
Mémoire de fin d'études : " Rénovation de la cité ouvrière des Grandes Rames à Verviers : comment concilier la réhabilitation énergétique, du bâti à valeur patrimoniale et le confort des occupants ?".

Auteur : Rulkin, Sophie

Promoteur(s) : Trachte, Sophie; Houbart, Claudine

Faculté : Faculté d'Architecture

Diplôme : Master en architecture, à finalité spécialisée en art de bâtir et urbanisme

Année académique : 2023-2024

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/21305>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Prés Javais les Dardanelles

Réhabilitation de la cité
ouvrière des Grandes Rames à
Verviers : Comment concilier la
rénovation énergétique, du bâti à
valeur patrimoniale et le confort
des occupants ?

Travail de fin d'études présenté par Sophie RULKIN en vue de
l'obtention du grade de Master en Architecture.

Sous la direction de :

TRACHTE Sophie et HOUBART Claudine.

Année académique 2023-2024



Réhabilitation de la cité ouvrière des Grandes Rames à Verviers : Comment concilier la rénovation énergétique, du bâti à valeur patrimoniale et le confort des occupants ?

Travail de fin d'études présenté par Sophie RULKIN en vue de l'obtention du grade de
Master en Architecture.

Sous la direction de TRACHTE Sophie et HOUBART Claudine.

Université de Liège, Faculté d'Architecture

Année académique 2023-2024



Université de Liège
Faculté d'Architecture

**Réhabilitation de la cité ouvrière des Grandes Rames à Verviers :
Comment concilier la rénovation énergétique, du bâti à valeur
patrimoniale et le confort des occupants ?**

Travail de fin d'études réalisé en vue de l'obtention du diplôme de Master en
Architecture Art de Bâtir et Urbanisme .

Présenté par Sophie Rulkin.

Promotrice : Madame Trachte Sophie

Architecte, Docteure en Art de Bâtir et Urbanisme (UCLouvain)

Professeure en Faculté d'architecture ULiège dans le domaine de la construction et rénovation durable, performance et circulaire.

Co-promotrice : Madame Houbart Claudine

Architecte, Professeure en Architecture chargée de cours en Art, Archéologie et Patrimoine (AAP)

Docteur en sciences de l'ingénieur (KU Leuven)

Master in conservation of Historic towns and buildings (KU Leuven)

Licence en Histoire de l'art et archéologie (Université libre de Bruxelles)

Architecte (ISALL)

Lectrices : Madame Dengis Anne

Architecte, Professeure en Architecture chargée de cours en Sciences et technique 1 & 3 et atelier d'architecture (Workshop Laboratoire - Matière première, Projet de territoire - L'espace ouvert, Synthèse - Du territoire au détail).

Madame Liesse Sophie

Architecte et Urbaniste, Société wallonne du logement (SWL) Pool Inspecteur Général département immobilier

Remerciements

Ce travail achevé, j'aimerais adresser des remerciements pour le soutien que j'ai reçu tout au long de son élaboration.

D'abord, je souhaite remercier Madame Sophie Trachte, promotrice de ce travail. Elle m'a accordé sa confiance pour réaliser les ambitions que j'avais pour mon travail de fin d'études. Dès le début de notre collaboration, elle m'a suivie et m'a aidée. Lors de mes nombreuses questions, elle s'est montrée toujours disponible et prête à m'aiguiller. Je la remercie pour sa confiance, ses nombreuses lectures et le temps qu'elle a investi.

Merci également à Madame Claudine Houbart, co-promotrice de ce travail, pour le temps accordé aux entretiens et pour ses conseils avisés.

Puis, je suis reconnaissante envers Madame Sophie Liesse et Madame Anne Dengis d'avoir accepté la tâche de lectrices de ce travail de fin d'études.

Merci à la société Logivesdre, pour leur intérêt dans ma demande et plus particulièrement à Monsieur Evrard pour son implication lors de la visite du lieu et les informations fournies sur le site.

Aussi, je tiens à exprimer ma gratitude à Monsieur Freddy Joris qui a su répondre à plusieurs de mes questionnements historiques et m'a prodigué des conseils utiles lors de ma recherche documentaire.

Je remercie également Isabelle Delnooz et Jenny Paluszkiewicz pour leur compréhension tout au long du processus et pour le temps qu'elles ont accordé à la relecture.

Enfin, je tiens à remercier mon entourage, ma famille et mes ami(e)s pour leur soutien tout au long de mes cinq années d'études.

Un remerciement tout particulier à mes parents, ma soeur et Nicolas. Ils ont toujours cru en mes capacités, m'ont soutenue et encouragée sans faille lors de mes études.

*« L'architecture est le témoin
incorruptible de l'histoire »
Octavio Paz*

Table des matières

Abstract	12
Introduction	13
État de l'art	18
L'histoire des cités ouvrières ainsi que celle des Grandes Rames à Verviers : ses aspects spatiaux, constructifs, ses typologies et son contexte.	18
La réhabilitation énergétique du bâti à valeur patrimoniale.	20
L'évaluation des aspects de la valeur patrimoniale.	24
Méthodologie.....	27
I. L'arrivée des cités ouvrières.....	30
Le logement ouvrier en Belgique	30
Le développement de l'industrie à Verviers	33
Le logement social à Verviers.....	34
Globalité historique de la cité des Grandes Rames	34
Le logement ouvrier - La cité des Grandes Rames	34
La cité des Grandes Rames : son aménagement spatial et constructive d'origine	36
La transformation des Grandes Rames : évolution d'une cité ouvrière	42
Les transformations subies au sein de la cité ouvrière des Grandes Rames, résultant de sa réhabilitation par la Société coopérative de locataires "Les Linaigrettes", débutées en 1994.	43
II. Analyse d'un logement de la cité des Grandes Rames.....	48
Organisation spatiale	48
Ouvertures, châssis et lumière	50
Confort	50
Ventilation	52
Analyse bioclimatique	53
Orientation	54
Matériaux	54
Surface	56

Évaluation de la performance thermique actuelle des parois	56
Évaluation de la performance énergétique du bâtiment actuelle par l’outil Quicksan	59
III. Inventaire des solutions de réhabilitation énergétique applicables à l'habitat étudié	63
Plancher sur cave	63
Plancher sous combles	64
Murs extérieurs	66
Étanchéité	69
Châssis et vitrage	69
Ponts thermiques	71
Toiture à versants	72
Énergies renouvelables	74
Ventilation	74
Organisation spatiale	75
IV. Les différents scénarios.....	76
Le scénario d’origine	76
Premier scénario	77
Deuxième scénario	79
Le troisième scénario	81
V. La valeur patrimoniale.....	84
VI. Validation des scénarios.....	94
Scénario d’origine	94
Premier scénario	95
Deuxième scénario	98
Troisième scénario	101
VII. Rediscutions des scénarios	106
VIII. Conclusion	112
Perspectives	114
Table des illustrations et des figures	117
Bibliographie	121

**Annexe 1 : Fiche d'information - Inventaire des solutions de réhabilitation
énergétique.....128**

Dans le patrimoine bâti wallon, près de la moitié des constructions datent d'avant 1945 et 75 % d'avant 1880 (Opdebeeck & De Herde, 2014). Ces logements possèdent de faibles qualités thermiques qui peuvent être améliorés. Grâce à la stratégie wallonne de rénovation énergétique à long terme, la Wallonie s'engage d'ici 2050 à corriger les performances énergétiques et à rendre les bâtiments existants presque autonomes en énergie. Il est crucial d'améliorer les enveloppes des bâtiments existants tout en s'adaptant à ce bâti ancien. Certains de ces bâtiments qui composent le parc immobilier wallon, sont importants sur le plan patrimonial, ils font partie de notre identité culturelle. La présente étude démontre qu'il est important de prendre en compte les choix effectués sur l'enveloppe du bâtiment vu leurs conséquences sur les qualités architectoniques d'un bâti ancien.

Cette recherche se concentre sur la cité ouvrière des Grandes Rames à Verviers; se questionne sur : comment concilier performance énergétique, et confort intérieur lors de la réhabilitation du bâti social à valeur patrimoniale ?

Dans un premier temps, ce travail explore le cas d'étude au fil du temps. Ensuite, on procède à un diagnostic du bâti existant afin de comprendre ses besoins et ses défauts. Puis, plusieurs solutions applicables à ce type de bâtiment seront évoquées pour contribuer à réaliser plusieurs scénarios avec des approches complètement différentes du point de vue du confort et des solutions de performance énergétique. Ces scénarios questionnent les valeurs et leurs impacts sur les qualités thermiques.

L'intérêt de ce sujet réside dans la perspective de trouver des solutions qui améliorent la performance énergétique et le confort intérieur tout en préservant la valeur patrimoniale de l'ancienne cité ouvrière. Mais également de démontrer qu'il est possible, en se concentrant sur un seul bâtiment, d'améliorer la performance énergétique d'un ensemble de logements sociaux en Belgique et préserver la valeur patrimoniale ainsi que le confort des occupants. En se concentrant sur un bâtiment spécifique d'une cité ouvrière, les solutions proposées pourront être étendues à l'ensemble du site et servir de modèle pour d'autres ensembles similaires.

Introduction

Notre société est actuellement confrontée à de multiples crises, qu'elles soient d'ordre environnemental, énergétique, économique, ou sociétal. En matière environnementale, l'Union européenne a fixé des objectifs ambitieux avec l'initiative d'ajustement à l'objectif 55, visant à réduire d'au moins 55 % les émissions nettes de gaz à effet de serre d'ici 2030 (Union européenne, 2023). À l'horizon 2050, une nouvelle législation, résultant d'une collaboration entre les États membres de l'Union européenne, vise à rendre le plan climat neutre (Union européenne, 2023). Ces objectifs ont été adoptés au niveau des régions et états membres (Service public de Wallonie (SPW), 2020). La Wallonie s'est engagée à les suivre via la stratégie wallonne de rénovation énergétique à long terme pour le parc immobilier. Elle aspire à lui conférer une haute efficacité énergétique visant une moyenne tendant vers le label A décarboné d'ici 2050, tout en préservant le confort des occupants, comme décidé par le gouvernement wallon (Service public de Wallonie (SPW), 2020). Cela implique une évolution énergétique significative des structures immobilières existantes en Wallonie afin de se conformer à ces réglementations.

Si nous nous attardons sur le bâti existant, les bâtiments représentent 40 % de la consommation d'énergie et 36 % des émissions directes et indirectes de (GES pour) gaz à effet de serre dans l'Union européenne (Union européen, 2023). Pour le patrimoine existant, 75 % des bâtiments auront besoin d'une restauration énergétique à grande échelle. Selon la nouvelle réglementation, les bâtiments existants doivent subir une réhabilitation énergétique afin d'atteindre l'objectif zéro émission d'ici 2050 (Union européen, 2023). À la fin de l'année 2020, le Gouvernement wallon a pris acte de la Stratégie wallonne à long terme pour la rénovation énergétique des bâtiments. Cette stratégie fixe un objectif à réaliser d'ici à 2050: améliorer les performances énergétiques de l'ensemble du parc de logements de la Région. Par conséquent, il s'agit là de poser des défis pour atteindre ces objectifs. La priorité est accordée à la rénovation énergétique profonde des logements les moins performants (EDEW, 2023). La Wallonie s'est engagée en visant « la neutralité carbone au plus tard en 2050, avec une étape intermédiaire de réduction des émissions de *GES* de 55 % par rapport à 1990 d'ici 2030 » (SPW, 2020).

L'efficacité énergétique des bâtiments est au coeur des enjeux sociétaux. En effet, face aux différentes crises de ces dernières années (COVID, Guerre en Ukraine,...), les coûts de l'énergie ont connu une hausse significative, impactant directement les ménages. Selon les tableaux de bord mensuels de la Commission de Régulation de l'Électricité et du

Gaz (CREG), la facture annuelle moyenne des ménages belges a augmenté de 17 % entre janvier et décembre 2022, représentant près de 770 € par mois (Mignolet, 2023).

Outre la consommation d'énergie fossile, le secteur du bâtiment joue également un rôle capital dans les émissions de *GES*.

Le gouvernement wallon s'aligne sur les objectifs de l'Europe, ce qui s'explique par sa volonté de constituer un parc immobilier à haute performance énergétique et décarboné tout en garantissant aux usagers, des espaces sains et confortables. Il importe de s'attarder sur le parc de logements existants en Wallonie, car près de la moitié date d'avant 1945 et 75 % d'avant 1880 (Opdebeeck & De Herde, 2014). Ce parc de logements globalement ancien est caractérisé par de mauvaises qualités thermiques mais améliorables (Opdebeeck & De Herde, 2014). Par exemple, 11 % des logements ne possèdent aucune isolation, 40 % de toitures ne sont pas encore isolées, etc. Ce sont des bâtiments qui peuvent facilement être corrigés pour limiter la consommation d'énergie d'un ménage wallon (Opdebeeck & De Herde, 2014).

L'amélioration de la qualité thermique du parc wallon de logements offre un cadre propice à des actions faciles à entreprendre, pouvant conduire à des économies d'énergie réelles et à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. De plus, l'optimisation énergétique des logements existants présente un investissement très efficace pour limiter nos émissions de *GES*. Cette solution est favorable à l'économie régionale, à l'environnement, au confort des habitants ainsi qu'à leur budget (Opdebeeck & De Herde, 2014). En Wallonie, une stratégie de rénovation veut faire en sorte que la consommation d'énergie des bâtiments existants soit quasi nulle (Service public de Wallonie – Site énergie du Service public de Wallonie, n.d.). En effet, elle permettra d'aider grâce à une étude stratégique, mais aussi via des aides financières afin de soutenir ce changement (Service public de Wallonie – Site énergie du Service public de Wallonie, n.d.).

Concernant la réhabilitation énergétique d'un bâtiment, une des solutions efficaces est l'isolation par l'extérieur (Opdebeeck & De Herde, 2014). Cette solution est peu contraignante car elle accepte les occupants pendant la durée des travaux. Toutefois, cette technique d'isolation peut toucher l'identité patrimoniale du bâtiment et elle n'est pas l'unique manière d'accomplir des travaux énergétiques (HIBERAtlas, n.d.). L'enjeu d'un bâtiment efficace énergétiquement passe par une amélioration du confort ainsi que de la santé des habitants tout en diminuant les dépenses d'énergie et l'impact sur l'environnement (Service public de Wallonie, 2020). Cependant, des éléments ne peuvent pas être modifiés lorsqu'on s'occupe du bâti existant, par exemple l'implantation et les

ouvertures. Effectivement, il convient de choisir un ensemble de solutions qui amélioreraient la performance énergétique en tenant compte des besoins spécifiques du bâtiment (Solar Heating & Cooling Program, 2023).

Cette recherche se concentre donc sur les méthodes de réhabilitation énergétique, le confort des habitants et le patrimoine bâti. Les résultats mettent en évidence trois possibilités, soulignent ce qui a déjà été perdu lors de la précédente réhabilitation, ainsi que trois autres options qui prennent en considération les aspects de la valeur de la cité ouvrière des Grandes Rames à Verviers. Des travaux antérieurs ont abordé des solutions de réhabilitation énergétique, mais très peu se sont penchés sur les cités ouvrières. Ce type de bâti présente des contraintes en raison de ses surfaces réduites, et ces maisons font partie d'un ensemble. Il n'est pas possible de travailler sur chaque cas individuellement, mais plutôt sur un modèle de maison applicable à l'ensemble de la cité.

Au début du 19^e siècle, la Wallonie est une des premières régions de l'Europe continentale à vivre la révolution industrielle et elle devient un des plus importants bassins industriels d'Europe (Lekane, 2016). La révolution industrielle, l'exode rural et l'augmentation de population sont liés à la construction de logements d'ouvriers. Durant le 19^e siècle, grâce aux industriels, les ouvriers ont été installés près de leur lieu de travail (Opdebeeck & De Herde, 2014) et certains patrons prenaient en charge le logement de leurs ouvriers (Frankignoulle, 2013). C'est dans ce contexte que se sont créées les cités ouvrières que nous connaissons aujourd'hui en Belgique.

Nous héritons d'un parc ancien qui comprend notamment des maisons ouvrières. La situation est particulière en Wallonie car celle-ci possède un ensemble de bâtiments vieillissants qui requièrent une attention particulière. En effet, 75 % du parc wallon date d'avant 1880 (Opdebeeck & De Herde, 2014). Certaines cités ouvrières ont une valeur patrimoniale, historique et architecturale qu'il convient de préserver en tant que mémoire. Il est donc essentiel que ce patrimoine parvienne aux générations futures.

Tout ce qui compose notre environnement bâti est considéré comme de l'existant. Cependant, le patrimoine en constitue une partie plus restreinte. Ces éléments cohabitent, représentant diverses époques et formes architecturales. Il existe des protections du patrimoine, telles que le classement ou des principes internationaux, comme ceux de (UNESCO) pour l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, qui font partie de la législation. Ce patrimoine suit ses propres règles et techniques, parfois exemptées de certaines exigences comme l'accessibilité. De plus, la notion de patrimoine n'est pas fixe, car la perception de ce qui est considéré comme patrimoine peut évoluer en

fonction de la communauté. En effet, le patrimoine peut toucher un nombre variable de personnes, allant du familial au local, du régional/national à l'exceptionnel et au mondial. C'est ainsi que l'on attribue une valeur qui est pluraliste au patrimoine (Houbart, 2022).

Étant donné que la cité ouvrière des Grandes Rames appartient à un patrimoine ancien confronté à des problèmes énergétiques, cette étude vise à trouver des solutions respectueuses permettant d'améliorer la réhabilitation énergétique du patrimoine social. L'habitat représente une dimension de la transition énergétique, en particulier lorsqu'il s'agit de plusieurs logements sociaux. Il est impératif de résoudre ces questions, tout en adoptant une approche responsable pour préserver le bâti ancien et éviter toute altération de notre parc immobilier historique.

Fondée en 1808 par les familles Biolley et Simonis, la cité des Grandes Rames est issue de l'industrie lainière de la ville de Verviers. Elle était destinée à résoudre le problème de logement des nombreux ouvriers arrivant en ville. C'est dans ce contexte que la cité est née et elle fait l'objet de cette étude (SPW, n.d.).

Cette recherche se focalise sur l'ensemble de la cité ouvrière et s'applique spécifiquement à une maison unifamiliale. Il faudra la réhabiliter énergétiquement, tout en se confrontant aux exigences de la valeur patrimoniale. De cette façon, il sera possible d'apporter une réflexion sur la réhabilitation du bâti à valeur patrimoniale et de voir jusqu'où peuvent aller les solutions énergétiques ainsi que les questionner. Un tableau de valeurs, sous forme de rosace, mis en relation avec la cité ouvrière des Grandes Rames, va prendre en compte et répertorier les aspects de la valeur qui la composent.

Grâce à la recherche, il sera possible de procéder à une réhabilitation énergétique sur un ensemble de bâtiment au lieu d'un seul. En effet, cet héritage historique rend plus complexe la réponse aux besoins énergétiques actuels. Cette cité comprend des éléments du site inscrit au patrimoine monumental de Belgique, soulignant ainsi l'importance de préserver ce bâtiment (Service public de Wallonie (SPW, n.d.). Ce travail cherche des pistes pour préserver le patrimoine social emblématique de l'identité industrielle de Verviers tout en considérant la problématique énergétique actuelle.

L'importance de ce travail réside dans le devoir de mémoire qu'elle représente. En effet, la cité est construite sur le principe de rangées de petites maisons le long d'une rue étroite. Certaines cités semblables ont disparu en raison de lois d'inspiration hygiéniste (Van Loo, 2003). Cependant, la cité étudiée subsiste de nos jours, représentant ainsi un précieux témoignage de la période industrielle belge. Pour assurer sa pérennité, il est essentiel

qu'elle conserve une valeur d'usage. Afin d'éviter qu'elle ne soit abandonnée et oubliée, il est crucial qu'elle réponde aux besoins actuels de logement et qu'elle offre un certain niveau de confort aux occupants.

L'intérêt de cette réflexion est d'apporter une réponse plus générale à propos de la gestion du patrimoine et de la réhabilitation énergétique de la cité ouvrière. Puisque ce modèle de maison est répété à de nombreuses reprises, il sera possible de travailler sur l'échelle macro (la cité) et micro (la maison unifamiliale). Même si quelques bâtiments sont parfois différents quant à leur orientation ou leur nombre de façades, la réflexion s'étend également à l'ensemble de la cité ouvrière. La réflexion menée sur le cas d'étude, aboutira certainement à plusieurs possibilités d'aménagement énergétique. À partir d'une analyse typologique et d'un reportage photographique sur le cas d'étude, il sera possible de définir les caractéristiques patrimoniales. Ensuite, une étude approfondie de l'histoire de la cité des Grandes Rames caractérisera sa spatialité et les spécificités sur lesquelles elle a été bâtie ainsi que les particularités de son contexte. Enfin, ce TFE veillera à définir des solutions de réhabilitation énergétique et à les évaluer à l'aide d'une rosace de valeurs. L'objectif est de proposer plusieurs scénarios de solutions qui remettent en question le positionnement du curseur en ce qui concerne la valeur patrimoniale tout en prenant en compte le confort de l'utilisateur et les qualités architecturales du bâti social à valeur patrimoniale.

La Belgique possède énormément d'ensemble concentré d'habitat type bâti social avec ses qualités architecturales et ses défauts énergétiques qui méritent réflexion et considération afin qu'ils restent habitables sur le long terme. L'objectif de ce travail est de démontrer qu'il est possible d'améliorer la performance énergétique de ce type de bâti à valeur patrimoniale en répondant aux besoins de confort de ses occupants, en confrontant uniquement un seul bâtiment appartenant à l'ensemble construit. Les solutions envisagées sur une maison de la cité ouvrière pourront également être envisagées, appliquées et se répéter sur l'ensemble construit mais pourront également aider et orienter le travail sur d'autres ensemble de bâtiments.

La problématique de ce TFE est :

Réhabilitation de la cité ouvrière des Grandes Rames à Verviers : Comment concilier la rénovation énergétique, du bâti à valeur patrimoniale et le confort des occupants ?

La réutilisation et la réhabilitation des bâtiments anciens sont une pratique établie, mais la rénovation énergétique de ceux qui possèdent une valeur patrimoniale reste peu fréquente. Or, les objectifs de rénovation à long terme imposés par l'Union européenne offrent l'opportunité d'associer la réutilisation des bâtiments à valeur patrimoniale à la rénovation énergétique.

Cet état de l'art se divise en plusieurs parties puisque le travail est à la croisée de plusieurs thèmes. La première partie va aborder l'histoire de cette cité ouvrière, ses aspects spatiaux, constructifs et leur importance dans son contexte. La deuxième partie s'intéresse à la réhabilitation énergétique du bâti à valeur patrimoniale. Enfin, la troisième partie englobe la question de l'évaluation de la valeur patrimoniale.

L'histoire des cités ouvrières ainsi que celle des Grandes Rames à Verviers : ses aspects spatiaux, constructifs, ses typologies et son contexte.

En Belgique, cet habitat a pris de l'ampleur après la révolution industrielle. Cependant, peu de documents témoignent de l'intérêt architectural et peu d'ouvrages évoquent la cohésion de l'ensemble bâti d'une cité ouvrière.

En 1977, le livre intitulé « L'avènement de la cité-jardin en Belgique. Histoire de l'habitat social en Belgique de 1830 à 1930 » de Marcel Smets met en lumière à travers son étude, la Belgique, qui était peu représentée par rapport à d'autres pays industriels. Il se penche sur les logements sociaux en Belgique au cours du 19^e siècle et il tente de comprendre l'émergence des cités-jardins. Cet ouvrage offre une compréhension du contexte social, économique et politique qui a conduit à la création des cités ouvrières ainsi que du logement social. Il éclaire également sur la manière dont l'évolution des logements s'est manifestée sur notre territoire. De plus, il identifie les différents types d'habitats, ce qui permettra d'analyser les typologies de bâtis et les aspects spatiaux (Smets, 1977).

En 2013, la revue Architrave « 125 ans de logement social » (Frankignoulle, 2023) commente le logement social et explique à quel moment apparaît la période d'urbanisme patronal. Plusieurs exemples de cités ouvrières sont exposés, notamment celles qui ont connu une explosion démographique. Ceci définit le contexte de l'étude. Ce document décrit le contexte social dans lequel s'est inscrit l'habitat ouvrier et il montre la spatialité de la cité ouvrière. Notons que le document est rédigé par un membre de la faculté

d'architecture de ULiège, Monsieur Frankignoulle, qui apporte sa critique d'expert. Celui-ci présente certaines architectures abouties sous différents points de vue : celui du bâtiment en lui-même et de l'organisation urbanistique. En général, l'histoire de l'avènement des logements ouvriers est expliquée en plusieurs dates clés. Ainsi, l'auteur aborde la cité ouvrière de Verviers sans divulguer ses spécificités.

Le dictionnaire de l'architecture en Belgique de 1830 à nos jours aborde les mouvements qui ont accompagné la création de logements sociaux et de cités ouvrières. Plusieurs exemples marquants de ces logements y sont donnés. La ville de Verviers est également traitée dans ce livre, mettant en lumière la construction des cités. Ce document nous permet de comprendre les logements ouvriers et leurs évolutions, qu'elles soient historiques, spatiales, ou esthétiques (Van Loo, 2003). Une partie du livre de Dhondt explique l'ambiance de l'industrie du textile à Verviers. La cité des Grandes Rames est évoquée lorsqu'il parle des greniers des maisons ouvrières qui sont dédiés aux tissus (Dhondt, 1951). La dimension de l'intérêt patrimonial de ces travaux n'est pas un de leur objectif ce qui le sera dans le travail.

Le site du Service Public de Wallonie consacre une page entière à la cité des Grandes Rames à Verviers. Cette page se penche sur les importantes évolutions qu'elle a connues au fil du temps, notamment son acquisition par le CPAS. De plus, certains éléments dans le site ont le statut de monument du patrimoine belge et son classement permet une meilleure compréhension du sujet étudié (Service Public de Wallonie, s.d.).

Le travail de Iseult Lejeune aborde la réhabilitation de différents logements ouvriers en logement collectif, dont la cité ouvrière des Grandes Rames à Verviers. Ce travail est dédié à l'habitat ouvrier et au contexte de la construction patronale, ce qui permettra de comprendre l'origine du cas de la recherche. Il présente les origines, l'évolution des sites, les formes ainsi qu'une approche historique (Lejeune, 2021). Pour compléter les aspects spatiaux, la Revue du Nord s'intéresse à l'organisation des logements des Grandes Rames à Verviers ainsi qu'à l'organisation et aux flux des personnes dans les espaces. (Puissant, 2008). L'étude de Lucie Renaux intitulée « Le domaine de Neuville-En-Condroz. Stratégies d'intervention sur un lotissement existant » se penche sur un cas d'étude d'une cité-jardin à Neupré qui est le domaine de Neuville-En-Condroz. Lucie Renaux réalise une étude globale des cités-jardins et de leur contexte historique. L'intérêt de cette étude est qu'elle y développe une étude de l'ensemble bâti d'une cité, par la recherche et la critique typologique (Renaux, 2011).

A côté de l'intérêt pour l'histoire et le contexte de la cité ouvrière, le but de ce présent mémoire est aussi d'examiner la relation entre la valeur patrimoniale, les enjeux de la performance énergétique et du confort des habitants.

Le projet B3RetroTool est une analyse de sept typologies de bâti bruxellois construit avant 1945. On y trouve, entre autres, l'évocation de logements ouvriers qui sont analysés par l'organisation spatiale, la circulation, le système constructif, les façades et des matériaux (Trachte et al., 2015).

Les archives communales de la ville de Verviers conservent des documents relatifs aux permis d'urbanisme ainsi que tout ce que la commune a pu recevoir concernant la cité des Grandes Rames. Elles incluent également des articles de presse traitant de l'ensemble de la cité au fil du temps. Cette documentation est précieuse pour une meilleure compréhension de la cité, notamment en ce qui concerne sa typologie, sa construction, et ses aspects spatiaux.

Ces sources revêtent une importance cruciale pour la compréhension du logement ouvrier et de ses caractéristiques liées à la structure physique du bâti, à sa spatialité et à son contexte. Elles permettent de comprendre comment interpréter ces informations et appréhender l'histoire de l'émergence des cités ouvrières ainsi que leur histoire sociale afin de mieux comprendre cette cité et de découvrir les raisons de son existence telle qu'elle nous est parvenue.

La réhabilitation énergétique du bâti à valeur patrimoniale.

Ce travail va allier la réhabilitation énergétique au cas d'un bâtiment de valeur historique. La cité des Grandes Rames à Verviers a une importance patrimoniale qui est reconnue étant donné que l'ensemble de la cité a été construit durant la période industrielle de Verviers. Ce travail est ainsi une opportunité de concilier les exigences de performance énergétique avec le respect de la valeur patrimoniale.

L'étude britannique menée par Kaveh et al. porte sur les logements construits avant 1919, les moins économes en énergie. Elle recense plusieurs obstacles à l'atteinte de l'efficacité énergétique tels que le manque de financement de la part du gouvernement ou des propriétaires, les perturbations causées aux occupants, les problèmes sociaux et la recherche de techniques de rénovation. Néanmoins, les propriétaires souhaitent améliorer le confort de leur habitation et réduire leurs factures d'énergie, même si la diminution des émissions de carbone les préoccupe moins. Dans la réhabilitation du bâti à valeur

patrimoniale, le soutien des politiques et des incitations économiques est nécessaire pour mettre en avant leurs avantages (Kaveh et al, 2018).

Le guide du SPW « Guide de la rénovation énergétique et durable des logements en wallonie. » rédigé par Marc Opdebeeck et André De Herde (Opdebeeck & De Herde, 2014), propose des solutions énergétiques pour les bâtiments existants en Wallonie qui sont le contexte de la recherche. Il traite des logements anciens d'avant 1919 dont l'origine est liée à l'expansion urbaine due à l'exploitation industrielle. Dans le chapitre 2 - Confort, des solutions énergétiques par la conception architecturale, il propose des pistes pour les équipements techniques pour le confort des habitants. Comme le document se centre sur l'utilisation du bâti existant, il explique que la restauration est bénéfique environnementalement. Tous ces éléments démontrent le bénéfice de la restauration sur le bâti ancien, prouvant ainsi l'importance du sujet de l'étude. Malheureusement, ce guide est peut-être trop ancien pour les solutions énergétiques actuelles et il doit être employé avec vigilance (Opdebeeck & De Herde, 2014).

Le travail de fin d'études de Anne-Claire Olivier « La rénovation énergétique. Des bâtiments à intérêt patrimonial » parle d'une restauration en alliant les techniques ainsi que ses caractères historiques et patrimoniaux. Dans le cadre de ce TFE, il s'agit d'un travail intéressant pour l'alliance de réhabilitation énergétique et du bâti passé (Olivier A., 2014). Quant à l'étude de Mathilde Winkin « La rénovation énergétique d'un bâtiment patrimonial classé en milieu rural. Étude de cas : l'ancien presbytère de Rachamps » (Winkin, 2019), elle concerne la réalisation d'un diagnostic des travaux avant et après restauration. Cette recherche permet d'avoir un type de méthodologie de travail qui se rapproche de notre recherche sur la cité ouvrière. En outre, le travail de Lucie Renaux intitulé « Le domaine de Neuville-En-Condroz. Stratégies d'intervention sur un lotissement existant » donne des stratégies spatiales sur la question de la réhabilitation énergétique du bâti passé (Renaux, 2011). D'autres travaux de fin d'études se rapprochent des mêmes questions de recherche qui lient le patrimoine et les normes énergétiques. Ces travaux vont aider à l'élaboration de ce travail, comme celui de Tiphaine du Bus de Warnaffe « Rénovation des fermes pluricellulaires Wallonnes. Combiner performance énergétique, confort et valeur patrimoniale avec des solutions alternatives à tout à l'isolation ». Cependant, le travail se focalise sur le milieu rural et sur une autre période (Bus de Warnaffe, 2021).

En 2022, une publication des communautés européennes « Renforcer la résilience du patrimoine culturel face au changement climatique : convergence entre le pacte vert pour l'Europe et le patrimoine culturel » constitue une recherche faite par des experts de

certains pays de l'Union européenne. Ils abordent le patrimoine matériel et immatériel face aux enjeux climatiques. La partie sur l'immatériel est malheureusement, hors du thème de recherche. L'objectif est d'alerter, car le patrimoine culturel est victime du changement climatique. C'est pourquoi nous devons le surveiller et l'entretenir pour perpétuer la mémoire de l'Europe. Puis, il est plus bénéfique pour le climat de réutiliser et garder en état les bâtiments existants. Cependant, il ne propose pas de solutions directes à appliquer sur le bâtiment, il fonctionne plutôt avec des conseils pour l'Europe (Commission européenne, Direction générale de l'éducation, de la jeunesse, du sport et de la culture, 2022).

Le projet de recherche français CREBA est un centre de ressources dédié à la réhabilitation du bâti ancien. Il élabore des fiches recensant des documents sur les techniques de rénovation du patrimoine. Son objectif est d'aider à la prise de décision en évaluant l'impact des choix de réhabilitation sur ce type de bâti. De plus, les auteurs fournissent un outil facilitant le choix. Ce sont des sources qui vont exposer les avantages, les inconvénients des options, tout en soulignant leurs points d'attention (CREBA, 2018). Une telle démarche aide à la prise de décisions mais contrairement au présent travail, elle ne propose pas de solutions directes pour un problème précis.

L'article intitulé "Rethinking retrofit of residential heritage building" prend en compte le point de vue des habitants. Il explique que les résidents estiment que les techniques de réhabilitation traditionnelles sont trop intrusives pour leurs logements. Ce qui est mis en avant, c'est la réhabilitation douce, capable d'influer sur la réduction de la consommation énergétique et des émissions de carbone. L'article prend en compte l'occupant et dénonce le fait que trop souvent, la consommation énergétique des bâtiments à valeur patrimoniale est surestimée (Sage et al., 2021).

Le programme SAPERLO (Solutions Adaptées pour la Performance Environnementale en Rénovation des Logements Ouvriers) aborde la réhabilitation énergétique du patrimoine des logements ouvriers dans la région Nord-Pas-de-Calais. L'objectif de ce programme est de créer des scénarios pour réduire les faiblesses énergétiques, de contrôler les coûts, tout en répondant aux besoins des locataires. Il favorise la collaboration entre différents experts, permettant ainsi la création de plusieurs avis qui fournit des diagnostics de performance énergétique guidant la réhabilitation du bâti historique. Divers éléments sont pris en compte tels que la typologie du logement, les matériaux de construction, l'énergie utilisée et les habitudes des usagers. Ces considérations interrogent les bailleurs sociaux sur leurs choix, en lien avec les enjeux de la transition énergétique (Le Rouzic, 2015).

Pour les deux documents abordés en haut, les objectifs sont différents car les habitudes des occupants sont pris en compte dans les calculs.

Le guide pour l'isolation par l'intérieur des murs existants en briques pleines s'adresse au type de bâti qu'étudie la recherche et permet de comprendre plusieurs enjeux par l'isolation de bâti ancien en brique (Evrard et al., 2011). Cependant, il ne prend pas toutes les possibilités à la rénovation énergétique comme ce qui va être abordé dans cette étude.

Des obstacles peuvent se présenter lors de projets de réhabilitation des bâtiments historiques. Des outils de recherche ou des projets exemplaires peuvent aider à identifier des solutions.

Il existe également des informations sur des solutions de réhabilitation énergétique sur des bâtiments qui prennent en compte la valeur patrimoniale. Il existe l'HIBERatlas qui est une base de données de bâtiments historiques qui ont subi une rénovation énergétique. La documentation fournie avec les projets explique quels sont les choix possibles et comment ils les ont réhabilités. Ces éléments donnent des exemples énergétiques qui peuvent s'appliquer à la cité des Grandes Rames. Toutefois, les projets partagés sont européens. Or, nous nous intéressons exclusivement à la Wallonie. Les pays européens ne partagent pas tous la même réglementation en ce qui concerne la réhabilitation du patrimoine. Les bâtiments de la base de données sont classés ou non. Ces informations vont aider à la création d'un inventaire de solutions (HIBERatlas, n.d.). Ensuite, Task 59 du Solar Heating & Cooling Program explique qu'il est possible de préserver la valeur patrimoniale d'un bâtiment historique en améliorant sa performance énergétique. Il envisage des solutions passives comme l'énergie solaire pour des bâtiments historiques. Il développe une base de connaissances pour réaliser des économies d'énergie tout en protégeant la valeur patrimoniale. Pour ce faire, il explique qu'il faut identifier les solutions spécifiques au bâti. Néanmoins, il n'y a pas d'exemple concret en Wallonie. Il aborde l'économie d'énergie, ce qui n'est pas directement lié au domaine de la recherche puisqu'elle traite de réhabilitation énergétique (Solar Heating & Cooling Program, 2020). La base de données de bâtiments exemplaires Batex, qui sont des bâtiments basses énergies ou passifs sont des éléments intéressants pour enrichir et nuancer la problématique (Service public de Wallonie (SPW), 2012).

Enfin, ces études peuvent nous proposer des solutions de réhabilitation énergétique dans le cadre de ce travail de fin d'études. Cependant, toutes ces solutions ne sont pas applicables pour cette recherche. En effet, elles ne s'adressent pas à des bâtiments du

même style de construction, ni à des bâtiments de l'époque ouvrière. Néanmoins, elles peuvent servir de référence pour des scénarios de réhabilitation énergétique.

L'évaluation des aspects de la valeur patrimoniale.

Cette partie de l'état de l'art est moins développée pour ce travail. Néanmoins, elle évoque celle du TFE de Tiphaine du Bus de Warnaffe « Rénovation des fermes pluricellulaires Wallonnes. Combiner performance énergétique, confort et valeur patrimoniale avec des solutions alternatives à tout à l'isolation » (Bus de Warnaffe, 2021) et d'autres recherches la complètent également.

Tout d'abord, pour l'agence wallonne du Patrimoine les critères de classement sur un bien doivent représenter un intérêt historique, archéologique, architectural, scientifique, artistique, social, mémoriel, esthétique, technique, paysager ou urbanistique (AWaP, n.d.). De plus, ce bâti doit correspondre à un ou plusieurs intérêts comme :

- la rareté ;
- l'authenticité ;
- l'intégrité ;
- la représentativité ;

La valeur patrimoniale et l'intérêt d'un bâtiment classé sont donnés par des accords internationaux ou des déclarations, par exemple l'inscription sur le site du patrimoine exceptionnel de la Wallonie ou sur la liste du patrimoine de l'humanité comme UNESCO (AWaP, n.d.). Le classement n'est pas directement lié au cas d'étude, même si l'intérêt patrimonial n'est pas seulement associé au bâtiment classé.

