilité devra être étudiée minutieusement.

Si la maison bourgeoise s'implante dans un ensemble bâti cohérent et de hauteur uniforme, le rehaussement est définitivement à éviter. En revanche, si le bâtiment s'implante dans un ensemble hétérogène, le rehaussement peut être envisagé. Comme toute extension, il devra alors s'affirmer à la fois de façon respectueuse de l'existant et de façon franche et contemporaine.

6.2.4 Scénarios de modification de l'affectation

Il va de soi que les scénarios proposés ci-après ne sont nullement exhaustifs, mais représentent des cas de réaffectation fréquemment (ou moins fréquemment) rencontrés.

- a. Scénario monofonctionnel destiné au logement*

Deux options sont possibles :

- **Le maintien du fonctionnement actuel**

Cette solution est destinée à une configuration unifamiliale qui occupe alors l'ensemble du bâtiment.

- **La subdivision en différents logements unifamiliaux**

D'un point de vue surfacique, une maison bourgeoise classique constituée de trois pièces en enfilade peut raisonnablement être divisée en trois logements. Une petite maison bourgeoise constituée de deux pièces en enfilade sera plutôt subdivisée en deux logements.

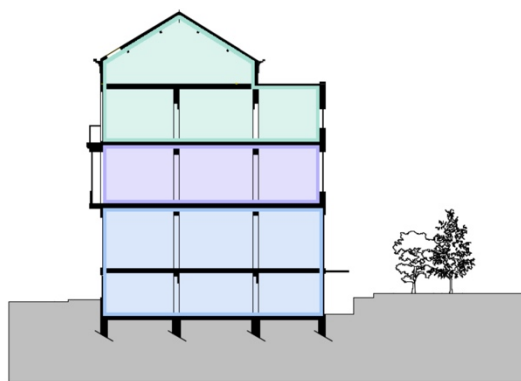


Figure 52 - Division d'une maison bourgeoise en 3 appartements
 Source : ©Architecture et Climat
 Base de plan - Maison située Avenue Albert à BRUXELLES (Forest)

Cette stratégie de réaffectation implique :

- Une séparation des compteurs en ce qui concerne l'approvisionnement en eau, gaz et électricité ;
- La mise en place de plusieurs systèmes de ventilation indépendants ;
- Le compartimentage de chaque appartement et de l'escalier pour répondre aux normes incendie et donc notamment l'isolation des planchers pour répondre aux exigences de résistance au feu ;
- L'isolation acoustique des planchers entre deux unités et entre les espaces de circulations et les espaces privatifs, dans le cas d'une superposition des appartements.

b. Scénario visant l'ajout de fonction

▪ **Ajout de fonction commerciale**

L'intégration d'une fonction commerciale dépend de la typologie exacte de la maison bourgeoise et principalement du rehaussement du rez-de-chaussée :

- Dans le cas de **maisons bel-étage**, l'occupation commerciale du rez-de-chaussée est possible même si ce n'est pas son affectation privilégiée, en raison de l'accessibilité limitée, nécessitant pour les visiteurs d'emprunter une première volée d'escaliers avant d'accéder au commerce (accès limité pour les PMR).
- Dans le cas d'une **maison bourgeoise faiblement rehaussée par rapport au niveau de la rue**, l'intégration d'une surface commerciale est plus opportune. L'accès au commerce est facilité et celui-ci dispose d'une vitrine commerciale au niveau de la déambulation piétonne, et donc plus visible. Certaines maisons bourgeoises étaient d'ailleurs, à l'origine, dotées d'un rez-de-chaussée commercial.

Deux entrées sont souvent nécessaires pour permettre d'une part, l'accès au logement et d'autre part, l'accès au commerce.

Dans les deux cas, l'occupation commerciale est intéressante pour l'exploitation qu'elle fait du sous-sol qu'elle utilise comme réserve.

Dans cette configuration, les étages supérieurs peuvent être affectés à un ou plusieurs logements. Cette stratégie de réaffectation implique :

- Une séparation des compteurs en ce qui concerne l'approvisionnement en eau, gaz et électricité ;

- La mise en place de plusieurs systèmes de ventilation indépendants ;
- Le compartimentage de chaque unité pour répondre aux normes incendie et donc notamment l'isolation des planchers pour répondre aux exigences de résistance au feu ;
- L'isolation acoustique des planchers entre deux unités, dans le cas d'une superposition des appartements ;
- Une distinction éventuelle au niveau de l'entrée dans le bâtiment ;
- Le maintien ou le placement d'une porte entre les deux premières travées du corridor, réservés à l'accès aux espaces communs des logements.

