

Mémoire de fin d'études : "Résistance à la technicisation du bâtiment : les rapports à l'habitabilité et à l'environnement de Karbon'architecture et urbanisme".

Auteur : Roussel, Léo

Promoteur(s) : Neuwels, Julie

Faculté : Faculté d'Architecture

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

Année académique : 2022-2023

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/18127>

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.



UNIVERSITÉ DE LIÈGE – FACULTÉ D'ARCHITECTURE

RÉSISTANCE À LA TECHNICISATION DU BÂTIMENT :

Les rapports à l'habitabilité et à l'environnement de
Karbon'architecture et urbanisme

Travail de fin d'études présenté par Léo Roussel en vue de l'obtention du grade de Master en
Architecture

Sous la direction de : Julie Neuwels

Année académique 2022-2023

Université de Liège, Faculté d'Architecture

RÉSISTANCE À LA TECHNICISATION DU BÂTIMENT : Les rapports à l'habitabilité et à l'environnement de *Karbon'architecture et urbanisme*

Travail de fin d'études présenté par Léo Roussel en vue de l'obtention du grade de Master en
Architecture

Sous la direction de Julie Neuwels
Année académique 2022-2023

fig. 1 Documents
d'analyse (Léo Roussel)

REMERCIEMENTS

Je tenais à remercier ma promotrice, madame Julie Neuwels pour son implication, sa présence et son aide tout au long de la rédaction de ce travail de fin d'études.

Merci au bureau *Karbon'architecture et urbanisme* pour leur collaboration et tout particulièrement à Matthieu Delatte et Alessandro Pontara pour le temps et les documents fournis, qui ont permis la réalisation de ce travail.

Et un tout grand merci à ma famille, mes proches, mes amis qui m'ont soutenu tout au long de ces cinq belles années.

TABLES DES MATIERES

1. INTRODUCTION	7
1.1. Présentation de la problématique	7
1.2. Objectifs	9
1.3. Choix du bureau	9
1.4. Méthodologie	10
 2. ETAT DE L'ART	 15
2.1. La technicisation du bâtiment	15
2.1.1. La montée des questions environnementales dans le milieu de l'architecture	15
2.1.2. La réglementation de performance énergétique des bâtiments	15
2.1.3. Un modèle techno centré	17
2.2. L'influence de la technique sur le confort et l'habitabilité	19
2.2.1. Les révolutions industrielles et la période Paléotechnique	22
2.2.2. Le début de la période Néotechnique	26
2.2.3. L'après guerres et le modernisme	27
2.2.4. Les chocs pétrolier et culturel des année 1960 et 1970 et la dépendance énergétique	29
2.2.5. Le modèle techno centré, témoins d'une influence toujours présente	32
2.3. Le rapport entre les architectes et les équipements techniques	33
2.3.1. La nécessité d'un nouveau rapport entre les architectes et la technique	33
2.3.2. Un nouveau rapport à la technique	34

3. LES POSTURES ALTERNATIVES A LA TECHNICISATION DU BATIMENT	39
3.1. Karbon'architecture et urbanisme	41
4. ANALYSE DES CAS D'ETUDE	47
4.1. Etude de cas 1 : 037 VDN	49
4.2. Etude de cas 2 : 203 MOL	73
4.3. Etude de cas 3 : 335 PTB	97
4.4. Synthèse des analyses des cas d'étude	113
5. CONCLUSION	119
BIBLIOGRAPHIE	123
TABLE DES ILLUSTRATIONS	131
LISTES DES DOCUMENTS FOURNIS PAR KARBON'ARCHITECTURE ET URBANISME UTILISÉS LORS DE L'ANALYSE	135
ANNEXE	137

1. INTRODUCTION

1.1. Présentation de la problématique

Si vous consultez le site internet de la coopérative bruxelloise *Karbon' architecture et urbanisme* vous pourrez constater que le bureau prend toujours grand soin de présenter ses projet et interventions dans une description écrite. Ces petits textes, à l'instar de manifestes, témoignent des postures du bureau depuis leurs débuts. Si certains d'entre eux sont purement descriptifs, d'autres affichent clairement un regard critique sur le contexte architectural actuel et démontrent un travail de recherche du bureau pour proposer des approches innovantes et des solution alternatives aux enjeux environnementaux.

« ...L'alibi du durable ne suffit pas. Le travail de l'enveloppe n'est pas qu'une affaire d'emballage... C'est le reflet d'une époque où les préoccupations énergétiques prennent une place prépondérante dans la formulation des projets. Ces préoccupations ne peuvent se limiter à une dimension purement technique. Une intervention doit être porteuse de sens, signifier le moment dans lequel elle s'inscrit... »

Extrait de la description du projet 031 TOR, *Transformation de logements sociaux dans la cité Tormooiveld à Evere*, 2011.