Au niveau de l'agence wallonne du Patrimoine, le nouveau Code wallon du patrimoine est entré en vigueur depuis le 1^{er} juin 2019. Il tend à rendre plus simple les processus de décision et se tourne vers les usagers. L'objectif de cette réforme est intéressant pour la recherche de ce TFE, car il valorise le patrimoine. Il prend en compte le propriétaire et propose une fiche patrimoniale élaborée par l'AWaP, qui est un mécanisme d'évaluation patrimoniale évolutif. Cette fiche patrimoniale permet de justifier le classement, lors de restauration. Les responsables organisent des réunions de patrimoine et évaluent l'état sanitaire d'un bâtiment pour en prioriser les travaux et modifier certaines mesures de

protection. On retrouve des informations importantes pour le patrimoine (Service public de Wallonie, 2019).

Dans la valeur patrimoniale, des critères de l'ordre des émotions, des souvenirs, de l'usage ou des sensations peuvent être prises en compte. Les valeurs patrimoniales ne peuvent pas être jugées uniquement en fonction de ce qui est construit. Pour savoir les juger, il faut s'aider d'un tableau de valeurs.

La contribution décompose, plusieurs systèmes de valeurs, du 19^e siècle à nos jours ainsi que l'étymologie du mot valeur pour en comprendre toute la complexité. Elle décrit plusieurs systèmes de valeurs qui ont marqué les professionnels du patrimoine. Elle vise ainsi à mettre en avant la complexité de la recherche de la valeur et son évolution au cours du temps. Elle développe aussi une réflexion qui amène une grille de valeur patrimoniale multivariée qui permet de poser un objet patrimonial en rapport à chaque axe de valeur. Leur proposition propose l'élaboration d'un raisonnement qui n'est pas fixe et peut changer au cours du temps (Bos, Claeys, Stiernon & Vandenbroucke, (2023).

Un système de valeurs créé par des chercheurs anglais, Kredheim & Khalaf, permet de questionner les spécificités patrimoniales. Ils ont créé le système de valeurs sur trois ordres (Houbart, 2022).

L'évaluation de la valeur du patrimoine se déploie en trois étapes :

- La signification - Quel est l'héritage en question ?
- Aspect de la valeur - Pourquoi ce patrimoine est-il précieux ?
- Qualificatifs de valeurs – Quelle est sa valeur ?

La grille de Nara permet d'évaluer et d'identifier les éléments patrimoniaux qui doivent être conservés. Cette grille s'inspire de la Charte de Venise de 1964 et de la conférence sur l'authenticité qui a eu lieu à Nara (Bus de Warnaffe, 2021). En 2006, le centre international Raymond Lemaire pour la Conservation (RLICC) de la KULeuven a réalisé une grille à l'intérêt du patrimoine sur la conception de Nara. « Le remplissage de cette grille met en relation différents aspects (conception et forme, matériaux et substance, usage et fonction, tradition/techniques et mise en oeuvre, situation et environnement, esprit et sensations) et dimensions du patrimoine (artistique, historique, sociale, scientifique). » (Bus de Warnaffe, 2021). Le travail de fin d'étude de Mathilde Winkin « La rénovation énergétique d'un

bâtiment patrimonial classé en milieu rural. Étude de cas : l'ancien presbytère de Rachamps » (Winkin, 2019) utilise le principe de la grille de valeur patrimoniale de Nara. Cette recherche permettrait de comprendre les enjeux de la grille de Nara. Cependant, notons que cette grille est moins pertinente dans sa forme pour la recherche.

Enfin, la valeur patrimoniale peut être estimée par ces systèmes de valeurs d'après le cas d'étude. Il faut critiquer ces approches pour positionner l'étude de la manière la plus juste et claire par rapport à la réhabilitation énergétique de la cité des Grandes Rames.

Ce travail vise à étudier, sur base d'un cas d'étude, des solutions de rénovation énergétique pour améliorer le confort des occupants, et de la performance énergétique, et à les discuter en termes de conservation ou de perte de valeur patrimoniale. L'objectif est de proposer différents scénarios de réhabilitation et d'évaluer l'impact de ceux-ci sur les aspects de la valeur patrimoniale dans une perspective de transition énergétique et de neutralité carbone.

Le cas d'étude est la cité des Grandes Rames à Verviers, cité ouvrière bâtie en 1808 par les industries lainières Simonis et Biolley.

Cette analyse se déroule en sept étapes.

La première étape consiste à recueillir l'ensemble des informations et données historiques permettant de retracer l'histoire de la cité des Grandes Rames à Verviers, depuis sa conception/construction jusqu'à aujourd'hui en passant par les réhabilitations/transformations déjà subies. L'objectif est de comprendre les raisons de sa construction, les modalités de sa création, ainsi que les type(s) d'habitation(s) qui compose(nt) la cité aujourd'hui. L'analyse de l'ensemble des informations collectées permettra de saisir la cité dans sa globalité historique, spatiale, constructive et architecturale. Dans un second temps, une analyse morphologique/architectonique approfondie sera réalisée sur les bâtiments présents afin de mieux appréhender l'organisation spatiale des logements, les systèmes constructifs et les matériaux utilisés.

La seconde étape est spécifiquement dédiée à l'analyse d'une des maisons de la cité. Pour ce faire, il sera nécessaire d'établir un contact avec les services de logements sociaux afin d'avoir un accès au lieu. Une fois l'accès obtenu, une visite sera effectuée pour comprendre l'organisation spatiale du logement, l'analyse du confort et de la qualité du logement uniquement : la surface, la lumière, la ventilation, paroi froide et analyse bioclimatique. Cela permettra d'identifier les éventuelles modifications subies par le bâti. Des dessins, tels que des schémas, des plans et des coupes, seront réalisés pour documenter le cas d'étude. Cette étape pourra être complétée par les informations recueillies aux archives de la commune. Parallèlement, un reportage photographique du lieu sera constitué. La rencontre avec le personnel de la société de logement social offrira l'opportunité de recueillir leur expérience du vécu des occupants et des problèmes rencontrés en termes de confort et d'habitat. Cette étape permettra d'établir un constat

complet de deux logements en comprenant leurs qualités et leurs faiblesses dans leur globalité. Dans un second temps, les différentes parois existantes seront modélisées et leurs valeurs U seront obtenues par le logiciel Totem. La performance énergétique du bâtiment sera estimée à l'aide de l'outil: www.monquickscan.be, développé par pmp asbl à l'initiative de la Région wallonne et soutenu financièrement par la commission européenne.

Pour la troisième étape, il s'agira d'établir un inventaire des solutions de réhabilitation énergétique applicables à l'habitat étudié. Pour y parvenir, il sera nécessaire de recueillir des données à partir d'exemples de projets réalisés de rénovation énergétique portant sur des biens d'intérêt patrimonial. Des bases de projets exemplaires mises en avant dans l'état de l'art, telles que l'HIBERatlas (HIBERatlas, n.d.) ainsi que d'autres projets de recherche, tels que la base de données BATEX (Bruxelles Environnement, n.d.), seront utilisés. Pour l'inventaire des différentes solutions pour améliorer l'enveloppe, le cours de Sciences et Techniques 3 *Approche performancielle des constructions existantes* de Sophie Trachte (Trachte, 2023) sera également une référence ou le guide d'aide à la conception réalisé par la cellule de recherche Architecture et Climat, *Isolation thermique par l'intérieur des murs existants en briques pleines* (Evrard et al., 2011). Ces données fourniront des solutions adaptées aux spécificités du bâti étudié. Il faudra sélectionner dans cet ensemble de bâtiments, ceux qui présentent des similitudes constructives ou partageant la même période de construction et le même type de matériaux que le cas d'étude. Pour créer un inventaire des solutions de réhabilitation énergétique des bâtiments, des fiches d'information seront créées, inspirées du travail de fin d'étude de Marie Dandois (Dandois, 2023), en utilisant les projets sélectionnés dans Hiberatlas et les Bâtiments exemplaires. Finalement, plusieurs solutions seront présentées pour répondre aux besoins de transformation énergétique.

La quatrième étape consistera à élaborer plusieurs scénarios tenant compte de la réhabilitation des logements composant la cité. Ces scénarios considéreront de manière différenciée la réhabilitation énergétique, aboutissant à trois possibilités adaptées à une maison. Tout d'abord, il s'agira de mettre en évidence ce qui a déjà été perdu lors de la réhabilitation des logements sociaux. Cela se traduira par un scénario reflétant la situation d'origine, c'est-à-dire avant la réhabilitation effectuée par la société des logements sociaux. Ensuite un premier scénario se concentrera sur des interventions de moindre ampleur, respectant pleinement la valeur patrimoniale du bâtiment. Un deuxième scénario proposera des solutions intermédiaires pour la transition énergétique tandis que le dernier

scénario prendra davantage de liberté en matière d'efficacité énergétique, tout en tenant compte du confort des usagers.

La cinquième étape visera à réaliser un tableau de valeurs grâce aux éléments qui subsistent sur la cité. Il s'agira de mettre en avant, par le travail effectué dans la première étape, ce qui est considéré comme important dans les articles de presse et en fonction de la perception du public envers la cité. Il sera nécessaire d'estimer des composants, des spécificités patrimoniales du cas d'étude en se basant sur plusieurs systèmes de valeur patrimoniale identifiés dans l'état de l'art. Utiliser un système de valeur permettra d'être plus objectif. Ce système mettra en évidence le caractère patrimonial de la cité. Enfin, en se basant sur l'article de Bos et al., qui traite d'une dynamique d'objectivation de l'évaluation patrimoniale, l'utilisation d'une rosace comme outil permettra de visualiser comment évaluer le respect de la valeur en fonction de plusieurs critères (Bos et al, 2023). Combiné au système de valeur créé par Kredheim & Khalaf (Houbart, 2022), cela permettra de questionner les spécificités patrimoniales. Il s'agira d'évaluer la situation existante et d'observer l'évolution par rapport aux différentes solutions proposées par les scénarios grâce au système de la rosace.

La sixième étape consistera à valider le(s) scénario(s) à la suite de l'analyse des valeurs de l'étape précédente. Ensuite, il s'agira de les valider d'un point de vue énergétique par l'application d'une vérification à l'aide d'un outil concernant l'enveloppe d'une maison. Les solutions seront axées sur les problématiques du travail, la valeur patrimoniale, la réhabilitation énergétique et le confort. Plusieurs scénarios liés à l'enveloppe seront estimés à l'aide d'outils tels que QuickScan, permettant l'évaluation de la performance énergétique d'un bâtiment. Les résultats obtenus nous permettront de comprendre les impacts énergétiques. Ensuite, le logiciel Totem permettra de modéliser les différentes parois pour obtenir une valeur U. Puis, les différentes parois existantes seront ensuite comparées aux parois des différents scénarios qui auront été modélisées sur les mêmes logiciels. La trajectoire du résultat de la situation existante grâce aux différents logiciels et des rosaces patrimoniales devra être rediscutée par rapport aux différentes solutions apportées par les scénarios.

Finalement la dernière étape consistera à confronter et à discuter des scénarios entre eux et à reconnaître les impacts des choix de réhabilitation énergétique sur la valeur patrimoniale. Il s'agira de démontrer qu'il est possible d'évaluer le respect de la valeur d'un ensemble patrimonial tout en alliant la performance énergétique et le confort des occupants ainsi que de prendre position. Tous ces éléments peuvent fonctionner de concert et offrir plusieurs possibilités qui les combinent harmonieusement.

I. L'arrivée des cités ouvrières

Le logement ouvrier en Belgique

Le logement social apparaît avec la révolution industrielle subie dans les bassins wallons (Frankignoulle, 2013). La Belgique et la Wallonie se retrouvent avec un besoin en logements croissant pour les ouvriers qui se rassemblent progressivement autour des usines (Smets, 1977). La situation se détériorait en ville avec le manque de logements, en raison de la hausse des loyers et de la spéculation due à la sur-densification, aux épidémies et aux problèmes sociaux.

En effet, la ville se trouve contrainte d'entasser la population ouvrière dans les rares logements disponibles ce qui entraîne une spéculation immobilière. Certaines industries assurent alors elles-mêmes le logement de leurs employés, initiant ainsi le regroupement de bâtiments à proximité des usines. La croissance de la population oblige les villes à s'étendre et à créer de nouveaux espaces urbains. Par exemple, la création de cités ouvrières par des patrons répond au besoin urgent de logements décentes (Smets, 1977).

Ces logements peuvent revêtir différentes formes, comme les corons qui sont des alignements de petites maisons identiques à proximité des usines ; les casernes qui sont des habitations collectives réservées aux personnes seules ; et les immeubles de rapport, qui sont des constructions sur cour et à l'intérieur d'îlots comme en témoignent plusieurs réalisations dans les parties industrielles de Seraing, Cheratte ou Hornu. Après la Première Guerre mondiale, c'est l'âge d'or du logement social, car les architectes et urbanistes ont pensé la reconstruction du pays (Frankignoulle, 2001). Au niveau de l'architecture, le logement ouvrier est peu différent de l'architecture des usines et ne possède pas d'ornement (Bauwens, 1999). Cependant, il existe des exceptions de cet héritage architectural. Un mouvement moderne émerge après la Première Guerre mondiale, introduisant le concept de cités-jardins qui connaissent un succès notable en Belgique. Ce concept est impacté par le développement désorganisé de l'habitat populaire au XIX^e siècle. Ces constructions d'habitations vont devenir un laboratoire pour les architectes (Van Loo, 2003).

Si les patrons se sont engagés dans la construction de logements pour la classe ouvrière, c'est dans le but d'exercer un contrôle sur leurs ouvriers (Wirtgen-Bernard, C., & Dusart,

M.,1981). Le logement social au XIX^e siècle est fait pour deux raisons, l'assistance de la classe ouvrière et la possibilité de contrôle sur celle-ci (Bauwens, 1999). Les avantages des cités ouvrières comme les Grandes Rames, sont qu'elles sont « peu coûteuses, de n'occuper que peu de place et d'être faciles à surveiller. » (Bauwens, 1999, p191).

Il n'existe aucun ensemble immobilier spécifiquement destiné au logement des ouvriers, et dans ces régions, les infrastructures de transport ne sont pas suffisamment développées. Ce sont les employeurs eux-mêmes qui prennent en charge la création et la gestion des logements pour leurs ouvriers, leur permettant ainsi d'installer leur personnel sur place. En milieu urbain, il est souvent laissé aux acteurs privés le soin de loger les nouveaux arrivants. Par exemple « À Liège, à la fin du XVIII^e siècle, la majorité des maisons sont occupées par un seul ménage. Ensuite, 1825 et 1854, la population augmente de près de 37 000 habitants, alors qu'on ne construit que 2 200 maisons. » (Frankignoulle, P61, 2001). Les prix des terrains en zone urbaine augmentent en raison d'un déséquilibre entre l'offre et la demande. Cela conduit à l'apparition des impasses, par exemple, qui échappent au contrôle de la voie publique. Plus tard, ces impasses deviennent des zones sujettes à des opérations d'assainissement (Frankignoulle, 2001).

À mesure que les personnes s'entassent dans ces différents logements, de nombreuses épidémies se propagent. De plus, la santé des ouvriers est souvent préoccupante en raison d'une mauvaise alimentation, de l'alcoolisme et de l'atmosphère dans les usines. Les maladies les plus courantes qui rendent les ouvriers inaptes au travail sont les affections pulmonaires et la tuberculose (Wirtgen-Bernard, C., & Dusart, M., 1981).

Ce sont des éléments qui vont faire peur à la bourgeoisie, qui possède les usines. La situation va les motiver à investir dans la construction de logements ouvriers à proximité des usines. Cela va favoriser le développement par des privés de nouvelles formes d'habitat (Frankignoulle, 2013). Les logements destinés aux classes populaires préoccuperont les classes dirigeantes au XIX^e siècle (Solar Heating & Cooling Program, 2020). Les classes ouvrières sont un danger pour la bourgeoisie. Par conséquent, les pouvoirs publics agissent également sur les pratiques hygiénistes concernant leur habitat (Frankignoulle, 2001). Il existe une volonté de rendre les quartiers populaires plus salubres. En Belgique, cela se traduit par l'apparition des lois d'expropriation en 1858 et en 1867 qui sont encouragées par la bourgeoisie. Ce qui va entraîner le déplacement des ouvriers vers les périphéries des villes, car les terrains sont moins chers. Grâce aux chemins de fer, ils vont être reliés aux villes (Van Loo, 2003).

Dans les années 1885, on observe une poussée vers le libéralisme économique (Frankignoulle, 2001). En Belgique, huit sociétés anonymes de construction de maisons ouvrières sont créées. Elles fournissent environ un millier de maisons, ce qui est modeste compte tenu de la demande de logements de l'époque (Van Loo, 2003). Parallèlement, une prise de conscience émerge quant à l'importance éducative du logement. Le logement collectif est évité en raison de son potentiel à engendrer des coalitions et du désordre. L'objectif est que l'ouvrier devienne propriétaire d'une maison unifamiliale, moyennant un apport initial (Frankignoulle, 2001). L'architecture est alors envisagée comme un levier de réforme sociale (Van Loo, 2003).

Ce qui va faire changer la qualité des logements pour les ouvriers est « la montée d'un mouvement social, coopératif, syndical et politique : tous ces éléments vont conduire à accepter de plus en plus des régulations et à ce que vienne à l'avant-plan la question de conditions de logements dignes » (Frankignoulle, 2013, p.22). En 1889, de nouvelles modifications en faveur des ouvriers se présentent puisqu'une association de construction organise pour les nouveaux logements l'accès à des crédits, une qualité au niveau de l'hygiène et de l'architecture (Smets, 1977). À la fin de la Première Guerre mondiale, les classes sociales se sont mélangées, ce qui a donné des réformes sociales. Afin, d'accorder l'obtention de l'accession à une citoyenneté complète qui constitue un changement positif en faveur des citoyens masculins (Van Loo, 2003).

Un autre changement positif pour le logement est la création en 1919, de la Société Nationale des Habitations de Logements à Bon Marché pour SNHLBM. Cette société a subi des changements de nom au cours du temps, mais de nos jours, nous gardons comme vestige la Société Wallonne du Logement, et ses équivalents en fonction des régions pour la société bruxelloise et flamande (Frankignoulle, 2013). Le secteur social naît de cette institution car ses représentants soutiennent directement les sociétés de logement social en leur accordant des prêts à taux réduits (Frankignoulle, 2001).

Dans les années 1980, la Wallonie encouragera une démarche respectueuse du tissu urbain hérité. Plusieurs bâtiments qui font partie de l'héritage du patrimoine industriel de la ville de Verviers ont subi une reconversion en logements sociaux comme la cité ouvrière de Verviers (Frankignoulle, 2013).

La création des sociétés de logements sociaux, les ambitions et les objectifs demeurent inchangés malgré les années. Un des objectifs partagés est de transformer le parc wallon et de l'améliorer tant d'un point de vue de sa qualité, du confort apporté que du point de vue de sa performance énergétique.

La valeur du patrimoine est vu plus largement pris en compte. Cela permet que « logement ouvrier soit considéré non seulement en termes strictement patrimoniaux dans les exemples majeurs comme le Bois-du-Luc, mais aussi en termes de mémoire collective. Le défi de la rénovation concerne ici autant l'adaptation que le respect strict de la typologie d'origine. » (Frankignoulle, 2001, p.71).

Le développement de l'industrie à Verviers

Ce sont les familles Simonis et Biolley qui ont lancé et géré l'industrie du drap à Verviers, dans les années 1799-1804 (Lebrun, 1948). Le XIX^e siècle est marqué par un fort développement de l'industrie à Verviers, comptant 13 000 ouvriers en 1846 et 5 900 de plus en 1896 (Wirtgen-Bernard, C., & Dusart, M. ,1981). Initialement axées sur la fabrication de draps, les usines se sont ensuite orientées vers la vente de laines traitées ou filées. Ces industries vont contribuer à l'essor économique et au développement social de la région.

Un contrat exclusif est signé entre les familles industrielles et W. Cocherill pour Monsieur William Cockerill pour la mise en place de mécaniques textiles anglaises. Dès la première année du XIX^e siècle, plusieurs machines sont fabriquées et mises à disposition, comme une machine à ouvrir la laine, afin de remplacer les outils en bois. W. Cockerill quitte Verviers pour Liège en 1807, laissant un des fils et son gendre, Jacques Hodson, pour répandre ce type de machine à Verviers. En 1816, la machine à vapeur va faire évoluer l'industrie lainière et permettre aux usines de ne plus devoir dépendre des bords de la rivière. La force motrice n'étant plus un besoin, les usines vont revenir s'installer dans le centre de la ville lainière (Wirtgen-Bernard, C., & Dusart, M. ,1981). L'arrivée des machines a également permis aux fabriques d'engager du personnel non qualifié à un moindre salaire (R. ST. ,1990). La révolution industrielle a un impact direct sur l'augmentation de la population (Bauwens & Potelle, 2017).

Ces années prospères amènent la construction et l'aménagement de bâtiments pour la fabrication de draps et textiles. Un grand nombre de chantiers débutent de 1800 à 1810 (Wirtgen-Bernard, C., & Dusart, M. ,1981) ce qui correspond au démarrage des travaux de construction de la cité des Grandes Rames. Cette révolution industrielle influencera le développement de la ville vu l'explosion démographique qu'elle va subir (Frankignoulle, 2013).

Le logement social à Verviers

Globalité historique de la cité des Grandes Rames

La cité des Grandes Rames fondée dès 1808, trouve son origine dans l'industrie drapière verviétoise, un type d'industrie présente depuis le XIV^e siècle, essentiellement centrée sur la vallée de la Vesdre. Son implantation à Verviers était favorisée par la proximité de l'eau qui jouait un rôle crucial dans le processus de fabrication. C'est pourquoi, « En 1522, le Prince – Evêque Erard de la Marck cède un terrain au nord-est de la ville, le long de la Vesdre, pour y installer des « rames » afin d'y tendre les draps. » (Wirtgen-Bernard, C., & Dusart, M., 1981, p. 123). « Les rames sont des châssis en bois utilisés pour sécher les draps ; ... A l'époque antérieure au machinisme, ce mode de séchage était le seul employé ; ...» (Léon, 1977, p124). Elles sont appelées « wènes » en wallon.

Cependant, le terrain réservé aux rames a été utilisé à d'autres fins, notamment pour le dépôt de déchets par la population et le pâturage d'animaux à cornes, ce qui pouvait compromettre la qualité des draps. En 1806, les Grandes Rames ont été utilisées comme dépôt de fumier. Lorsque la commune annonça le projet de construction d'une série de maisons ouvrières, ce fut accueilli avec soulagement par les habitants du quartier (R. ST., 1990).

Le logement ouvrier - La cité des Grandes Rames

Verviers a été pionnière dans la création de logements pour les ouvriers. Le commencement de l'habitat ouvrier en Europe continentale débute avec la cité des Grandes Rames. Ce quartier s'est développé à proximité des usines et fabriques. La construction de ce type de logement est novatrice et doit avant tout être fonctionnelle et à un prix raisonnable. Ces logements vont répondre aux besoins d'habitats ouvriers, de plus en plus nombreux à cette époque (Bauwens & Potelle, 2017).

L'arrivée de la cité ouvrière au sein de la ville de Verviers a été discutée au Conseil municipal le 5 février 1808. Mais « Déjà en juillet 1792, M.R. Godart avait proposé la construction de maisons ouvrières pour remédier au manque et au mauvais état « des maisons populaires » (Bauwens cité dans Lebrun, 1948).

La commune se retrouve avec un afflux d'ouvriers pour les fabriques de textile, sans que la ville puisse leur offrir des possibilités de logements. Ceci amène les familles d'ouvriers à s'entasser dans des chambres, petites et insalubres, et cela fait naître la crainte des épidémies. La solution pour répondre à ces problématiques était de construire un lieu dédié à cette population. Monsieur Henry Guillaume Simonis et Jean François Biolley proposent alors d'équiper la ville de ces maisons grâce à leurs fonds propres (Bauwens, cité dans A.C.V., 1808).

La ville concède le terrain à proximité des fabriques et des usines à draps aux promoteurs du projet pour la construction des maisons. Il faudra attendre 1808 pour le début des travaux. La commune de Verviers commande une maison modèle à l'architecte Douha (Bauwens, 1999) afin de proposer une idée de conception de ce nouvel espace. En effet, il n'est pas habituel de réaliser des maisons pour de tels besoins qui devaient répondre à un bas coût et à un habitat fonctionnel. L'ornement et l'esthétisme n'y sont pas encouragés (Degraeve, n.d.).

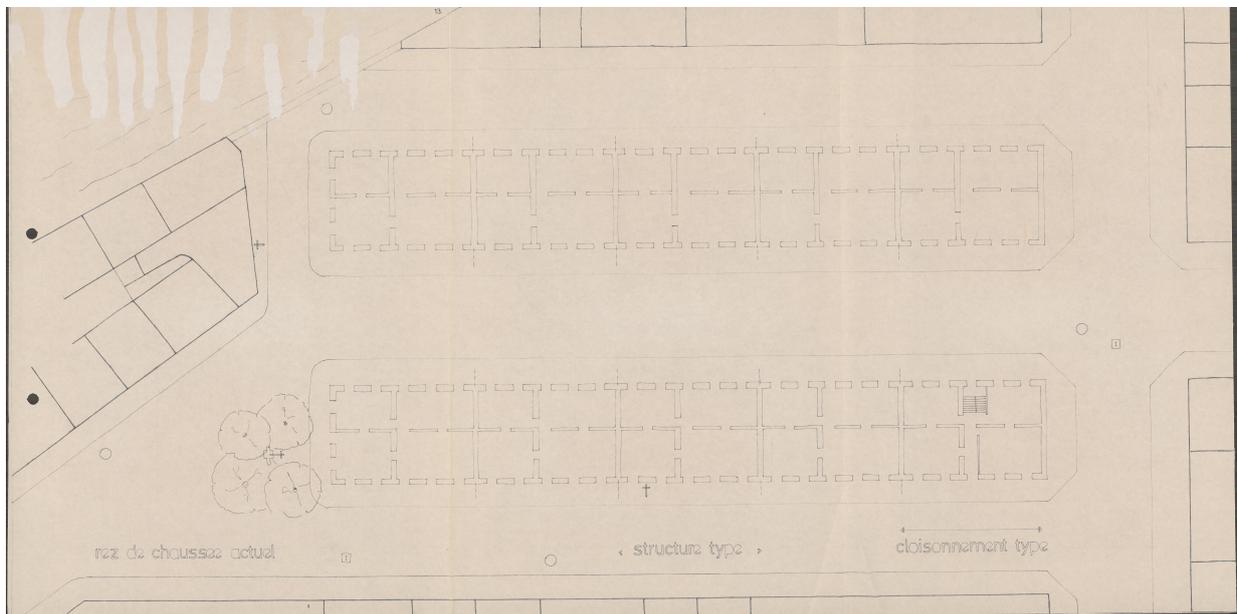


Figure 1 - Plan de la cité des Grandes Rames. Source : Archives de Verviers.



Figure 2 - Photographie de la cité et des voiries . Source : Closset Maurice.

La maison modèle a été construite en avril 1808. Puis, en septembre de la même année, trois maisons identiques puis deux autres furent construites, installées parallèlement et face aux constructions des trois premières. Ces six maisons seront occupées en août 1809. La construction des quatre dernières maisons commencera en 1810. La cité comptera dix maisons au total (Bauwens, 1999).

Les loyers payés par les locataires sont reversés aux hospices de Verviers (Bauwens, 1999). En effet, la condition pour la construction de ces maisons est la donation des loyers de celles-ci aux Hospices de Verviers, ce qui sera fait le 7 juillet 1818 (Pas d'auteur Archives de Verviers, n.d.).

La cité des Grandes Rames : son aménagement spatial et constructive d'origine

La cité est située à l'est de la cité lainière et donne sur la Vesdre. Comme le montre la figure 2, à la page 36, elle se caractérise par deux grands blocs parallèles (Joris, 2006), constitués chacun de cinq maisons identiques, comme le montre la figure 4, à la page 38. La construction a débuté en 1808 et s'est achevée en 1828 (Joris, 2004), faisant de cette cité la plus ancienne cité ouvrière du continent européen (Bauwens, 1999).



photo 1

Figure 3 - Photographie de la façade avant la réhabilitation, prise de face. Source : Archives de Verviers.



Vue de la rue des Hospices

photo 6

Figure 4 - Photographies du contexte de la cité avant les travaux de réhabilitation. Source : Archives de Verviers.

Chaque bloc a une longueur de 68,5 mètres sur 9,25 mètres de large (Degraeve, n.d.), pour une superficie totale de 3512,90 mètres carrés répartis sur quatre étages (Pas d'auteur Archives de Verviers, n.d.). Les façades uniformes donnent l'impression d'une seule et vaste habitation.



Figure 5 - Photographies des longues façades avant les travaux de réhabilitation. Source : Archives de Verviers.

Comme le montre la figure 5, à la page 38, la maison s'élève sur quatre niveaux et s'étend sur cinq travées avec la porte d'entrée au centre. La façade est construite en maçonnerie de brique rouge à l'appareillage simple et régulier (Bauwens, 1999), fut recouverte d'un enduit de couleur ocre (Pas d'auteur Archives de Verviers, n.d.). Des pierres calcaires sont utilisées pour les seuils, les linteaux, les chaînages d'angle et le soubassement (Degraeve, n.d.). Le toit à double versant est agrémenté de cheminées comme le montre les figures 4 et 5, à la page 38.

Concernant la disposition spatiale d'origine, comme le montre la figure 1, à la page 35, chaque étage est subdivisé en quartiers composé de quatre pièces autour d'un couloir. Une maison comprend une cave voûtée, un étage composés d'une cuisine et un grenier réservé à l'origine pour le métier à tisser. L'architecte a été chargé, lors de la conception, de créer des lucarnes assez grandes pour éclairer adéquatement le métier à tisser dans le grenier comme le montre la figure 6, à la page 39. Les chambres du rez-de-chaussée et du premier étage sont louées plus chères que celles des autres étages, probablement en raison du confort différencié par étage (Bauwens, 1999).



Figure 6 - Photographie des pignons est avant les travaux de réhabilitation. Source : Archives de Verviers.

L'organisation des logements se basait en « quartier » pour quatre pièces, chacun ayant une ouverture vers l'extérieur. Chaque maison comptait 16 quartiers, soit un total de 160

quartiers (Pas d'auteur Archives de Verviers, n.d.). En moyenne, un quartier hébergeait une famille de quatre à six personnes.

Des travaux d'amélioration des logements ont été entrepris, notamment l'installation du réseau d'eau en 1876 et le raccordement à l'égout en 1883 (Bauwens, 1999). En 1892, des latrines ont été ajoutées dans les maisons (Pas d'auteur Archives de Verviers, n.d.). Enfin, en 1926, les toitures ont été entièrement rénovées (Pas d'auteur Archives de Verviers, n.d.). Les photographies ci-dessous montrent que les pignons Nord-Est étaient constitués de bardage en Eternit.

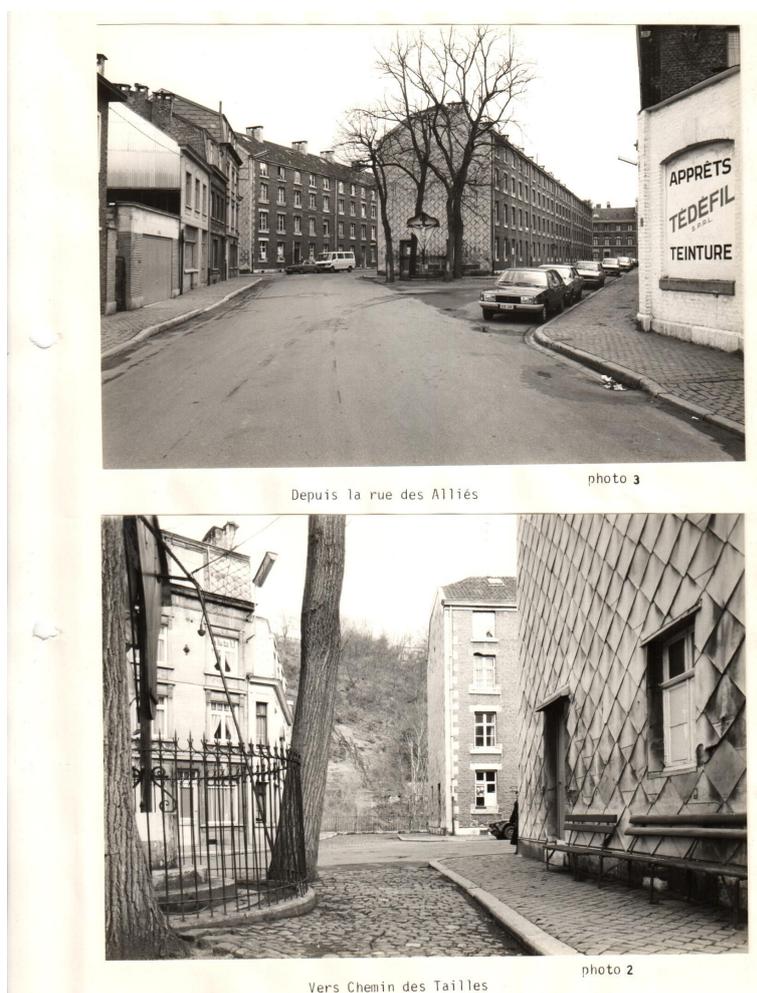


Figure 7 - Photographies des pignons ouest avant les travaux de réhabilitation. Source : Archives de Verviers.

Le paiement de la location des logements pour les ouvriers était initialement géré en main ferme et ce jusqu'en mars 1820. Puis, elle a été gérée par la Commission des Hospices. À partir de 1920, elle a été effectuée par adjudication publique.

En 1925, une demande a été adressée au Collège des bourgmestre et échevins pour remplacer une fenêtre par une porte rue des Hospices. En 1949, une autre demande pour la construction de toilettes avec un poste d'eau au troisième étage des dix bâtiments a été faite. La condition était que le sol des latrines soit imperméable. Cette modification a permis à chaque étage d'avoir ses propres toilettes et éviers supplémentaires comme le montre la figure 8. De nouvelles cloisons ont été ajoutées dans les chambres pour les diviser en deux, conformément aux demandes des locataires (Pas d'auteur Archives de Verviers, n.d.).

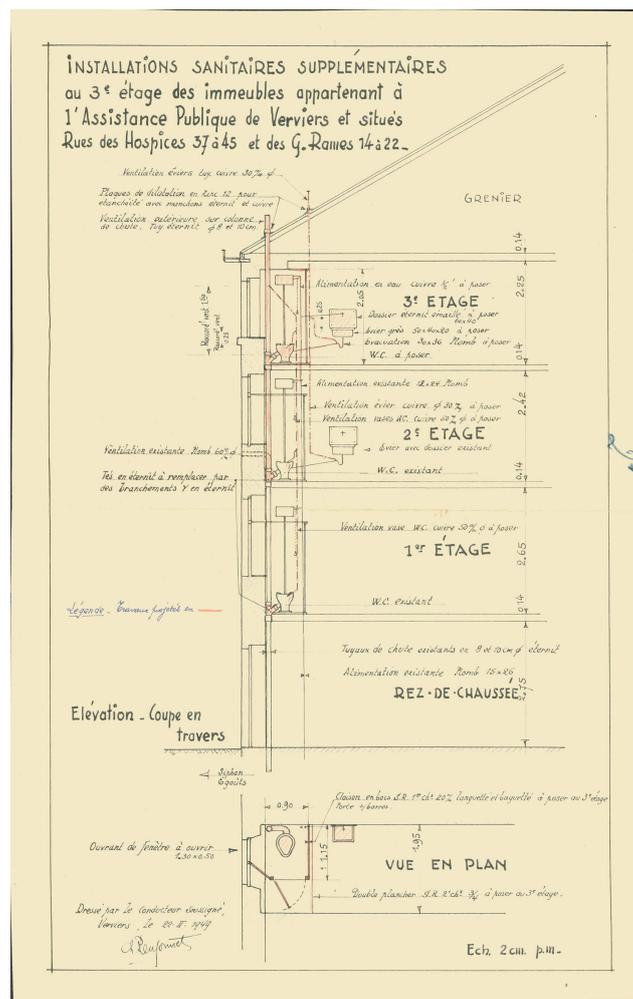


Figure 8 - Coupe et plan de l'installation de sanitaire. Source : Archives de Verviers.

Des documents de l'administration communale de Verviers datant de 1950 ont autorisé la restauration et l'élévation des souches de cheminées ainsi que le renouvellement des descentes d'eau pluviale (Pas d'auteur Archives de la Ville de Verviers, n.d.).

En 1951, les façades ont été rejointoyées. Enfin, en 1952, les boiseries extérieures ont été repeintes.

La transformation des Grandes Rames : évolution d'une cité ouvrière

Après le déclin de l'industrie textile verviétoise, la cité ne remplissait plus sa fonction initiale et elle ne respectait plus les normes de sécurité (Pas d'auteur Archives de Verviers, 1994). La cité a trouvé de l'utilité lorsque certaines associations de la ville n'ont pas trouvé de locaux ou lorsque des familles d'émigrés ont occupé les lieux. Bien que le C.P.A.S. de Verviers soit propriétaire des lieux, il n'a pas réagi à cette utilisation. En 1983 (Pas d'auteur Archives de Verviers, 1994), toutes les entrées du rez-de-chaussée ont été murées pour empêcher les bâtiments de subir des dégradations (Figure 9), comme certains autres bâtiments de la commune. Plusieurs questions sur la réaffectation ont été discutées, notamment celle concernant l'acquisition des Lignaiquettes ou le souhait de la Région Wallonne d'héberger des sans-abris (R. ST., 1990).



Figure 9 - Photographie de la façade avec le rez-de-chaussée muré. Source : Capart, Fr.

Suite à son abandon pour cause de vétusté, la cité a ensuite été habitée par des familles d'immigrants. À la maison numéro 18, se trouve un atelier de la Chaîne de Service d'Amitié, composé d'un groupe de jeunes venant en aide aux habitants âgés ou plus jeunes du quartier du Prés-Javais (qui fait partie du quartier des Grandes Rames). Ils offrent leur assistance pour des problèmes de bricolage ou de langues (Monami, n.d.).

Aujourd'hui, les maisons sont répertoriées avec une pastille à l'inventaire du Patrimoine monumental de la Belgique. Leur propriétaire actuel est Logivesdre, société de logements de service public, et ce depuis 1991. De plus, le 27 juillet 1983, le crucifix, les arbres et le grillage ont été classés (Figure 7, page 40) (Joris, 2004).