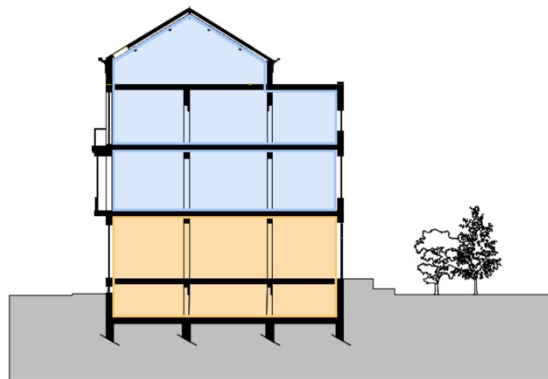


Figure 53 - Réaffectation d'une maison bourgeoise en 2 appartements et un commerce au rez-de-chaussée

Source : ©Architecture et Climat

Base de plan - Maison située Avenue Albert à BRUXELLES (Forest)

■ Activités professionnelles

L'intégration d'une activité professionnelle (cabinet médical, kiné...) au rez-de-chaussée ou en sous-sol d'une maison bourgeoise est fréquente.

Là aussi, la surface occupée dépend d'une part, de la typologie exacte de la maison et d'autre part, de l'espace nécessaire pour l'exercice de l'activité :

- Dans le cas d'un **rez-de-chaussée en bel-étage**, le sous-sol bénéficie d'un éclairage naturel suffisant pour y permettre l'activité professionnelle. L'accès peut alors s'opérer par le hall d'entrée et l'escalier de service, qui suivent la porte d'entrée.
- Dans le cas d'un **rez-de-chaussée faiblement rehaussé**, l'activité professionnelle occupera le rez-de-chaussée, les caves n'étant pas suffisamment éclairées pour générer des conditions de travail agréables.

Parfois, seule la première pièce en enfilade, à front de rue, est suffisante pour recevoir le public visé. Une petite salle d'attente s'improvise alors dans le corridor, en haut de la première volée de marches.

D'autres aménagements exploitent l'ensemble de la surface du rez-de-chaussée. La salle d'attente peut alors s'implanter dans la pièce à rue.

Dans cette configuration, à nouveau, les étages supérieurs peuvent être affectés à un ou plusieurs logements. Il est fréquent que le professionnel, qui exerce son activité au sous-sol ou au rez-de-chaussée, dispose d'un logement ou du logement principal de la maison.

Cette stratégie de réaffectation implique les mêmes dispositions que dans le cas d'une activité commerciale.

6.3 La maison ouvrière

6.3.1 Description générale

Suite au développement industriel et économique de la région Bruxelloise à la fin du XVIII^e et au début du XIX^e siècle, la région voit apparaître un afflux conséquent d'ouvriers.

*Les logements de la classe ouvrière se multiplient alors selon le même plan type : une entrée, deux pièces et une annexe au rez-de-chaussée, deux chambres à coucher à l'étage et un grenier parfois aménagé en chambre mansardée sous le toit. Ils s'implantent, soit par petits groupes d'habitations dans des quartiers existants pour former des **quartiers ouvriers**, soit dans un ensemble bâti homogène qui constitue les **cités ouvrières**.*

a. Organisation spatiale

La **cellule ouvrière** de base se résume à une seule pièce, surmontée d'un grenier, dans laquelle toute la vie familiale s'organise. Le grenier, qui n'est pas toujours accessible dans sa configuration initiale, est parfois éclairé par une lucarne qui dépasse de la pente de toit, au-dessus de la porte d'entrée. L'espace du grenier est très réduit, seul un lit pouvant éventuellement y être installé.

Dans les meilleurs cas, la pièce de vie peut se prolonger à l'arrière par une petite chambre à coucher, sous laquelle une cave à provisions peut éventuellement être creusée.

Aux témoins anciens de l'architecture rurale se sont ajoutées, parfois à la même époque, mais souvent plus tardivement, des **maisons ouvrières**, collées les unes contre les autres, dans un hameau ou dans les faubourgs du noyau urbain en développement. Elles sont construites selon un plan type qui intègre, au minimum, une entrée, deux pièces et une annexe au rez-de-chaussée, deux chambres à coucher à l'étage et un grenier parfois aménagé en chambre mansardée sous le toit.

L'**habitat ouvrier** s'implante dans des ensembles homogènes de plusieurs maisonnettes mitoyennes semblables, à proximité d'une grande exploitation agricole ou d'une activité industrielle (verrière, métallurgie, sidérurgie) ou extractive (pierre, houille, charbon).