A l'heure actuelle, les différentes réglementations poussent vers une réduction des consommations énergétiques et une certaine confiance est accordée aux équipements techniques pour atteindre ces objectifs (Beslay, Gournet et zelem, 2015). Si les évolutions de ces dernières années ont conduit à une utilisation accrue des installations techniques dans les bâtiments – d'une part afin d'augmenter le confort des habitants et d'autre part afin de réguler leur consommation énergétique et d'augmenter les performances environnementales du bâti –, le désintérêt des architectes pour les équipements techniques (Banham, 2011 ; Neuwels, 2015) et leur manque de maîtrise dans la mise en œuvre de ces derniers entraînent plusieurs conséquences.

Tout d'abord, le recours au « tout technique », en promettant d'offrir le confort physiologique nécessaire à tout un chacun – selon des normes définies par des experts – et d'atteindre de meilleures performances énergétiques, met l'humain, alors considéré comme potentiellement perturbateur, de côté (Beslay, Gournet et Zelem, 2014). L'habitant perd donc le contrôle de son propre confort, ce que l'architecte P. Amphoux caractérise comme le confort de maîtrise (Amphoux, 1990).

Ensuite, sans une certaine connaissance de ces appareils qui représentent tout de même la moitié du prix de revient total d'une maison (Baboulet, 2011), l'architecte se trouve dans une posture plus difficile lors des négociations avec les ingénieurs ou autres experts intervenant sur le chantier. Il se retrouve souvent dans l'incapacité de mettre en doute les « préceptes » techniques et est contraint de répéter des formules ou des modèles (Neuwels, 2015). Face à cette situation, on assiste à la réduction du rôle social de l'architecte à la simple intégration esthétique de la technique et à la maîtrise des surcoûts (Neuwels, 2015).

Dès lors, le bureau *Karbon' architecture et urbanisme* s'inscrit, tout comme d'autres bureaux, dans un mouvement pour une architecture plus frugale. Ce mouvement, sans totalement remettre en doute les enjeux et fondements des normes imposées par les pouvoirs publics, propose des alternatives à la standardisation des réponses architecturales face aux problèmes environnementaux et à la mainmise des équipements techniques pour atteindre des performances toujours plus élevées. Ils entendent également mettre en lumière certains enjeux alors éclipsés par la recherche de la performance à tout prix, comme la consommation d'énergie grise des matériaux, le confort réel pour les usagers ou encore la conception de projets qui font sens dans le contexte dans lequel ils s'implantent. Leur critique part du constat que les bâtiments ont trop souvent été conçus comme des boîtes hermétique standardisées, isolées à l'aide de matériaux issus de la pétrochimie.

Certains architectes remettent alors en doute, tout comme les sociologues, la technicisation du bâti comme réponse unique au réchauffement climatique. Ces derniers considèrent que l'utilisation accrue d'équipements techniques, qui consomment de l'énergie pour fonctionner et dont la durée de vie est limitée et l'utilisation de nombreux matériaux difficiles à extraire ou issus de la pétrochimie, sont contraires à la conception d'un bâtiment durable et résilient.

Ces derniers appellent également à une repolitisation du métier d'architecte et invitent les architectes à proposer des solutions alternatives plus en accord avec leurs convictions, à créer de nouvelles alliances impliquant humains et non humains, en se distançant des solutions purement techniques. On retrouve notamment Philippe Madec, qui au-delà de simplement proposer un « modèle » architectural, appelle à plus de frugalité dans le milieu de la construction. A travers « *Le Manifeste pour une frugalité heureuse et créative* » qu'il a co-écrit avec Alain Bornarel et Dominique Gauzin-Müller, Madec met d'abord en garde contre le temps qui presse et le mode de développement obsolète dans lequel nous semblons nous complaire, avant d'énoncer comment les architectes et bâtisseurs pourraient faire pencher la balance dans les prochaines années. Il propose

notamment de revoir le rapport aux équipements techniques, aux matériaux utilisés, à l'existant et aux éléments naturels du contexte.

Alors que nombreux sociologues ont remis en doute la technicisation du bâti à travers leurs écrits, (Belsay, Gournet et Zelem, 2014 ; Subremon, 2012 ; Gauzin et Muller, Lenoir, 2018) très peu d'ouvrages se penchent sur l'analyse de ces propositions alternatives au modèle techno centré. Au-delà de ce constat, il existe peu d'analyses architecturales au prisme des équipements techniques liés au confort et à la consommation énergétique. Pourtant, l'appropriation de ces équipements par les architectes et leur intégration dans la réflexion architecturale peut témoigner d'une prise de position et d'un engagement tant environnemental que sociétal, se distançant du modèle technico-centré tel que décrit dans la littérature.

Si la littérature concernant ces alternatives n'est pas fournie, un vrai travail de diffusion est toutefois réalisé par ces architectes innovants, au travers de publications, de conférences ou d'expositions afin d'explicitier le fonctionnement de leurs projets et d'en montrer l'efficacité et la durabilité. Ce travail sera donc l'occasion de mettre en lumière ces postures alternatives. L'analyse de la coopérative *Karbon'architecture et urbanisme* et de projets témoins permettra de faire émerger tout le travail d'intéressement de ces architectes.