En 1981, la cité a évité la démolition, malgré les intentions de certains responsables verviétois. Cette année-là fut désignée comme « Année Européenne pour la Renaissance de la Cité ». Monsieur Joris, historien spécialiste de la ville de Verviers, a plaidé en faveur

du projet de restauration de cette cité. Le C.P.A.S de la ville de Verviers a vendu les bâtiments à la Société de Coopérative de Logement Social « Les Linaigrettes » en 1991, procédant à la restauration des deux blocs de logements pour y aménager 49 appartements. Lors de l'inauguration de la partie rénovée de la cité, une pierre commémorative a été installée dans le pignon du bloc Nord (X, 1996).

Les transformations subies au sein de la cité ouvrière des Grandes Rames, résultant de sa réhabilitation par la Société coopérative de locataires "Les Linaigrettes", débutées en 1994.

L'objectif de la réhabilitation de la cité ouvrière en logements sociaux est de restaurer les habitations afin de fournir des logements adaptés à différents types de familles. En parallèle, le projet propose d'aménager l'espace public autour du site pour les résidents, en accordant davantage d'importance aux piétons (Pas d'auteur Archives de Verviers, n.d.).

Le 13 juin 1980, la société "Les Linaigrettes" a été contactée par le Conseil d'Administration de l'Aide Sociale de Verviers pour savoir si l'achat des bâtiments des "Grandes Rames" les intéressait afin de proposer davantage de logements pour les plus défavorisés (Pas d'auteur, Archives de Verviers, n.d.). En novembre 1991, la Société coopérative de locataires "Les Linaigrettes" est devenue propriétaire de la cité des Grandes Rames. En restaurant la cité, les responsables ont préservé l'histoire sociale de cette cité tout en maintenant sa fonction d'origine. De plus, ces bâtiments constituent un témoignage de l'industrie lainière de Verviers et un potentiel touristique pour la ville. La société a ainsi augmenté son parc de logements sociaux et réutilisé un site abandonné.

Le Cabinet de Monsieur Collignon, alors Ministre du Logement en 1992, a demandé à la société "Les Linaigrettes" de trouver des partenaires pour ce projet de restauration de dix immeubles. Un investissement financier a été réalisé par le Fonds du logement des familles nombreuses de Wallonie pour ce projet (Pas d'auteur Archives de Verviers, 1994). L'acte d'acquisition a été conclu le 28 novembre 1991 grâce aux crédits accordés par Monsieur le Ministre Guy Lutgen. Le Gouverneur de la Province a exigé que les bâtiments des Grandes Rames soient restaurés en logements sociaux et a obligé "Les Linaigrettes" à conserver le site et les façades. Monsieur Freddy Joris a joué un rôle crucial en tant que guide pour mener à bien ce dossier.

Le permis d'urbanisme a été délivré le 10 août 1994 pour la poursuite du projet par l'architecte Alain van de Winckel, et l'auteur du projet (Pas d'auteur Archives de Verviers, 1994). Le projet consiste en la création de 49 nouveaux logements grâce à la mise en place d'une circulation verticale extérieure (Page 45, Figure 11), permettant ainsi de gagner de l'espace pour les nouveaux logements (Pas d'auteur Archives de Verviers, 1994). Le rez-de-chaussée (Page 47, Figure 15) comprend neuf studios pour personne seule ainsi que neuf appartements à une chambre, réservés aux personnes âgées ou en couple (Pas d'auteur Archives de Verviers, 1996). Au premier étage, neuf appartements de trois chambres sont prévus pour les familles de cinq personnes (Page 47, Figure 15) (Pas d'auteur Archives de Verviers, 1994). Ce niveau fonctionne comme une maison unique par appartement (Pas d'auteur Archives de Verviers, 1996). Enfin, 22 duplex (Page 47, Figure 15) sont prévus aux deuxième et troisième étages pour les familles de quatre à six personnes. De plus, les rues avoisinantes au projet seront aménagées en espaces publics axés sur les piétons. La ville espère que le projet va redynamiser le quartier de Prés-Javais (Pas d'auteur Archives de Verviers, 1994) (Pas d'auteur Archives de Verviers, 1996).

La restauration a commencé par le bloc nord et doit se poursuivre avec le bloc sud. Cependant, le fond des familles nombreuses de Wallonie ne souhaite plus coopérer en tant que soutien financier, ce qui risque de compromettre la fin des travaux. Une demande de crédit a été déposée auprès de la Société régionale wallonne du logement.



Figure 10 - Photographie de la cité dépourvue de ses éléments structurels, ne laissant que les murs massifs. Source : Nizet, J.M.

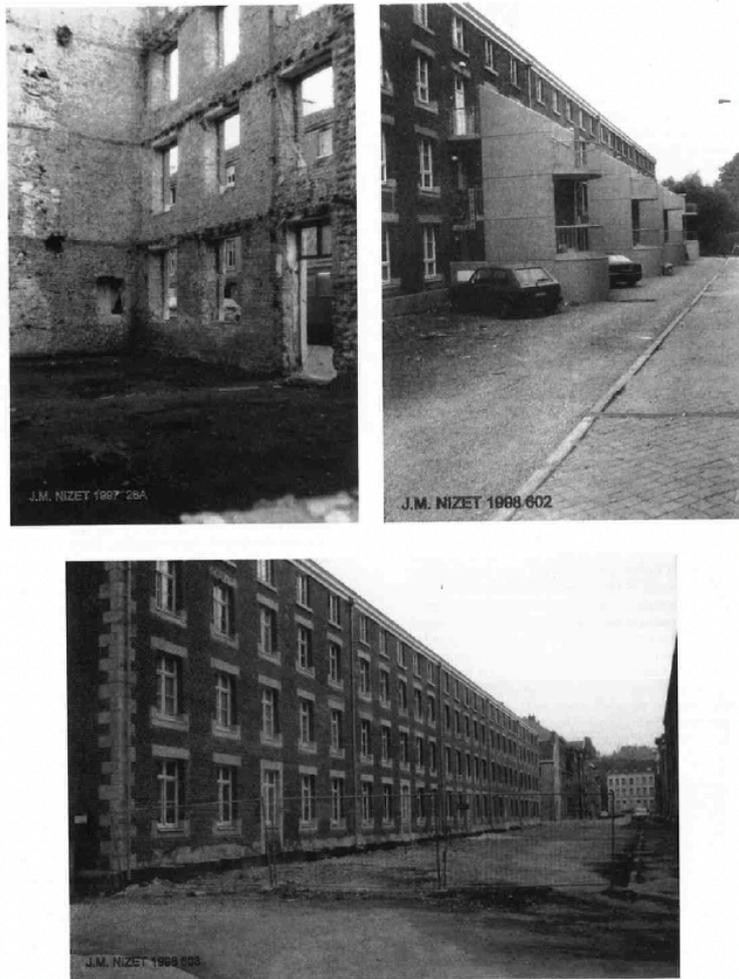


Figure 11 - Photographies des travaux en cours de réhabilitation. Source : Nizet, J.M.

Ce projet de restauration préserve les façades, les ouvertures, tandis que les intérieurs sont reconstruits entièrement. Il y a un changement dans la composition de la façade, notamment avec l'escalier logé à l'extérieur, ce qui apporte un nouveau contenu à celle-ci. Comme le montre la figure 12 de Fr. Capart, à la page 45, cette photographie a permis de constater que lors des travaux de reconstruction, des blocs de béton et des poutres en béton ont été utilisés. Lors de la réhabilitation, une structure en béton a été utilisée (Pas d'auteur Archives de Verviers, 1996) en remplacement de la structure initiale de murs porteurs en maçonnerie, et des planchers en bois (Figures 10 et 11, page 44 et 45).

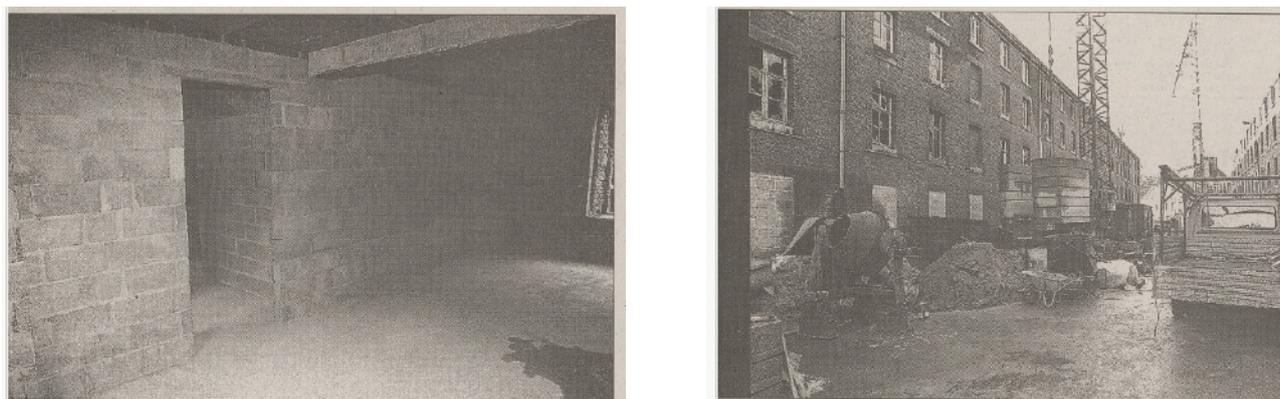


Figure 12 - Photographies chantier des Grandes Rames. Source : Capart, Fr.

Dans le bâtiment, il était prévu de conserver, des murs en maçonnerie massive, tout en remédiant à l'humidité ascensionnelle. Dans le dossier d'Esquisse en vue de l'acquisition des Grandes Rames réalisé par les architectes du bureau Planning, il est proposé de doubler les maçonneries externes par l'intérieur avec des panneaux de finition isolants (Busch & Van De Winckel, 1982). Le coût total des travaux s'élève à 167 millions de francs (Pas d'auteur Archives de Verviers, 1996).

Il est question de la réhabilitation de la cité ainsi que des travaux pour l'école Saint-Joseph, dont "Les Linaigrettes" est propriétaire. Le dossier aborde la création de bow-windows en saillie par rapport au parement existant au niveau des baies, ainsi que la conception de balconnets et de loggias (Busch & Van De Winckel, 1982).

Il y a eu des changements techniques grâce à la réhabilitation. En effet, chaque appartement dispose d'un chauffage central alimenté par le réseau de départ d'une centrale de chauffe à l'Intervapeur. Puis pour l'eau sanitaire, un chauffe-eau Bulex au gaz naturel est installé. Des appareils ménagers tels qu'une cuisinière au gaz, une machine à laver, un lave-vaisselle, etc., peuvent être inclus dans les logements (Pas d'auteur Archives de Verviers, n.d.).

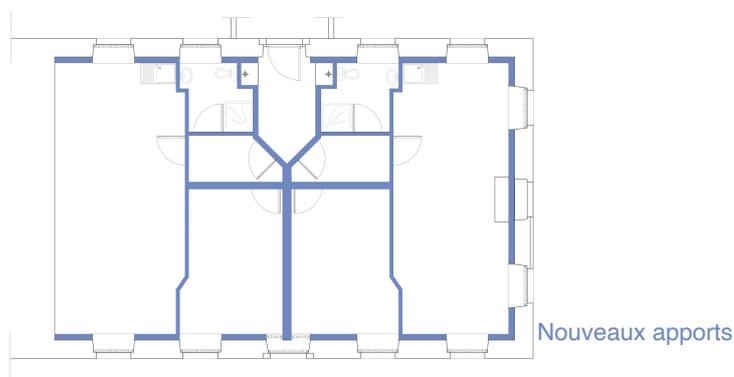


Figure 13 - Plan actuel du rez-de-chaussée, mettant en évidence les nouveaux apports. Source : Sophie Rulkin.

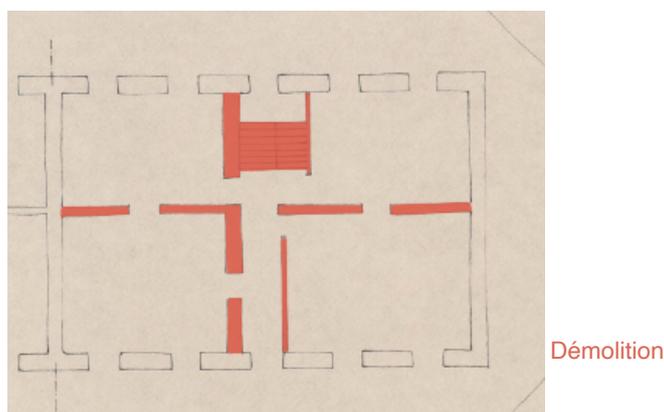


Figure 14 - Plan du rez-de-chaussée avant la réhabilitation par le bureau Plannings, mettant en évidence les démolitions subies par la cité. Source : Archives de Verviers.

II. Analyse d'un logement de la cité des Grandes Rames

L'analyse a été menée dans deux logements situés au sein d'une des maisons de la cité ouvrière. L'accès a été autorisé en compagnie de Monsieur Evrard Pascal, membre de Logivesdre, la société de logements sociaux où ce dernier assure également le rôle de conducteur des travaux et référent cadastre. Les deux appartements visités se positionnent au rez-de-chaussée du bloc sud, au droit de la rue Hombiet. Ces logements ne sont plus habités et ce, depuis quelques temps. La visite a également permis l'exploration des espaces de circulation au niveau des caves et des installations techniques du bloc sud de la cité ouvrière.

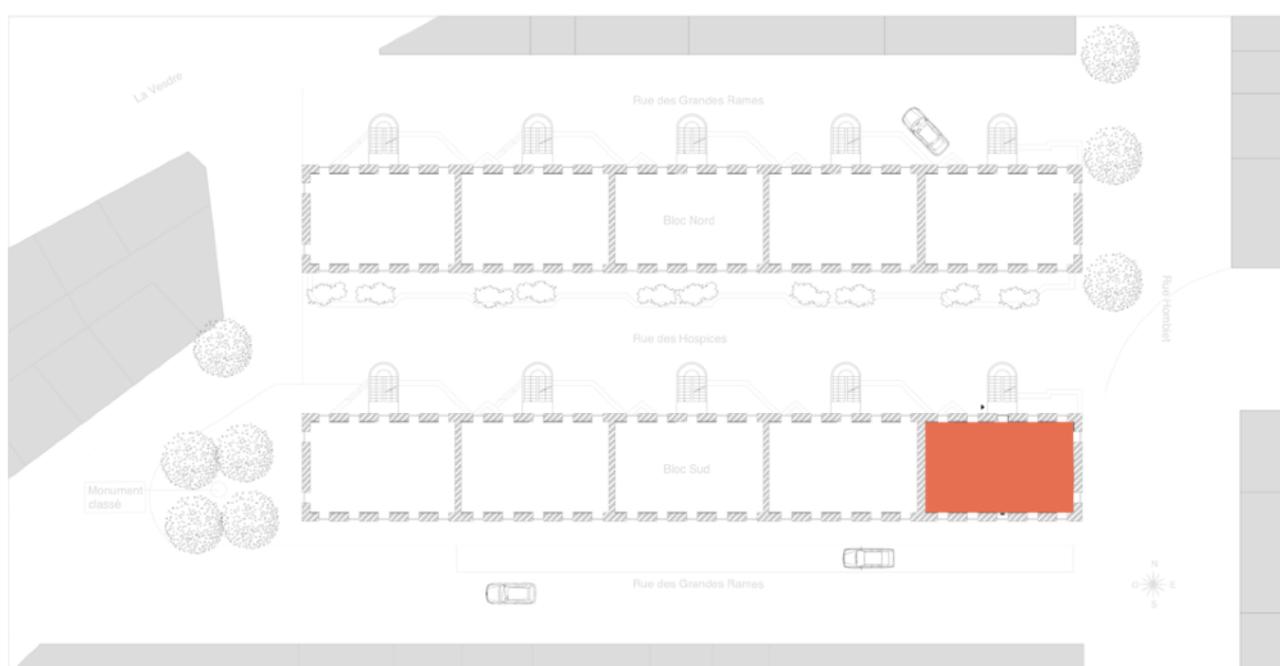


Figure 16 - Plan d'implantation de la zone des logements visités. Source : Sophie Rulkin.

Organisation spatiale

La cité est composée de deux blocs parallèles, chacun comprenant cinq maisons. Chacune d'entre elle est composée de cinq logements de différentes capacités, présentés dans la page 47, à la figure 15.

Les deux appartements sont implantés de part et d'autre du hall d'entrée central au rez-de-chaussée (Figure 17, page 49). La circulation verticale entre étages est assurée par un escalier extérieur (Figure 17, page 49). Les logements sont légèrement surélevés par rapport au niveau de la rue, et un espace vert les sépare du parking qui borde la rue (Figure 16). Le hall d'entrée interne du logement dessert les différentes pièces.

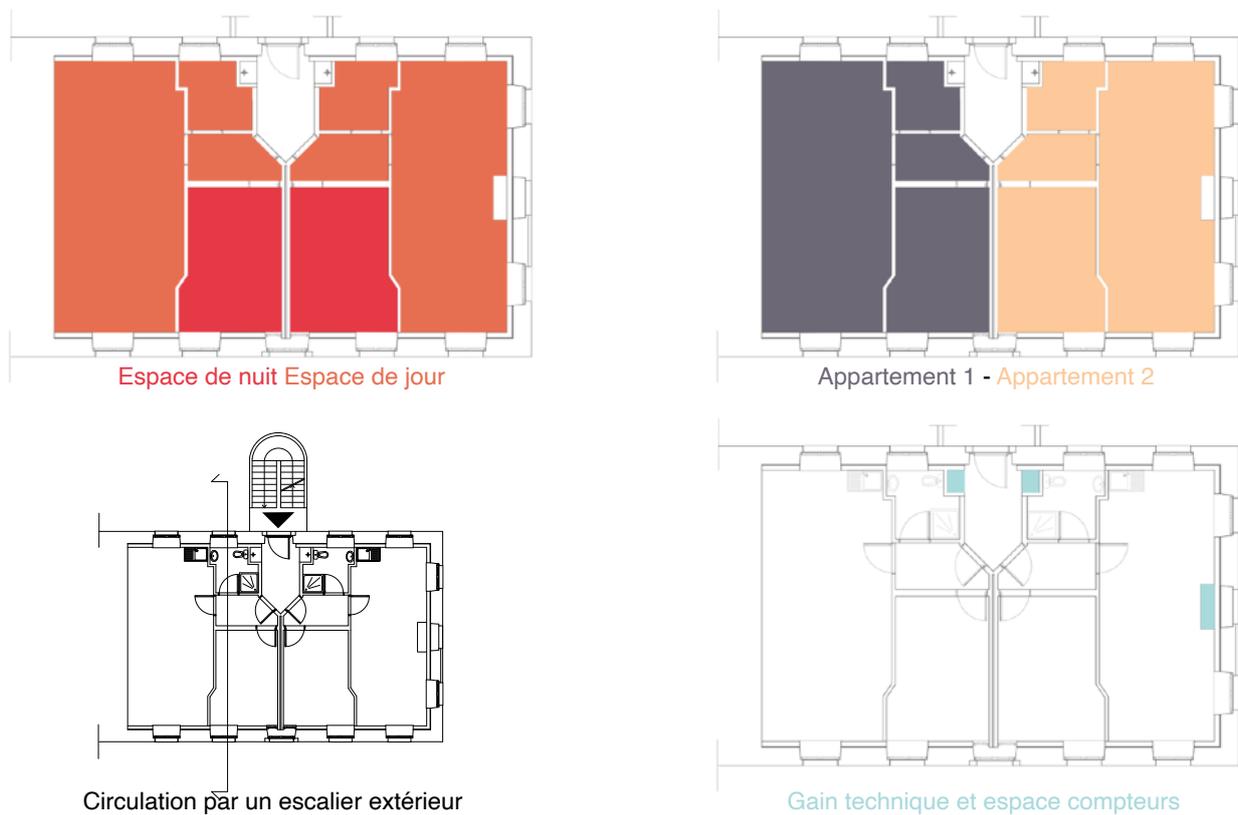


Figure 17 - Schémas d'organisation spatiale. Source : Sophie Rulkin.

L'organisation spatiale a été modifiée par rapport au plan de réhabilitation de la cité établi en 1994. Dans les logements, la chambre est désormais séparée de l'espace de vie, ce qui influence la circulation au sein du logement, puisque la porte d'accès n'est plus positionnée de la même manière. De plus, la cuisine est intégrée à l'espace de vie. La séparation entre les deux logements du rez-de-chaussée n'est pas à l'emplacement prévu initialement dans les plans de réhabilitation. Les logements sont agencés de la même manière, ce qui n'était pas le cas dans les plans datant de 1994, comme le montre la figure 18, à la page 49. Quant aux combles, ils sont vacants et non utilisés. Les compteurs des locataires se situent dans leur sas d'entrée (Figure 17, page 49).



Figure 18 - Plan existant par les architectes R. Busch et A. Van De Winckel du bureau « Plannings" en comparaison avec le plan actuel du rez-de-chaussée de la cité. Source : Archives de Verviers et Sophie Rulkin.

Ouvertures, châssis et lumière

L'éclairage naturel des espaces est limité, d'autant plus que le mur séparant les logements du rez-de-chaussée a été déplacé. Selon les plans des archives de Verviers, la disposition datant de 1994 prévoyait trois baies dans la pièce principale (Figure 18, page 49). Actuellement, dans chaque logement, la pièce principale dispose désormais de deux fenêtres de part et d'autre du logement, permettant ainsi une luminosité à une double orientation. La surface vitrée de la pièce de vie représente 2,8 m² par rapport à la pièce qui fait environ 26 m². En revanche avec la nouvelle configuration, les chambres bénéficient d'une baie complète et d'une demi-baie, qui fournissent une lumière supplémentaire significative. Comme le montre la figure 19, à la page 50, la salle de douche dispose d'une fenêtre de taille similaire à celles des autres pièces du logement. De plus, les châssis ne disposent pas de grilles de ventilation.

L'emplacement parallèle des immeubles a également un impact sur l'éclairage naturel. Du fait de leur proximité, il est possible que les tilleuls palissés en écran aient été plantés à ces endroits pour des raisons d'intimité (Page 53, Figure 25 et 26). Cependant, cela crée également une ombre sur les façades sud en été, réduisant ainsi les apports lumineux et comme ce sont des arbres à feuilles caduques, cela ne limite pas l'apport solaire en hiver.

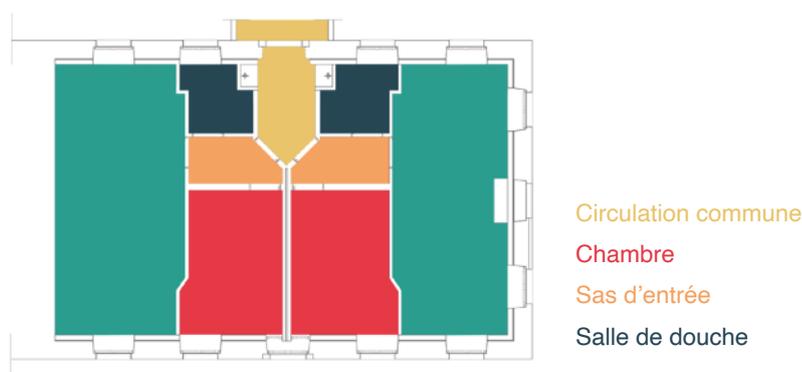


Figure 19 - Les fonctions du rez-de-chaussée.

Source : Sophie Rulkin.

Confort

Le logement ne dispose d'aucun espace extérieur, ce qui peut poser question en termes de qualité de vie, principalement lors des périodes estivales.

Monsieur Evrard m'a informée que certains occupants se plaignaient de la condensation sur les murs de l'encadrement de la fenêtre de la chambre dans le type de logement visité. Selon lui, cela est dû au manque de ventilation régulière dans cette pièce, ce qui pourrait

être remédié en ouvrant la fenêtre. En effet, le logement n'est pas équipé d'un système de ventilation.

Lors de la visite, aucune tâche de salissure autour des fenêtres ni d'humidité n'a été ressentie ou observée dans les pièces humides telles que la cuisine et la salle d'eau. Cependant, le bas des murs intérieurs présentent des traces d'humidité en raison des inondations survenues en juillet 2021 dans l'ensemble de la cité. L'employé de la société Logivesdre m'a expliqué qu'il faudra du temps pour que les murs retrouvent leur état initial. Ce défaut est directement lié aux inondations et n'est présent que dans le rez-de-chaussée (Figure 20, page 51). Ce problème peut impacter l'apparition de condensation à la suite d'une humidité de l'air excessive.

Cependant, à l'extérieur, quelques salissures sont dues au rejet de l'eau de pluie par la cage d'escalier (Figure 21, page 51).



Figure 20 - Fenêtre de la cuisine. Source : Sophie Rulkin.



Figure 21 - L'escalier du bloc Nord. Source : Sophie Rulkin.

Les revêtements de sol sont sommaires, ce qui participe au confort global de l'espace. Dans la cuisine, un carrelage en granito est présent, s'étendant jusqu'au hall d'entrée et à la salle d'eau. Le choix du revêtement de sol est laissé au locataire pour l'aménagement.

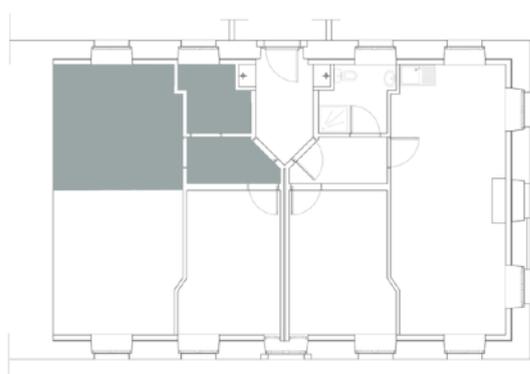


Figure 22 - Schéma de la zone en granito. Source : Sophie Rulkin.



Figure 23 - Revêtements de sol dans l'espace de vie. Source : Sophie Rulkin.

La cuisine n'est pas équipée, se composant simplement d'un meuble évier, au-dessus duquel se trouve un chauffe-eau instantané. Une crédence de 20 centimètres est installée autour du contour du meuble (Figure 23, page 51).

Selon Monsieur Evrard, il n'y a pas de souci acoustique affectant le bien-être des occupants et d'après ma propre expérience, aucun inconfort n'a été ressenti.

Aucune information concernant le confort estival n'a été fournie lors de la visite.

Ventilation

Les châssis ne sont pas oscillo-battants; il est uniquement possible de ventiler naturellement en utilisant les ouvrants de service et/ou semi-fixes. Cette possibilité de ventiler impose d'être présent dans le logement pour éviter toute intrusion. Dans la salle d'eau, comprenant également les toilettes, un extracteur d'air est installé. Au niveau de la cuisine, une hotte est présente pour éliminer les fumées et les odeurs de cuisson. Un conduit est prévu à l'extérieur du logement, du côté de la façade avant, pour l'extraction de l'air par la hotte de la cuisine. Celle-ci doit être installée par le locataire. Par conséquent, le logement est en dépression, car il ne permet que l'extraction de l'air vicié, sans possibilité passive d'introduire de l'air neuf.

L'étanchéité à l'air sur les contours des châssis a été observée lors de la visite et s'est révélée satisfaisante lors d'un test avec un briquet. Cependant, des tests supplémentaires devraient être réalisés pour pouvoir se prononcer de manière définitive.

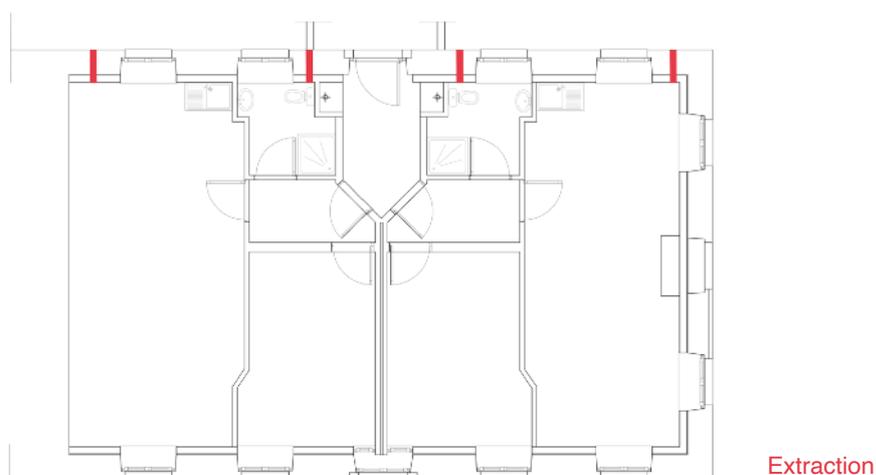


Figure 24 - Conduits actuels d'extraction. Source : Sophie Rulkin.

Analyse bioclimatique

Il existe une possibilité d'assurer une ventilation naturelle transversale dans la pièce de vie, car cette dernière est dotée de deux ouvertures situées sur les façades opposées. La salle de douche et la chambre permettent également le même flux d'air en ouvrant les portes (Figure 27, page 53).

Concernant les apports solaires, en période estivale, un ombrage est fourni par des écrans végétaux composés de tilleuls, cependant, ceux-ci ne sont présents que dans quelques endroits ponctuels du bloc nord (Figure 25 et 26, page 53). De plus, des arbres existent à l'ouest du bloc sud ainsi qu'à l'est du bloc nord (Figure 29, page 54). De plus, de l'ombre est apportée par un lierre grimpant qui se déploie de manière irrégulière sur certaines façades (Figure 20, page 51). Ce sont des ombres qui peuvent participer à la qualité du bâtiment.



Figure 25 - La façade arrière du bloc Nord en octobre. Source : Sophie Rulkin.



Figure 26 - La façade arrière du bloc Nord en juillet. Source : Sophie Rulkin.

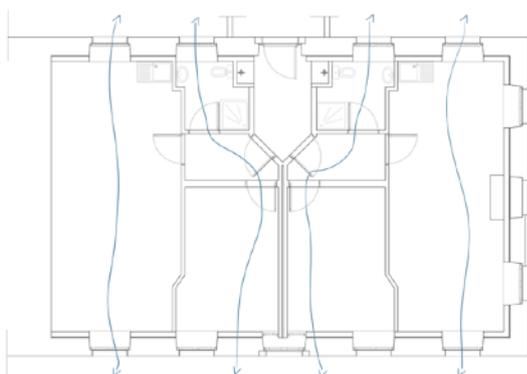


Figure 27 - Plan ventilation naturelle transversale. Source : Sophie Rulkin.

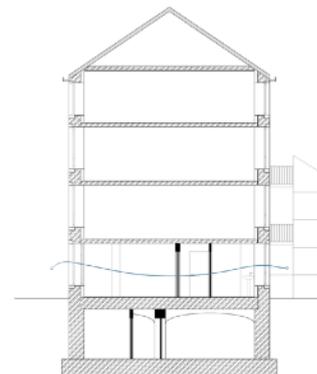


Figure 28 - Coupe ventilation naturelle transversale. Source : Sophie Rulkin.

Orientation

Concernant l'orientation du bâtiment, les logements sont traversants nord/sud. La façade avec les entrées concédées comme façade avant est au nord et la façade arrière vers le sud. Les logements aux extrémités des blocs sont orientés soit vers l'est, soit vers l'ouest. L'orientation nord est la plus froide, ce qui la rend plus confortable pendant les périodes estivales. Cependant, cette façade nécessite une attention particulière, car elle présente un risque d'humidité. En revanche, les façades avant, orientées vers le sud, sont plus chaudes en raison de leur exposition. Les deux pignons orientés vers l'est bénéficient d'une lumière matinale, mais sont ombragés l'après-midi, ce qui les rend plus fraîches le soir. En revanche, du côté ouest, la lumière apparaît l'après-midi et en fin de journée estivale : il y a un risque de surchauffe (Figure 29).

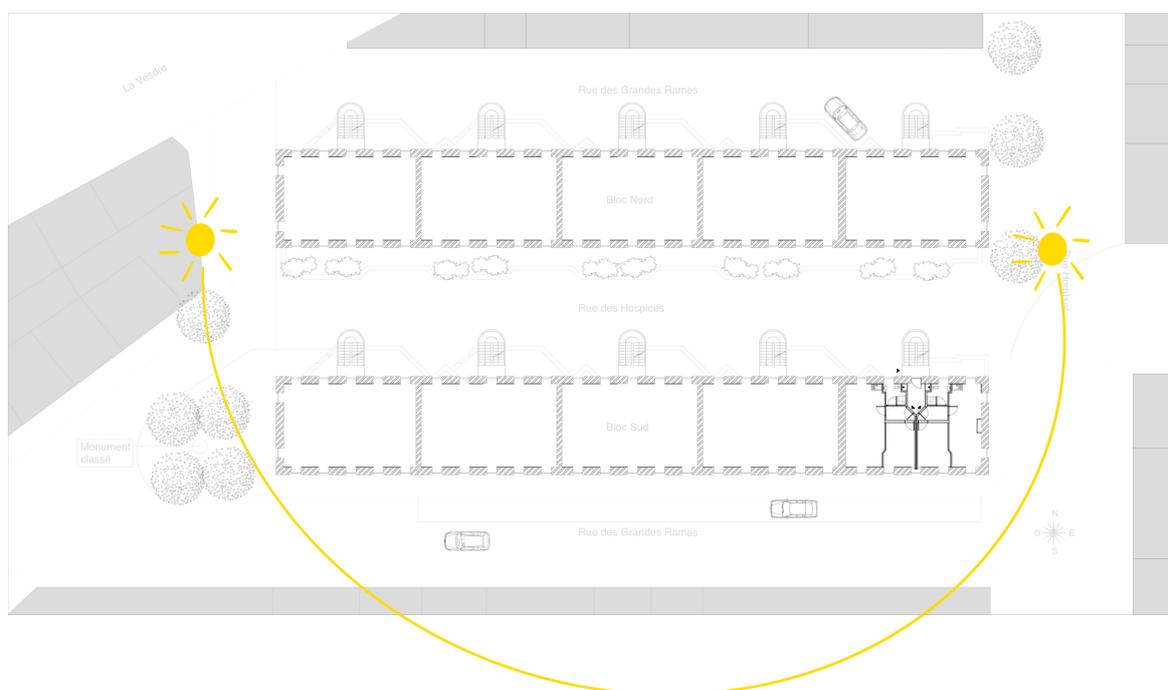


Figure 29 - Le parcours du soleil. Source : Sophie Rulkin.

Matériaux

Lors de la visite, j'ai interrogé Monsieur Evrard par rapport à tous les éléments constructifs et la matérialité, notamment ceux qui ne sont pas visibles. La documentation mise à disposition ne détaille pas tous les éléments, des hypothèses ont dû parfois être formulées à partir des données recueillies et des observations faites lors de la visite de la cité.

À propos de la matérialité des menuiseries et châssis de fenêtres des logements, ils sont en bois et peints en blanc avec un double vitrage pour une meilleure performance (Figure

30, page 55). De même, la corniche est fabriquée dans la même matière et de la même couleur (Figure 31).



Figure 30 - Zoom sur une baie de fenêtre. Source : Sophie Rulkin.



Figure 31 - La façade arrière du bloc Nord. Source : Sophie Rulkin.

Les murs de la cité ont une épaisseur d'environ 70 centimètres, ils sont composés de briques rouges avec une maçonnerie existante de 45 centimètres d'épaisseur et une structure en bloc béton a été ajoutée lors de la réhabilitation, comme le montre la figure 32 ci-dessous.



Figure 32 - Schéma de la composition du mur. Source : Sophie Rulkin.

Les façades sont composées de briques rouges et de pierre calcaire, elles sont sur quatre niveaux et cinq travées. La toiture à deux versants est recouverte de tuiles en terre cuite en ton gris foncé. La pierre calcaire est présente sur le soubassement, les linteaux, les appuis de fenêtres extérieures et les chaînages harpés (Figure 33, page 55). Les soubassements du bloc sud-est sont cimentés, et certains le sont lorsqu'il a fallu remplacer un manquement (Figure 33 et 34, page 55). Du zinc plié est posé sur les appuis de fenêtre d'origine (Figure 30, page 55).



Figure 33 - Pignon Ouest du bloc Nord. Source : Sophie Rulkin.



Figure 34 - Façade arrière du bloc Sud. Source : Sophie Rulkin.

Selon les informations fournies par le membre de Logivesdre, l'isolation des murs et des toitures est inexistante. Cependant, des panneaux en fibre de bois ont été appliqués sur le plancher sur cave, uniquement aux endroits qui communiquent avec les parties communes appartenant à la société de logements de service public. Un isolant en laine de roche est présent dans le plancher des combles, avec d'une épaisseur de laine de roche de 12 cm sur la coupe existante (R. Busch et A. Van De Winckel, 1982).

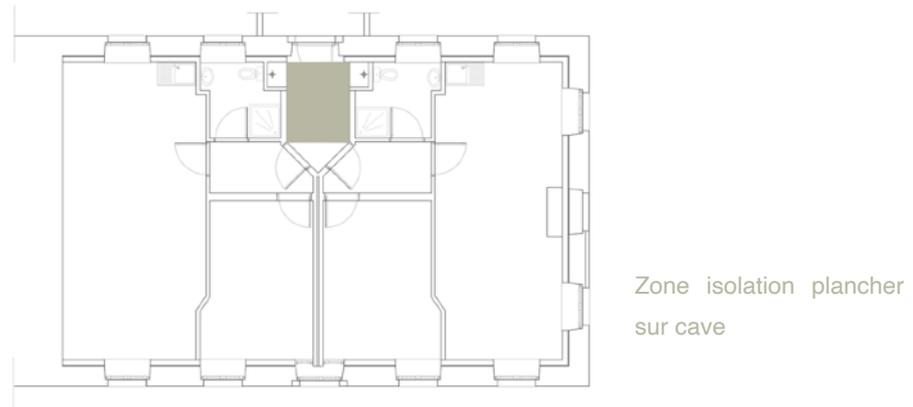


Figure 35 - Isolation du plancher sur cave. Source : Sophie Rulkin.

Surface

La surface totale du logement est d'environ 51 m² avec une **chambre** d'environ 11 m² et une **salle de douche** d'environ 3,7 m². La **pièce de vie**, comprenant le salon, salle à manger et cuisine, fait environ 26 m² (Figure 19, page 50).