Aujourd'hui, de nombreux habitats ouvriers ont évolué, subissant un grand nombre de transformations et d'agrandissements afin de répondre aux besoins croissants de confort et d'espaces.

b. Matériaux

Dans la **maison ouvrière**, la brique est le matériau qui domine, seuls les seuils, piédroits, linteaux de portes et de fenêtres étant en pierre. La façade est soit laissée en brique apparente, soit enduite ou peinte. La charpente en bois est recouverte d'ardoises ou de tuiles de terre cuite.

6.3.2 Recommandations générales

À ce jour, la plupart des habitats ouvriers ne sont plus adaptés aux besoins de notre temps. Les familles qui acceptent aujourd'hui de vivre dans ce type de logement.

Mais malgré la principale difficulté qui réside dans les dimensions très restreintes de cet habitat, il est possible de l'**aménager pour une occupation contemporaine**.

Pour permettre à l'habitat ouvrier de répondre aux besoins présents et futurs, tant en termes d'usage qu'en termes de confort, de bien-être et de performances énergétiques, diverses pistes sont envisagées :

- La diversification de l'offre en logement au sein des ensembles conduits à une plus grande mixité socio-économique ;
- L'apport d'autres fonctions que le logement permet d'éviter le caractère « dortoir » et de diversifier la fréquentation des lieux ;
- L'amélioration de l'image globale des cités ouvrières doit permettre la déstigmatisation des populations qui y habitent.

6.3.3 Scénarios de modification de la surface habitable

De la même façon que pour la maison bourgeoise, 3 grandes solutions peuvent cependant être citées :

▪ **L'aménagement des façades et d'annexes**

L'aménagement des façades va permettre d'adjoindre de nouvelles ouvertures au bâtiment. Celles-ci vont permettre de rendre habitable ou d'améliorer la qualité de vie de l'occupant dans ces pièces.

L'aménagement d'annexes permet d'augmenter sensiblement la surface habitable. Elle va permettre le report de certaines fonctions de services de l'habitation comme la cuisine ou la salle de bain pour libérer la place dans le volume initial aux fonctions servies (séjour, chambres ...)

▪ **L'aménagement des combles**

L'aménagement des combles permet d'augmenter la surface habitable. Cette solution implique forcément la création de nouveaux percements en toiture pour garantir un éclairage naturel suffisant. Il conviendra de regrouper de façon structurée les ouvertures nécessaires et d'opter pour des menuiseries qui demeureront dans le plan de la couverture de toiture.

▪ **Le rehaussement des volumes**

Le rehaussement des volumes existants devrait théoriquement être évité pour des raisons patrimoniales, mais il se peut que, dans certaines situations exceptionnelles, le besoin de densification le nécessite, auquel cas cette possibilité devra être étudiée minutieusement.

Si la maison bourgeoise s'implante dans un ensemble bâti cohérent et de hauteur uniforme, le rehaussement est définitivement à éviter. En revanche, si le bâtiment s'implante dans un ensemble hétérogène, le rehaussement peut être envisagé. Comme toute extension, il devra alors s'affirmer à la fois de façon respectueuse de l'existant et de façon franche et contemporaine.

6.3.4 Scénarios de modification de l'affectation

Il va de soi que les scénarios proposés ci-après ne sont nullement exhaustifs, mais représentent des cas de réaffectation fréquemment (ou moins fréquemment) rencontrés.

a. Scénario monofonctionnel destiné au logement

▪ **Diversification de l'offre de logement**

Il s'agit de proposer une diversité dans la capacité habitable et les formes des logements, afin d'aboutir à plus de mixité socio-économique au sein des quartiers ouvriers.

La diversification des logements est possible par l'agrandissement et/ou le reconditionnement des logements existants. Pour ce faire, lors des travaux de rénovation, différentes pistes peuvent être explorées (cf. plus haut).

▪ **Mise en communauté, mutualisation de certaines fonctions**

La morphologie et l'homogénéité des cités ouvrières laissent transparaître une image de communauté. Mais si cette communauté a pu autrefois exister, elle est aujourd'hui souvent largement stigmatisée. Les habitants ne font plus union, car la qualité de vie dans ce type de logement et de quartier est souvent absente.

Une stratégie consiste à faire renaître l'identité du quartier, en réinstaurant certaines **spécificités communautaires**. Pour fonctionner, cette stratégie implique d'intervenir sur les espaces publics, plus que sur le bâti lui-même :

- Transformation de l'ordre fermé des îlots afin d'ouvrir l'intérieur de l'îlot au public, ce qui implique la suppression de tous les bâtiments en intérieur d'îlot ;
- Diminution des parcelles privées pour valoriser les espaces communs en intérieur d'îlot ;
- Ouverture des logements vers l'intérieur d'îlot, au moyen de nouvelles baies en façade arrière et de la suppression de bâtiments annexes susceptibles de gêner les vues et de mettre en péril le contrôle social ;
- Affectation de certains bâtiments à l'usage communautaire (lavoir, salle polyvalente, salle de sport...).