1.2. Objectifs

Le but de ce travail est de faire remonter les subtilités de la recherche des architectes pour trouver des solutions alternatives à la technicisation du bâtiment et les mettre en œuvre et d'exposer toute l'ampleur de leur travail de création, d'innovation, d'hybridation et d'agencement.

Le travail consiste en une analyse du travail de *Karbon'architecture et urbanisme* au prisme de l'habitabilité et des enjeux environnementaux de leurs projets. Une attention particulière sera portée au rapport que le bureau entretient avec les équipements techniques et architecturaux liés au confort, les matériaux utilisés, les normes et réglementations en vigueur, ainsi que les différents acteurs du milieu de la construction.

Cette analyse permettra de mettre en lumière une des postures d'architecte vis-à-vis de la diversification des équipements techniques et face à la technicisation du bâti comme modèle de performance énergétique.

1.3. Choix du bureau

Le choix s'est porté sur le bureau *Karbon'architecture et urbanisme* pour plusieurs raisons. Tout d'abord, l'analyse de projets contemporains en Belgique sera l'occasion de faire ressortir une vision d'architectes belges en lien avec les enjeux environnementaux et sociétaux actuels. En tant qu'étudiant en architecture et futur praticien, cette approche me semble d'autant plus importante. De plus, le choix d'un bureau belge me permettra de me rendre sur place, de visiter leurs locaux, rencontrer les architectes et de m'entretenir avec eux dans le cadre d'entretiens semi-directifs.

Ensuite, une étude exploratoire déjà réalisée par ma promotrice, Julie Neuwels, avait mis en évidence la posture d'engagement de ce bureau contre la technicisation du bâti, démontrant des postures tantôt low tech, tantôt right tech. Ce travail sera l'occasion d'approfondir la recherche et de s'intéresser à des notions d'habitabilité et d'environnement au regard de leur travail de recherche permanent d'innovation.

Plusieurs de leurs projets ont également déjà été primés pour leur engagement environnemental. En 2012, « *Deux maisons en béton de chanvre chaux à Ottignies* » était sélectionné comme bâtiment exemplaire en Wallonie, en 2016, *la Cité Van Meulecom* était sélectionnée parmi les Be. Exemplary et en 2018, un de leurs projets était à nouveau Be. Exemplary : le projet *Vignette*, salué pour sa recherche d'invention et d'intelligence architecturale.

Karbon'architecture et urbanisme présente également un discours assez franc concernant leur vision de l'architecture durable, par exemple, aucun de leur projet n'a la certification passive. Le bureau se montre également critique vis-à-vis des normes et réglementations en vigueur, ne cherchant pas toujours la performance à tout prix mais plutôt le bon sens dans leur projet. Ceci passe par une grande compréhension de tous les enjeux techniques d'un projet d'architecture mais également la réinvention des modes de négociations avec tous les acteurs.

1.4. Méthodologie

La recherche croise la sociologie de l'architecture et la recherche en architecture. Une première partie du travail est dédiée à une analyse générale des postures et productions du bureau *Karbon'architecture et urbanisme* et la seconde, porte sur une analyse plus fine de trois projets témoins. Les données seront récoltées par un entretien semi-directif réalisé dans les locaux du bureau avec

Matthieu Delatte et Alessandro Pontara (associés du bureau *Karbon*) et un travail d'analyse de contenu établi à partir de documents (plans, schémas, détails constructifs ...) et des discours (notes d'intention, présentations des projets ...) fournis par le bureau *Karbon'architecture et urbanisme*.

Le choix de réaliser un entretien semi-directif semblait pertinent puisqu'il a été démontré que ces derniers sont particulièrement adaptés aux travaux dans divers champs, notamment celui de la sociologie mais aussi aux travaux à la frontière de plusieurs disciplines (Imbert, 2010). L'intérêt d'un entretien semi-directif est sa souplesse et sa récursivité : des bornes sont posées mais son déroulement n'est pas strictement cadré et les réponses formulées ou le déroulement de l'entretien doivent conduire à la formulation de nouvelles questions (Imbert, 2010).

Dans mon cas l'entretien semi-directif sera l'occasion d'une part de faire émerger certaines des postures du bureau *Karbon'architecture et urbanisme* sur différents sujets et d'autre part de cadrer ma recherche et d'obtenir des informations sur des cas d'étude qui pourraient s'avérer intéressants pour mon travail d'analyse.

L'analyse sera également appuyée par un entretien semi-directif réalisé par Julie Neuwels, en 2019, avec Matthieu Delatte et Jean Garcin (associés du bureau *Karbon*) dans le cadre d'un travail précédent.

1. Analyse générale des postures et productions du bureau *Karbon'architecture et urbanisme*.

La première étape consiste à retracer un portrait général du bureau d'architecture choisi : *Karbon'architecture et urbanisme*. Cette description vise tant les aspects pratiques du bureau (évolution de la composition du bureau, de la manière dont ils se présentent ...) que leurs productions (typologies et taille des projets, localisation, participation à des concours ...). Une attention particulière est portée aux aspects environnementaux : les discours à ce propos et leur évolution dans le temps.