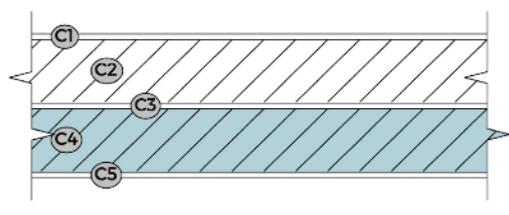
Évaluation de la performance thermique actuelle des parois

Toutes les parois des logements visités ont été modélisées à l'aide de l'outil TOTEM. Cet outil permet de modéliser chaque paroi et de fournir «la valeur U» pour le coefficient de transmission thermique U, qui caractérise la performance thermique d'une paroi. Les résultats n'atteignent pas le niveau imposé par les normes PEB de la Wallonie qui exigent un minimum de 0,24 W/m²K. Certains éléments des parois n'étant pas disponibles dans la bibliothèque du logiciel, des choix similaires ont dû être accomplis.

Mur mitoyen :

$$U = 1,72 \text{ W/m}^2\text{K}$$

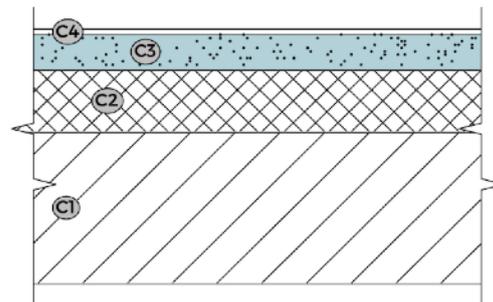
Composant(s)							
C1	Finition de plafond Revêtement	∞	Panneau Plâtre (12.5 mm) Vissé Incluant le joint de remplissage	Nouveau	≥ 30 ans	↑ 0.0125 m	R 0.05 m²
C2	Mur extérieur - porteur Partie primaire	∞	Blocs creux Béton (290x140x190 mm) Posé sur mortier de ciment	Nouveau	≥ 60 ans	↑ 0.14 m	R 0.11 m²
C3	Applications multiples lame d'air	∞	Lame d'air non-ventilée Couche d'air (2 mm) 0 < e < 5 mm	Nouveau	≥ 60 ans	↑ 0.002 m	N.A.
C4	Mur extérieur - porteur Partie primaire	∞	Blocs creux Béton (290x140x190 mm) Posé sur mortier de ciment	Nouveau	≥ 60 ans	↑ 0.14 m	R 0.11 m²
C5	Finition de plafond Revêtement	∞	Panneau Plâtre (12.5 mm) Vissé Incluant le joint de remplissage	Nouveau	≥ 30 ans	↑ 0.0125 m	R 0.05 m²
Total						0.307 m	U 1.72 W/m²K



Plancher sur cave :

$$U = 0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$$

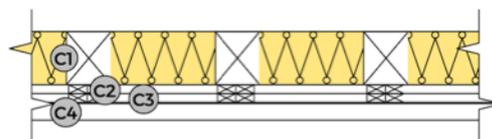
Composant(s)							
	Finition de sol Revêtement	∞	Carreaux rigides Céramique émaillée (300x300x10 mm) Collé	Nouveau	≥ 60 ans	↑ 0.01 m	R 0.012 m²
	Finition de sol Structure portante	∞	Chape Ciment (80 mm)	Nouveau	≥ 60 ans	↑ 0.08 m	R 0.089 m²
	Plancher sur sol Dalle	∞	Coulé sur site Béton armé (140 mm)	Nouveau	≥ 60 ans	↑ 0.14 m	R 0.082 m²
	Applications multiples Partie primaire	∞	Briques pleines Terre cuite (220x110x60 mm + 110x220x60 mm) Posé sur mortier de chaux	Nouveau	≥ 60 ans	↑ 0.34 m	R 0.543 m²
Total						0.57 m	U 0.96 W/m²K



Plancher grenier :

$$U = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$$

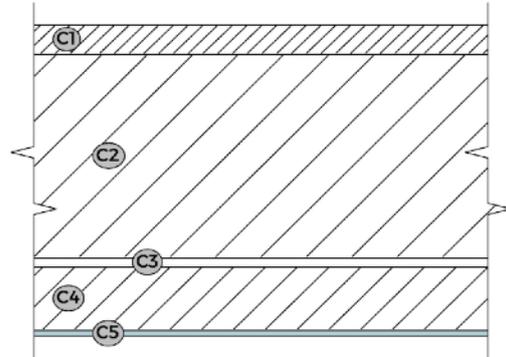
Composant(s)								
EXT	C1	Couche composée	a. 30%	Applications multiples Structure portante	R 0.036 m²K			
				Solives et arbalétriers Bois résineux (120 mm) Cloué Traité - déchets non dangereux Mix belge				
				Nouveau		≥ 60 ans	↑ 0.12 m	
	b. 70%	Applications multiples Isolation thermique	Panneau Laine de roche (120 mm)	Nouveau	≥ 60 ans	↑ 0.12 m	λ 0.036 W/mK	
	C2	Finition de plafond Structure portante	∞	Lattes Bois résineux (47x22 mm - entraxe 450 mm) Cloué Non traité Mix belge	Nouveau	≥ 30 ans	↑ 0.022 m	R 0.022 m²
	C3	Finition de plafond Structure portante	∞	Lattes Bois résineux (47x22 mm - entraxe 450 mm) Cloué Non traité Mix belge	Nouveau	≥ 30 ans	↑ 0.022 m	R 0.022 m²
INT	C4	Mur - finition intérieure Revêtement	∞	Panneau Plâtre (3x12.5 mm) Vissé Incluant le joint de remplissage	Nouveau	≥ 30 ans	↑ 0.0375 m	R 0.0375 m²
Total							0.2015 m	U 0.39 W/m²K



Façade :

$$U = 0,93 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Composant(s)			
EXT	Mur - finition extérieure Revêtement		
	🔴🔴 Briques Terre cuite (210x65x50 mm) Posé sur mortier de ciment		
	Existant	≥ 60 ans	↑ 0.065 m
			R 0.052 m²K/W
	Mur mitoyen Partie primaire		
🔴🔴 Briques pleines Terre cuite (2x 110x220x60 mm) Posé sur mortier de chaux			
Nouveau	≥ 60 ans	↑ 0.45 m	
		R 0.718 m²K/W	
Applications multiples lame d'air			
🔴🔴 lame d'air non-ventilée Couche d'air (20 mm) 0 < e < 5 mm			
Nouveau	≥ 60 ans	↑ 0.02 m	
		N.A.	
Mur extérieur - porteur Partie primaire			
🔴🔴 Blocs creux Béton (290x140x190 mm) Posé sur mortier de ciment			
Nouveau	≥ 60 ans	↑ 0.14 m	
		R 0.11 m²K/W	
Finition de plafond Revêtement			
🔴🔴 Enduit épais Plâtre (12 mm)			
Nouveau	40 ans	↑ 0.012 m	
		R 0.023 m²K/W	
INT	Total		0.687 m
			U 0.93



Toiture :

$$U = 7,14 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Composant(s)			
EXT	Finition de toiture Revêtement - surfaces inclinées		
	🔴🔴 Tuiles - légèrement ondulées Céramique non émaillée (304x221x38 mm) Clipsé largeur utile 195 mm		
	Nouveau	≥ 60 ans	↑ 0.038 m
			N.A.
Mur - finition extérieure Lattes à panne			
🔴🔴 Lattes Bois résineux (32x26 mm - entraxe 248 mm) Cloué Traité - déchets non dangereux Mix belge Pour tuiles en céramique			
Nouveau	≥ 60 ans	↑ 0.026 m	
			N.A.
Finition de toiture Etanchéité à l'eau			
🔴🔴 Feuille d'étanchéité Bitume (0.5 mm) Cloué Pour bardeaux de bitume			
Nouveau	15 ans	↑ 0.0005 m	
			N.A.
Mur - finition extérieure Lattes à panne			
🔴🔴 Lattes Bois résineux (32x26 mm - entraxe 248 mm) Cloué Traité - déchets non dangereux Mix belge Pour tuiles en céramique			
Nouveau	≥ 60 ans	↑ 0.026 m	
			N.A.
Finition de plafond Revêtement			
🔴🔴 Planches Bois résineux (13 mm) Cloué Non traité Mix belge			
Nouveau	30 ans	↑ 0.013 m	
			N.A.
INT	Total		0.1035 m
			U 7.14 W/m²K

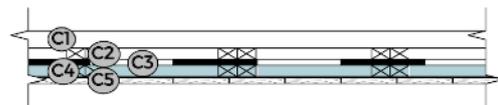


Figure 36 - Résultats de l'outil Totem, pour les parois actuelles. Source : www.totem-building.be

Évaluation de la performance énergétique du bâtiment actuelle par l'outil Quickscan

C'est l'outil Quickscan de la Région wallonne qui a été utilisé pour évaluer la performance énergétique des logements de la cité actuelle. Celui-ci permet de connaître le score PEB du logement actuel et propose des scénarios de travaux pour atteindre le label A. Il convient de noter que le logiciel propose certains types de maison et le choix s'est porté sur ce qui se rapprochait le plus de la maison ouvrière.

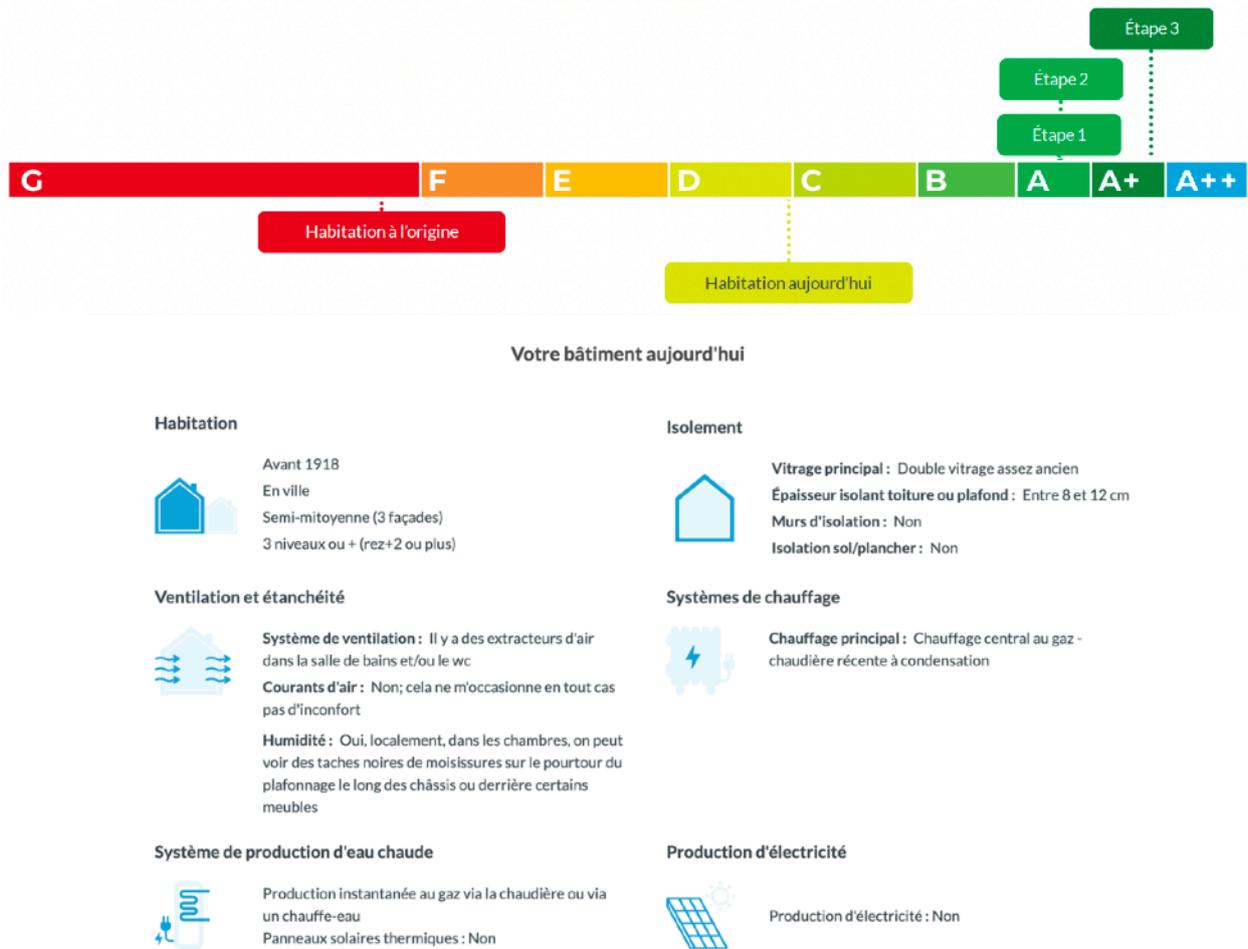


Figure 37 - Résultat au Quickscan, pour les logements actuels. Source : www.monquickscan.be

Le résultat obtenu pour ce bâtiment est un PEB de classe D, à limite du C.

À la lumière de ces réponses, le bâtiment présente des faiblesses. On observe de l'humidité localisée dans les chambres, ainsi que de la condensation sur les murs autour de la fenêtre. Il a été encodé que des salissures sont présentes localement dans les chambres. Concernant les courants d'air, il a été enregistré dans l'application qu'ils n'occasionnent pas d'inconfort. De plus, les fenêtres à double vitrage sont assez anciennes. L'isolation est présente, mais de manière modeste, comme dans le plafond des

combles. Par ailleurs, le système de ventilation est incomplet et le système de chauffage a été récemment remplacé à la suite des dégâts laissés par les inondations de juillet 2021. Ces résultats sont obtenus grâce aux données collectées sur la cité. Des solutions sont proposées pour améliorer le bâtiment afin d'atteindre le label A. Cette amélioration est proposée en trois étapes.



Figure 38 - Trois étapes au Quicksan pour la cité actuelle. Source : www.monquicksan.be

La première étape se concentre sur l'amélioration de l'enveloppe du bâtiment. Tout d'abord, il est recommandé d'augmenter l'isolation du plancher de la toiture de 8 à 13 centimètres, actuellement composé de 12 centimètres de laine de roche. Pour atteindre le label A, la valeur U doit être inférieure ou égale à 0,24 W/m²K, ce qui dépend du type d'isolant et de son épaisseur. Concernant les murs, l'installation d'un isolant de 10 à 20 centimètres d'épaisseur est suggérée, avec une option pour l'isolation par l'extérieur. Il est également recommandé d'isoler le plancher de la cave par le dessous.

Pour le pare-vapeur, il faut veiller à le placer correctement devant les isolants pour éviter les fuites d'air.

Ensuite, il est suggéré de remplacer les châssis et les vitrages par des modèles plus performants. Une attention particulière doit être apportée aux raccords des châssis lors de leur remplacement pour garantir l'étanchéité à l'air. Au sujet de la ventilation, l'installation d'un système complet de ventilation dans les logements est recommandée.

Scénario de travaux pour atteindre le label A

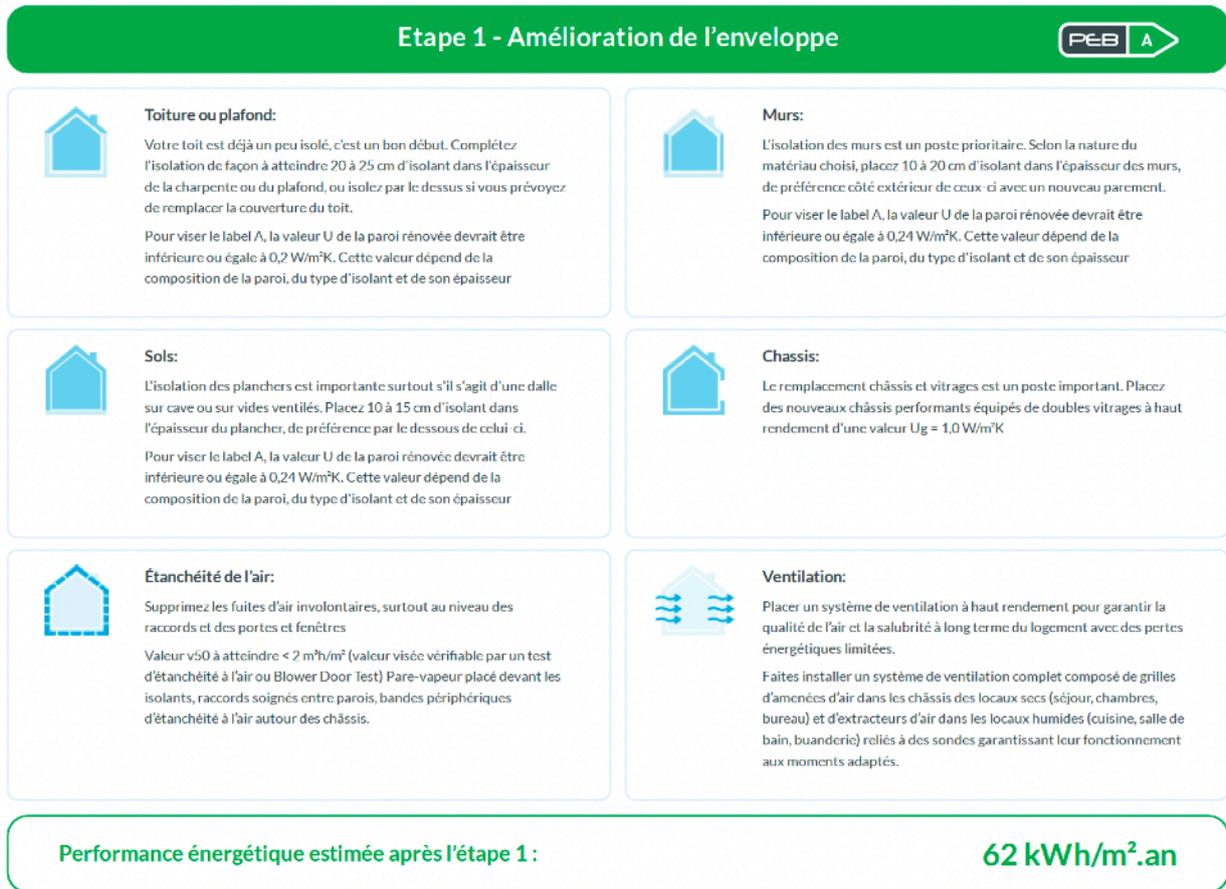


Figure 39 - Première étape au Quicksan pour la cité actuelle. Source : www.monquicksan.be

La deuxième étape indique que les systèmes techniques actuels peuvent être conservés s'ils sont performants pour atteindre le label A.

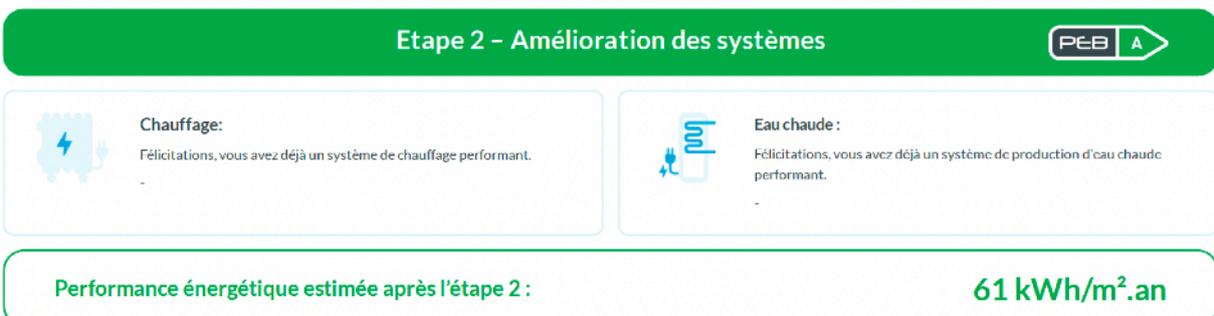


Figure 40 - Deuxième étape au Quicksan pour la cité actuelle. Source : www.monquicksan.be

La troisième étape traite les énergies renouvelables pour combler les besoins en électricité, ce qui permet ainsi d'augmenter la performance énergétique de l'immeuble.



Figure 41 - Troisième étape au Quickscan pour la cité actuelle. Source : www.monquickscan.be

III. Inventaire des solutions de réhabilitation énergétique applicables à l'habitat étudié

Par rapport aux données recueillies grâce aux Bâtiments exemplaires BATEX (Service public de Wallonie (SPW), 2012) et l'HIBERatlas (HIBERatlas, n.d.), elles ont été utilisées pour récolter des informations sur les solutions de réhabilitation énergétique. Il a été nécessaire de classer ces informations afin de clarifier les résultats obtenus. Des fiches d'information ont été réalisées (Annexe 1, Page 128-135), s'inspirant des fiches-analyse de projets pour l'inventaire par Marie Dandois (Dandois, 2023). Les bâtiments exemplaires sont sélectionnés en fonction de leurs similitudes constructives, de leur période de construction ou des types de matériaux qui les composent. Grâce à toutes les informations récoltées, il existe parfois plusieurs exemples de possibilités d'intervention énergétique sur le bâtiment étudié, tant sur les parties de l'enveloppe que pour la ventilation et les énergies renouvelables. De plus, des solutions qui impliquent peu d'isolation ont également été envisagées pour compléter d'autres alternatives visant à améliorer le confort des usagers.

Les solutions envisagées pour l'enveloppe visent à s'adapter à l'ensemble de la cité. Dans un souci de couvrir de manière exhaustive les différentes méthodes pour traiter l'ensemble de l'enveloppe, le cours de Sciences et technique 3 : Approche performancielle des constructions existantes (Trachte, 2023), complète toutes les possibilités liées à l'isolation de l'enveloppe. Cependant, les solutions techniques ne sont appliquées qu'aux logements visités et exploités précédemment. Il existe une lacune dans le développement spatial des logements situés aux étages supérieurs. Dans un souci de proposer des solutions applicables, seuls les logements situés plus haut ne sont pas pris en considération.

La prescription des matériaux implique d'avoir la possibilité de choisir. Il est privilégié d'utiliser autant que possible des matériaux respectueux de l'environnement pour les techniques d'amélioration énergétique qui seront abordées dans la prochaine étape du travail.

Plancher sur cave

La cave de la cité ouvrière des Grandes Rames est caractérisée par des voûtes en briques maçonnées, typiques de cet espace. La partie supérieure des voûtes est souvent recouverte par une chape d'égalisation en mortier de chaux et sable puis d'un revêtement de finition. Ce système est similaire à celui du projet de la Maison du fermier où, en

l'absence de structures de plancher utilisables, une dalle en béton armé a été réalisée afin de préserver la voûte de la cave. Ce plancher sur cave est isolé par une chape isolée de six centimètres d'épaisseur, ainsi qu'une isolation en mousse de verre de 25 centimètres d'épaisseur.

Plancher en système à voûte en briques

- Isolation par le dessus de la voûte : cette méthode consiste à utiliser une couche de granules isolantes, une isolation rigide et un revêtement dur sur chape sèche. Il est nécessaire d'enlever le revêtement existant ainsi que la couche d'égalisation, puis de remplacer la couche d'égalisation par une couche de granules isolantes ainsi que des panneaux rigides isolants. Enfin, un panneau de chape sèche est installé, suivi de la pose d'un revêtement.

Le choix des matériaux pour les granules isolantes inclut des isolants organiques (perlite en granules, vermiculure en granules), et des isolants biosourcés (granules de cellulose pour planchers, granules de liège). Les panneaux rigides d'isolation peuvent être des isolants organiques synthétiques (panneaux de PUR), les isolants minéraux (panneaux de laine de roche) ou des isolants biosourcés (panneaux de fibre de bois ou panneaux de liège) (Projet P-Renewal, n.d.).

Afin de ne pas modifier le niveau actuel du rez-de-chaussée de la cité tout en optimisant au maximum l'isolation du plancher sur cave, le choix se portera sur la dernière option d'isolation. En remplaçant la couche d'égalisation par des granules isolants et en appliquant des panneaux rigides, on offre une solution d'isolation optimisée par rapport à l'exemple de la Maison du Fermier. Cela permet de conserver la spatialité et la valeur patrimoniales des espaces de la cave, qui sont les seuls éléments structurels préservés par les plateaux lors de la réhabilitation de 1994.

Plancher sous combles

L'isolation du plancher des combles peut améliorer l'enveloppe thermique du volume existant. Le plancher sous comble de la cité est supposé en gîtage bois.

Plancher en gîtage bois

Ce système de plancher permet d'isoler de différentes manières, selon que les combles sont utilisés ou non.

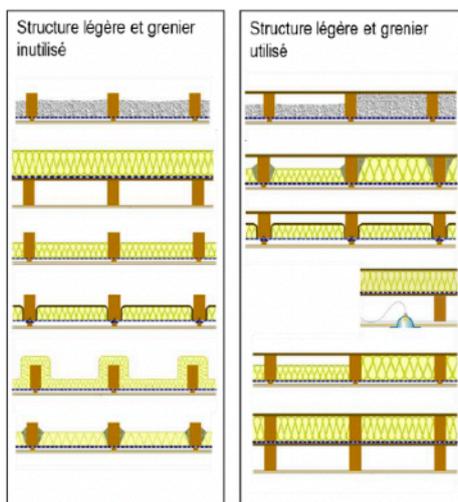


Figure 42 - Dessin de style d'intervention de structure légère. Source : Trachte Sophie.

- Isolation entre gites : deux options sont possibles, soit l'isolation est installée par le dessus, soit par le dessous, en fonction de la finition du plafond qui est prévue. Dans le premier cas, l'isolation est posée par le haut sans pare-vapeur. Dans le second cas, elle est installée du côté inférieur avec l'ajout d'un pare vapeur.

Le choix de matériaux peut être des matelas souples comme les laines minérales (laine de roche, laine de verre), laines biosourcées (fibres de chanvre de lin, de bois, etc), ou des laine recyclées (fibre de coton, de cellulose).

- Isolation sur l'air de foulée existante : le choix de l'isolant dicte la méthode de mise en œuvre. Si un isolant rigide et incompressible est sélectionné, il est posé directement sur l'air de foulée. En revanche, un isolant souple ou en vrac nécessite l'installation d'une structure intermédiaire en bois avec une membrane pare-vapeur sur l'air de foulée existante.

Le choix de matériaux pour les panneaux rigides : la laine de bois, le liège expansé, les isolants synthétiques, etc.

Dans le projet de réhabilitation du monastère, la préservation de la charpente était primordiale. Par conséquent, le choix a été fait d'isoler le plancher sous les combles tout en maintenant la charpente entièrement visible. L'isolation de ce plancher est réalisée en utilisant une combinaison de matériaux tels que le coco, le chanvre, la fibre de bois et même le remplissage de cellulose.

Plancher massif

Bien que ce soit une option envisageable, le projet n'inclut pas de plancher massif pour le plancher sous les combles.

Murs extérieurs

La composition des murs de façade a évolué au fil des époques, comme en témoignent les observations et la documentation sur la cité. On suppose que les murs extérieurs de la cité ouvrière sont des murs pleins en briques, généralement composés de matériaux traditionnels tels que la brique et la pierre. Cela inclut les encadrements de fenêtres en pierre calcaire (Evrard et al., 2011).

Dans le projet exemplaire de l'usine à tricots, les murs extérieurs répondent aux exigences énergétiques. Par conséquent, aucune isolation supplémentaire n'a été ajoutée aux murs existants. Pour des raisons économiques, l'isolation est divisée en plusieurs étapes afin d'atteindre une efficacité énergétique optimale. Cela peut impliquer trois choix différents concernant la mise en œuvre de l'isolation, décrits ci-dessous.

Isolation par l'extérieur

- Enduit isolant : cette méthode est utilisée pour les bâtiments classés, mais son efficacité en termes d'isolation est limitée. Le processus implique le décapage et le nettoyage du mur de façade, suivi de l'application d'une couche accrocheuse, de l'enduit isolant et enfin d'un enduit de finition.

Le choix de matériaux : peut être des enduits de chaux-chanvre soit bloc ou encore un enduit chaux-chanvre, chaux-liège, d'aérogel de silices, ou de polystyrène expansé.

- Enduit sur isolant rigide - système ETICS : bien que cette technique offre une rapidité et qu'elle soit peu coûteuse, sa durabilité est limitée à environ 25 ans. Une exécution minutieuse est nécessaire pour éviter les infiltrations d'eau, et une plinthe d'environ 30 centimètres doit être installée à la base de la façade.

Le choix de matériaux : comprend des panneaux rigides résistants à l'humidité et aux chocs, tels que les isolants minéraux (laines minérales, blocs silico-calcaire), les isolants biosourcés (laine de bois HD, liège), ou les isolants pétrochimiques (EPS, PUR, etc).

- Bardage sur ossature avec isolant entre structure : cette méthode implique la mise en place d'une ossature par fixations mécaniques, l'isolant étant inséré entre les éléments structurels par friction. Un pare-pluie est nécessaire, ainsi qu'une grille sous l'isolant pour protéger contre les rongeurs.

Le choix de matériaux : peut être des matelas souples parmi des laines minérales (laine de roche, laine de verre), des laines biosourcées (fibres de chanvre de lin, de bois ...) ou recyclées (fibres de coton, de cellulose), ou des panneaux semi-rigides.

- Vêtage sur isolant rigide : cette technique consiste à fixer mécaniquement un lattage à travers un isolant rigide, qui est collé et supporte un bardage ou un vêtage.

Le choix de matériaux : est similaires à celui du système ETICS, avec des panneaux rigides résistants à l'humidité et aux chocs.

Certains projets privilégient un système composite d'isolation de seize centimètres d'épaisseur, recouvert d'un parement d'enduit de mortier et de colle. Pour la finition intérieure, un mortier de plâtre à base de gypse et d'anhydrite de chaux est appliqué pour laisser les pierres apparentes. Dans le cas de bâtiments à valeur patrimoniale, l'application d'un système à base d'aérogel sur la façade est envisagée.

Le positionnement de ce choix d'isolation par l'extérieur sur la valeur patrimoniale aura un impact direct sur le volume et l'aspect de la façade de la cité des Grandes Rames.

L'isolation par l'intérieur

L'isolation par l'intérieur est souvent choisie pour des réhabilitations énergétiques afin de préserver l'aspect des parements extérieurs ou pour des raisons urbanistiques. Cependant, cette méthode peut compromettre les propriétés hygrothermiques et mécaniques des parois (Evrard et al., 2011).

L'isolation par l'intérieur peut être partielle (sous allège) ou complète, avec ou sans découpe dans le plancher.

- Enduit isolant chaux-chanvre : cette méthode consiste à appliquer un enduit à la chaux à l'extérieur, suivi d'un enduit chaux-chanvre à l'intérieur sur la maçonnerie existante, avec une finition à la chaux. Ce procédé peut être réalisé par la mise en œuvre d'un branchage similaire au coffrage à partir de dix centimètres d'épaisseur, ou à la main ou par projection mécanique pour une épaisseur de trois à six centimètres. La finition est réalisée avec un enduit de chaux-chanvre.
- Blocs isolants collés et enduit : les blocs sont installés sur une bande de désolidarisation, puis un enduit de finition en chaux ou en plâtre est appliqué.

Le choix de matériaux est celui des blocs : ils peuvent être du chaux-chanvre ou du calcium-silicate.

- Isolant entre structure : cette méthode nécessite la mise en place obligatoire d'un pare-vapeur. Une cloison technique peut également être réalisée. Sur le mur de maçonnerie existante, une isolation est placée entre des éléments de structure, suivie d'une membrane pare-vapeur, d'un panneau OSB, puis d'une plaque de carton-plâtre ou fibroplâtre.

Le choix de matériaux isolants : ceux-ci peuvent être des panneaux semi-rigides, en matelas ou en vrac, tels que des isolants biosourcés en matelas de fibres de bois, de chanvre, d'herbes, de paille, de cellulose ou des panneaux de liège, isolants organiques synthétiques en panneaux de PUR, EPS et EPS graphité, des isolants minéraux en matelas (laine de roche, laine de verre), et des laines recyclées (laine de coton recyclé, cellulose).

- Isolant rigide collé et une finition : cette méthode n'oblige pas l'application d'un pare-vapeur, car l'isolant peut déjà inclure un pare-vapeur où la finition est directement collée avec l'isolant. Le processus implique l'application de l'isolant rigide sur la maçonnerie existante, puis la fixation d'une plaque de carton-plâtre ou fibroplâtre.

Le choix de matériaux : peut être des isolants synthétiques, l'isolation minérale (la laine de roche haute densité) ou les isolants biosourcés (les panneaux de liège, fibres de bois).

Dans les fiches informations, une option consiste à doubler le mur avec une ossature en bois et à placer l'isolation entre cette ossature, par exemple de la cellulose, et une finition en panneaux de carton-plâtre. Une variante utilise de la cellulose soufflée et des panneaux de fibres de bois comme pare-vapeur, avec une finition en panneaux de fibres de gypse de bois fixés avec des vis et un papier japonais.

Pour conserver l'apparence des murs existants, notamment ceux comportant des peintures et des fresques, une isolation transparente peut être réalisée avec un vitrage intérieur pour des économies d'énergie. Cependant, il est nécessaire de chauffer l'air entre le vitrage et le mur pour éviter l'humidité. Aussi, les murs intérieurs peuvent être recouverts de laine de roche et d'aéro gel, avec une finition de panneaux de gypse.

L'isolation par remplissage de la lame d'air

Les divers systèmes d'isolation peuvent également être combinés lorsque cela est possible.

Enfin, dans le cas de la cité étudiée, la façade est le seul élément qui nous parvient jusqu'à nos jours, puisque les systèmes constructifs intérieurs et l'organisation spatiales ont été perdus lors de la réhabilitation de 1994. Les façades et le volume construit restent les seuls éléments qui portent encore des spécificités patrimoniales. Si les choix se portent pour une isolation par l'extérieur, les façades et le volume seront modifiés, ce qui aura une répercussion directe sur la valeur patrimoniale.

Étanchéité

L'amélioration de l'étanchéité à l'eau et à l'air des châssis

Une attention particulière est portée à la longueur des pattes de fixation lors de l'installation, en tenant compte de l'épaisseur de l'isolation ajoutée. Il est nécessaire de compenser l'épaisseur de l'isolant pour fixer correctement le cadre de la fenêtre. Pour assurer l'étanchéité à l'air, un ruban d'étanchéité est placé pour relier le mur et l'isolation intérieure.

Châssis et vitrage

Le remplacement des châssis

Parfois, les châssis existants ne contribuent pas à l'esthétique de la façade et sont remplacés par des modèles plus performants. Cependant, le style des anciens châssis est conservé pour maintenir une cohérence visuelle. Par exemple, dans le projet de la Halle Rebattet, les cadres en acier ont été remplacés par des cadres en aluminium.

Le remplacement du vitrage

Lorsque le cadre de la fenêtre est en bon état ou qu'il doit être conservé pour des raisons patrimoniales, mais que le vitrage ne répond pas aux exigences énergétiques, il est possible de le remplacer par un verre à isolation thermique. Cela s'applique aussi bien aux cadres métalliques qu'en bois.

Le doublage du châssis existant

Cette technique est utilisée lorsque les châssis doivent être conservés pour un intérêt scientifique ou lorsque les façades sont protégées. Le doublage des châssis permet d'améliorer les performances énergétiques du bâtiment tout en préservant son aspect extérieur. Dans certains projets, les châssis endommagés sont remplacés par des modèles similaires pour maintenir l'harmonie de la façade.

Le survitrage

Dans certains cas (Annexe 1, Page 128-135), les menuiseries et le vitrage existants sont conservés mais complétés par un vitrage à isolation thermique pour améliorer leurs performances. Cette solution permet de garder l'aspect originel tout en le rendant plus performant.

Protection solaire

Les vitrages exposés à un ensoleillement intense peuvent être équipés de protections solaires, contrôlées par des capteurs de lumière et de température installés sur le toit. Des solutions telles que les brise-soleil orientables et les vitrages à contrôle solaire sont également envisageables, comme le montre les fiches d'informations, de la page 128 à 135.

De plus, dans l'analyse de la cité étudiée, l'ombrage par la végétation est une option qui mérite d'être considérée pour améliorer la protection solaire. Pour apporter une protection solaire il faut qu'un ombrage sur le vitrage soit appliqué.

L'isolation des embrasures de fenêtres

L'application d'un enduit thermo-isolant permet de résoudre les problèmes d'isolation au niveau des raccords de maçonnerie autour des fenêtres, comme le montre les fiches d'informations, de la page 128 à 135.

Il faut savoir que les châssis originels de la cité ont été remplacés par des châssis en bois peints en blanc. L'intérêt du doublage du châssis ne nous concerne donc pas, puisque le caractère architectural des façades est déjà perdu.

Ponts thermiques

Les ponts thermiques se forment là où des pertes de chaleur sont localisées dans les jonctions constructives, que ce soit aux intersections de parois, au niveau des ouvertures, ou en raison d'irrégularités dans la paroi. Ils peuvent être linéaires, se produisant aux jonctions des éléments ou ponctuels, survenant lorsque des parois isolées sont interrompues par des éléments à forte conductivité thermique. Cela peut entraîner la condensation et la formation de moisissures. La limitation ou l'élimination des ponts thermiques doit être intégrée dès la conception et elle requiert une attention particulière lors de la construction (Evrard et al., 2011).

Pour éviter les ponts thermiques lors d'une isolation par l'intérieur, il est crucial de soigner les détails constructifs afin de garantir une continuité de l'isolation (Evrard et al., 2011).

Pour l'isolation intérieure près du mur de refend, un pont thermique se forme. Deux solutions sont envisageables. La première consiste à réaliser un retour d'isolation de 50 à 60 centimètres, une méthode facile à la mise en œuvre mais qui réduit la surface habitable. La seconde solution est de couper entre le mur de refend et le mur extérieur pour continuer l'isolation, mais cette option nécessite une attention particulière à la stabilité du bâtiment (Evrard et al., 2011).

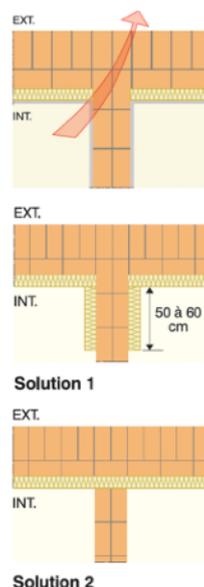


Figure 43 - Dessin de pistes de solutions pour le mur de refend. Source : Evrard et al.

Dans certains bâtiments exemplaires, les panneaux de laine de bois permettent de créer des ruptures dans les zones sujettes aux ponts thermiques. Par exemple, lors de l'isolation par l'intérieur, des ponts thermiques peuvent se former entre les planchers en contact

direct avec les façades. Au CPAS de Forest, une découpe a été réalisée le long de la façade au niveau des dalles pour assurer une continuité de l'isolation. Une alternative est l'utilisation de châssis en aluminium laqués à rupture de pont thermique qui contribue également à réduire ces ponts thermiques.