6.3.5 Scénario visant à l'apport de nouvelles fonctions

▪ **Ajout de fonction commerciale**

L'**occupation commerciale du rez-de-chaussée**, par des petits commerces de proximité, est possible même si ce n'est pas son affectation privilégiée. En repensant l'organisation spatiale de l'étage, celui-ci peut servir de réserve ou éventuellement de studio pour le commerçant.

▪ **Activités professionnelles**

Par le terme **bureaux**, on entend les services à la population, les services sociaux, les entreprises ou les petits indépendants. Il est à noter que certaines fonctions publiques nécessitent une mise en conformité des locaux pour l'accès aux PMR.

6.4 Synthèses des recommandations

À partir de ces deux types, il est possible de regrouper celles-ci dans deux groupes :

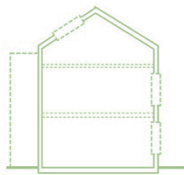
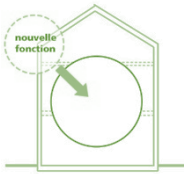
▪ **Les recommandations liées à la modification de la surface habitable**

Ces recommandations sont celles qui vont entraîner une modification sensible des volumes par l'ajout d'annexes ou la fiabilisation d'un espace (ajout de fenêtre ...).

▪ **Les recommandations liées à la modification de l'affectation**

Ici sans toucher aux volumes, on arrive à moduler l'habité simplement en réassignant les espaces. Ces opérations sont nécessaires pour lorsque celui-ci devient trop grand, en permettant une utilisation plus souple d'un bien. La maison bourgeoise se prête particulièrement à cet exercice puisqu'elle bénéficie d'une structure très adaptable.

• Tableau synthétique

Mesures d'habitabilités	Modification de la surface habitable			
		<i>ouvertures des façades et gestion des annexes</i>	<i>aménagement des combles</i>	<i>Rehaussement de toiture</i>
	Modification de l'affectation			
		<i>Unification de plusieurs unités</i>	<i>Division en plusieurs unités</i>	<i>Modification de la fonction initiale</i>

b. Le permis d'urbanisme, un indispensable

Toutes ces mesures ne sont pas sans conséquence sur une construction, mais aussi sur la façon dont la commune souhaite organiser son territoire. Ainsi pour la plupart des mesures proposées ici, le permis d'urbanisme reste une étape nécessaire. Pour effectuer cette démarche, il est possible

6.4.2 Application des recommandations au cas d'étude.

Notre cas d'étude est une maison bourgeoise typiquement bruxelloise. Avant de démarrer tout scénario, un préalable utile reste la levée de plan. En effet, ils sont un moyen adapté pour se projeter et proposer rapidement une solution. Nous avons donc esquissé ceux-ci afin d'avancer dans notre discussion.

L'habitation se définit autour d'un plan relativement caractéristique avec 2 pièces en enfilade recoupant 2 travées et la circulation et les services occupant la seconde travée. Les annexes déjà mises ne placent viennent cherchée de l'espace dans la profondeur de la parcelle. On aussi la présence de belle qualité telle qu'une pièce faisant toute la largeur du bâtiment au 1^{er} étage.

Si on souhaite entamer une série de travaux de rénovation, la question du potentiel d'habiter doit se poser. Quelles sont les opportunités offertes par ce volume ? Il est possible d'esquisser une multitude de scénarios cependant ceux doivent impérativement être pensé dans un temps long.

En effet, que se passera-t-il pour une famille, une fois que les enfants seront partis ? Comment la maison évoluera-t-elle dans le temps ? Il faut donc réfléchir à comment vont évoluer les habitants de la maison. Combien sont-ils aujourd'hui, combien seront-ils demain ?

Une fois ces questions répondues, il est possible de proposer des aménagements.