Ces informations ont principalement été collationnées via l'analyse de leurs archives, d'articles de revues d'architecture abordant le bureau et/ou leurs productions, et complétées via un entretien semi-directif, avec deux associés du bureau.

Cette première phase a pour but de poser une toile de fond, qui permet ensuite de mieux percevoir dans quel contexte les projets témoins viennent s'inscrire.

2. Analyse des projets témoins

Dans un deuxième temps, la recherche se penche sur trois « projets témoins » sélectionnés pour leur représentativité de l'évolution des rapports que le bureau entretient avec les équipements techniques, l'habitabilité et l'environnement, tels que mis en évidence dans la première phase.

L'analyse de ces projets témoins s'établit sur base de documents graphiques (plans, schémas, ...) et de textes (présentations du projet...). Il s'agit d'identifier les équipements techniques, matériaux, les rapports avec le contexte et autres dispositions prises pour assurer le confort des habitants, mais aussi les valeurs que l'agence attribue à ces éléments au regard de la compréhension qu'ils ont des enjeux environnementaux. Ces analyses sont également étayées par un entretien semi-directif avec des architectes du bureau *Karbon'architecture et urbanisme*. Cette deuxième phase permet de faire ressortir des exemples concrets de la posture technico écologique du bureau *Karbon'architecture et urbanisme*.

Les trois projets analysés sont : la construction d'une habitation basse énergie (VDN 037), la rénovation complète de 13 logements dans la cité van Meulecom (203 MOL) et le concours pour la rénovation énergétique de deux tours de logements dans le quartier Peterbos (335 PTB).

Résumer le travail et les postures d'un bureau en analysant seulement trois de leurs projets est évidemment impossible, cependant, le choix des cas d'étude a été réalisé en tentant d'être le plus représentatif possible. Tout d'abord, l'échelonnement dans le temps semble être un facteur important. En effet, il est probable que l'expérience acquise au long de leur carrière, l'évolution de la composition du bureau, les retours d'expériences de certains projets et les changements de réglementation au cours des années aient eu un impact sur la vision de *Karbon'architecture et urbanisme* et leur façon de concevoir les projets. Les trois projets ciblent donc des périodes différentes : le projet VDN 037 a été réalisé en 2010, 203 MOL en 2016 et le concours 335 PTB déposé en 2019. Ensuite, puisque le bureau embrasse une diversité assez rare de typologies de projets, il était important que la sélection en soit représentative ; le projet VDN 037 est donc une construction neuve d'une maison unifamiliale mitoyenne, 203 MOL la rénovation lourde de 13 logements sociaux dans un ensemble construit en 1930 et le dernier est un concours pour la rénovation énergétique de deux tours de logements des années 1970/1980. Enfin, les trois projets choisis démontrent l'éventail des techniques mises en place par le bureau et l'adaptation qu'ils font de leurs connaissances dans chacun de leur projet, afin que l'intervention fasse sens.

Il est important de préciser que la méthodologie d'analyse des projets est délibérément peu encadrée. En effet, après une première approche générale des projets, il en ressort que chacun d'entre eux a ses particularités qui se doivent d'être mises en avant et que certains points auraient, au contraire, été redondants. C'est pourquoi, même si l'objectif reste identique pour chacune des analyses – mettre en lumière les postures alternatives à la technicisation du bâti et l'intérêt du bureau *Karbon'architecture et urbanisme* pour des questions d'habitabilité et environnementales – l'approche sera sensiblement différente. L'analyse suivra toutefois une structure globale : présentation générale du projet et des données objectives, le contexte, les grandes intentions (programmatiques, environnementales, techniques ...), et une analyse plus approfondie des moyens techniques et architecturaux liés au confort et aux qualités environnementales du bâtiment.

Au-delà des résultats que j'obtiendrai dans le cadre de l'analyse du travail du bureau d'architecture *Karbon'architecture et urbanisme*, ce mémoire sera l'occasion de mettre en lumière l'existence de postures alternatives à la technicisation du bâti comme modèle de performance énergétique. Il sera l'occasion de questionner le rôle de l'architecte dans la crise environnementale mais également son rôle social et politique.

2. ETAT DE L'ART

2.1. La technicisation du bâtiment

Le rôle majeur du secteur de la construction dans la crise environnementale n'est plus à prouver, puisqu'à l'heure actuelle 40% des émissions mondiales de gaz à effet de serre proviendraient des bâtiments (construction et usage) (Madec, 2021). Depuis 40 ans, la crise environnementale prend une place toujours plus importante dans notre société et cela se perçoit par les nombreuses réglementations mises en place par les instances, notamment dans le milieu de la construction. Ces normes et les apports de la science, de l'ingénierie et du secteur industriel, ont entraîné une augmentation des équipements techniques dans les bâtiments afin de réduire l'impact du secteur sur l'environnement.