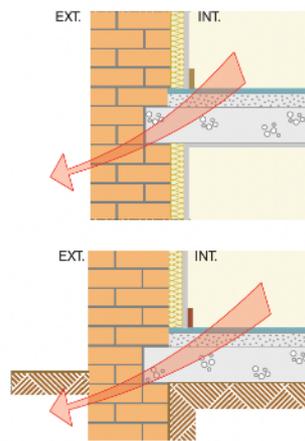


Figure 44 - Exemples de ponts thermiques de la dalle par l'isolation par l'intérieur. Source : Evrard et al.

Toiture à versants

Certaines charpentes sont conservées pour leur qualité authentique, leur protection ou leur capacité structurelle encore présente. Cependant, dans le cas de l'étude, les combles ne semblent pas avoir de fonction particulière et nous disposons de peu d'informations à leur sujet. Par conséquent, cette partie sera moins détaillée car il semble moins pertinent de s'y attarder.

L'isolation par-dessus la structure existante

Ce choix rend plus difficile la mise en oeuvre d'un pare-vapeur en raison de la présence de chevrons. Cela commence par l'enlèvement de la couverture et du voligeage, la mise en place d'un pare-vapeur entre chevrons, l'application de l'isolant souple entre les chevrons complétée éventuellement par un isolant rigide sur les chevrons. Ensuite, une membrane ou un panneau de sous-toiture est disposé, suivi du nouveau voligeage et de la couverture.

Le choix de matériaux : comprend des panneaux semi-rigides comme la laine minérale (laine de roche, laine de verre), des laines biosourcées (fibres de bois, de chanvre, de lin, etc.), des laines recyclées (fibres de coton, de cellulose, etc.) ou/et des panneaux rigides comme de la laine de roche, la laine bois et le liège.

- L'isolation par-dessus la charpente par le système SARKING : cette solution se sert d'isolants rigides, incompressibles et souvent synthétiques ou des panneaux sandwich. La couverture existante et le voligeante sont enlevés, puis un panneau de fibre de bois rigide est posé, suivi du pare-vapeur, des panneaux d'isolation rigides, et enfin d'une sous-toiture souple ou rigide. Des lattes et contre-lattes sont ensuite employées, suivies de la nouvelle couverture.

Le choix de matériaux : inclut des panneaux rigides isolants synthétiques (PUR,PIR,XPS) ou minéraux comme la laine de roche haute densité, et le liège expansé.

- Le système SARKING alternatif : cette méthode utilise des isolants souples (matelas ou vrac) pour réduire l'impact environnemental. Le processus est similaire à la méthode précédente, à l'exception d'une structure en bois qui se joint pour mettre en oeuvre l'isolant.

Le choix de matériaux : utilisés incluent les laines minérales (laine de roche, laine de verre), des laines biosourcées (fibres de bois, de chanvre, de lin, etc.) et des laines recyclées (fibres de coton, de cellulose, etc.).

Le toit végétalisé de la Maison Nid contribue à l'isolation phonique, thermique, et ce qui ralentit l'évacuation des eaux pluviales.

L'isolation entre la structure existante

L'isolation avec des matelas ou des panneaux semi-rigides est glissée entre la structure existante, suivie de la mise en place d'un pare-vapeur à l'intérieur et de la finition.

L'isolation en vrac peut également être réalisée en posant si nécessaire une sous-structure en bois ou en métal, puis un panneau rigide en fibres de bois, avec l'isolant en vrac insufflé, et enfin la pose du côté inférieur d'un pare-vapeur et d'une finition intérieure.

Le choix de matériaux : inclut les matelas souples de laine minérale (laine de roche, laine de verre), des laines biosourcées (fibres de bois, de chanvre, de lin, etc.), des laines recyclées (fibres de coton, de cellulose, etc.) ainsi que des panneaux semi-rigides et il y a aussi la laine minérale (laine de roche, laine de verre), les laines biosourcées (fibres de bois, de chanvre, de lin, etc.), des laines recyclées (fibres de coton, de cellulose, etc.). À cela s'ajoutent des isolants en vrac de laines minérales, de laine biosourcée ou recyclée (le flocon de cellulose).

L'espace entre la structure existante peut être utilisé pour ajouter de l'isolant, créant ainsi un complexe isolant en bois. Dans ce complexe, de la cellulose est ajoutée entre le pare

vapeur et un panneau de sous-couche perméable à la diffusion comme observé dans le cas de la Maison du Fermier.

L'isolation entre et sous la structure existante

Cette méthode suit les mêmes principes que l'isolation entre la structure, mais nécessite une deuxième couche d'isolation grâce à une sous-structure.

Énergies renouvelables

Si la toiture bénéficie d'une orientation favorable, des panneaux solaires sont souvent ajoutés dans ces projets exemplaires pour répondre aux besoins en électricité. Lorsque la toiture est inclinée de manière à ne pas être visible depuis la rue, le choix des panneaux solaires est d'autant plus motivé, surtout dans le cas des bâtiments à valeur patrimoniale.

Ventilation

La ventilation hygiénique est un système conçu pour garantir une qualité minimale de l'air intérieur. En effet, vivre dans un espace clos peut entraîner l'accumulation d'odeurs et d'humidité, qui peuvent être réduites par un débit d'air constant (ENERGIE PLUS, 2021).

Il existe quatre systèmes de ventilation :

- Le système A : utilise une alimentation naturelle et une évacuation naturelle.
- Le système B : utilise une alimentation mécanique et une évacuation naturelle.
- Le système C : également appelé simple flux, avec une alimentation naturelle et une évacuation mécanique.
- Le système D : aussi appelé double flux, avec une alimentation et une évacuation mécanique.

Les avantages des systèmes de ventilation C et D résident dans la possibilité de contrôler le débit d'air chauffé, de gérer les flux en fonction des besoins spécifiques tels que la détection d'humidité et la qualité de l'air. Seul le système D permet de récupérer la chaleur (Dartevelle, 2023).

Dans le cas du CPAS de Forest, les façades étaient équipées de systèmes de ventilation tels que des grilles. En préservant les façades, il devient possible de réutiliser ces anciens systèmes pour la ventilation.

Organisation spatiale

L'organisation spatiale des logements peut être pensée en fonction des apports solaires et de l'orientation des logements. Une remise en question des fonctions au sein des logements peut être croisée avec les ouvertures, et donc les apports solaires, ce qui contribue au bien-être des habitants. Le zonage consiste à placer les pièces avec une stratégie au niveau des besoins comme les pièces de vie au Sud, les pièces moins fréquentées au Nord et des espaces tampons entre ces zones. Cela permet de réduire les besoins en chauffage et en ventilation (MaisonBioNat, 2018).

Au vu de tous les choix répertoriés ainsi que des fiches d'information, l'inventaire des solutions de réhabilitation énergétique permettra de faire des choix pour le type d'isolation et la mise en œuvre à utiliser dans les scénarios qui seront développés dans la partie suivante. Ces choix privilégieront un impact environnemental plus faible. Le choix des matériaux isolants se fera dans ce sens.

IV. Les différents scénarios

La majorité des déperditions thermiques dans les habitations à trois et quatre façades se produisent au niveau des murs extérieurs. Cela justifie une priorité accordée à l'isolation des murs de l'enveloppe. En outre, l'isolation du toit et le remplacement des fenêtres par des modèles plus performants sont des pratiques courantes pour renforcer l'efficacité énergétique de l'enveloppe. Les murs représentent la plus grande surface de l'enveloppe en termes de déperdition thermique, ce qui les distingue des planchers et d'autres éléments constructifs. Pour cette raison, les scénarios choisis proposent différentes approches au niveau de la surface des murs et des planchers, considérant le potentiel significatif de l'isolation pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments (Evrard et al., 2011). Il est question de la décision de procéder à trois approches distinctes dont la troisième qui se base sur les recommandations de l'enveloppe du Quicksan. Elles seront détaillées dans la partie de ce travail consacrée à l'évaluation énergétique du bâtiment existant, de la page 56 à 62. Pour cela, nous suivrons les méthodes présentées dans les fiches d'informations et nous utiliserons les cas de bâtiments exemplaires BATEX, décrits précédemment. Les trois scénarios distincts ont été élaborés pour visualiser l'évolution du coefficient de transmission thermique (valeur U), du score PEB et évaluer le respect des valeurs en fonction de plusieurs critères.

Les trois scénarios s'appliquent au bâtiment dans son état actuel. Les propositions de réhabilitation énergétique sont conçues comme si elles pouvaient être mises en œuvre sur les logements étudiés dans leur état actuel. En revanche, le scénario d'origine est utopique, car il prend en compte des éléments perdus ou modifiés. Cependant, il permet de comprendre l'ampleur des travaux entrepris par la société de logements sociaux et de reconsidérer une possibilité perdue.

Voici la description des différents scénarios choisis pour ce travail :

Le scénario d'origine

Ce scénario d'origine sur l'état initial de l'habitat étudié, tel qu'il était lors de sa construction au 19^e siècle sera précisé dans la partie I à la page 31 à 45. Les châssis d'origine étaient en bois peint en blanc et dotés de simple vitrage, bien que certaines baies au rez-de-chaussée étaient murées. Les planchers d'origine étaient en bois. En ce qui concerne l'organisation spatiale, la cage d'escalier se situait à l'intérieur de chaque maison composant la cité, avec quatre pièces gravitant autour de celle-ci. Cette description

présente la cité telle qu'elle était avant les travaux de reconversion réalisés par la société de logements sociaux.

Premier scénario

Le premier scénario consiste à installer de nouveaux châssis et vitrages, ainsi qu'à créer une ventilation semi-mécanique.

Les façades seraient équipées de châssis en bois plus performants. Le bois est choisi pour ses propriétés isolantes supérieures, sa stabilité thermique, sa recyclabilité et sa facilité de réparation (ENERGIE PLUS, 2021). De plus, ce matériau s'harmonise avec l'expression architecturale de la façade. Les châssis seraient pivotants à axe vertical de type française, permettant une ouverture oscillo-battante. Cela offrirait une sécurité contre les effractions, un meilleur confort et un entretien plus aisé pour les habitants. En Belgique, les fortes pluies, particulièrement dues aux vents sud-ouest, peuvent poser des problèmes d'étanchéité. Ce changement permettrait d'améliorer l'étanchéité à l'eau et à l'air, en respectant la double étanchéité. L'étanchéité à l'eau, située du côté extérieur du châssis, empêche le passage de l'eau. L'étanchéité à l'air, assurée par des joints, garantit l'étanchéité du côté intérieur du châssis. Les châssis sélectionnés auraient un coefficient de transmission thermique U_f de 1,78 (bois résineux). Le vitrage choisi serait un double vitrage à faible émissivité, avec un coefficient de transmission thermique U_g de 1,48 (ENERGIE PLUS, 2021).

Le système de ventilation choisi est le système C, qui utilise une alimentation naturelle et une évacuation mécanique. Voici un schéma des transferts d'air pour les deux logements étudiés :

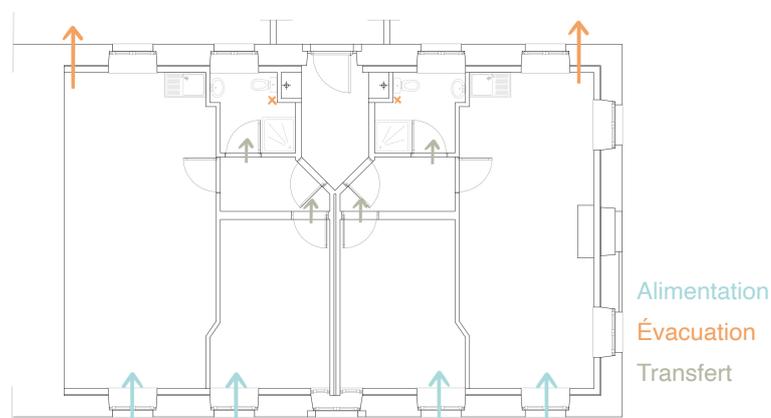


Figure 45 - Schéma ventilation premier scénario. Source : Sophie Rulkin.

Les gaines techniques pour le système de ventilation seraient implantées dans la zone technique située dans le sas d'entrée existant, permettant leur passage dans les différents niveaux du bâtiment, comme pour tous les scénarios proposés.

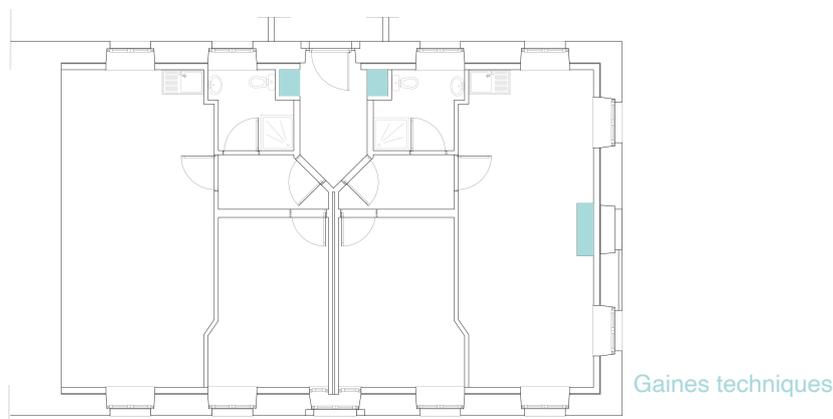


Figure 46 - Gaines techniques. Source : Sophie Rulkin.

Pour l'isolation du plancher sur cave, une méthode développée dans la partie précédente à la page 64, propose de remplacer la chape d'égalisation en mortier de chaux et de sable par des granules isolants de perlite. L'isolant organique de granules de perlite a une masse volumique de $70 / 240 \text{ kg/m}^3$ et une conductivité thermique de $0,045 / 0,060 \text{ W/m.k}$ (ASSOCIATION ARCANNE, 2021). Comme les granules sont placées en vrac, ce matériau a un potentiel de réversibilité. De plus, pour garantir une isolation homogène, des panneaux rigides d'isolant synthétique PUR de deux centimètres, seraient ajoutés entre les granules de perlite et la chape sèche. Cet isolant a une masse volumique de $20 / 50 \text{ kg/m}^3$ et une conductivité thermique de $0,024 / 0,032 \text{ W/m.k}$ (ASSOCIATION ARCANNE, 2021).

Le choix de cet isolant permet de ne pas augmenter l'épaisseur et d'éviter de devoir changer les niveaux des planchers. Comme la perlite s'insère à l'emplacement de l'ancienne chape d'égalisation, la forme des voûtes implique que l'épaisseur de l'isolation ne soit pas uniforme partout. Les panneaux rigides permettent de compenser cette inégalité due à la forme des voûtes. Ce système complet garantirait l'amélioration énergétique de l'enveloppe.

Ensuite, la finition en granito participerait au confort des occupants. Ce choix est fait pour un parement de finition qui se rapproche le plus possible de ce qui existait auparavant, assurant ainsi une cohérence de la matérialité choisie.

Ce premier scénario offre des interventions localisées sur l'enveloppe ainsi que l'ajout d'un système de ventilation pour améliorer le confort des occupants. Des problèmes locaux ont

été remarqués lors de la visite du lieu, comme précisé dans le chapitre II. *Analyse d'un logement de la cité des Grandes Rames* à la pages 48 à 62, qui mentionne les problèmes de condensation ressentis par les occupants.

La partie la plus invasive de ce scénario est l'isolation du plancher sur cave, car les travaux nécessiteront le déplacement des locataires pendant leur réalisation. Cependant, le travail est en grande partie sec, ce qui signifie un gain de temps puisqu'aucun séchage n'est nécessaire (utilisation de perlite en vrac, de panneaux rigides et de chape sèche).

Le remplacement des châssis et vitrages, par des modèles plus performants, permet de travailler sur l'étanchéité à l'eau et à l'air, tout en améliorant le confort des habitants.

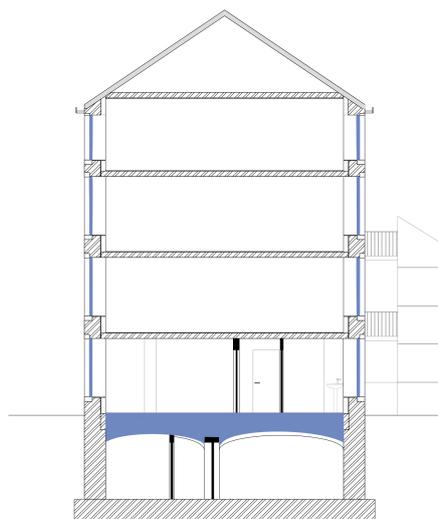


Figure 47 - Schéma des interventions premier scénario. Source : Sophie Rulkin.

Deuxième scénario

Le deuxième scénario propose une isolation par l'intérieur, en portant une attention particulière aux ponts thermiques. Cette isolation sera réalisée en doublant le mur avec une structure en bois, remplie de dix-sept centimètres de laine de mouton, inspirée de la Maison Nid, avec une finition en carton-plâtre. Ce scénario inclut également l'amélioration de l'étanchéité à l'air et à l'eau ainsi que la création d'un système de ventilation de type D, avec alimentation et évacuation mécaniques.

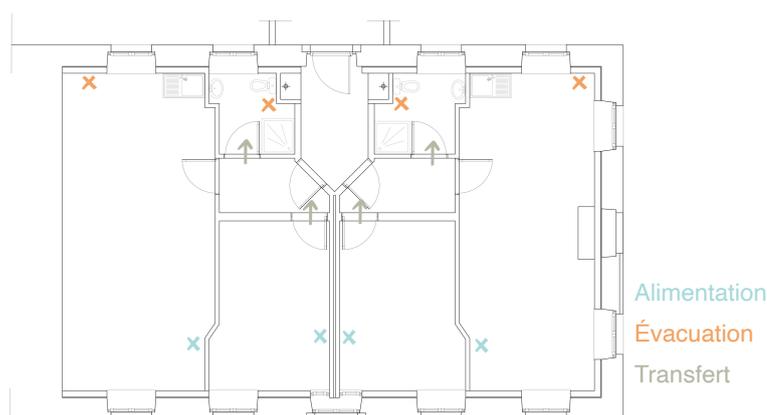


Figure 48 - Schéma ventilation deuxième scénario. Source : Sophie Rulkin.

Pour cette alternative, l'isolant choisi est la laine de mouton, en cohérence avec l'histoire industrielle de la ville de Verviers, notamment son industrie drapière directement liée à ces logements. La laine de mouton présente une masse volumique de 15 / 25 kg/m³ et une conductivité thermique de 0,035 / 0,045 W/m.k (ASSOCIATION ARCANNE, 2021). De plus, ce matériau est fixé mécaniquement, ce qui lui donne un potentiel de réversibilité. Pour apporter un produit isolant par un fabricant wallon, il existe : Woolconcept.

Lors de l'isolation par l'intérieur, il est crucial de s'assurer de la continuité de l'isolation pour éviter les ponts thermiques et les risques de condensation interne. Concernant le mur de refend, une décision devra être prise parmi les solutions détaillées dans la partie III sur les ponts thermiques aux pages 71-72 (Evrard et al., 2011). La solution la plus avantageuse consiste à découper la jonction entre le mur extérieur et le mur de refend. De même, un pont thermique risque de se former aux jonctions entre les dalles et le mur extérieur. Une solution est proposée dans la fiche information du CPAS de Forest (page 132) qui recommande une découpe entre le mur extérieur et la dalle pour prolonger la continuité de l'isolation. De plus, le scénario propose une cloison technique de cinq centimètres pour y intégrer les systèmes. D'autres points d'attention devront être pris compte, notamment la mise en place des châssis où il faudra veiller à éviter la discontinuité de l'isolation pour prévenir les ponts thermiques.

Les châssis seraient remplacés par des modèles plus performants, permettant une ouverture oscillo-battante pour faciliter la ventilation sans risque d'intrusion. Le choix serait le même que celui proposé pour le premier scénario sans les grilles d'aération. Cependant, des stores solaires extérieurs seraient installés à l'Ouest et au Sud pour apporter de l'ombrage durant les jours estivaux. Ces écrans solaires, lorsqu'ils sont repliés, ne seraient pas visibles en façade, car placés derrière le parement en briques. Ces dispositifs permettraient aux occupants de gérer eux-mêmes leur confort intérieur.

L'isolation du plancher de la cave serait effectuée de la même manière et pour les mêmes raisons que dans le premier scénario. Un complément d'isolation de douze centimètres, serait ajouté sous les combles pour améliorer la performance énergétique des logements. L'isolation serait réalisée sur l'air de foulée existant, car les combles ne sont pas utilisés, permettant ainsi d'ajouter une isolation par le dessus sans impact direct sur l'usage. Des panneaux matelas, tels que la laine de mouton, seraient utilisés, avec une isolation appliquée manuellement sur une épaisseur de douze centimètres. Une structure intermédiaire en bois pour contenir la laine de mouton ainsi qu'un pare vapeur seraient mis en place.

Le deuxième scénario offre une isolation plus complète de l'enveloppe du logement étudié, avec une isolation par l'intérieur des murs extérieurs, l'isolation du plancher de la cave et le complément d'isolation sous les combles. Ce scénario apporte des interventions locales complètes qui améliorent le confort et les besoins énergétiques du logement. Le remplacement des châssis et des vitrages ainsi que des écrans solaires permet aux usagers de personnaliser leur confort.

L'isolation partielle de l'enveloppe, comme les allèges, a été envisagée. Cependant, en l'absence d'éléments remarquables ou détails à préserver, cette option n'a pas été retenue. Enfin, la création du système de ventilation de type D contribuera à un logement sain.

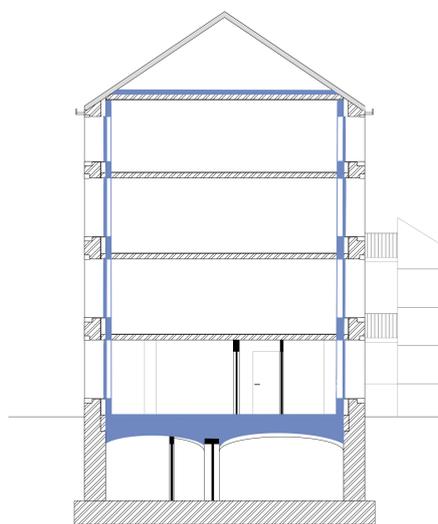


Figure 49 - Schéma des interventions deuxième scénario. Source : Sophie Rulkin.

Le troisième scénario

Le troisième scénario propose une isolation par l'extérieur des façades, une isolation du plancher sur cave, le remplacement des châssis et vitrages par des modèles plus performants, ainsi que l'installation d'un système de ventilation double flux avec alimentation et évacuation mécaniques.

Le système de ventilation est similaire à celui proposé dans le deuxième scénario. Voici le schéma de transfert d'air des deux logements du rez-de-chaussée:

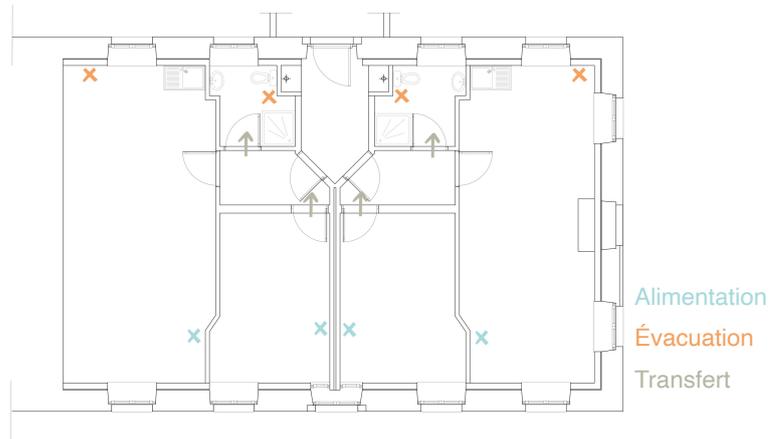


Figure 50 - Schéma de ventilation troisième scénario. Source : Sophie Rulkin.

Le parement des façades serait modifié, car l'isolation par l'extérieur implique de recouvrir la façade actuelle. Un nouveau parement serait introduit, potentiellement choisi par mimétisme à la façade actuelle. L'isolation par l'extérieur entraîne une augmentation de l'épaisseur du volume construit. Pour limiter cette augmentation, un système de céramique rectangulaire agrafé en parement serait utilisé. Cette finition serait similaire dans la forme, au parement précédent sans trop épaissir le bâtiment.

L'isolant choisi est la laine de mouton sur une épaisseur de dix-sept centimètres, comme le scénario précédent et pour les mêmes raisons. L'isolation des façades par l'extérieur serait réalisée par la technique de bardage sur ossature avec isolant entre structure, un système parmi ceux proposés dans la partie III, à la page 68. Cette technique permet de fixer mécaniquement des matériaux, offrant ainsi un potentiel de réversibilité à une partie de la façade. L'ajout d'un pare-pluie au complexe de la façade est nécessaire.

L'isolation du plancher sous comble, comme dans le deuxième scénario, compléterait l'isolation de l'enveloppe supérieure. L'isolation du plancher de la cave améliorerait la performance énergétique, justifiée par les mêmes raisons que dans les scénarios précédents. Les châssis et vitrages seraient remplacés par des modèles plus performants pour les mêmes raisons que le premier scénario mais sans les grilles de ventilation : pour garantir une parfaite étanchéité à l'air au niveau des portes et des fenêtres. Ensuite, des panneaux photovoltaïques seraient installés pour répondre aux besoins en électricité.

Le troisième scénario offre une isolation drastique par l'extérieur des façades, ce qui permet d'éviter des ponts thermiques rencontrés dans l'isolation des façades par l'intérieur. Cependant, le parement choisi pour imiter l'apparence de la façade actuelle peut être rediscuté car cela risque de masquer le geste architectural et de troubler le public. Même si le parement est restauré à l'identique, l'usure du temps ne sera pas reproduite et trouver des teintes et des matériaux identiques est une tâche compliquée.

Étant donné qu'il s'agit de logements appartenant à une société possédant plusieurs logements similaires, un parement avantageux sur le plan économique et facile d'entretien serait privilégié, même si cela signifie écarter le mimétisme.

Les mesures utilisées pour améliorer l'enveloppe énergétique de ce scénario s'appuient sur les conseils émis par le Quicksan de la partie II, aux pages 59-62. Ce scénario vise à être le plus complet en termes de mesure de l'enveloppe tout en modifiant l'aspect extérieur des bâtiments ouvriers typiques de son époque.

Ce scénario apporte des interventions locales sur l'enveloppe du plancher des combles et du plancher sur cave. Cela permet d'obtenir une enveloppe isolée complète tout en réalisant des changements ponctuels pour atteindre un logement sain et confortable.

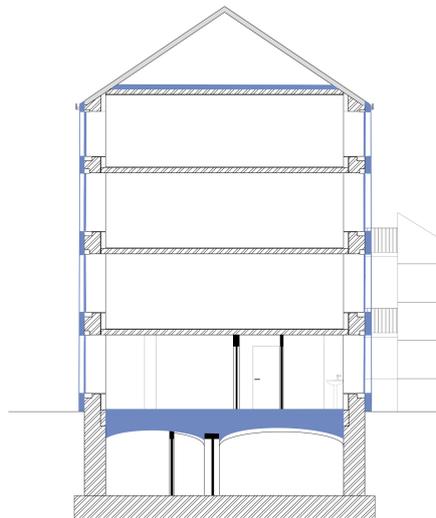


Figure 51 - Schéma des interventions troisième scénario. Source : Sophie Rulkin.

V. La valeur patrimoniale

La typologie de valeurs proposée par Morgane Bos et Dorothée Stiermon (Bos et al, 2023), présentée sous forme de rosace, offre une manière claire de visualiser les variations. Cependant, les catégories et les appellations ne sont pas argumentées, ce qui empêche de définir des critères précis pour chaque appellation. Introduire le modèle de Bos et al, où les catégories ne sont pas clairement nommées et détaillées, rend difficile l'utilisation correcte de ce système d'objectivation de l'évaluation patrimoniale. En revanche, il est indispensable de travailler sous forme de rosace, car elle permet de visualiser clairement les variations en fonctions des différents scénarios employés.

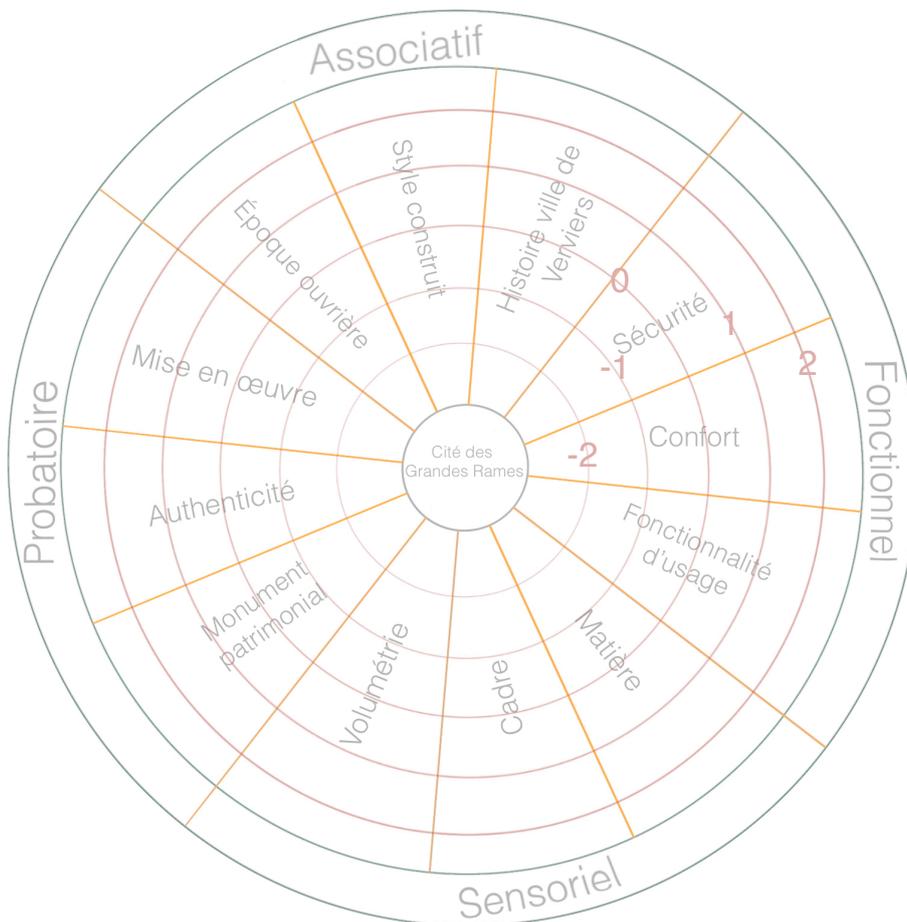


Figure 52 - Schéma explicatif de la rosace de valeurs. Source : Sophie Rulkin.

Pour évaluer la valeur patrimoniale de manière claire et objective, le modèle de Fredheim-Khalaf (Houbart, 2022), est plus complet et inclusif tout en étant réduit en catégories. D'ailleurs, cette méthode d'évaluation est la plus récente. Dans le cadre de ce travail, le modèle de la méthode de Fredheim et Khalaf qui intègre les quatre aspects de la valeur :

associatif - sensoriel - probatoire - fonctionnel, sera choisi comme le montre la figure 52, à la page 84. Les aspects associatifs révèlent la valeur liée à des éléments du patrimoine comme les lieux, les événements, le style ou les personnes. Les aspects sensoriels sont liés à la valeur qui procure du plaisir sensoriel. Les aspects probatoires concernent ce qui offre des preuves et un intérêt pour la recherche scientifique. Les aspects fonctionnels se justifient par l'usage d'un lieu, ce qui justifie la conservation du patrimoine si elle répond à une fonctionnalité d'usage (Houbart, 2022).

Ces quatre aspects de la valeur seront utilisés tout en étant combinés à la visualisation proposée par Bos et al. (Bos et al, 2023). Pour compléter cette nouvelle rosace, **des composants** seront identifiés (Figure 52, page 84) par le recensement lors des diverses lectures effectuées précédemment dans la recherche de documentation sur le cas d'étude. Ainsi, en amont de la réalisation de la rosace, les éléments porteurs de signes de la cité des Grandes Rames ont été identifiés et placés dans les aspects correspondants. Cependant, ces composants ont un caractère plus subjectif puisqu'ils ont été choisis et jugés de manière personnelle.

Pour mieux visualiser les oscillations au sein de la rosace, une variation **graduée** sera jointe. Si cela reste inchangé, le degré 0 sera maintenu; en cas d'augmentation, les degrés +1 et +2 seront utilisés; et pour une diminution, les degrés -1 et -2 seront appliqués, comme le montre la figure 52, à la page 84. Cela permettra de montrer s'il y a une diminution ou une augmentation entre les différents composants des quatre aspects. Au centre de la rosace se trouve le cas d'étude, comme dans l'étude par Morgane Bos et Dorothée Stiermon (Bos et al, 2023).

Les composants identifiés pour la rosace proviennent de plusieurs réflexions sur la cité des Grandes Rames, mettant en évidence les éléments justifiés pour diverses raisons.

Éléments porteurs de signes probatoires :

- **La mise en œuvre** : provient de la méthode utilisée pour réaliser la construction. Elle est caractérisée par son époque, car l'édification a évolué au cours du temps, ce qui constitue une caractéristique de mise en œuvre.
- **Authenticité** : se distingue par l'intégrité de l'ensemble de la cité.

- **Monument patrimonial** : le site est composé d'éléments classés comme le crucifix, les arbres et le grillage situés près d'un des pignons ouest. Le lieu participe à la composition et s'intègre avec ces éléments classés.

Éléments porteurs de signes sensoriels :

- **La volumétrie** : évoque le volume construit qui présente sa surface d'emprise au sol, sa hauteur, son calibre et son impact dans le paysage bâti. Le gabarit des éléments architectoniques, qui participe ensemble au volume construit.
- **Cadre** : représente l'ambiance du lieu au cours des saisons, l'atmosphère qui se dégage lorsque l'on est dans la cité.
- **Matière** : représente les matériaux, les textures et les couleurs qui compose l'endroit.

Éléments porteurs de signes fonctionnels :

- **Confort** : évoque le bien-être de l'utilisateur dans les espaces de vie, limite la sensation de froid, et permet d'habiter confortablement. Cela inclut également la personnalisation de l'espace, tant dans l'usage spatial que dans le confort sensoriel.
- **Sécurité** : le lieu assure la fiabilité structurelle, sanitaire et prévient l'intrusion.
- **Fonctionnalité d'usage** : le lieu répond à l'usage auquel il est destiné, en l'occurrence la fonction d'habitat individuel ou familial. Les éléments qui composent le lieu permettent un usage cohérent, facilitant la vie avec le lieu plutôt que de le subir.

Éléments porteurs de signes associatifs :

- **Époque ouvrière** : évoque le souvenir des ouvriers lors de l'époque de l'édification de la cité. Cette période a marqué la Belgique et participe à son histoire, la cité l'évoquant par elle-même.

- **Style construit** : reflète l'expression de sa construction et les choix de sa plus simple attitude. Les décisions de décoration modeste caractérisent ce type de logement et contribuent à son style construit.
- **Histoire de la ville de Verviers** : naît du souvenir historique de la ville et de son essor. Verviers a évolué et son histoire a été transformée par l'industrialisation, la cité y ayant joué un rôle important.

La rosace, fruit de toutes les réflexions décrites ci-dessus, illustre ces considérations :



Figure 53 - La rosace de valeurs. Source : Sophie Rulkin.

La situation existante de la cité des Grandes Rames, celle de la cité aujourd'hui :

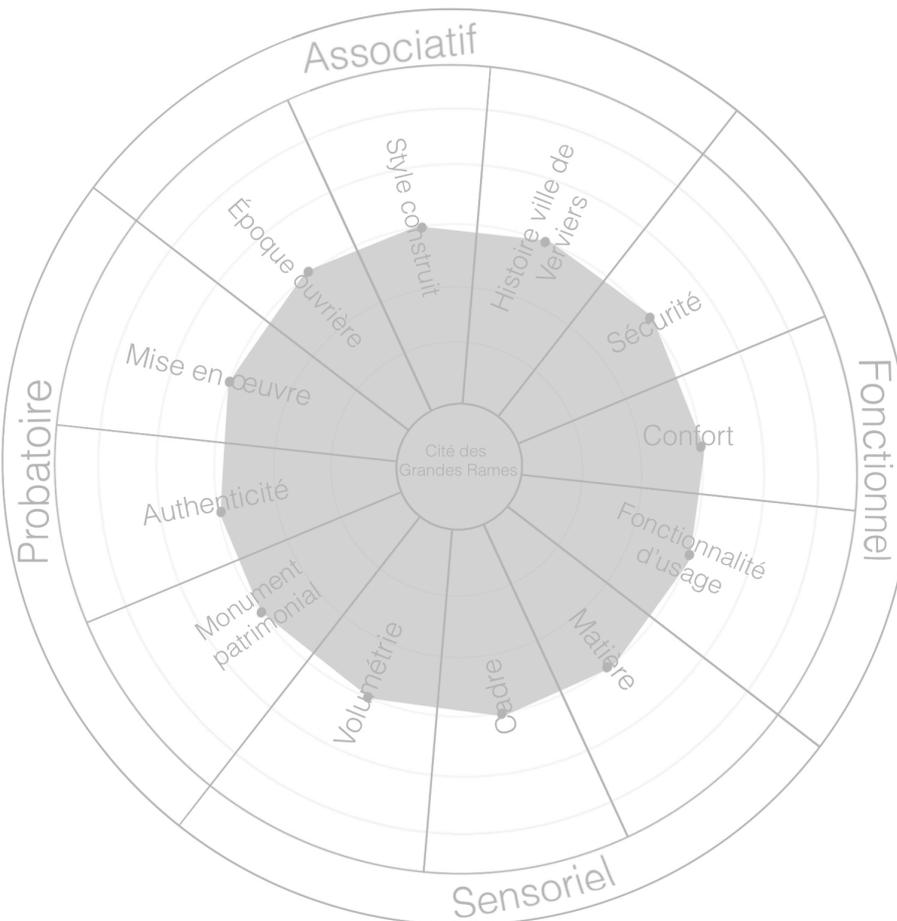


Figure 54 - La rosace situation existante. Source : Sophie Rulkin.

La rosace de la situation existante montre que le degré est inchangé car il reste à la graduation 0. C'est à partir de cette rosace, qui décrit la situation actuelle, que l'évolution sera visualisée. En effet, pour situer les variations graduées il faut pouvoir observer les oscillations.

La rosace montre que les graduations restent inchangées. Les trois scénarios évoqués précédemment s'orientent en fonction de l'évolution qu'ils peuvent apporter à la situation existante. La rosace de la situation existante permet de comprendre les variations qui surviendront dans les scénarios suivants.