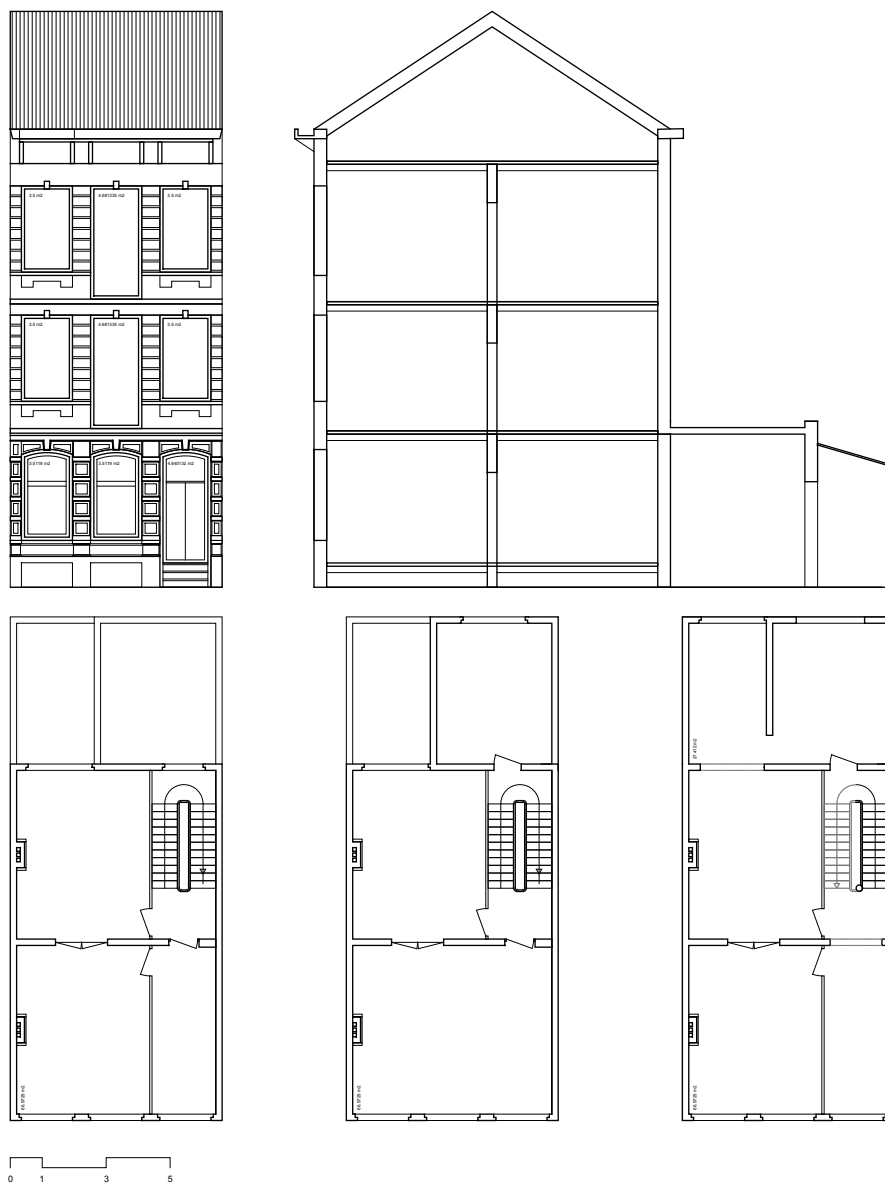
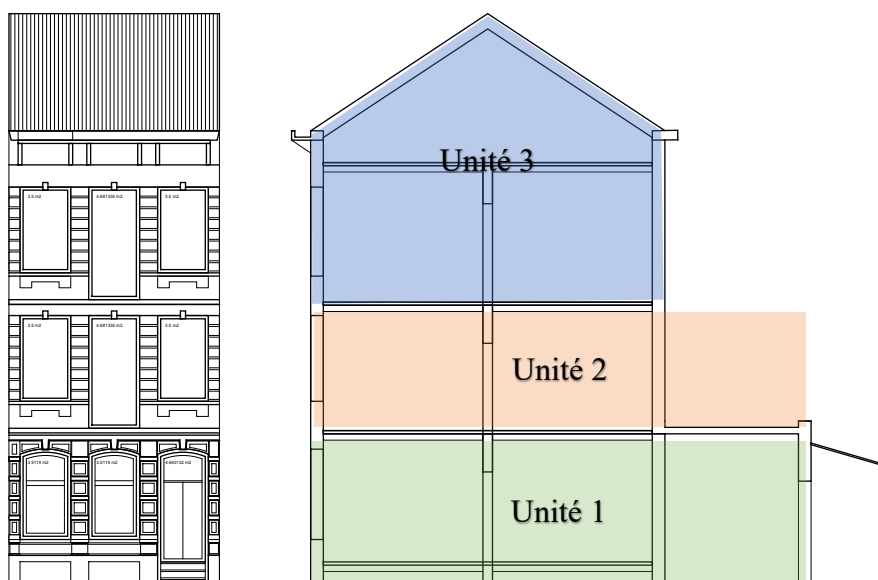


Figure 54 - plan et coupe du cas d'étude

a. Scénario envisageable

▪ Scénario 01



Dans ce scénario, l'habitation est divisée en 3 unités. Cette division est relativement courante à Bruxelles et favorisée ici par la position indépendante de la cage d'escalier. Pour ce faire, il faut cependant augmenter l'espace habitable. En effet, deux pièces ne suffisent pas à offrir des appartements a priori décents. Une rehausse de l'extension existante peut alors être envisagée de même que la réfection du toit permettant d'y installer une pièce supplémentaire.