2.1.1. La montée des questions environnementales dans le milieu de l'architecture

De nombreux travaux sur l'impact de l'activité humaine sur le changement climatique¹ réalisés au cours des 19^{ème} et 20^{ème} siècles vont mettre en lumière une urgence climatique mondiale. Dans le milieu de l'architecture, l'assimilation de ces questions s'est faite en plusieurs étapes et souvent en discordance avec les politiques.

Dès les années 1960, quatre étudiants fondent la communauté *Drop City* sur un terrain de 8 hectares, dans le sud du Colorado. Dans ce lieu, l'architecture devient un moyen de s'émanciper d'un modèle de vie normatif et un espace d'expérimentation pour penser la question du climat, de l'énergie et du rapport à l'environnement. Si ce mouvement n'est constitué que de libres penseurs marginaux, il constitue néanmoins les prémices de l'architecture solaire puis bioclimatique.

¹ 1827, Première description de l'effet de serre par Jean-Baptiste Joseph Fourier ; 1896, établissement d'une relation possible entre la concentration de CO² dans l'atmosphère et la température de la planète par Svante Arrhenius ; 1967, première prévision d'un réchauffement planétaire

Avec la rédaction du « Rapport de Brundtland » en 1987 et la création du GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat) en 1988, les années 80 et 90 vont marquer la légitimation d'une crise environnementale notamment dans les discours politiques, médiatiques et architecturaux (Mosconi, 2020). A partir de ce moment, les questions environnementales vont être relayées par les pouvoirs publics et dans les médias selon un récit, qui se voulait universel, centré autour de deux thématiques principales, la performance énergétique et le développement durable. Des outils vont alors voir le jour afin d'évaluer, quantifier, réglementer et communiquer ces performances. Au même moment, du côté des architectes, les discours sont pluriels et portés par des pionniers (Lacaton-Vassal, Françoise-Hélène Jourda, Gilles Perraudin, Patrick Bouchain, Lucien Kroll...). Ces derniers structurent leurs démarches autour de nombreuses thématiques : nature, matière, réemploi, énergie, climat.... Cependant, les instances architecturales et les principaux lieux de diffusion de la culture architecturale ne s'emparent pas de ces questions (Mosconi, 2013).

A partir des années 2000, on assiste à un durcissement des réglementations énergétiques et une augmentation de l'intérêt porté par les instances architecturales pour le développement durable. Ce dernier va alors être contraint par les politiques par le biais de réglementations. Les industriels, entrepreneurs ou maîtres d'ouvrage vont également s'emparer de la thématique environnementale pour des raisons économiques. Au même moment, plusieurs événements marquants vont populariser le discours sur l'architecture durable dans le milieu de l'architecture comme « Le Grenelle de l'environnement » en 2007. Cette ouverture des questions environnementales à un plus grand nombre a également entraîné la création de discours moins engagés dans le milieu de la construction que celui des créateurs des *Drop city* ou les pionniers des années 1990 (Borasi et Zardini, 2007).

Puisque les politiques publiques et les médias ont portés un discours plutôt orienté vers les performances énergétiques depuis les années 1990 (Mosconi, 2020), les apports de la science et de l'industrie pour le milieu de l'architecture se sont principalement concentrés sur l'évaluation et

l'amélioration des bilans environnementaux du bâtiment : développement de matériaux et technologies performants et moins polluants et d'outils de certification et de simulation.

Ces innovations et réglementations ont eu de nombreuses conséquences sur le métier de l'architecte, sur son rôle et sur la façon de concevoir des bâtiments plus durables. Ces points seront développés plus loin dans l'état de l'art.

2.1.2. La réglementation de performance énergétique des bâtiments

Lors du premier choc pétrolier en 1973, les problèmes d'approvisionnement et l'augmentation du prix des énergies fossiles ont favorisé, dans certains pays, le développement de mesures au niveau des politiques publiques visant une meilleure maîtrise des besoins énergétiques des bâtiments. D'une part, pour réduire la dépendance des pays développés par rapport aux pays producteurs de pétrole en matière d'énergie et d'autre part, pour soulager la balance économique des importations d'énergie en réduisant la demande en énergie pour le secteur des bâtiments. Néanmoins, les exigences n'étaient pas très élevées et certaines mesures prises à l'époque ont été levées dans les années 1990 en raison d'une accalmie des prix de l'énergie (Dupont, 2018). L'origine des réglementations d'économie d'énergie était donc d'abord plutôt économique, ce n'est que plus tard, que la mise en évidence de l'impact des énergies fossiles sur le climat lui confère une dimension écologique (Kalck, 2016). Néanmoins, cette dimension économique a orienté les réglementations de performances énergétiques vers une approche réductionniste des enjeux environnementaux (Kalck, 2016).