Le scénario d'origine est confronté à la rosace :

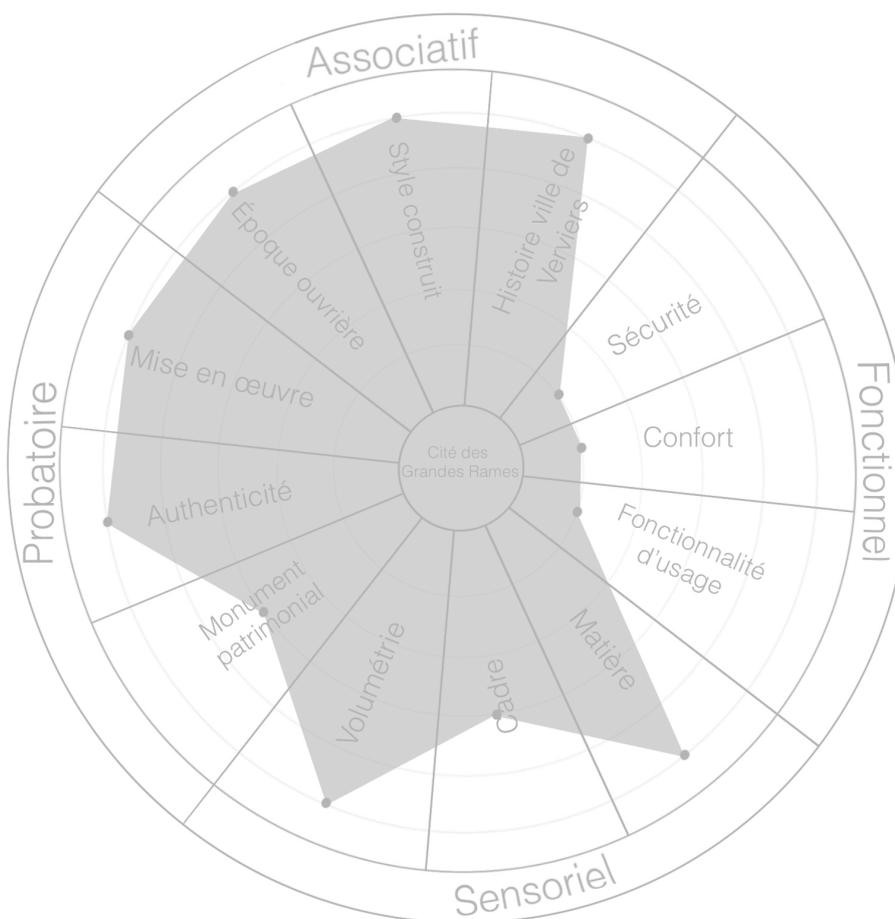


Figure 55 - La rosace scénario d'origine. Source : Sophie Rulkin.

Cette rosace témoigne que les composants de l'aspect fonctionnel sont au plus bas. Ce qui indique que la valeur de confort, de sécurité et de fonctionnalité d'usage n'est pas remplie. Le bâtiment ne répond pas à sa fonction, car il ne satisfait ni les critères de confort, de sécurité, ni ceux de la fonctionnalité d'usage.

En revanche, le composant de monument patrimonial reste inchangé puisque les éléments classés dans les abords du site n'ont pas subi de modification. L'attrait de preuve scientifique, associé aux aspects probatoires, montre une augmentation des composants d'authenticité et de mise en oeuvre. Cela reflète l'intérêt pour la recherche, car le lieu illustre encore la construction typique de l'époque ainsi que l'occupation ouvrière des lieux. Ces éléments peuvent servir de base à une étude.

Ce scénario d'origine permet de marquer l'époque ouvrière, car le bâtiment est resté tel qu'il était durant l'occupation des ouvriers dans la ville industrielle de Verviers. L'aspect de la valeur associative a également augmenté, car ses composants sont complètement représentés dans cette rosace.

Le premier scénario est confronté à la rosace :

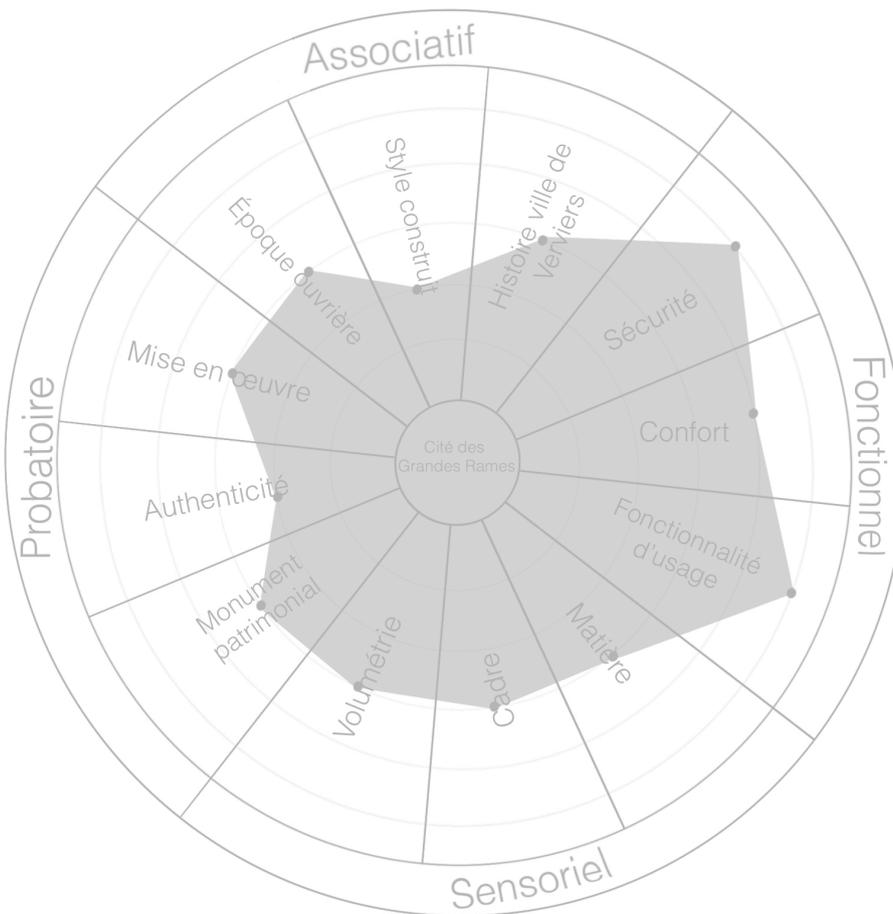


Figure 56 - La rosace du premier scénario. Source : Sophie Rulkin.

Le premier scénario propose le remplacement des châssis et l'installation de grilles d'aération intégrées, ce qui risque de nuire à l'authenticité et au style architectural originel du bâtiment. Toutefois, cette modification satisfait aux aspects fonctionnels, puisqu'elle contribue à l'amélioration de la fonctionnalité du bâtiment. Une grande majorité des éléments représentés dans la rosace reste inchangée, puisque ce scénario ne modifie pas les éléments qui entraîneraient des changements notables dans la rosace. Dans ce scénario, la sensation de paroi froide qui affecte le confort, n'est pas neutralisée, ce qui ne permet pas d'atteindre un confort optimal.

Le deuxième scénario est confronté à la rosace :

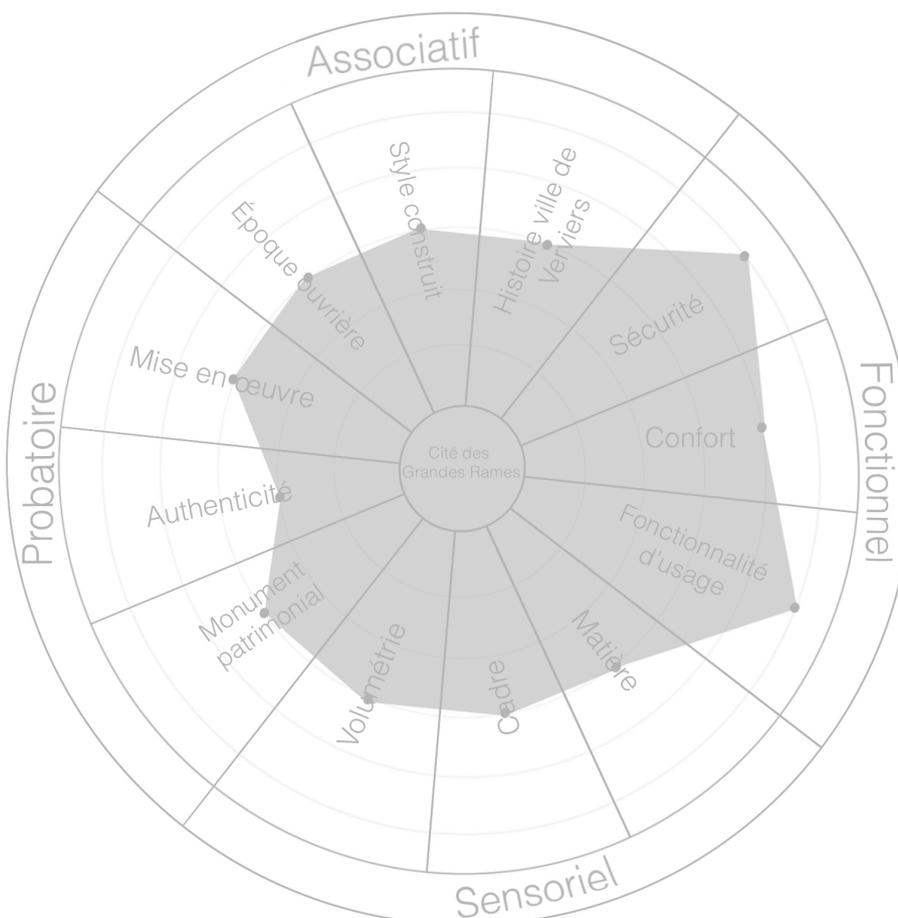


Figure 57 - La rosace du deuxième scénario. Source : Sophie Rulkin.

Dans le deuxième scénario, le bâtiment répond aux exigences de sécurité et de fonctionnalité d'usage. Cependant, le choix d'installer l'isolation des murs de l'enveloppe par l'intérieur entraîne une perte d'espace dans les logements, notamment dans certaines pièces peu spacieuses comme la salle de douche et la chambre, cela a un impact sur le confort. Les aspects sensoriels restent inchangés, car les émotions procurées par l'intérieur du bâtiment avaient déjà été altérées lors de la réhabilitation effectuée par la société de logement social. Ainsi, seuls les aspects sensoriels extérieurs subsistent. Ce scénario se concentre principalement sur une réhabilitation énergétique par l'intérieur, ce qui ne modifie pas cet aspect.

Le troisième scénario est confronté à la rosace :

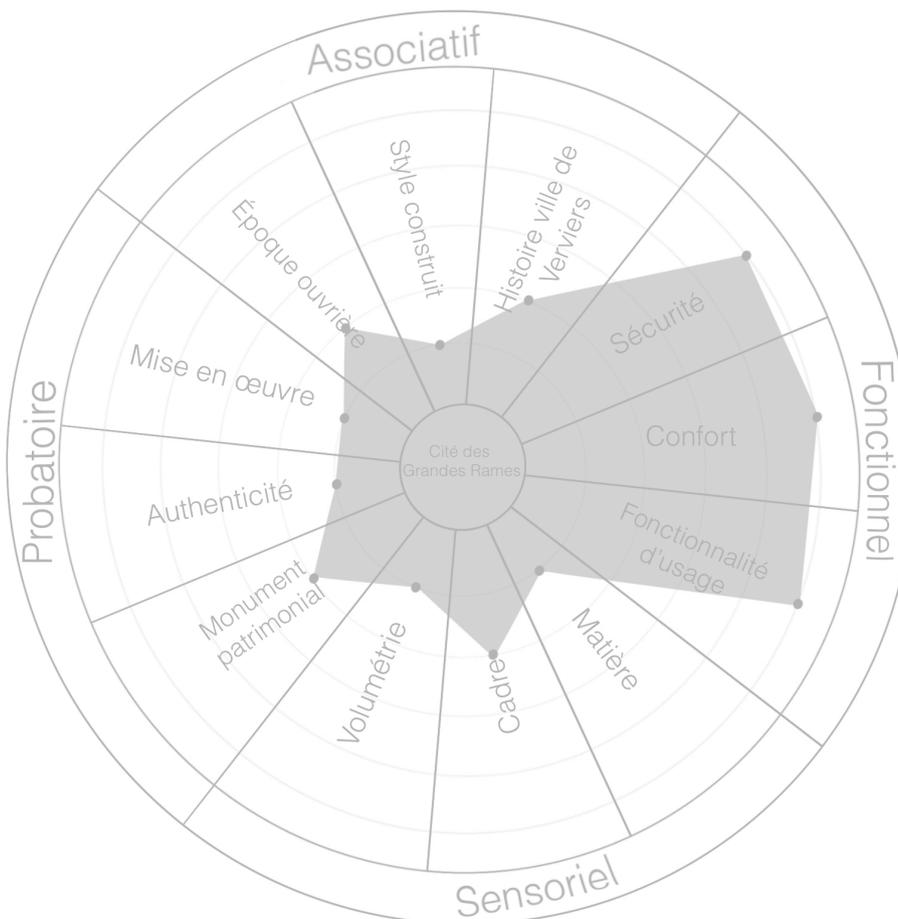


Figure 58 - La rosace du troisième scénario. Source : Sophie Rulkin.

Les aspects de la valeur probatoire des composants de l'authenticité et de la mise en œuvre sont gradués à -2 car les éléments restants ayant un intérêt scientifique se trouvent à l'extérieur. En améliorant l'enveloppe énergétique par une isolation extérieure, cette valeur est diminuée.

Ce qui fait baisser cette évaluation est le fait que l'identité et la valeur patrimoniale de la cité résident dans ses façades et son gabarit. En choisissant l'isolation par l'extérieur, nous effaçons le reste de l'héritage construit.

En effet, l'identité du lieu et le style architectural permettent de situer l'époque ouvrière, ainsi que l'émotion que peut provoquer l'histoire ouvrière du lieu. Les matériaux d'origine et leur usure ont disparu. Néanmoins, l'aspect de la valeur fonctionnelle est respecté du point de vue du confort, puisque l'isolation permet d'éviter les ponts thermiques et de ne pas perdre d'espace à l'intérieur, ce qui contribue au confort des habitants. Aussi, en ce qui concerne les composants de sécurité, la cité devient plus sécurisée grâce à l'installation de nouveaux châssis oscillo-battants. Ceux-ci limitent les risques d'intrusion par rapport aux châssis à ouverture classique à la française.

Enfin, on peut observer des oscillations entre les différents scénarios, ce qui illustre comment les aspects de la valeur peuvent différer en fonction des choix effectués lors de la réhabilitation énergétique d'un patrimoine bâti.

D'après la lecture des différentes rosaces, le scénario d'origine présente une diminution de l'aspect fonctionnel. En terme de fonctionnalité d'usage, le bâtiment n'est ni habitable, ni sécurisé et ni confortable pour y vivre. Cependant, l'aspect de la valeur associative est en hausse, car tous les éléments permettant de relier ce scénario à son époque ouvrière, au style architectural et à l'histoire de Verviers sont présents en entier. L'organisation spatiale typique de l'habitat ouvrier et le caractère authentique des lieux contribuent également à l'augmentation des composants de mise en œuvre et à l'authenticité des aspects de la valeurs probatoire.

Le premier scénario montre une augmentation de l'aspect fonctionnel grâce aux modifications apportées, qui rendent le lieu à son usage primaire. Le confort est à la graduation -1 car la sensation de parois froides ne procure pas une sensation de confort optimal. De plus, les aspects sensoriels restent inchangés, car le gabarit construit, l'atmosphère du cadre et les matériaux qui composent le lieu ne sont pas altérés.

Le deuxième scénario reste en grande partie dans la graduation inchangée. L'authenticité diminue avec l'installation d'écrans solaires, car les screens dépliés altèrent le caractère authentique du lieu. L'isolation par l'intérieur réduit l'espace des logements, ce qui affecte le confort des occupants. Toutefois, les aspects sensoriels restent inchangés puisque les modifications pour la réhabilitation énergétique s'effectuent en partie à l'intérieur.

Le troisième scénario propose comme alternative à la réhabilitation énergétique d'isoler les murs par l'extérieur. La cité ayant déjà subi des travaux par la société de logement sociaux, les valeurs de l'intérieur sont déjà perdues. Il y a une perte de l'intégrité du bâtiment, et l'ajout de panneaux photovoltaïques diminue également l'authenticité. Pour les aspects de la valeur fonctionnelle, les différentes graduations des composants sont en augmentation, ce qui signifie que le bâtiment devient plus sécurisé et cela permet de savoir utiliser l'édifice et de profiter d'un lieu qui apporte du confort.

VI. Validation des scénarios

Scénario d'origine

L'analyse de la valeur patrimoniale, basée sur la lecture de la rosace, montre que le scénario ne permet pas l'occupation du bâtiment en tant qu'habitat, car il ne répond pas aux critères de la valeur fonctionnelle. Lorsqu'il s'agit de patrimoine, son usage est crucial pour justifier sa conservation.

Ensuite, dans l'état présenté dans ce scénario, l'édifice est proche de son état d'origine lié à son occupation ouvrière. Cette rosace reflète des aspects associatifs liés à cette histoire. De plus, la cage d'escalier en béton ajoutée lors de la réhabilitation de 1994 est absente, ce qui rapproche le bâtiment de son authenticité d'origine.

Les composants du monument patrimonial et du cadre environnant restent inchangés car aucune intervention n'affecte ce qui se passe autour.

D'un point de vue patrimonial, ce scénario présente une valeur fonctionnelle basse, empêchant le bâtiment de remplir sa fonction primaire d'habitat. Les aspects de confort ne sont pas satisfaits en raison de la disposition des espaces en quatre, ce qui entraîne un manque de lumière. De plus, la vétusté et l'état des parois du bâtiment provoquent une sensation de courant d'air. En revanche, les aspects de la valeur associative montrent le contraire de la valeur fonctionnelle. L'aspect sensoriel du cadre reste inchangé en l'absence de modifications. La volumétrie de la cité reste conforme à son état présenté dans ce scénario. En effet, elle est, sans les modifications apportées plus tard, comme celles de la toiture et des cheminées. Les matériaux de construction, marqués par le temps et non nettoyés, apportent de la poésie au lieu et suscitent des émotions.

La valeur, la moins représentée, est la fonctionnelle tandis que les autres valeurs tendent généralement à augmenter.

Ce scénario reste utopique car il est impossible de revenir en arrière et de récupérer ce qui a été effacé. Cependant, il souligne que cette rosace n'a visuellement rien à voir avec celles qui suivent. Elle montre aussi que dans son cas si certaines valeurs augmentent, d'autres diminuent.

Le questionnement se projette vers une réhabilitation qui aurait pu reprendre les mêmes systèmes structurels, comme les planchers en bois, et peut-être marquer certains éléments dans la spatialité, tels que l'emplacement de l'ancien escalier. Une autre

possibilité serait de restaurer une partie de la maison à son état initial pour un usage touristique. Ces propositions offrent la possibilité de conserver certains aspects des valeurs tout en continuant d'utiliser l'édifice.

En raison du manque de précision des données recueillies et de leur utilité, les parois composant le scénario d'origine n'ont pas été modélisées sur le logiciel Totem.

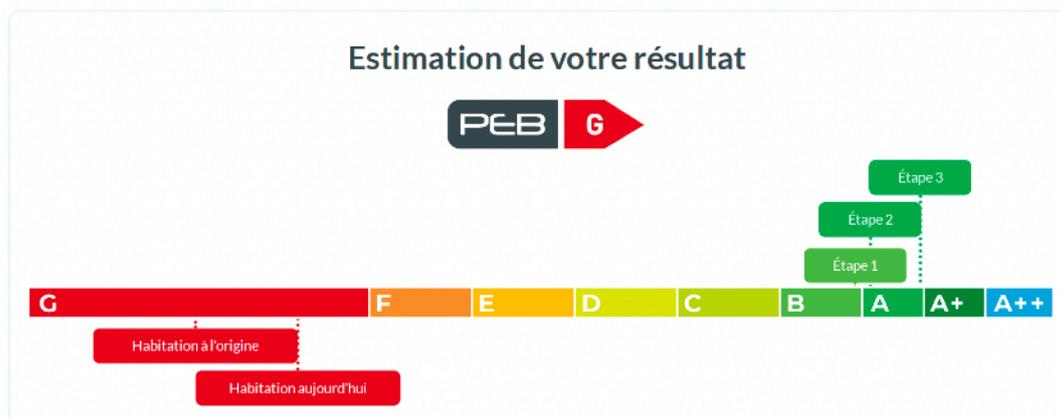


Figure 59 - Résultat au Quickscan, pour le scénario d'origine. Source : www.monquickscan.be

La modélisation avec le site internet Monquickscan fournit l'estimation PEB, pour situer le bâtiment en terme de performance énergétique. L'outil indique une classification PEB G.

Premier scénario

L'analyse de la rosace du premier scénario révèle que les aspects de la valeur sensorielle restent inchangés, car ce scénario ne propose pas de modifications susceptibles d'affecter les émotions et les sens. La pose de nouveaux châssis et l'installation d'une ventilation semi-mécanique améliorent la qualité de l'air, ce qui contribue à un meilleur confort, à une sécurité et à la fonctionnalité d'usage. En revanche, l'authenticité diminue, car le remplacement des châssis par des modèles avec des grilles d'aération introduit des éléments contemporains qui affectent l'intégrité du bâtiment.

Une prise de position sur les scénarios inclut la mise en oeuvre de l'isolation du plancher sur cave à la page 64. L'application d'isolant sur les voûtes effacerait ces éléments, reproduisant les modifications effectuées lors de la réhabilitation des logements de 1994.



Figure 60 - La cave et les voûtes. Source : Sophie Rulkin.

En prenant en compte les aspects de la valeur patrimoniale, il a été décidé de conserver les voûtes dans leur état actuel, tout en maintenant leur fonctionnalité, ce qui s'aligne également avec les aspects fonctionnels. Il serait dommage d'effacer ce patrimoine uniquement dans l'intérêt d'améliorer la performance énergétique; il est préférable de trouver un équilibre entre ces deux objectifs. En effet, ce changement réduit la sensation de paroi froide pour le plancher sur cave, améliorant ainsi le confort. Cependant, la sensation de paroi froide n'est pas diminuée pour les autres parois de ce scénario, car aucune modification n'a été apportée à l'enveloppe du bâtiment. De plus, l'étanchéité sera un point crucial lors du remplacement des châssis, ce qui réduira la sensation de courants d'air possible. Néanmoins, les éléments modifiés sont ponctuels, donc le confort est amélioré, mais il n'est pas optimal. Enfin, ce scénario apporte le moins de changements drastiques à l'enveloppe et à la composition du bâtiment, ce qui affecte moins les autres aspects de la valeur. L'oscillation la plus marquante concerne l'aspect fonctionnel.

Premier scénario

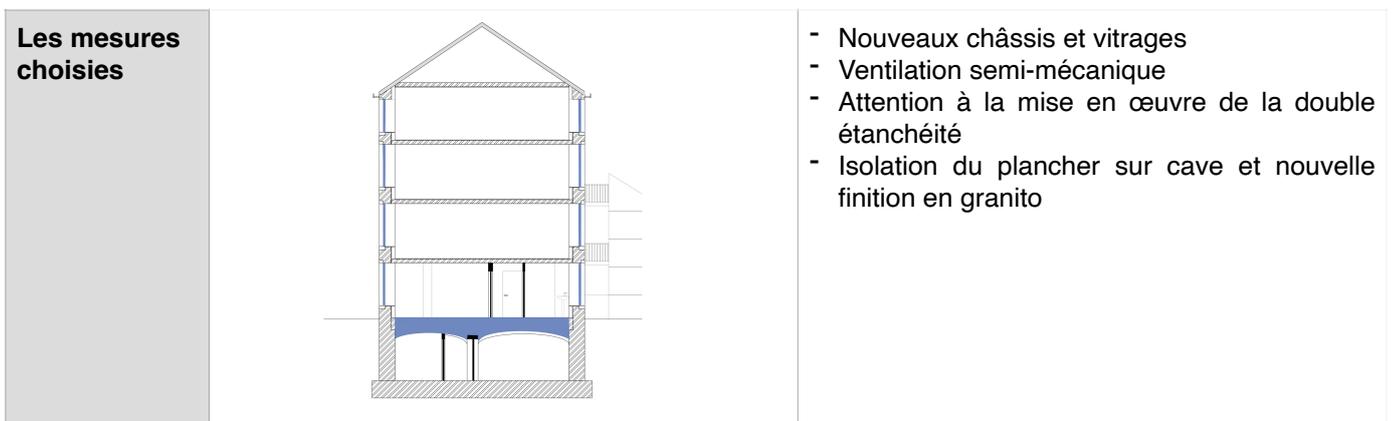


Figure 61 - Tableau des mesures choisies pour le premier scénario. Source : Sophie Rulkin.

Ensuite, les parois ayant subi des modifications sont modélisées sur le logiciel Totem pour comparer les changements par rapport à la situation existante décrite dans la partie II aux pages 57-58. Certains éléments des parois n'étant pas disponibles dans la bibliothèque du

logiciel, des choix similaires ont dû être accomplis. Par exemple, le granito n'étant pas proposé, il a été remplacé par un béton coulé sur site.

Plancher sur cave :

$$U = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Composant(s)				
C5	Toiture plate Couche de compression			
	∞ Coulé sur site Béton (30 mm)	Nouveau	≥ 60 ans	1 0.03 m
C4	Finition de plafond Revêtement			
	∞ Panneau Fibre-gypse (10 mm) Vissé Incluant le joint de remplissage	Nouveau	≥ 30 ans	1 0.01 m
C3	Mur - finition intérieure Isolation thermique			
	∞ RECTICEL Panneau PUR - Revêtement d'aluminium (20 mm) Hors fixations	Nouveau	≥ 60 ans	1 0.02 m
C2	Finition de sol Structure portante			
	∞ Chape Ciment - granulés de perlite expansée (180 mm)	Nouveau	≥ 60 ans	1 0.18 m
C1	Applications multiples Partie primaire			
	∞ Briques pleines Terre cuite (220x110x60 mm + 110x220x60 mm) Posé sur mortier de chaux	Existant	≥ 60 ans	1 0.34 m
Total				0.58 m
				U 0:

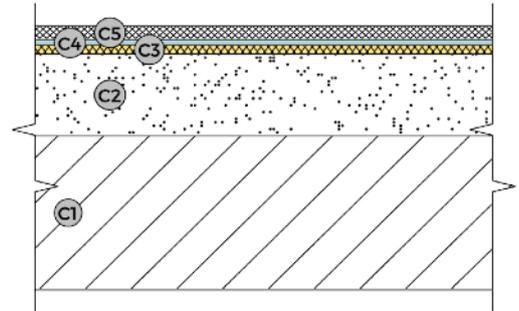


Figure 62 - Résultats sur l'outil Totem, pour le plancher sur cave premier scénario. Source : www.totem-building.be

Les changements apportés à l'enveloppe du plancher sur cave ont permis d'améliorer la performance énergétique. La situation existante présente une valeur $U = 0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ce changement montre que l'enveloppe au niveau de la cave a évolué vers une meilleure performance énergétique, minimisant ainsi la sensation de paroi froide pour les occupants.

La modélisation avec l'outil Quicksan confirme l'amélioration de l'enveloppe du plancher sur cave.

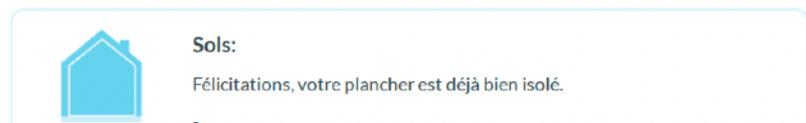


Figure 63 - Résultat généré par l'outil pour le premier scénario. Source : www.monquicksan.be

L'estimation via le Quicksan indique un résultat PEB de classe D, similaire à l'analyse de l'habitat existant (page 59).

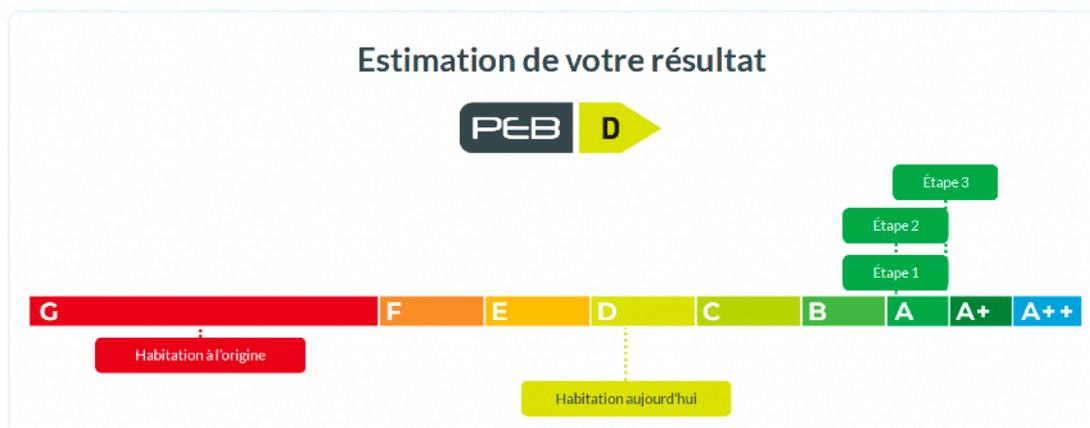


Figure 64 - Résultat au Quicksan, pour le premier scénario. Source : www.monquicksan.be

Ce scénario explore des interventions localisées sur le plancher sur cave, le remplacement des châssis et vitrages, l'installation d'une ventilation semi-mécanique et une attention particulière à la double étanchéité autour des baies lors des travaux.

Les modifications apportées à l'enveloppe permettent d'augmenter la valeur de fonctionnalité, ce qui montre que le bâtiment remplit mieux sa fonction et apporte un meilleur bien-être aux occupants. Cette approche préserve le patrimoine de la cité ouvrière sans le compromettre. Les mesures proposées dans ce scénario sont modestes par rapport à d'autres scénarios, ce qui ne lui permet pas d'atteindre une performance énergétique largement différente de la situation existante.

Deuxième scénario

L'analyse de la rosace sur la valeur révèle, comme pour le scénario précédent, une augmentation des aspects de la valeur fonctionnelle. Utiliser ce bâtiment pour y vivre est donc évalué de manière positive. Bien que l'espace intérieur se réduise en raison des choix effectués pour améliorer la performance de la peau du bâtiment, il est plus facile d'intervenir à l'intérieur, car les lieux intérieurs ont déjà perdu leurs valeurs patrimoniale et historique. Étant donné que certaines valeurs ont déjà été perdues, il s'agit maintenant d'améliorer celles qui peuvent l'être.

Deuxième scénario

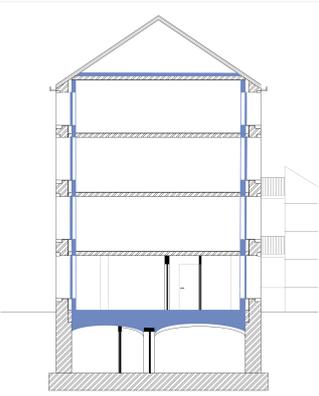
Les mesures choisies		<ul style="list-style-type: none">- Nouveaux châssis et vitrages- Ventilation double flux avec récupération de chaleur- Attention à la mise en œuvre de la double étanchéité- Isolation par l'intérieur- Attention particulièrement pour éviter les ponts thermiques- Stores solaires extérieurs- Isolation du plancher sur cave et nouvelle finition en granito- Ajout d'un complément d'isolation du plancher sous comble
-----------------------------	---	--

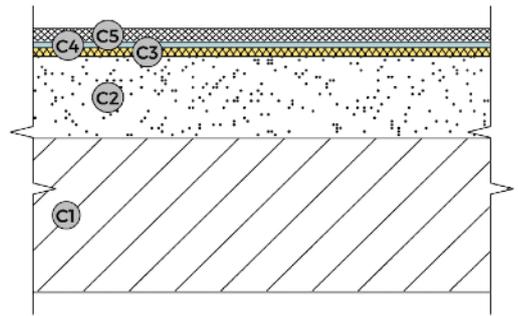
Figure 65 - Tableau des mesures choisies pour le deuxième scénario. Source : Sophie Rulkin.

Puis, les parois ayant subi des modifications sont ensuite modélisées à l'aide du logiciel Totem. Certains éléments n'ont pas été trouvés dans le logiciel, comme le panneau carton plâtre pour la finition du mur intérieur et le granito pour la finition des sols.

Plancher sur cave :

$$U = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$$

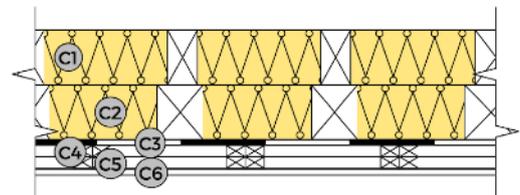
Composant(s)			
C5	∞	Toiture plate Couche de compression Coulé sur site Béton (30 mm) Nouveau ≥ 60 ans 0.03 m	R 0.
C4	∞	Finition de plafond Revêtement Panneau Fibre-gypse (10 mm) Vissé Incluant le joint de remplissage Nouveau 30 ans 0.01 m	R 0.
C3	⊕	Mur - finition intérieure Isolation thermique RECTICEL Panneau PUR - Revêtement d'aluminium (20 mm) Hors fixations Nouveau ≥ 60 ans 0.02 m	R 0.
C2	∞	Finition de sol Structure portante Chape Ciment - granulés de perlite expansée (180 mm) Nouveau ≥ 60 ans 0.18 m	R 0.
C1	⊕	Applications multiples Partie primaire Briques pleines Terre cuite (220x110x60 mm + 110x220x60 mm) Posé sur mortier de chaux Existant ≥ 60 ans 0.34 m	R 0.
Total			0.58 m U 0:



Plancher du grenier :

$$U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Composant(s)			
C1	∞	Mur extérieur - porteur Isolation thermique Matelas Laine de mouton (120 mm) Pour remplissage entre ossature bois Fixation par serrage Nouveau ≥ 60 ans 0.12 m λ 0.04 W/mK	R 2.027 m²K/W
	∞	Applications multiples Partie primaire Ossature Bois résineux - Bois dur (120 mm) Cloué Traité - déchets non dangereux Mix belge Nouveau ≥ 60 ans 0.12 m	
C2	∞	Applications multiples Isolation thermique Matelas Laine de roche (120 mm) Pour remplissage entre ossature bois Fixation par serrage Nouveau ≥ 60 ans 0.12 m λ 0.036 W/mK	R 1.818 m²K/W
	∞	Applications multiples Partie primaire Ossature Bois résineux - Bois dur (120 mm) Cloué Non traité Mix belge Nouveau ≥ 60 ans 0.12 m	
C3	∞	Applications multiples Pare-vapeur Feuille d'étanchéité PP (0.25 mm) Agrafé Nouveau ≥ 60 ans 0.00025 m	N.A.
C4	∞	Applications multiples Lattes à panne Lattes Bois résineux (36x27 mm - entraxe 275 mm) Cloué Traité - déchets non dangereux Mix belge Pour ardoises en fibre-ciment Nouveau 30 ans 0.027 m	N.A.
C5	∞	Applications multiples Lattes à panne Lattes Bois résineux (36x27 mm - entraxe 275 mm) Cloué Traité - déchets non dangereux Mix belge Pour ardoises en fibre-ciment Nouveau 30 ans 0.027 m	N.A.
C6	∞	Finition de plafond Revêtement Panneau Plâtre (12.5 mm) Vissé Incluant le joint de remplissage Nouveau 30 ans 0.0125 m	R 0.
Total			0.28675 m U 0:



Façade :

$$U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Composant(s)	
C1	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (210x65x50 mm) Posé sur mortier de ciment Existant ≥ 60 ans 0.065 m R 0.055 m²K/W
C2	Mur mitoyen Partie primaire Briques pleines Terre cuite (2x 110x220x60 mm) Posé sur mortier de ciment Existant ≥ 60 ans 0.45 m R 0.763 m²K/W
C3	Applications multiples Lame d'air Lame d'air non-ventilée Couche d'air (20 mm) 0 < e < 5 mm Existant ≥ 60 ans 0.02 m N.A.
C4	Mur extérieur - porteur Partie primaire Blocs creux Béton (290x140x190 mm) Posé sur mortier de ciment Nouveau ≥ 60 ans 0.14 m R 0.11 m²K/W
C5	Couche composée R 2.419 m²K/W
a. 90%	Mur extérieur - porteur Isolation thermique Matelas Laine de mouton (120 mm) Pour remplissage entre ossature bois Fixation par serrage Nouveau ≥ 60 ans 0.12 m λ 0.04 W/mK
b. 10%	Applications multiples Partie primaire Ossature Bois résineux - Bois dur (120 mm) Cloué Non traité Mix belge Nouveau ≥ 60 ans 0.12 m
C6	Applications multiples Pare-vapeur Feuille d'étanchéité PP - LDPE (0.22 mm) Agrafé Nouveau ≥ 60 ans 0.0022 m N.A.
C7	Couche composée R 1.008 m²K/W
a. 90%	Mur extérieur - porteur Isolation thermique Matelas Laine de mouton (50 mm) Pour remplissage entre ossature bois Fixation par serrage Nouveau ≥ 60 ans 0.05 m λ 0.04 W/mK
b. 10%	Applications multiples Partie primaire Ossature Bois résineux - Bois dur (50 mm) Cloué Non traité Mix belge Nouveau ≥ 60 ans 0.05 m
C8	Finition de plafond Revêtement Panneau Plâtre (12.5 mm) Vissé Incluant le joint de remplissage Nouveau ≥ 30 ans 0.023 m R 0.035 m²K/W
Total	0.88772 m U 0.19 W/m²K

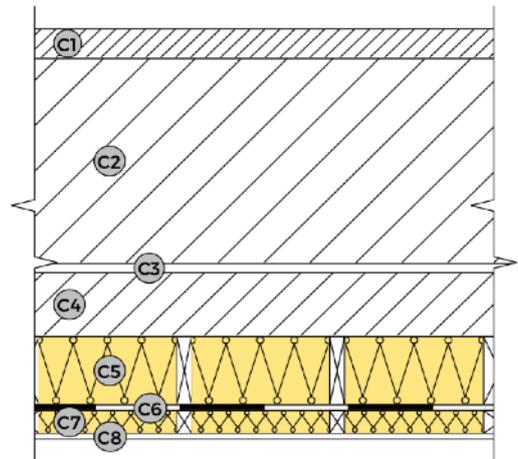


Figure 66 - Résultats sur l'outil Totem, pour les parois du deuxième scénario. Source : www.totem-building.be

Les modifications apportées dans ce scénario améliorent la valeur U par rapport à la situation existante (Figure 36, page 57-58). Les modifications du plancher sur cave sont les mêmes que celles du scénario précédent. Le plancher du grenier est complété par un matelas de laine de mouton de douze centimètres, ce qui permet d'atteindre les exigences de la Wallonie pour cette paroi.