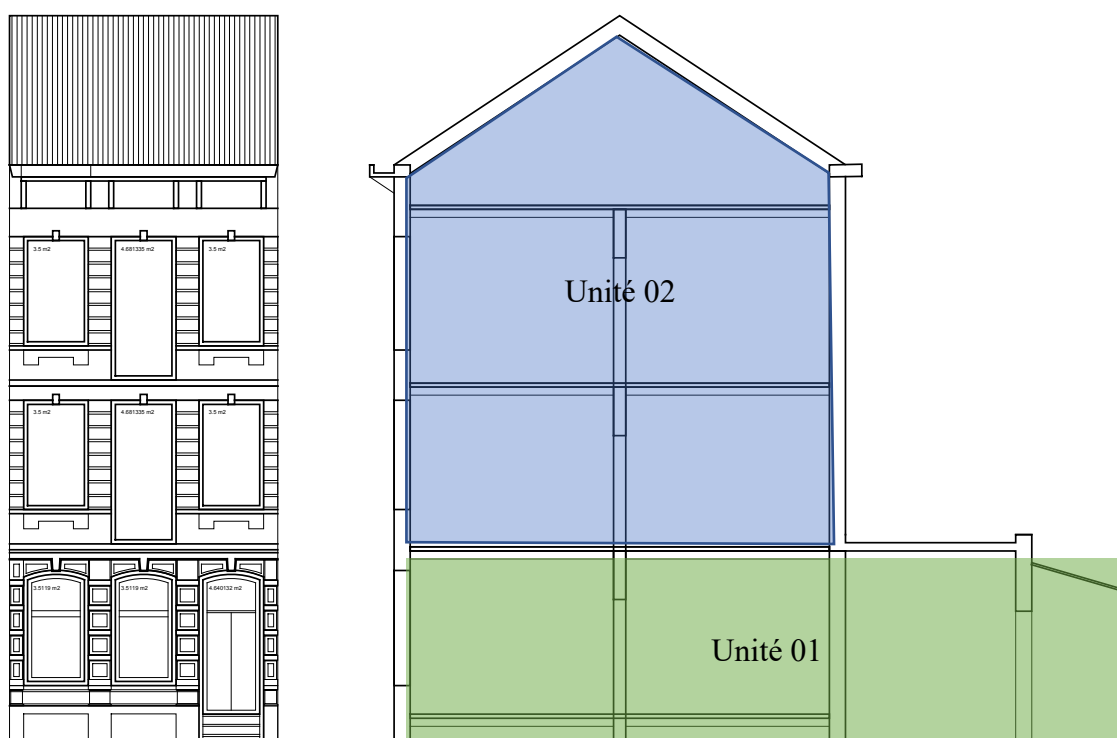


Les icônes ci-dessus reprennent l'ensemble des opérations à réaliser

L'avantage la maison bourgeoise est que ces aménagements peuvent être préparés lors de la réalisation de travaux de rénovation sans pour autant entravé la façon d'habiter actuel. Si on anticipe à terme le besoin de diviser la maison en préparant les gaines techniques aux nouvelles cuisines, en ajustant le nombre de salles de bain et en viabilisant certaines pièces, il n'est cependant pas encore exclu de continuer à y vivre sur un mode unifamilial jusqu'à ce que la reconversion du bâtiment soit nécessaire. Comme la plupart des travaux utiles auront déjà été entrepris, seule une mise à niveau du bâtiment devra être proposée.

Cependant, il s'agit ici de travaux assez lourds qui demandent un investissement conséquent !

▪ Scénario 02



Dans cette solution la structure du bâtiment est conservée, seul le rez-de-chaussée est réaffecté. Ici, une profession libérale peut parfaitement s'installer alors que la famille irait occuper le haut du logement. Pour rendre cette solution crédible, à nouveau la toiture doit être investie, permettant de fournir une chambre supplémentaire. Ici les modifications sont beaucoup plus « légères » puisqu'elle n'implique qu'une isolation de la toiture (avec l'adjonction de fenêtre) et la division administrative du bâtiment.