En effet, alors que la définition du développement durable se veut plutôt holistique – elle repose sur trois piliers fondamentaux : technique, social et économique – les réglementations mises en œuvre par les pouvoirs publics ne l'ont pas toujours été. Depuis la signature du *Protocole de Kyoto* (1997), la lutte contre le réchauffement climatique et donc contre les émissions de gaz à effet de serre prévaut sur d'autres enjeux et réduit la portée critique de la notion de développement durable (Neuwels, 2015). Edwin Zaccai nomme ce phénomène « carbonisation » du développement

durable, qui aura notamment un impact sur la concentration des efforts sur la performance énergétique des bâtiments (PEB).

Au début des années 2000, on assiste à un véritable durcissement de la réglementation énergétique dans le secteur du bâtiment. Le discours sur la performance énergétique est légitimé par les instances officielles du monde de l'architecture et, dans un même temps, contraint par les politiques par le biais de la réglementation (Mosconi, 2020). En 2002, le gouvernement de la région Bruxelles-Capitale approuve le « plan Air-Climat » qui vise à atteindre les objectifs fixés lors de la signature du *Protocole de Kyoto*, c'est-à-dire une réduction de 7,5% des émissions de gaz à effets de serre au niveau belge entre 1990 et 2012. La même année, l'Union européenne adopte une directive² concernant la PEB. Elle impose notamment aux états membres de fixer des exigences, de disposer d'une méthode de calcul en matière de performances énergétiques et d'introduire un système de certification. En Belgique, la mise en œuvre de la PEB dépend des trois régions mais ces dernières ont travaillé ensemble au développement et à l'amélioration des méthodes de calcul et du logiciel PEB. Au fil du temps, les obligations ont été revues à la hausse.

A l'heure actuelle, bien que reposant sur une obligation de résultats (la certification se réfère à 4 à 5 obligations de résultat), les réglementations induisent certaines obligations de moyens, comme le recours à la ventilation mécanique contrôlée pour certaines typologies de bâtiment. De plus, bien qu'il ne soit pas imposé, le système de ventilation double flux est souvent mis en œuvre car il permet de minimiser les besoins de chauffage (Neuwels, 2013).

Des critiques émanent d'une partie du milieu de l'architecture face à la réglementation PEB, notamment les efforts obligés sur la minimisation de la consommation énergétique des bâtiments mais également sur le fait qu'elle induit une simplification des enjeux de la transition vers plus de durabilité de l'architecture et de l'habité (Neuwels, 2013). Comme expliqué auparavant, les réglementations mises en œuvre, en simplifiant les enjeux du développement durable, se sont

² Directive 2002/91/CE sur la performance énergétiques des bâtiments - PEB

inscrites dans ce que Kalck appelle, une approche réductionniste des enjeux environnementaux. Cette approche s'inscrit alors, dans une urgence énergétique tandis que la vision plus holistique de certains architectes, s'inscrit dans une urgence écologique face aux enjeux environnementaux (Kalck, 2016).

Au nom de l'urgence énergétique et au vu de la dimension du parc immobilier à mettre à niveau énergétiquement, l'idée d'une « solution technique universelle » (plus proche des techniques industrielles, que des techniques artisanales), est apparue (Sidler, 2007). Cette proposition repose sur le développement d'interventions standardisées compatibles avec des équipements et des matériaux isolants dont les coûts ont diminué grâce à l'industrialisation de leur production (Kalck, 2016). À l'échelle architecturale à proprement parler, les apports des industriels et des scientifiques s'avèrent essentiels et particulièrement féconds. Ceux-ci se concentrent sur l'évaluation et l'amélioration des bilans environnementaux du bâtiment et revêtent généralement un caractère technique (Neuwels, 2013).

2.1.3. Un modèle techno centré

La priorité donnée à la performance énergétique, l'urgence énergétique (et économique) et l'institutionnalisation du développement durable ont servi la diffusion d'un modèle constructif associant isolation, étanchéité à l'air et ventilation contrôlée limitant les déperditions de calories (Kalck, 2016), un modèle techno centré. « ... *Ce processus constructif repose sur une conception particulière du bâtiment, « économe » ou « basse consommation ». Il conforte le recours à la technique et à la multiplication des équipements comme facteur premier de la performance énergétique, ...* » (Beslay, Gournet et Zelem, 2014, p. 1). Ce modèle est induit par les orientations réglementaires et est conforme aux valeurs techniciennes de la société de consommation (Beslay, Gournet et Zelem, 2014).

Ce type de bâtiments haute performance est donc structuré par le haut à travers les réglementations et les dispositifs portés par les pouvoirs publics, il est ensuite relayé par les experts techniques du bâtiment et par la mise en marché de solutions techniques éco-performantes, pour s'imposer enfin

aux occupants (Beslay, Gournet, Zelem, 2014). Cette approche descendante laisse peu de place à l'initiative des citoyens ou des professionnels, forcés de s'adapter aux nouvelles réglementations, outils, prescriptions, comportements (Kalck, 2016). Ces réglementations induisent des modifications des phases du projet et de leur durée. Notamment, une hypertrophie de la phase amont de conception/planification des solutions techniques ; une phase de réalisation à la fois soignée et relativement limitée dans le temps et l'importance de la phase aval, et après réception de l'ouvrage qui combine des opérations de contrôle, d'évaluation et de réglage des systèmes (Beslay, Gournet et Zelem, 2014).