L'isolation intérieure de la façade permet de faire basculer la valeur U de 0,93 W/m²K à 0,22 W/m²K. De plus, un point intéressant est la cloison technique qui permet d'intégrer des systèmes.

L'amélioration des parois permet de limiter la sensation de paroi froide, apportant ainsi un meilleur confort aux usagers durant les températures plus froides en hiver. Les stores solaires permettent de réguler les apports lumineux, ce qui améliore le confort lumineux et estival des logements. La qualité de l'air est améliorée grâce à son renouvellement effectué par la ventilation double flux. La sensation de courant d'air est éliminée grâce à l'attention portée lors de la réalisation des parois et des jonctions avec les nouvelles menuiseries.

L'outil Quickscan fournit une estimation du score PEB, qui est de B, presque A. Plusieurs points sont salués dans le test, tels que l'isolation du plancher des combles, l'isolation des murs, le plancher sur cave, la ventilation et les châssis du bâtiment.

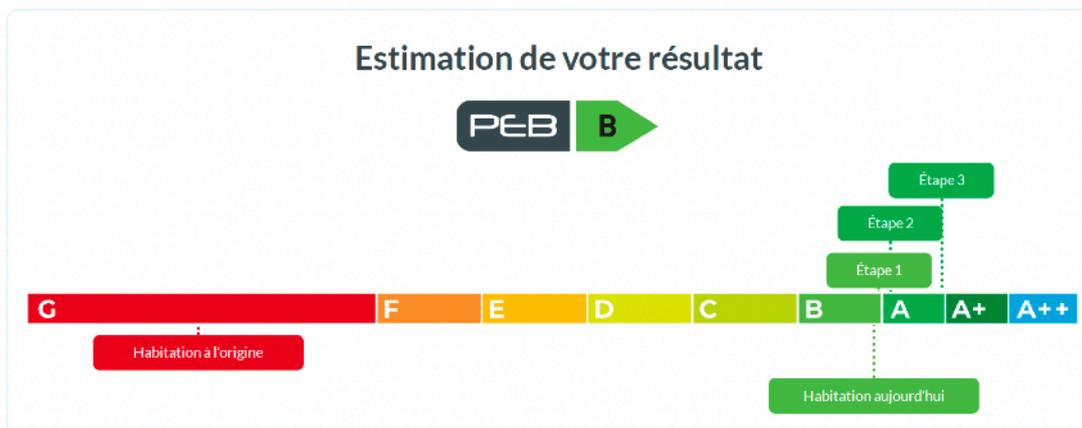


Figure 67 - Résultat au Quicksan, pour le deuxième scénario. Source : www.monquicksan.be

Ce scénario propose l'isolation intérieure des murs du bâtiment, ce qui ne modifie pas le langage architectural des façades. Cela n'entraîne pas de changement dans les aspects de la valeur associative, sensorielle et certains composants de l'aspect probatoire. Le constat est que ce scénario permet une amélioration de la performance énergétique de l'ensemble des parois, rendant la maison complètement performante. L'amélioration est reflétée par le score PEB du Quicksan. Cependant, un point négatif est la réduction des espaces intérieurs, ce qui impacte les lieux de vie.

Troisième scénario

La rosace représentant le troisième scénario (Figure 58, page 92) démontre que les choix pour l'amélioration de la performance énergétique font basculer les valeurs d'une extrême à l'autre. De nombreuses valeurs sont négatives par rapport aux aspects de la valeur fonctionnelle qui augmentent. L'utilisateur se retrouve dans un lieu confortable, mais qui ne porte plus les mêmes valeurs patrimoniales que les différents scénarios précédents. Ce dernier scénario est plus ambitieux en termes d'amélioration de l'ensemble des parois d'un bâtiment, ce qui se reflète dans les fluctuations des valeurs.

L'ensemble des parois sera amélioré énergétiquement, ce qui permettra de supprimer la sensation de paroi froide ainsi que la sensation de courant d'air, contribuant ainsi à l'inconfort d'un lieu, ici supprimé. La qualité de l'air, essentielle au bien-être, sera garantie par l'installation d'une ventilation double flux dans ce scénario.

De plus, ce scénario touche à la forme du bâtiment et les dimensions des baies seront changer par la mise en place de l'isolation par l'extérieur.

Lors de la réhabilitation de 1994, la société de logements sociaux a procédé à la destruction des anciens planchers ainsi qu'à celle de l'intérieur du volume. Ce qui subsiste aujourd'hui, ce sont le volume construit et les façades. Si le choix se porte sur l'isolation par l'extérieur, celle-ci ne sera plus visible et le volume perdra son identité culturelle,

soulevant des questions quant à la valeur patrimoniale. Cependant, le confort thermique des occupants participera à la valeur du confort.

Troisième scénario

Les mesures choisies

- Nouveaux châssis et vitrages
- Ventilation double flux avec récupération de chaleur
- Attention à la mise en œuvre de la double étanchéité
- Isolation par l'extérieur
- Isolation du plancher sur cave et nouvelle finition en grando
- Ajout d'un complément d'isolation du plancher sous comble

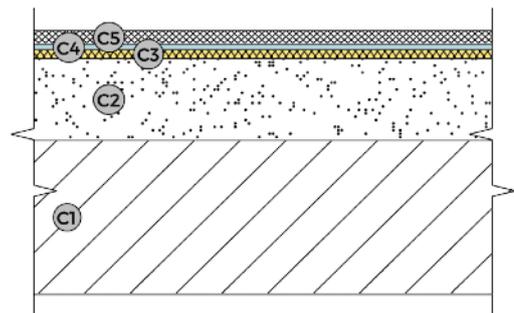
Figure 68 - Tableau des mesures choisies pour le troisième scénario. Source : Sophie Rulkin.

L'amélioration de l'enveloppe du bâtiment est détaillée dans les parois. Les modélisations effectuées avec le logiciel Totem fournissent la valeur U, permettant de comprendre le changement par rapport à la situation existante (page 59).

Plancher sur cave :

$$U = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$$

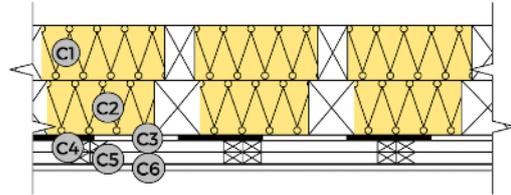
Composant(s)	
C5	Toiture plate Couche de compression Coulé sur site Béton (30 mm) Nouveau ≥ 60 ans 0.03 m R O.
C4	Finition de plafond Revêtement Panneau Fibre-gypse (10 mm) Vissé Incluant le joint de remplissage Nouveau ≥ 30 ans 0.01 m R O.
C3	Mur - finition intérieure Isolation thermique RECTICEL Panneau PUR - Revêtement d'aluminium (20 mm) Hors fixations Nouveau ≥ 60 ans 0.02 m R O.
C2	Finition de sol Structure portante Chape Ciment - granulés de perlite expansée (180 mm) Nouveau ≥ 60 ans 0.18 m R O.
C1	Applications multiples Partie primaire Briques pleines Terre cuite (220x110x60 mm + 110x220x60 mm) Posé sur mortier de chaux Existant ≥ 60 ans 0.34 m R O.
Total	0.58 m U O.



Plancher grenier :

$$U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Composant(s)			
EXT	C1	Couche composée	R 2.027 m ² K/W
	a. 80%	Mur extérieur - porteur Isolation thermique Matelas Laine de mouton (120 mm) Pour remplissage entre ossature bois Fixation par serrage Nouveau ≥ 60 ans 1.0.12 m λ 0.04 W/mK	
	b. 20%	Applications multiples Partie primaire Ossature Bois résineux - Bois dur (120 mm) Cloué Traité - déchets non dangereux Mix belge Nouveau ≥ 60 ans 1.0.12 m	
INT	C2	Couche composée	R 1.818 m ² K/W
	a. 70%	Applications multiples Isolation thermique Matelas Laine de roche (120 mm) Pour remplissage entre ossature bois Fixation par serrage Nouveau ≥ 60 ans 1.0.12 m λ 0.036 W/mK	
	b. 30%	Applications multiples Partie primaire Ossature Bois résineux - Bois dur (120 mm) Cloué Non traité Mix belge Nouveau ≥ 60 ans 1.0.12 m	
INT	C3	Applications multiples Pare-vapeur Feuille d'étanchéité PP (0.25 mm) Agrafé Nouveau ≥ 60 ans 1.0.0025 m	N.A.
	C4	Applications multiples Lattes à panne Lattes Bois résineux (36x27 mm - entraxe 275 mm) Cloué Traité - déchets non dangereux Mix belge Pour ardoises en fibre-ciment Nouveau 30 ans 1.0.027 m	N.A.
INT	C5	Applications multiples Lattes à panne Lattes Bois résineux (36x27 mm - entraxe 275 mm) Cloué Traité - déchets non dangereux Mix belge Pour ardoises en fibre-ciment Nouveau 30 ans 1.0.027 m	N.A.
	C6	Finition de plafond Revêtement Panneau Plâtre (12.5 mm) Vissé Incluant le joint de remplissage Nouveau 30 ans 1.0.0125 m	R 1
Total			0.28675 m U C



Façade :

$$U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Composant(s)			
EXT	C1	Mur - finition extérieure Revêtement Placques à recouvrement - plates Céramique émaillée (472x303x31 mm) Vissé largeur utile 262 mm Nouveau ≥ 60 ans 1.0.031 m	N.A.
	C2	Applications multiples Lattes à panne Lattes Bois résineux (32x26 mm - entraxe 248 mm) Cloué Traité - déchets non dangereux Mix belge Pour tuiles en céramique Nouveau ≥ 60 ans 1.0.028 m	N.A.
INT	C3	Applications multiples Lattes à panne Lattes Bois résineux (32x26 mm - entraxe 248 mm) Cloué Traité - déchets non dangereux Mix belge Pour tuiles en céramique Nouveau ≥ 60 ans 1.0.028 m	N.A.
	C4	Plancher sur sol Etanchéité à l'eau Feuille d'étanchéité PE (0.2 mm) Pose libre avec chevauchement Nouveau ≥ 60 ans 1.0.0002 m	N.A.
INT	C5	Couche composée	R 2.872 m ² K/W
	a. 80%	Mur extérieur - porteur Isolation thermique Matelas Laine de mouton (170 mm) Pour remplissage entre ossature bois Fixation par serrage Nouveau ≥ 60 ans 1.0.17 m λ 0.04 W/mK	
	b. 20%	Mur extérieur - porteur Partie primaire Ossature Bois résineux - Bois dur (170 mm) Vissé Non traité Mix belge Nouveau ≥ 60 ans 1.0.17 m	
INT	C6	Mur - finition extérieure Revêtement Briques Terre cuite (210x65x50 mm) Posé sur mortier de ciment Existant ≥ 60 ans 1.0.065 m	R 0.055 m ² K/W
	C7	Mur mitoyen Partie primaire Briques pleines Terre cuite (2x 110x220x60 mm) Posé sur mortier de chaux Existant ≥ 60 ans 1.0.45 m	R 0.763 m ² K/W
INT	C8	Applications multiples Laine d'air Lame d'air non-ventilée Couche d'air (20 mm) 5 s e < 7 mm Existant ≥ 60 ans 1.0.02 m	R 0.11 m ² K/W
	C9	Mur extérieur - porteur Partie primaire Blocs creux Béton (290x140x190 mm) Posé sur mortier de ciment Nouveau ≥ 60 ans 1.0.14 m	R 0.11 m ² K/W
INT	C10	Finition de plafond Revêtement Enduit épais Plâtre (12 mm) Nouveau 40 ans 1.0.012 m	R 0.023 m ² K/W
	Total		0.9402 m U 0.24 W/m²K

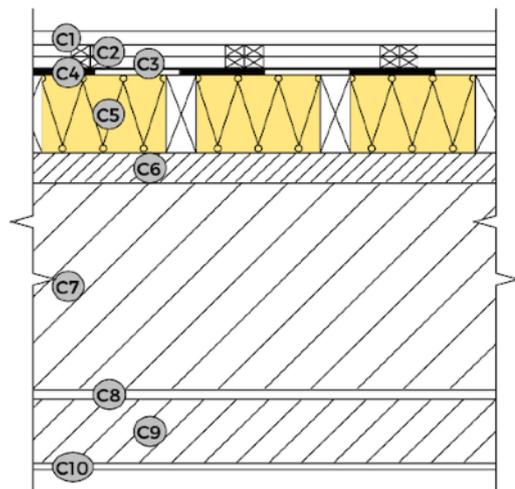


Figure 69 - Résultats sur l'outil Totem, pour les parois du troisième scénario. Source : www.totem-building.be

Les adaptations apportées pour améliorer la réhabilitation énergétique du bâtiment montrent une nette progression des performances, comme l'indiquent les résultats de la valeur U. Cela confirme que le bâtiment a évolué vers une meilleure performance énergétique.

L'outil monquickscan nous indique que le PEB a également progressé pour atteindre le niveau A+.

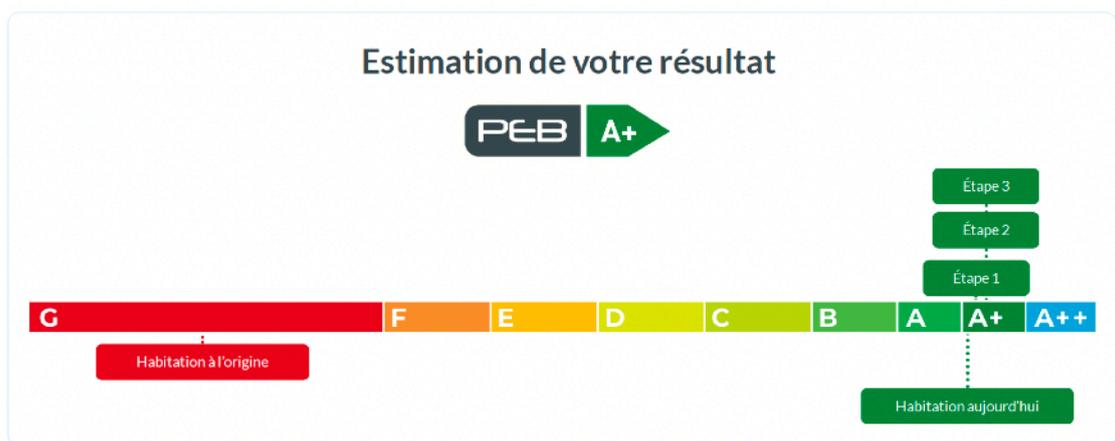


Figure 70 - Résultat au Quickscan, pour le troisième scénario. Source : www.monquickscan.be

Cependant, le Quickscan a été réalisé pour le troisième scénario en omettant les panneaux solaires, afin de déterminer leur impact sur le PEB. En effet, sans les panneaux photovoltaïques, le PEB bascule du label A+, vers le B, comme l'indique le document ci-dessous.

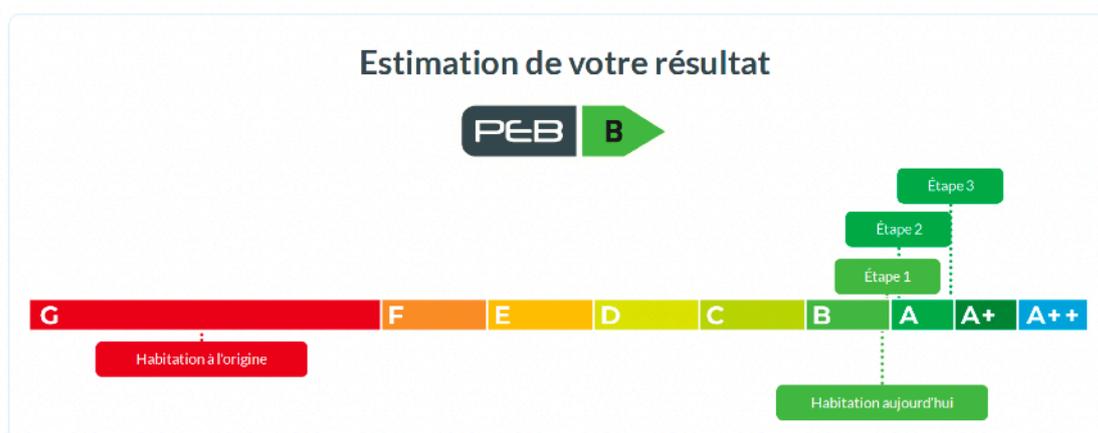


Figure 71 - Résultat au Quickscan, pour le troisième scénario sans les panneaux photovoltaïques. Source : www.monquickscan.be

Le troisième scénario présente des choix de réhabilitation énergétique plus radicaux, comme l'illustre la rosace (Figure 58, page 92) qui montre une oscillation majoritairement

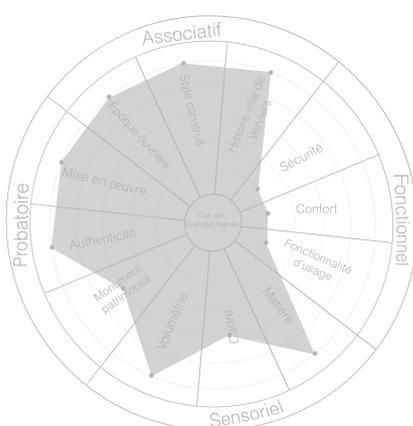
en baisse pour de nombreux aspects de la valeur. Cela indique que cette proposition est sujette à discussion et soulève la question de savoir quelles valeurs sont prioritaires lors des choix visant à améliorer la performance énergétique de l'enveloppe du patrimoine bâti.

Enfin, les deux derniers scénarios utilisent la même épaisseur de laine de mouton, soit dix-sept centimètres, afin de garantir une égalité en termes d'isolation. Cependant, la valeur U diffère entre le deuxième et le troisième scénario. Dans le deuxième scénario, les couches d'isolation sont réparties dans la cloison technique et la principale, ce qui aurait pu sembler défavorable pour la valeur U. Cet élément est notable, même si les autres couches composant les parois ne sont pas identiques.

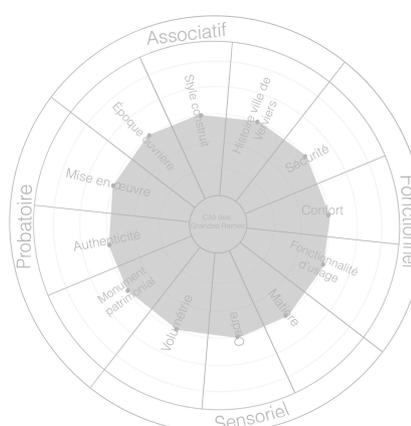
VII. Rediscussions des scénarios

L'objectif est de discuter de l'ensemble des scénarios en examinant les choix effectués pour les modifications de l'enveloppe, les propositions visant à augmenter le confort intérieur et des changements observés dans les rosaces de valeur. Cette partie du travail est subjective et dépend de l'interprétation du travail réalisé.

Le scénario d'origine permet, à travers sa rosace, de comprendre les changements apportés par les travaux entrepris en 1994. En effet, la situation d'origine valorisait le bâtiment différemment par rapport à la situation existante. En comparant les rosaces, ces différences deviennent apparentes.



Rosace scénario d'origine



Rosace scénario existant

Cependant, des travaux devaient être entrepris pour conserver ce patrimoine bâti. Il est plus facile de conserver un bâtiment qui a un usage et qui répond à la fonction pour laquelle il a été bâti. Comme le bâtiment se prête à sa fonction première de logement, il n'a pas subi de reconversion.

Le scénario d'origine, marqué par le patrimoine historique, a perdu en grande partie ses caractéristiques en raison des travaux d'aménagement spatial. En effet, chaque étage était constitué de quatre pièces avec un escalier et une porte d'entrée à la façade avant ainsi qu'une porte à l'arrière du bâtiment. Les espaces intérieurs ont complètement disparu. Toutefois, grâce à la conservation de l'ancien encadrement en pierre, l'ancienne porte à l'arrière est encore visible, bien que le mur ait été reconstitué.



Figure 75 - Façade arrière avec encadrement en pierre des anciennes portes. Source : Sophie Rulkin

L'étude propose trois scénarios pour améliorer l'enveloppe du bâtiment à travers différentes méthodes afin de montrer comment la valeur peut évoluer en fonction de ces choix.

Le premier scénario se veut plus léger en terme de mesures sur l'enveloppe. Le deuxième scénario propose une isolation intérieure tandis que le troisième envisage une isolation par l'extérieur. Ces scénarios ont réagi de différentes manières, permettant ainsi une discussion approfondie sur leurs impacts respectifs.

Premier scénario

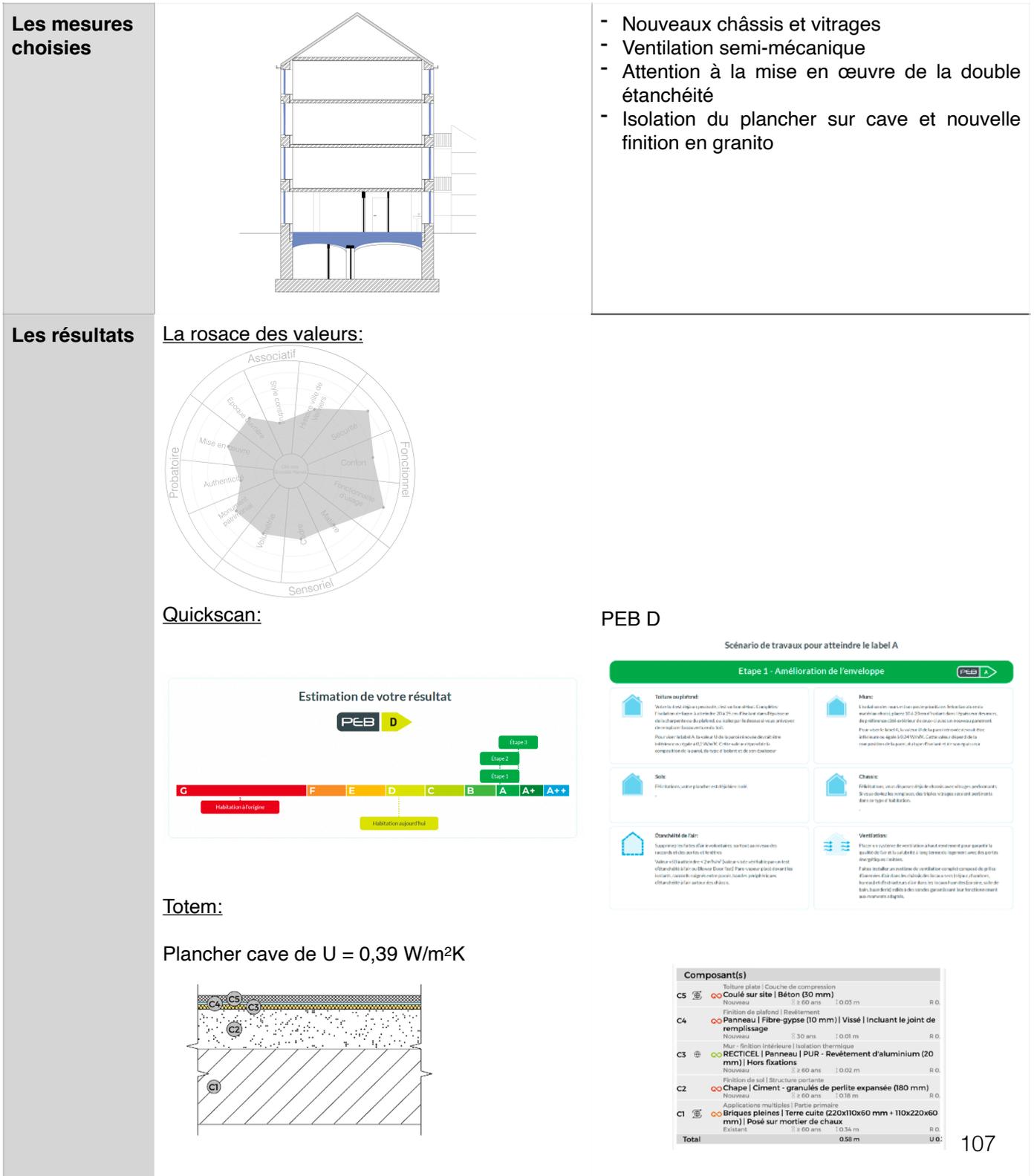
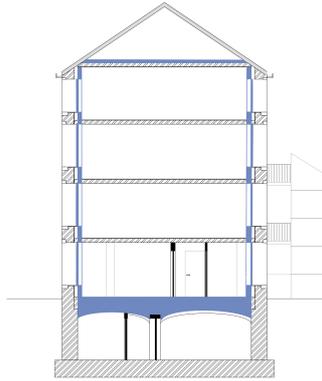


Figure 72 - Tableau des mesures choisies et des résultats pour le premier scénario. Source : Sophie Rulkin.

Deuxième scénario

Les mesures choisies



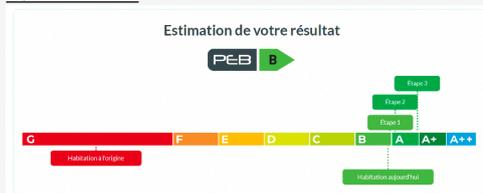
- Nouveaux châssis et vitrages
- Ventilation double flux avec récupération de chaleur
- Attention à la mise en œuvre de la double étanchéité
- Isolation par l'intérieur
- Attention particulièrement pour éviter les ponts thermiques
- Stores solaires extérieurs
- Isolation du plancher sur cave et nouvelle finition en granito
- Ajout d'un complément d'isolation du plancher sous comble

Les résultats

La rosace des valeurs:



Quickscan:

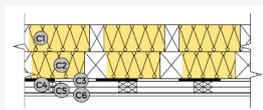


PEB B

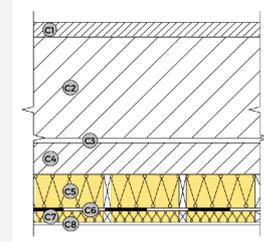


Totem:

Plancher grenier $U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$



Façade $U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$



Plancher cave $U = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$

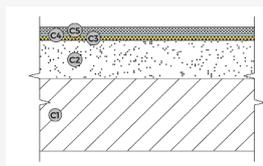
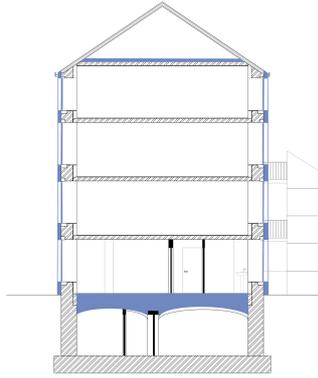


Figure 73 - Tableau des mesures choisies et des résultats pour le deuxième scénario. Source : Sophie Rulkin.

Troisième scénario

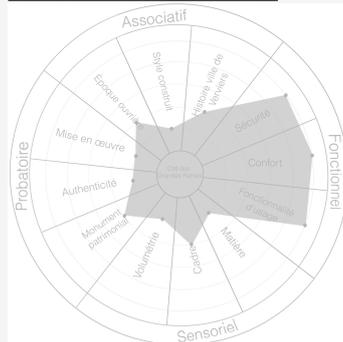
Les mesures choisies



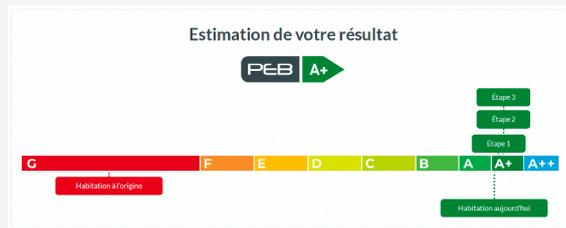
- Nouveaux châssis et vitrages
- Ventilation double flux avec récupération de chaleur
- Attention à la mise en œuvre de la double étanchéité
- Isolation par l'extérieur
- Isolation du plancher sur cave et nouvelle finition en granito
- Ajout d'un complément d'isolation du plancher sous comble

Les résultats

La rosace des valeurs:



Quickscan:

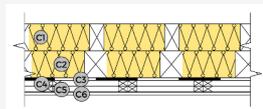


PEB A+

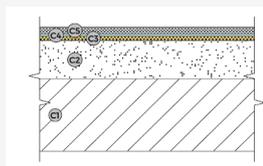


Totem:

Plancher grenier $U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$



Plancher cave $U = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$



Façade $U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$

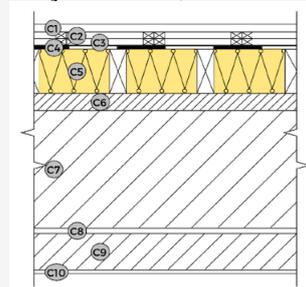


Figure 74 - Tableau des mesures choisies et des résultats pour le troisième scénario. Source : Sophie Rulkin.

On reconnaît la légèreté des décisions composant le premier scénario dans la transformation de la rosace. En effet, les modifications y sont minimales. Les transformations proposées dans ce scénario peuvent être réalisées progressivement, maison par maison, au sein de la cité. Il n'est donc pas nécessaire de mettre en œuvre toutes les propositions simultanément. Le remplacement des châssis et vitrages ainsi que l'installation de la ventilation doivent être effectués en même temps. La modification de la paroi du plancher sur cave peut, quant à elle, être réalisée indépendamment des autres interventions.

En ce qui concerne les choix entrepris pour les différents scénarios relatifs à l'enveloppe, le mur de façade du deuxième scénario présente une valeur U de 0,22 W/m²K, comparé à 0,24 W/m²K pour le troisième scénario. Bien que les deux scénarios utilisent la même épaisseur d'isolation pour ne pas déformer un des scénarios. L'enveloppe avec la surface la plus importante est celle des murs extérieurs. Le choix devrait s'orienter vers la solution la plus performante. Cependant, les ponts thermiques ne sont pas pris en compte, et la proposition comportant le plus de risques est le deuxième. Même si des solutions sont proposées pour les éviter dans les pages 79, 80 et 81 (détaillées plus longuement aux pages 71 et 72), l'isolation par l'intérieur offre des aspects de valeurs probatoires, sensorielles et associatives plus élevés, ce qui le rend plus attractif.

Le principal problème de ce scénario est la diminution de la surface habitable, la perte d'inertie thermique pouvant augmenter le risque de surchauffe et la nécessité de déplacer les techniques.

Cela indique que le deuxième scénario implique de grands travaux, cependant le phasage du chantier permet de répartir la durée des travaux et des frais. Ce phasage permet de minimiser le déplacement des occupants. De plus, c'est le scénario qui permet d'améliorer la performance énergétique du logement sans altérer l'aspect extérieur de ce bâtiment patrimonial.

Le troisième scénario offre des avantages par rapport aux inconvénients du scénario précédent. Cependant, l'impact de ce scénario sur l'aspect extérieur entraîne une diminution de plusieurs aspects de la valeur patrimoniale, comme le confirme l'analyse de la rosace. Ce scénario affecte la forme du bâtiment, par exemple les baies seront modifiées avec la mise en place de l'isolation par l'extérieur. Ce qui va diminuer la surface vitrée.

Ces aspects sont en liens à l'histoire du lieu et perdre l'identité, qui constitue un changement majeur. Étant donné l'existence du lieu développée tout au long de ce travail, il est tout à fait légitime de se demander si cette approche est appropriée. Mais, il est utile

de l'avoir testée pour comprendre l'impact d'une mise en œuvre en matière de performance énergétique de l'enveloppe.

Ensuite, le confort peut être amélioré tout en proposant des alternatives moins invasives sur l'enveloppe, comme le montre le premier scénario. Cette proposition se concentre sur l'amélioration des systèmes de ventilation et la mise en place de châssis et vitrages plus performants. Elle propose également d'améliorer la performance énergétique plancher sur cave pour limiter la pénétration du froid dans le logement et la perte d'énergie thermique par cette surface.

Puis, l'ensemble du bâtiment tel qu'il est parvenu jusqu'à aujourd'hui peut aussi être considéré comme un scénario à part entière. Il peut être inclus dans le questionnaire, car le bâtiment est actuellement estimé à un PEB de D comme le montre la figure 37 à la page 59, ce qui est déjà une amélioration par rapport au passé.

Les scénarios proposés permettent d'approfondir la réflexion tout en restant dans le cadre hypothétique.

Ensuite, les scénarios offrent la possibilité d'être reformulés. En effet, l'estimation du PEB réalisée via le site internet monquickscan indique un PEB de A+ pour le troisième scénario. Lorsque les panneaux photovoltaïques sont retirés, le PEB conduit à un score de B. La possibilité de combiner ou de changer les scénarios existe, mais cela entraîne des changements dans les rosaces de valeur. Ce travail cherche à tester différentes approches pour améliorer le confort des usagers et la performance énergétique, tout en questionnant les valeurs selon le même procédé.

VIII. Conclusion

Face aux enjeux énergétiques et climatiques, la Wallonie s'est engagée pour la Stratégie wallonne à long terme pour la rénovation énergétique des bâtiments. Cette stratégie a pour objectif d'améliorer la performance énergétique du parc bâti existant, visant le label A décarboné. Sachant que les bâtiments existants représentent 40 % de la consommation d'énergie et 36 % des émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre dans l'Union européenne (Union européen, 2023), démontrer que l'efficacité énergétique permet d'agir sur l'enveloppe bâti tout en questionnant la valeur du bâti ancien, est un défi.

Ce mémoire s'intéresse à la réhabilitation d'un ensemble bâti situé à Verviers, une ancienne cité ouvrière appelée la cité des Grandes Rames. Le travail explore la conciliation entre la performance énergétique et confort intérieur, lors de la réhabilitation du bâti social à valeur patrimoniale.

Premièrement, il a été nécessaire de comprendre la cité ouvrière dans son contexte historique et social. Pour cela, il a fallu consulter la littérature et les archives communales de Verviers et documenter la conception et les transformations subies par les bâtiments au fil du temps. Cette étape a permis d'identifier l'ensemble des bâtiments, leur organisation spatiale, et de commenter la morphologie des constructions ainsi que les matériaux utilisés. En relevant ces éléments, l'intérêt pour la ville de Verviers et son histoire apparaît évident, mais aussi pour la Belgique, car elle fait partie du commencement des cités ouvrières.

Par la suite, une visite de deux logements situés au rez-de-chaussée a été accordée par la société actuellement responsable de ces logements. La réalisation d'un diagnostic de ces logements a permis de comprendre leurs différents aspects et d'évaluer l'état actuel du bâtiment, notamment en termes de performance énergétique, de ventilation, de confort et d'organisation spatiale, etc. Il en ressort, par exemple, que le bâtiment ne permet pas un confort optimal en raison d'une ventilation inexistante, avec localement des problèmes de condensation. Pour estimer la performance énergétique du bâti et des parois, plusieurs outils de modélisation ont été utilisés, estimant un score de PEB de D et des parois qui n'atteignent pas la performance minimale de $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ exigée par la Wallonie.

La troisième étape a consisté à répertorier des solutions de réhabilitation énergétique sous forme de fiches d'information pour aider au choix, applicables à des bâtiments similaires en termes de période de construction, de types de matériaux utilisés et de méthodes de construction. Un inventaire des possibilités d'isolation a également été réalisé pour

compléter cette vision des solutions énergétiques afin de proposer des méthodes d'application de l'isolation sur une paroi de manière juste. La quatrième étape a été de composer trois scénarios de réhabilitation énergétique différenciés pour adapter le bâtiment.

Le scénario d'origine parle de la situation avant sa réhabilitation connue aujourd'hui.

Un premier scénario propose une réhabilitation énergétique moins orientée vers une isolation complète, tout en augmentant la qualité de l'air et le confort.

Un deuxième scénario est dirigé vers une augmentation du confort et de la qualité de l'air, proposant une isolation par l'intérieur.

Le dernier scénario, quant à lui, propose une isolation par l'extérieur, améliorant la performance énergétique tout en augmentant le confort intérieur de différentes manières.

Ensuite, il a fallu réaliser une rosace de valeurs grâce aux aspects de la valeur créés par Kredheim & Khalaf, et identifier des composants par rapport aux analyses réalisées dans la première étape du travail. Cette rosace a été utilisée pour évaluer le patrimoine de la manière la plus complète et inclusive possible, bien que certains composants puissent avoir un caractère plus subjectif car choisis de manière personnelle. Travailler sous forme de rosace permet de visualiser les oscillations des valeurs et de montrer l'impact des choix sur l'enveloppe en fonction de différents scénarios d'amélioration de l'enveloppe et du confort.

Enfin, dans la sixième étape, les scénarios ont été vérifiés à l'aide de logiciels et applications fournissant des estimations de leur évolution énergétique, en les confrontant aux rosaces. Le constat est que le scénario d'origine montre que certains éléments de valeur patrimoniale ont été perdus lors des travaux de réhabilitation. Les trois scénarios améliorent la performance énergétique du bâtiment, mais les valeurs évoluent différemment en fonction des choix opérés sur l'enveloppe.

Le premier scénario ne réalise pas de changement drastique sur l'enveloppe, ce qui touche les valeurs patrimoniales de manière minimale.

Le deuxième scénario permet de ne pas détruire les valeurs patrimoniales car les modifications se passent principalement à l'intérieur.

Le troisième scénario atteint la meilleure performance énergétique, mais les modifications apportent un impact négatif sur les valeurs patrimoniales, celles-ci diminuant largement.

La dernière étape du travail discute des résultats et constate que, pour respecter le patrimoine d'un bâtiment comme celui étudié, il est nécessaire de prendre en compte les valeurs patrimoniales lors de la réalisation de travaux de rénovation énergétique. Les choix effectués sur une enveloppe peuvent impacter l'intégrité du patrimoine. Un

questionnement continu doit être mené lors des réhabilitations énergétiques de bâtiment à caractère patrimonial. D'un point de vue plus global, le travail aide à combiner les résultats, à prendre en compte la valeur patrimoniale, l'amélioration de la performance énergétique et le confort des habitants.

Il en est ressorti que les travaux déjà réalisés auparavant pour la réhabilitation avaient fait disparaître de nombreuses valeurs patrimoniales. Aussi, il a été constaté que l'isolation par l'intérieur et l'isolation par l'extérieur, bien qu'ayant la même épaisseur d'isolant, n'avaient pas la même valeur U. La paroi isolée par l'intérieur présentait une meilleure performance énergétique. Ensuite, le troisième et le deuxième scénarios ont permis d'améliorer leur score PEB, indiquant une meilleure performance énergétique du bâtiment. Le premier scénario a quant à lui, améliore le confort et le fonctionnement au sein du logement. De plus, l'installation de panneaux photovoltaïques permettait d'atteindre le score A+ du PEB, mais cela impactait l'authenticité du logement, bien que négligeable, compte tenu de la disposition et de l'orientation du site, apportant ainsi un aspect positif aux logements.