Les icônes ci-dessus reprennent l'ensemble des opérations à réaliser

b. Conserver son potentiel lors de sa rénovation énergétique

Ces scénarios ne doivent pas être obligatoirement envisagés. Cependant il affirme le potentiel habitable de cette maison. Ce potentiel peut être entravé par de travaux préalables pensés par le maître d'ouvrage.

Un exemple très parlant ici est l'utilité de la toiture dans les deux scénarios envisagés. Ici, vu que l'habitation ne propose que deux pièces en enfilade, un espace supplémentaire est très précieux.

Une autre hypothèse envisageable est celle d'une rénovation des façades arrière. Si à terme on souhaite se diriger vers la solution 1, il serait dommage de mettre en œuvre une isolation qu'il faille retirer lorsqu'on construira l'annexe.

Ce qu'il faut ici, c'est éviter les incompatibilités avec des travaux engagés aujourd'hui et ceux de demain. Il sera toujours possible de trouver une solution. Mais celle-ci se fera aux dépens du budget du maître d'ouvrage. Dans un monde aux ressources limitées, anticiper les changements et permettre à son bâtiment d'évoluer reste un choix économiquement sain.

6.5 Évaluation de l'impact des solutions sur l'habitabilité

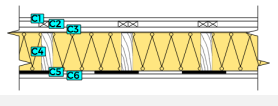
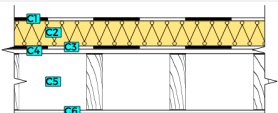
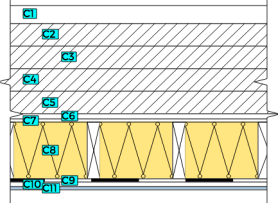
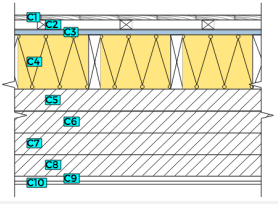
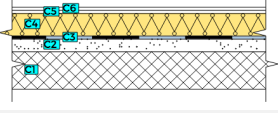
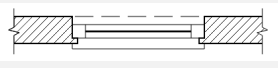
a. Grille évaluative

Sur base de cette analyse, il désormais plus facile de statuer sur l'impact d'une solution sur la paroi. Afin de fournir une grille d'analyse visuelle, les critères suivants sont définis :

Critère d'habitabilité			
Impact négatif sur le potentiel habitable logement : la solution devra à terme être démontée	Impact limité sur le potentiel habitable logement : la solution devra à terme être adapté	Aucun impact sur le potentiel habitable logement	Impact positif sur le potentiel habitable logement
1	2	3	4

b. Résultats

En utilisant cette technique, nous pouvons donc fournir cette évaluation :

Parois	Solution	Solution préconisée	Impact sur l'habitabilité
Versants de toiture	Isolation entre chevrons		L'impact sur l'habitabilité est positif : la rénovation de la toiture permet l'aménagement des combles
Toiture plate	Isolation par l'extérieur avec ou non rehausse des acrotères existants.		Impact sur l'habitabilité est négatif : si on décide de réaliser une annexe au bâtiment, cette toiture devra complètement être démontée.
Façade avant	Isolation partielle sous-allège, entre ossature		L'impact sur l'habitabilité est neutre : quoique diminuant la surface habitable, l'impact de la mesure reste très limité sur l'habitabilité du bien.
Façade arrière	Isolation par l'extérieur avec un bardage sur ossature		L'impact sur l'habitabilité est limité : Si le scénario 01 est choisi, une partie de la façade devra être démontée pour permettre la construction de l'annexe
Dalle de sol	Plancher des caves : isolation sur voussettes		L'impact sur l'habitabilité est neutre : quoique diminuant la hauteur habitable, l'impact de la mesure reste très limité sur l'habitabilité du bien.
Châssis	Vitrage : Remplacement du double vitrage		L'impact sur l'habitabilité est neutre : l'impact de la mesure reste très limité sur l'habitabilité du bien.

7 CONCLUSION

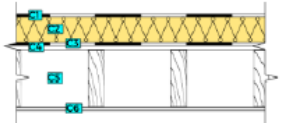
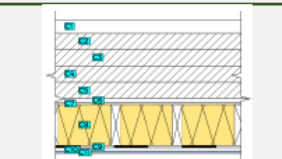
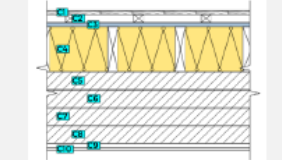
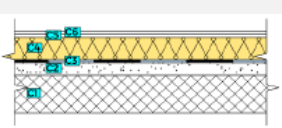
Au terme de cette analyse, nous sommes à même de dresser un tableau synthétique des différentes solutions. Celui-ci à l'avantage de permettre de rendre plus visuel le choix d'une solution et surtout de nuancer un choix.