Le gonflement de la phase amont est induit par plusieurs facteurs. Tout d'abord, l'utilisation de nouveaux matériaux et équipements techniques oblige le concepteur à se renseigner sur les caractéristiques et l'incidences de ces derniers afin de pouvoir atteindre les objectifs de performance demandés par les différentes réglementations. Les obligations de résultats et l'utilisation de nombreux nouveaux équipements entraîne une multiplication des calculs nécessaires (calculs des apports énergétiques, de déperditions, de l'inertie ...). Cette hypertrophie se manifeste également par la multiplication des acteurs impliqués dans la conception (bureaux d'étude en techniques spéciales ...) et dans la mise en œuvre, ce qui entraîne également une organisation plus complexe des interactions entre opérateurs techniques.

La phase de chantier, même si elle est souvent réduite par la conception d'éléments préfabriqués et fortement structurée en amont, demande un encadrement renforcé afin que les objectifs à atteindre ne soient pas altérés par une mise en œuvre maladroite ou une mauvaise coordination des nombreux acteurs de chantier. Des contrôles et des tests (infiltrométrie, thermographie) sont ensuite réalisés sur le bâtiment afin de vérifier l'atteinte des objectifs de consommations conventionnelles. Ces dernières permettent de comparer les performances énergétiques des bâtiments, indépendamment des variations climatiques annuelles, des sites d'implantations, des sources d'énergie utilisées, mais aussi des comportements des habitants ou des usagers (Kalck, 2016). Cette consommation conventionnelle est définie à partir des caractéristiques techniques et des équipements, d'hypothèses sur la température extérieure et sur l'utilisation future des bâtiments

(température intérieure, durée d'occupation ...) (Carassus, 2011). C'est sur base de cette consommation conventionnelle que les certifications sont attribuées et que les vérifications du respect des réglementations sont réalisées.

Néanmoins la consommation conventionnelle est mise en confrontation avec la consommation réelle des ménages une fois le bâtiment occupé. Cette différence a toute son importance car de nombreux décalages entre les performances calculées et les performances réelles sont constatés après réception. Ce phénomène, nommé le *paradoxe de l'efficacité énergétique (energy efficiency gap)* (Jaffe et Stavins, 1994) peut être dû à plusieurs facteurs. Le comportement des usagers apparaît comme une composante déterminante de la performance réelle. La composition familiale, les modes d'habiter, la manière de s'équiper ou encore l'ajout d'équipements compensateurs par l'utilisateur afin d'adapter son climat intérieur (chauffages d'appoints électriques ou systèmes de conditionnement d'air) sont des facteurs qui contribuent à dégrader l'efficacité des équipements techniques initiaux (Beslay, Grounet et Zelem, 2014).

De plus, de nombreux exemples ont démontré que la mise en œuvre d'équipements énergétiquement plus efficaces, n'implique pas forcément une baisse de la consommation globale (Neuwels, 2015). En effet, l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments s'accompagne d'un effet rebond, qui est défini par l'écart entre la consommation conventionnelle et la consommation effective d'énergie. Cet écart peut s'expliquer soit par une compensation des économies réalisées par d'autres dépenses énergétiques mais également par le fait qu'habiter un logement thermiquement performant nécessite un apprentissage et une période d'adaptation (Kalck, 2016).

Dès lors, de nombreuses critiques vis-à-vis de ce modèle émanent de milieux variés. Des sociologues, des architectes, des militants écologistes reprochent notamment à ce mode de construction la non prise en compte des usagers, le recours presque exclusif aux apports technico-scientifiques pour répondre aux enjeux environnementaux et le fait de négliger certains aspects, comme la durée de vie des équipements. Les effets rebonds et enfin une standardisation de

l'architecture similaire aux constructions d'après-guerre. Ces différents aspects seront développés plus en profondeur dans la suite de l'état de l'art.

2.2. L'influence de la technique sur le confort et l'habitabilité

Le modèle qui prédomine aujourd'hui en architecture comme réponse à la crise environnementale repose principalement sur les apports de la technique. Pour Beslay, Gournet et Zelem, « ... *le primat accordé à la technique relève d'une utopie qui survalorise l'idée que la technique peut produire à elle seule la performance énergétique tout en (re)modelant les comportements d'usage de l'énergie. ... Cette croyance consiste à investir la technique d'une sorte de pouvoir d'infléchir les comportements humains en phase avec les projets de développement de nos sociétés modernes. Au service du progrès, elle est alors mise au-devant de la scène comme la solution la plus efficace pour accompagner toute démarche visant à surmonter la crise énergétique ou écologique. ...* » (Beslay, Gournet et Zelem, 2014). Cette confiance en la technique pour régler tous les problèmes semble prendre racine au début de la période des révolutions industrielles, période qui marque le début de la période *Paléotechnique*, terme que Mumford emprunte au biologiste Geddes (Mumford, 1934). De nombreux textes s'intéressent à l'influence qu'a eu le rapport à la technique sur l'histoire et l'évolution de la société. L'intérêt va ici se porter sur l'influence de la technique sur nos façons d'habiter et sur l'évolution de la notion de confort. Le propos sera ici essentiellement chronologique afin d'en retracer l'histoire et les différentes influences au cours de celle-ci.