L'étude vise à montrer que les valeurs patrimoniales peuvent être prises en compte conjointement avec les mesures sur l'enveloppe, sans freiner les ambitions énergétiques.

Ce travail souligne la difficulté de choisir parmi les nombreuses solutions de mise en œuvre, matériaux et enjeux à prioriser. Bien que ces choix soient subjectifs, ils nécessitent une prise en compte consciente d'éléments tels que la spécificité, le patrimoine et la technique. Les décisions doivent être prises de manière réfléchie pour un bâti à caractère patrimonial, en gérant les compromis comme un curseur tout au long du processus. Ce travail doit être effectué en continu et représente une prise de conscience nécessaire pour l'architecte.

Perspectives

Pour des perspectives d'amélioration du travail, il serait pertinent d'aborder plus en profondeur les contraintes budgétaires et les coûts engendrés par les travaux de réhabilitation en relation avec les choix patrimoniaux. Ce point a été peu traité ou simplement évoqué, sans débattre de son importance, notamment pour des projets de logements sociaux.

Ainsi, les comportements des usagers n'ont pu être observés ou compris réellement lors des visites, car les logements étaient inoccupés. Bien que la participation d'un membre de la société Logivesdre lors des visites ait permis de comprendre certains aspects à l'échelle du travail effectué, ce critère pourrait être approfondi pour mieux appréhender les comportements et les besoins réels des habitants.

Ensuite, la précision de la mise en œuvre des matériaux dans une optique de réversibilité, développée au cours du cycle de master, pourrait être plus détaillée et complète. Cela permettrait de mieux comprendre les enjeux des choix lors des travaux de réhabilitation énergétique.

De plus, pouvoir visiter l'ensemble des logements composant une maison de la cité ouvrière et même s'élargir à différentes maisons, pourrait affiner le travail et mieux comprendre les enjeux du site. Cela permettrait également de compléter les données sur les changements subis par la cité dans son ensemble.

Enfin, bien que l'organisation spatiale soit abordée dans l'analyse du bâti existant, elle n'a pas été suffisamment approfondie pour travailler sur une organisation des fonctions dans une optique bioclimatique. De plus, l'absence d'extérieur peut poser des problèmes de confort, principalement lors des périodes estivales. Il serait possible de travailler sur ce thème pour améliorer et optimiser le confort.

Ce travail a permis de tester plusieurs scénarios ayant des impacts différents sur l'enveloppe et de traiter des aspects de la valeur en lien avec la cité des Grandes Rames. Ces scénarios testés rapprochent les intérêts de la rénovation énergétique, les valeurs patrimoniales et de confort. Ils ouvrent également la voie à d'autres perspectives de recherche et de questionnement.

Table des illustrations et des figures

Page d'accueil - Grande Rame vue de carte. Source : Géoportail de la Wallonie.	1
Figure 1 - Plan de la cité des Grandes Rames. Source : Archives de Verviers	35
Figure 2 - Photographie de la cité et des voiries. Source : Closset Maurice.	36
Figure 3 - Photographie de la façade avant la réhabilitation, prise de face. Source : Archives de Verviers	37
Figure 4 - Photographies du contexte de la cité avant les travaux de réhabilitation. Source : Archives de Verviers.	38
Figure 5 - Photographies des longues façades avant les travaux de réhabilitation. Source : Archives de Verviers.	38
Figure 6 - Photographie des pignons est avant les travaux de réhabilitation. Source : Archives de Verviers.	39
Figure 7 - Photographies des pignons ouest avant les travaux de réhabilitation. Source : Archives de Verviers.	40
Figure 8 - Coupe et plan de l'installation de sanitaire. Source : Archives de Verviers.	41
Figure 9 - Photographie de la façade avec le rez-de-chaussée muré. Source : Capart, Fr.	42
Figure 10 - Photographie de la cité dépourvue de ses éléments structurels, ne laissant que les murs massifs. Source : Nizet, J.M.	44
Figure 11 - Photographies des travaux en cours de réhabilitation. Source : Nizet, J.M.	45
Figure 12 - Photographies chantier des Grandes Rames. Source : Capart, Fr.	45
Figure 13 - Plan actuel du rez-de-chaussée, mettant en évidence les nouveaux apports. Source : Sophie Rulkin.	46
Figure 14 - Plan du rez-de-chaussée avant la réhabilitation par le bureau Plannings, mettant en évidence les démolitions subies par la cité. Source : Archives de Verviers.	46
Figure 15 - Plans réalisé par les architectes R. Busch et A. Van De Winckel du bureau « Plannings ». Source : Archives de Verviers.	47
Figure 16 - Plan d'implantation de la zone des logements visités. Source : Sophie Rulkin.	48
Figure 17 - Schémas d'organisation spatiale. Source : Sophie Rulkin.	49
Figure 18 - Plan existant par les architectes R. Busch et A. Van De Winckel du bureau « Plannings » en comparaison avec le plan actuel du rez-de-chaussée de la cité. Source : Archives de Verviers et Sophie Rulkin.	49
Figure 19 - Les fonctions du rez-de-chaussée. Source : Sophie Rulkin.	50
Figure 20 - Fenêtre de la cuisine. Source : Sophie Rulkin.	51

Figure 21 - L'escalier du bloc Nord. Source : Sophie Rulkin.	51
Figure 22 - Schéma de la zone en granito. Source : Sophie Rulkin.	51
Figure 23 - Revêtements de sol dans l'espace de vie. Source : Sophie Rulkin.	51
Figure 24 - Conduits actuels d'extraction. Source : Sophie Rulkin.	52
Figure 25 - La façade arrière du bloc Nord en octobre. Source : Sophie Rulkin.	53
Figure 26 - La façade arrière du bloc Nord en juillet. Source : Sophie Rulkin.	53
Figure 27 - Plan ventilation naturelle transversale. Source : Sophie Rulkin.	53
Figure 28 - Coupe ventilation naturelle transversale. Source : Sophie Rulkin.	53
Figure 29 - Le parcours du soleil. Source : Sophie Rulkin.	54
Figure 30 - Zoom sur une baie de fenêtre. Source : Sophie Rulkin.	55
Figure 31 - La façade arrière du bloc Nord. Source : Sophie Rulkin.	55
Figure 32 - Schéma de la composition du mur. Source : Sophie Rulkin.	55
Figure 33 - Pignon Ouest du bloc Nord. Source : Sophie Rulkin.	55
Figure 34 - Façade arrière du bloc Sud. Source : Sophie Rulkin.	55
Figure 35 - Isolation du plancher sur cave. Source : Sophie Rulkin.	56
Figure 36 - Résultats de l'outil Totem, pour les parois actuelles. Source : www.totem-building.be	57 - 58
Figure 37 - Résultat au Quicksan, pour les logements actuels. Source : www.monquicksan.be	59
Figure 38 - Trois étapes au Quicksan pour la cité actuelle. Source : www.monquicksan.be	60
Figure 39 - Première étape au Quicksan pour la cité actuelle. Source : www.monquicksan.be	61
Figure 40 - Deuxième étape au Quicksan pour la cité actuelle. Source : www.monquicksan.be	61
Figure 41 - Troisième étape au Quicksan pour la cité actuelle. Source : www.monquicksan.be	62
Figure 42 - Dessin de style d'intervention de structure légère. Source : Trachte Sophie.	65
Figure 43 - Dessin de pistes de solutions pour le mur de refend. Source : Evrard et al.	71
Figure 44 - Exemples de ponts thermiques de la dalle par l'isolation par l'intérieur. Source : Evrard et al.	72
Figure 45 - Schéma ventilation premier scénario. Source : Sophie Rulkin.	77
Figure 46 - Gaines techniques. Source : Sophie Rulkin.	78
Figure 47 - Schéma des interventions premier scénario. Source : Sophie Rulkin.	79
Figure 48 - Schéma ventilation deuxième scénario. Source : Sophie Rulkin.	79
Figure 49 - Schéma des interventions deuxième scénario. Source : Sophie Rulkin.	81
Figure 50 - Schéma de ventilation troisième scénario. Source : Sophie Rulkin.	82

Figure 51 - Schéma des interventions troisième scénario. Source : Sophie Rulkin.	83
Figure 52 - Schéma explicatif de la rosace de valeurs. Source : Sophie Rulkin.	84
Figure 53 - La rosace de valeurs. Source : Sophie Rulkin.	87
Figure 54 - La rosace situation existante. Source : Sophie Rulkin.	88
Figure 55 - La rosace scénario d'origine. Source : Sophie Rulkin.	89
Figure 56 - La rosace du premier scénario. Source : Sophie Rulkin.	90
Figure 57 - La rosace du deuxième scénario. Source : Sophie Rulkin.	91
Figure 58 - La rosace du troisième scénario. Source : Sophie Rulkin.	92
Figure 59 - Résultat au Quickscan, pour le scénario d'origine. Source : www.monquickscan.be	95
Figure 60 - La cave et les voûtes. Source : Sophie Rulkin.	96
Figure 61 - Tableau des mesures choisies pour le premier scénario. Source : Sophie Rulkin.	96
Figure 62 - Résultats sur l'outil Totem, pour le plancher sur cave premier scénario. Source : www.totem-building.be	97
Figure 63 - Résultat généré par l'outil pour le premier scénario. Source : www.monquickscan.be	97
Figure 64 - Résultat au Quickscan, pour le premier scénario. Source : www.monquickscan.be	97
Figure 65 - Tableau des mesures choisies pour le deuxième scénario. Source : Sophie Rulkin.	98
Figure 66 - Résultats sur l'outil Totem, pour les parois du deuxième scénario. Source : www.totem-building.be	99 - 100
Figure 67 - Résultat au Quickscan, pour le deuxième scénario. Source : www.monquickscan.be	101
Figure 68 - Tableau des mesures choisies pour le troisième scénario. Source : Sophie Rulkin.	102
Figure 69 - Résultats sur l'outil Totem, pour les parois du troisième scénario. Source : www.totem-building.be	102 - 103
Figure 70 - Résultat au Quickscan, pour le troisième scénario. Source : www.monquickscan.be	104
Figure 71 - Résultat au Quickscan, pour le troisième scénario sans les panneaux photovoltaïques. Source : www.monquickscan.be	104
Figure 72 - Tableau des mesures choisies et des résultats pour le premier scénario. Source : Sophie Rulkin.	106
Figure 73 - Tableau des mesures choisies et des résultats pour le deuxième scénario. Source : Sophie Rulkin.	107

Figure 74 - Tableau des mesures choisies et des résultats pour le troisième scénario.

Source : Sophie Rulkin.

108

Figure 75 - Façade arrière avec encadrement en pierre des anciennes portes. Source :

Sophie Rulkin

109

Sitographies :

ASSOCIATION ARCANNE (2021). Base de données « Matériaux ». Disponible sur : <https://associationarcanne.com/ressources/base-de-donnees-materiaux/> (consulté le 8 juillet 2024)

AWaP. (n.d.). Protection du patrimoine. Disponible sur : <https://agencewallonnedupatrimoine.be/protection-du-patrimoine/> (consulté le 19 avril 2023)

Bruxelles Environnement (n.d.). Bâtiments exemplaires Wallonie - BATEX. Disponible sur : https://app.bruxellesenvironnement.be/batex_search/?langtype=2060 (consulté le 23 mars 2024)

CREBA. (2018). Charte de réhabilitation responsable du bâti ancien. Disponible sur <http://www.rehabilitation-bati-ancien.fr/fr> (consulté le 19 avril 2023)

Dartevelle, O. (2023). Sciences et technologies 2 : Intégration spatiale des installations techniques. Support théorique - partie 2. Ecampus. Disponible sur : <https://www.ecampus.uliege.be/ultra/institution-page> (consulté le 29 juin 2024)

ENERGIE PLUS. (2021). Choisir le système de ventilation : critères généraux. Disponible sur : <https://energieplus-lesite.be/concevoir/ventilation/choisir-le-systeme-de-ventilation/choisir-le-systeme-de-ventilation-criteres-generaux/> (consulté le 8 juillet 2024)

ENERGIE PLUS. (2021). Choisir le châssis. Disponible sur : <https://energieplus-lesite.be/concevoir/fenetres2/choisir-le-chassis/> (consulté le 8 juillet 2024)

État de l'environnement wallon. (2023). Performances énergétiques du parc immobilier résidentiel. Disponible sur : <http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://etat.environnement.wallonie.be/contents/indicator sheets/MEN%2010.eewGeneratePdf.do.PDF> (consulté le 23 mars 2024)

HIBERAtlas. (n.d.). Historic Building Energy Retrofit Atlas. Développé dans le cadre des projets de recherche Atlas et IEA_SHC TASK59. Disponible sur : <https://www.hiberatlas.com/en/welcome-1.html> (consulté le 21 avril 2023)

Houbart, C. (2022). Existant. Principes d'intervention. Ecampus. Disponible sur : <https://www.ecampus.uliege.be/ultra/institution-page>

Lekane, M. (2016, 16 décembre) Made in Longdoz Métamorphoses d'un quartier industriel-Document PDF. Dossier pédagogique. Disponible sur : <https://www.embarcaderedusavoir.uliege.be/upload/docs/application/pdf/> (consulté le 4 avril 2023)

MaisonBioNat, MaisonBioNat. (2018, 20 octobre). Comment concevoir sa maison bioclimatique partie 3 (vidéo). YouTube. <https://associationarcanne.com/2018/07/18/la-conception-bioclimatique/>

Mignolet M. (2023, 26 janvier) Comparateur-Energie.be fait le point sur l'évolution des tarifs et les changements à venir en 2023. Comparateur-Energie.be. Disponible sur : <https://www.comparateur-energie.be/blog/tour-horizon-changements-a-venir-energie/> (consulté le 23 mars 2023)

Trachte, S. (2023). Sciences et technique 3 : Approche performancielle des constructions existantes. Ecampus. Disponible sur : <https://www.ecampus.uliege.be/ultra/institution-page>

Service public de Wallonie (SPW). (n.d.) La cité des Grandes Rames Verviers. Connaître la Wallonie. Disponible sur : <https://connaitrelawallonie.wallonie.be/fr/lieux-de-memoire/la-cite-des-grandes-rames#.ZBQRjuzMK3L> (consulté le 20 mars 2023)

Service public de Wallonie – Site énergie du Service public de Wallonie (SPW). (n.d.) Stratégie wallonne de rénovation. Disponible sur : <https://energie.wallonie.be/fr/strategie-de-renovation.html?IDC=9580> (consulté le 14 avril 2023)

Service public de Wallonie (SPW). (2019). Un nouveau code Wallon du patrimoine. (Agence wallonne du Patrimoine) Disponible sur : https://agencewallonnedupatrimoine.be/wp-content/uploads/2019/02/spw_awap_code_wallon_patrimoine_2019.pdf (consulté le 19 avril 2023)

Service public de Wallonie (SPW). (2020, 24 novembre). Direction des bâtiments durables Stratégie wallonne de rénovation à long terme du bâtiment, actée par le gouvernement Wallon le 24 novembre 2020.

Solar Heating & Cooling Program. (2020) Task 59. Renovating historic buildings towards zero energy. Disponible sur : <https://task59.iea-shc.org/highlights> (consulté le 21 avril 2023)

Textes de l'union européenne :

Commission européenne, Direction générale de l'éducation, de la jeunesse, du sport et de la culture, (2022). Renforcer la résilience du patrimoine culturel face au changement climatique : convergence entre le pacte vert pour l'Europe et le patrimoine culturel, Office des publications de l'Union européenne. Disponible sur : <https://data.europa.eu/doi/10.2766/71461> (consulté le 23 mars 2023)

Union européenne. (2023, 10 mars). Ajustement à l'objectif 55. Conseil européen Conseil de l'Union européenne. Disponible sur : <https://www.consilium.europa.eu/fr/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/> (consulté le 23 mars 2023)

Union européenne. (2022, 18 novembre). Infographie. « Ajustement à l'objectif 55 » : rendre les bâtiments situés dans l'UE plus verts. Conseil européen Conseil de l'Union européenne. Disponible sur : <https://www.consilium.europa.eu/fr/infographics/fit-for-55-making-buildings-in-the-eu-greener/> (consulté le 23 mars 2023)

Articles scientifiques :

Bos, M., Claeys, D., Stiernon, D. & Vandenbroucke, D. (2023) Vers une dynamique d'objectivation de l'évaluation patrimoniale. *Lieuxdits* #23, X, 32 – 44. DOI: 10.14428/ld.vi23.76853

Kaveh, B., Mazhar, M.U., Simmonite, B., Sarshar, M. and Sertyesilisik, B. (2018), "An investigation into retrofitting the pre-1919 owner-occupied UK housing stock to reduce carbon emissions", *Energy and Buildings*, Vol. 176, 33-44, disponible sur www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778817301937

Trachte, S., Galàn González, A., Evrard, A., & Athanassiadis, A. (2015). B3-RetroTool : Development of a multi-scale and multi-criteria pre-assessment tool for the sustainable retrofit of Brussels capital Region.

Monographies :

Bauwens, C., & Potelle, J-F. (2017). Carnets du Patrimoine n°140. Le patrimoine de Verviers. Institut du patrimoine wallon, Namur, 64 pages, 978-2-87522-188-9

Frankignoulle, P. (2001). L'habitat ouvrier et social. In P. Frankignoulle, S. Dawance & A. Malherbe (Eds.), *Habiter la Ville*. 60-73 pages. Bruxelles, Belgium: Labor.

Joris, F. (2004). Le Patrimoine verviétois. Aqualaine. Verviers.

Joris, F. (2006). 1906 une saga Verviétoise. Éditions des Champs.

Lebrun, P. (1948). L'industrie de la laine à verviers pendant le XVIIIe et le début du XIXe siècle, Liège.

Léon, P. (1977). Dictionnaire des rues de Verviers. Imprimerie G. Lelotte.

Monami, J. (n.d.). Verviers aujourd'hui et demain. Imprimerie Sovie, Verviers.

Smets M. (1977). L'avènement de la cité-jardin en Belgique, Histoire de l'habitat social en Belgique de 1830 à 1930. Edition Pierre Mardaga.

Van Loo, A. (2003). Dictionnaire de l'architecture en Belgique de 1830 à nos jours : Habitat social. Anvers : Fonds Mercator. 456-463 pages.

Wirtgen-Bernard, C., & Dusart, M. (1981). Visages industriels Dhier et aujourd'hui en pays de Liège. Pierre Mardaga. Bruxelles.

Articles de presse et de revue :

Archives de Verviers (n.d.) Le rajeunissement des « premières maisons ouvrières » construites à Verviers, en 1808. Retour en arrière dans l'histoire de Verviers.

D.C. (1996) Les Grandes Rames ouvrent un nouveau chapitre de leur histoire. Rénovation, La Meuse

Degraeve, J-M. (n.d.). Les maisons ouvrières des grandes Rames à Verviers. Les échos du logement, N°122, 55.

Dhondt, J. (1951). Lebrun. L'industrie de la laine à Verviers pendant le 18e et le début du 19e siècle. Contribution à l'étude des origines de la révolution industrielle. Revue belge de Philologie et d'Histoire, 29(2), 652-654

Frankignoulle, P. (2013). 125 ans de logement social. Architrave, 178, 21-31 en ligne : https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/164209/1/AT178_21_31.pdf

Le Rouzic, V. (2015), Le chemin se fait en marchant : L'habitat et les territoires dans la transition énergétique. Réseau des acteurs de l'habitat, 1-6, disponible sur <https://www.acteursdelhabitat.com>

NIZET, J.M. Rue Des Grandes Rames. Temps jadis, 2017, X,135, 6-7 Pierre Mardaga. Bruxelles, 182 pages

Puissant, J. (2008). L'exemple belge : l'habitat privé, la maison individuelle l'emportent sur l'habitat collectif. Revue du Nord, 2008/1 (374), 95-116. DOI10.3917/rdn.374.0095

R. ST. (1990) Les Grandes Rames verviétoises, première cité ouvrière d'Europe. Le jour – Le courrier, X

Pas d'auteur Archives de Verviers. (1994) A Verviers, n'oubliez pas les « Grandes Rames ». Le jour – Le courrier, X

Pas d'auteur Archives de Verviers. (n.d.) Les Verviétois furent les premiers à bâtir des maisons ouvrières

Pas d'auteur Archives de Verviers. (1996) Le chantier des grandes rames verviétoises officiellement inauguré par le ministre Taminiaux. Le jour – Le courrier, X

Rapports et mémoires :

Bus de Warnaffe, T. (2021). Rénovation des fermes pluricellulaires Wallonnes. Combiner performance énergétique, confort et valeur patrimoniale avec des solutions alternatives à tout à l'isolation. Mémoire de fin d'étude réalisé en vue de l'obtention du grade de Master en Ingénieur Civil Architecte, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique.

Busch, R. & Van De Winckel, A. (1982). Les Grandes Rames en Pré Javais. Aménagement de 45 logements. Esquisse en vue d'acquisition. Archives de Verviers.

Dandois, M. (2023). Comment réhabiliter durablement les immeubles à appartements liégeois de l'entre-deux-guerres en combinant performance énergétique, confort et valeur patrimoniale? Etude sur l'ensemble de logement sociaux situé dans le quartiers des Vennes. Mémoire de fin d'étude réalisé en vue de l'obtention du grade de Master en Architecture, Université de Liège, Liège, Belgique.

Lejeune, I. (2021). La réhabilitation d'anciens logements ouvriers, tentatives d'habitat groupé - Etude de trois cas. Mémoire de fin d'étude réalisé en vue de l'obtention du grade de Master en Architecture, Université de Liège, Liège, Belgique.

Les Linaigrettes, Archives de Verviers (1982), X, Verviers.

Olivier, A. (2014). La rénovation énergétique. Des bâtiments à intérêt patrimonial. Mémoire de fin d'étude réalisé en vue de l'obtention du grade de Master en Ingénieur Civil Architecte, Université de Liège, Liège, Belgique.

Projet P-Renewal. (n.d.) Recommandations à la rénovation du bâti ancien wallon. Les dalles sur terre-plein et planchers sur cave, 50 pages

Renaux, J. (2011). Le domaine de Neuville-En-Condroz. Stratégies d'intervention sur un lotissement existant. Mémoire de fin d'étude réalisé en vue de l'obtention du grade de Master Ingénieur Civil Architecte, Université de Liège, Liège, Belgique.

Sage, F., Moncaster, A., & Jones, D.(2021).Rethinking retrofit of residential heritage building. Buildings & cities, 2(1), 495-517, DOI : <https://doi.org/10.5334/bc.94>

Winkin, M. (2019). La rénovation énergétique d'un bâtiment patrimonial classé en milieu rural. Étude de cas : l'ancien presbytère de Rachamps. Mémoire de fin d'étude réalisé en vue de l'obtention du grade de Master en Architecte, Université de Liège, Liège, Belgique.

Guides :

Evrard, A., Branders, A., De Herde, A. (2011). Isolin, guide pour l'isolation par l'intérieur des murs existants en briques pleines, La Wallonie. Disponible sur :

<https://energie.wallonie.be/fr/isolation-thermique-par-l-interieur-des-murs-existants-en-briques-pleines.html?IDC=8656&IDD=41922> (consulté le 6 mai 2024)

Opdebeeck M. & De Herde A. (2014). Guide de la rénovation énergétique et durable des logements en Wallonie. Disponible sur : <https://energie.wallonie.be/fr/guide-de-la-renovation-energetique-et-durable-des-logements-en-wallonie.html?IDC=8661&IDD=114342> (consulté le 21 avril 2023)

Annexe 1 : Fiche d'information - Inventaire des solutions de réhabilitation énergétique

Ces fiches d'information sont des projets présentés dans Hiberatlas et dans les Bâtiments exemplaires. Ces fiches sont inspirées de celles du travail de fin d'études de Marie Dandois (Dandois, 2023).

Maison du fermier

Carte d'identité



Adresse : Hilpoltstein, Allemagne
Architecte : Stefan Lerzer
Performance énergétique : 61,49 kWh/m².an
Âge du bâtiment : 1400
Niveau de protection : inscrit
Utilisation du bâtiment : résidentiel rural
Type de construction : mur de maçonnerie en pierre et plancher intermédiaire en bois.

Choix rénovation énergétique

Élément(s) préservés :

L'emplacement de la maison, qui représente la ville, ainsi que la voûte en berceau du sous-sol, les murs extérieurs en grès et les poutres en chêne de la charpente.

Enveloppe :

L'accent a été mis sur la préservation de la structure historique du bâtiment autant que possible.

Fenêtres : les menuiseries existantes ont été remplacées par des fenêtres anciennes, tandis que les nouvelles ont été installées avec des serrures forgées similaires. Le double vitrage isolant a été utilisé pour rendre le bâtiment plus performant. L'apparence des fenêtres existantes a été préservée dans la mesure du possible.

Murs extérieurs : le mur de façade Est, d'une épaisseur de 30 centimètres, a été isolé par l'extérieur à l'aide d'un système de composite et un enduit de mortier/colle. À l'intérieur, un mortier de plâtre composé de gypse de chaux et d'anhydrite de chaux a été appliqué. Le pignon Nord, avec une maçonnerie existante de 25 centimètres d'épaisseur, a subi les mêmes changements que la façade Est. Le pignon Sud a conservé la maçonnerie de 240 centimètres d'épaisseur il a été isoler aussi par l'extérieur, cependant le mur est resté visible de l'intérieur et n'ait pas été enduit.

Planchers : une nouvelle structure en bois a été construite pour tous les étages. Le plafond du sous-sol a été isolé avec de la mousse de verre de 25 centièmes d'épaisseur et une isolation sous chape de 6 centimètres. Aucune structure de plancher existante n'était utilisable, donc celle menant au sous sol a été réalisé en dalle de béton armé.

Toiture : la charpente ancienne a été conservée, mais les parties de la structure qui ne pouvaient pas l'être ont été remplacées. Lors de la rénovation énergétique de la toiture, un complexe de bois et un isolant de cellulose de 16 centièmes ont été ajoutés, entre un pare-vapeur et un panneau de sous couche perméables à la diffusion.

Ventilation :

Un nouveau système de ventilation central avec récupération de chaleur a été installé, puisque le bâtiment ne disposait pas de ce système.

Maison Nid

Carte d'identité



Adresse : Anderlecht, Belgique
Architecte : N. Stragier
Performance énergétique : 30 kWh/m².an
Âge du bâtiment : /
Niveau de protection : inscrit monuments et sites
Utilisation du bâtiment : résidentiel urbain
Type de construction : parement brique

Choix rénovation énergétique

Élément(s) préservés :

Une ancienne imprimerie industrielle.

Enveloppe :

Pour deux appartements, on a procédé à l'ajout par une extension au dernier étage. Un des enjeux soulève la question de la gestion des ponts thermiques.

Fenêtres : les profilés des fenêtres sont en bois.

Murs extérieurs : les murs existants ont été doublés d'une ossature en bois remplie de cellulose. Le maître d'ouvrage a exprimé le souhait d'éviter l'utilisation de bois tropical, privilégiant ainsi la récupération de bois dans le projet. La finition a été réalisée avec des panneaux carton-plâtre, offrant un meilleur bilan environnemental que les panneaux fibres-gypse.

Planchers : pour assurer une isolation du sol incompressible, de la laine de roche a été choisie. Toutefois, le client a exprimé des regrets car la chape s'est fissurée.

Toiture : la priorité de ce projet était l'utilisation de matériaux sains, biens que certains compromis aient dû être faits, comme l'étanchéité des toits plats avec une membrane en caoutchouc souple. L'isolation a été réalisée avec des panneaux de laine de bois, notamment pour assurer la rupture des ponts thermiques. De plus, le toit végétal contribue à l'isolation phonique et thermique.

Ventilation :

Un nouveau système de ventilation mécanique contrôlée avec récupération de chaleur, utilisant une roue thermique, a été installé. Cela permet la récupération de l'humidité et l'évacuation de la condensation, par rapport à un échangeur de chaleur classique.

Alte schäfflerei au monastère

Carte d'identité



Adresse : Benedikbeuern, Allemagne
Architecte : Bureau d'architecture Martin Spaenle
Performance énergétique : 29,9 kWh/m².an
Âge du bâtiment : 1700-1800
Niveau de protection : inscrit
Utilisation du bâtiment : lieu événementiel
Type de construction : mur de maçonnerie mixte de matériaux en pierre et en brique

Choix rénovation énergétique

Élément(s) préservés :

La charpente baroque doit être conservée. Les menuiseries et le parquet d'origine seront réutilisées.

Enveloppe :

L'amélioration énergétique des fenêtres et l'isolation constituent l'un des principaux enjeux du bâtiment pour optimiser son efficacité énergétique. Étant donné que ce projet est une recherche, plusieurs systèmes de rénovation énergétique sont utilisés.

Fenêtres : lorsqu'il est possible de conserver le cadre de la fenêtre, le vitrage est remplacé par un verre à isolation thermique. Une autre possibilité pour préserver l'aspect d'origine de la fenêtre est d'utiliser la vitre existante, complétée par une nouvelle vitre en verre isolant pour obtenir un vitrage isolé. Si le mur n'est pas isolé, la menuiserie est placée au même niveau que la pièce existante.

Si le mur est isolé, le cadre de fenêtre est aligné avec l'isolation intérieur du mur. Les pattes de fixation sont suffisamment grandes pour compenser l'épaisseur de la couche isolante. Enfin, un ruban d'étanchéité est placé entre le mur et l'isolant intérieur.

Murs extérieurs : les murs Est et Sud ont été réparés à l'aide de chaux provenant d'une distillerie de chaux voisine. Cela n'a pas été le cas pour la façade principale, qui a subi une dispersion de silicates, étant donné qu'elle est exposée aux intempéries et qu'elle est isolée. Un système d'isolation intérieur par cloison sèche a été exploité, avec des panneaux de fibres de bois pour le pare-vapeur et de la cellulose soufflée pour l'isolation. Comme finition des panneaux de fibres de gypse de bois ont été fixés avec des vis et un papier japonais. Pour isoler l'embrasure de la fenêtre un enduit thermo-isolant a été appliqué. Une autre option a été l'isolation transparente, qui permet de conserver les fresques et les peintures existantes. La lame d'air entre le vitrage et le mur doit être chauffée pour éviter l'humidité. Une isolation par extérieur un système aérogel a été opérée pour un monument.

Planchers : au rez-de-chaussée, une dalle de béton armé a été coulée, avec une isolation en granulés de mousse de verre de 25 centimètres. L'isolant du plafond du plancher a été le choix de différents matériaux comme le coco, le chanvre, la fibre de bois, remplissage de cellulose.

Toiture : la décision a été prise de conserver la charpente apparente et d'isoler le plancher plutôt que la toiture.

Ventilation :

Un nouveau système de ventilation avec récupération de chaleur a été installé dans le grenier. Ce système assure l'apport d'air frais et l'évacuation de l'air vicié, par les deux cheminées historiques.

CPAS de Forest

Carte d'identité	 <p>Adresse : Forest, Belgique Architecte : A2M Performance énergétique : 28 kWh/m².an Âge du bâtiment : 1930 Niveau de protection : pas inscrit Utilisation du bâtiment : bureaux Type de construction : parement brique.</p>
Choix rénovation énergétique	<p><u>Élément(s) préservés :</u></p> <p>Le bâtiment est situé dans une zone de protection de l'abbaye de Forest. La façade dans son ensemble (portes, fenêtres et murs extérieurs) ainsi que l'escalier central ont été préservés.</p> <p><u>Enveloppe :</u></p> <p>L'objectif était de préserver un bâtiment chargé de valeur patrimoniale tout en appliquant des solutions durables.</p> <p>Fenêtres : les châssis existants ont été conservés, mais pour garantir la performance énergétique du bâtiment, des châssis plus performants ont été installés à l'intérieur.</p> <p>Murs extérieurs : l'isolation a été réalisée par l'intérieur, conformément au souhait du projet de préserver les façades. Cette isolation est composée de 20 centimètres de cellulose.</p> <p>Planchers : des découpes ont été pratiquées le long des façades des dalles pour éviter les ponts thermiques entre la jonction de la dalle de béton et la façade. Cela permet à l'isolation des murs de façade de se prolonger. Grâce à ces découpes, l'isolation n'est pas interrompue.</p> <p>Toiture : /</p> <p><u>Ventilation :</u></p> <p>Le refroidissement du bâtiment est réalisé par le night-cooling naturel, qui est un système passif de refroidissement. Ce système repose sur le flux d'air extérieur plus froid que l'intérieur, qui, en contact avec la masse thermique du bâtiment pendant la nuit, se charge de la chaleur des planchers et des plafonds pour ensuite être évacué par une cheminée thermique.</p>

Usine

Carte d'identité



Adresse : Malmö, Suède
Architecte : Stena Fastigheter
Performance énergétique : 98 kWh/m².an
Âge du bâtiment : 1900-1944
Niveau de protection : inscrit
Utilisation du bâtiment : bureaux
Type de construction : finition extérieure
maçonnerie apparente

Choix rénovation énergétique

Élément(s) préservés :

Le caractère général du bâtiment dans son intégralité.

Enveloppe :

La rénovation énergétique s'adapte aux systèmes techniques et aux plans qui composent le bâtiment.

Fenêtres : les menuiseries existantes datant des années 70, composées d'un double vitrage, étaient en bon état et ont été restaurées et améliorées par l'ajout d'un cadre intérieur avec un vitrage isolant. Celles qui n'étaient pas en bon état ont été remplacées tout en conservant le même style que les fenêtres existantes. Les fenêtres situées dans les zones exposées à un ensoleillement régulier ont été équipées d'une protection solaire, gérée par un capteur placé sur le toit qui contrôle la lumière du soleil et la température.

Murs extérieurs : aucune isolation n'a été ajoutée au sous-sol pour des raisons économiques. Les autres murs n'ont pas reçu d'isolation supplémentaire car ils répondaient aux exigences énergétiques.

Planchers : aucune isolation n'a été ajoutée au sous-sol pour des raisons économiques.

Toiture : elle a bénéficié d'une isolation avant ces travaux actuels, et le feutre de toiture goudronné noir d'origine a été remplacé par un nouveau.

Ventilation :

Un nouveau système de ventilation hygiénique a été installé et dissimulé dans le plafond. De plus, il permet de refroidir le bâtiment en été.

Système énergies renouvelables :

Des panneaux solaires sont installés sur le toit pour générer de l'électricité. Celle-ci sera utilisée pour charger les voitures électriques, pour refroidir l'air soufflé et l'entreprise. Comme la toiture est en pente, les panneaux ne sont pas vus de la rue.

Rymsgade

Carte d'identité



Adresse : Copenhague, Danemark
Architecte : Krydsrum Architects et Rönby.dk
Performance énergétique : 56 kWh/m².an
Âge du bâtiment : 1850 - 1899
Niveau de protection : inscrit
Utilisation du bâtiment : résidentiel urbaine
Type de construction : mur de maçonnerie en brique

Choix rénovation énergétique

Élément(s) préservés :

La façade est conservée et ne peut être modifiée en raison de son classement.

Enveloppe :

La façade est typique de Copenhague, ce bâtiment nécessitait grandement d'être réhabilité.

Fenêtres : les menuiseries existantes ont été remplacées par des fenêtres reproduisant fidèlement le style des fenêtres d'origine. Les nouvelles fenêtres, en bois, possèdent un vitrage travaillé pour reproduire la même qualité miroir que celles d'époque.

Murs extérieurs : les murs de façade ont été isolés par l'intérieur avec un mélange de laine de roche et d'aéro gel de 4 centimètres, complété par une finition en panneaux de gypse de 1,3 centimètres. Certains appartements ont bénéficié d'une isolation en mousse phénolique de 4 centimètres d'épaisseur.

Planchers : une nouvelle structure en bois a été construite pour tous les étages. Le plafond du sous-sol a été isolé avec de la mousse de verre de 25 centième d'épaisseur et une isolation sous chape de 6 centimètres. Aucune des structures de plancher existantes n'était utilisable, c'est pourquoi le plancher vers le sous-sol a été rebâti en dalle de béton armé.

Toiture : la réhabilitation a inclus l'exaucement d'un nouvel étage au bâtiment, qui donne le pouvoir d'élaborer d'une nouvelle toiture. Celle-ci est composée d'un complexe de tôle et d'isolation de 20 centimètres. Seules les façades sont protégées, le toit lui-même ne l'est pas.

Ventilation :

Le bâtiment bénéficiait d'une ventilation naturelle grâce aux ouvertures des fenêtres et aux fuites dans l'enveloppe. Cependant, les conduits dans les pièces humides étaient obstrués ou présentaient des dysfonctionnements. Le projet comprend trois systèmes de ventilation différents : une ventilation mécanique traditionnelle avec récupération de chaleur dans la cage d'escalier, une ventilation mécanique décentralisée avec récupération de chaleur, et enfin une ventilation centralisée avec récupération de chaleur.

Système énergies renouvelables :

Halle Rebattet

Carte d'identité



Adresse : Grenoble, France
Architecte : Tandem Agence
Performance énergétique : 88,6 kWh/m².an
Âge du bâtiment : 1900-1944
Niveau de protection : non inscrit
Utilisation du bâtiment : bureaux et un restaurant
Type de construction : maçonnerie et structure métallique pour la charpente

Choix rénovation énergétique

Élément(s) préservés :

Les éléments architectoniques de style industriels tels que les ouvertures, les façades et les pierres apparentes ont été conservés.

Enveloppe :

L'enveloppe du bâtiment est restée inchangée car aucune extension n'a été réalisée. L'esprit industriel du volume existant a été préservé.

Fenêtres : les fenêtres ont été remplacées par des modèles en aluminium à double vitrage équipés de brise-soleil orientables. Ce changement a été effectué dans le respect du caractère du bâtiment, incitant l'architecte à reproduire les formes existantes. Les fenêtres en aluminium sont laquées avec une rupture de pont thermique. Des vitrages à contrôle solaire sont dotés pour les orientations les plus sujettes à exposition solaire.

Murs extérieurs : les murs en pierre, d'une épaisseur de 60 centimètres, ont été isolés avec une couche de laine minérale de 20 centimètres.

Planchers : une nouvelle dalle en béton a été coulée car le sol existant était en terre battue.

Toiture : la charpente ancienne en acier a été conservée, et une isolation de 40 centimètres d'ouate de cellulose a été rajoutée.

Ventilation :

Un nouveau système de ventilation mécanique avec double flux avec échangeur a été installé.