Sur cette base, un maître d'ouvrage peut donc planifier correctement sa rénovation. Ceci est possible grâce à toute la méthodologie développée ci-dessus que nous pourrions résumer ainsi :

1. Je sélectionne les solutions de rénovations envisageables sur chacune de mes parois ;
2. Je hiérarchise ces solutions sur base du diagnostic préalablement réalisé ;
3. J'élargis le propos en relevant les interactions possibles.

A partir de cette première étape, on définit les critères qui feront infléchir le projet et on évalue chaque solution indépendamment selon ces différents critères.

A terme, on est capable de synthétiser le tout dans un tableau synthétique.

Parois	Solution suggérée	Détail	Isolants/matériaux suggérés	Priorité de l'intervention	Impact environnemental	Impact sur les spécificités patrimoniales	Impact sur l'habitabilité
Versants de toiture	Isolation entre chevrons		Laine de bois	Envisageable	Économie d'énergie : 13490 MJ/an Impact sur le réchauffement climatique : 1976 kgCO ₂ eq Impact sur l'épuisement des ressources : 28170 MJ	La valeur patrimoniale existante est améliorée : la rénovation de la toiture à versants n'entraîne pas de modification des spécificités patrimoniales	L'impact sur l'habitabilité est positif : la rénovation de la toiture permet l'aménagement des combles
Toiture plate	Isolation par l'extérieur avec ou non rehausse des acrotères existants.		PUR	Nécessaire	Économie d'énergie : 13490 MJ/an Impact sur le réchauffement climatique : 1976 kgCO ₂ eq Impact sur l'épuisement des ressources : 54717 MJ	La valeur patrimoniale existante est améliorée : la rénovation de la toiture plate n'entraîne pas de modification des spécificités patrimoniales	Impact sur l'habitabilité est négatif : si on décide de réaliser une annexe au bâtiment, cette toiture devra complètement être démontée.
Façade avant	Isolation partielle sous-allège, entre ossature		Cellulose	Prioritaire	Économie d'énergie : 3668 MJ/an Impact sur le réchauffement climatique : 2723 kgCO ₂ eq Impact sur l'épuisement des ressources : 26260 MJ	La valeur patrimoniale existante est conservée : en isolant sous l'allège, on conserve les moulures au plafond. Seuls les radiateurs doivent être déplacés.	L'impact sur l'habitabilité est neutre : quoique diminuant la surface habitable, l'impact de la mesure reste très limité sur l'habitabilité du bien.
Façade arrière	Isolation par l'extérieur avec un bardage sur ossature		Cellulose	Prioritaire	Économie d'énergie : 8312 MJ/an Impact sur le réchauffement climatique : 23339 kgCO ₂ eq Impact sur l'épuisement des ressources : 30620 MJ	La valeur patrimoniale existante est conservée : malgré les 4 boudeaux qui seront masqué par l'intervention, la façade arrière présente peu de spécificités architectoniques	L'impact sur l'habitabilité est limité : Si le scénario 01 est choisi, une partie de la façade devra être démontée pour permettre la construction de l'annexe
Dalle de sol	Plancher des caves : isolation sur voussettes		PUR	Envisageable	Économie d'énergie : 1413,1 MJ/an Impact sur le réchauffement climatique : 5251 kgCO ₂ eq Impact sur l'épuisement des ressources : 81078 MJ	La valeur patrimoniale existante est altérée : en isolant par le haut de la dalle, le revêtement (carrelage) est recouvert.	L'impact sur l'habitabilité est neutre : quoique diminuant la hauteur habitable, l'impact de la mesure reste très limité sur l'habitabilité du bien.
Châssis	Vitrage : Remplacement du double vitrage		Grande fenêtres - bois/liège	Non prioritaire	Économie d'énergie : 2789 MJ/an Impact sur le réchauffement climatique : 11165 kgCO ₂ eq Impact sur l'épuisement des ressources : 148720 MJ	La valeur patrimoniale existante est améliorée : le dessin des châssis peut être retravaillé pour correspondre plus à la division de châssis originel.	L'impact sur l'habitabilité est neutre : l'impact de la mesure reste très limité sur l'habitabilité du bien.

Conclusion

10/09/24 - Microsoft Office User