2.2.1. Les révolutions industrielles et la période *Paléotechnique*

Entre le 18^{ème} et le 20^{ème} siècle, les uns après les autres, les pays d'Europe de l'Ouest entament leur révolution industrielle. La notion de progrès devient la doctrine principale des classes éduquées et l'intérêt bascule brusquement des valeurs de la vie à des valeurs purement pécuniaires (Mumford, 1934). Il ne suffisait plus que l'industrie fasse vivre, elle devait créer une fortune personnelle. Geddes appelle cette période la phase *Paléotechnique* (Mumford, 1934). Cette dernière est qualifiée par Mumford comme « la nouvelle ère barbare ». En effet, elle a consisté en la mise au travail « sauvage » (Le Goff, 1994, pp. 33-45) de toute une partie de la population et d'une aggravation de

la misère au profit du développement de l'industrie. Mais c'est aussi à partir de cette période, d'après les rationalistes et les philosophes, que l'homme s'affranchit de l'obscurantisme de la religion, de l'ignorance, dans un monde toujours plus raffiné, plus humain, plus rationnel. La nature du progrès était alors de conduire le monde dans cette même direction, de le rendre plus humain, plus confortable et surtout plus riche (Mumford, 1934). Il en est de même pour la question du confort, qui est dès lors présenté comme une conséquence naturelle du progrès (Le Goff, 1994). Néanmoins, cette vision du monde a longtemps été réservée aux classes plus aisées, comme nous allons le voir.

Les avancées technologiques s'enchaînent dans le milieu du textile, de la sidérurgie, du charbon et dans les énergies mécaniques. De nombreuses usines ouvrent dans les villes, entraînant une urbanisation importante dans le sillage de leur développement. Elles vont générer de nombreux emplois et provoquer un exode rural massif. L'agriculture connaît elle aussi une révolution grâce à la diffusion des connaissances agronomiques et elle nourrit aisément une population plus dense en ayant recours à une main d'œuvre moins nombreuse. Enfin toutes ces avancées sont soutenues par le développement des moyens de transports, la disponibilité de moyens financiers (colonies, importations, commerce) et enfin grâce à l'ouverture et la curiosité d'esprit qui imprègnent l'Europe. Des pays du monde entier commencent à se réunir pour promouvoir leurs avancées technologiques lors d'expositions universelles. Mais l'augmentation de la population sature les villes. Les citoyens les plus pauvres s'entassent dans des habitations humides, sales, mal éclairées et sans eau courante. Le déséquilibre entre l'offre et la demande de logement dans des villes mal préparées à cet afflux fait grimper les prix de location. Les villes tentaculaires semblent alors être, pour beaucoup de réformateurs, des lieux de perdition. Le développement des manufactures et des industries altère, au même moment, l'environnement urbain, son paysage, sa végétation, la qualité de l'eau et la qualité de l'air (Choay, 2017).

Les découvertes scientifiques concernant les dégâts sur la santé induits par cette contamination de l'air et de l'eau vont renforcer l'idée que l'Etat a un rôle à jouer dans la question de la salubrité de l'habiter (Le Goff, 1994). Les épidémies de choléra de 1832 et 1849 vont asseoir une préoccupation

hygiéniste qui émerge notamment avec la constitution des *Annales d'hygiène publique et de la médecine légale* en 1829 ou la loi de 1850 sur les logements insalubres et légitimer la considération de l'Etat (en France) pour les problèmes d'hygiène (Le Goff, 1994). Néanmoins, dans un contexte de forte confiance envers la technique, les problèmes sanitaires n'ont plus été attribués aux émanations des manufactures mais bien à la misère matérielle et morale des classes populaires (Fressoz, 2012). L'action par et sur l'architecture apparut alors comme une nécessité pour répondre aux dégradations des conditions d'habiter induites par les révolutions industrielles et permettre une légitimation de l'industrialisation (Neuwels, 2015). Ces réflexions ont fortement été influencées par l'idée que les croissances économique et technique assurent le progrès social et que les risques sanitaires et les dégradations de l'environnement sont des « sacrifices nécessaires » au développement de la civilisation (Neuwels, 2015).

Puisque les maux de la société étaient attribués aux conditions de logements des ouvriers et non plus aux manufactures et leurs émanations, l'attention se porta sur les conditions d'habiter de la classe populaire. Les théories sanitaires, jusque-là réservées aux habitations bourgeoises, sont étendues aux logements ouvriers. Différents traités sont alors écrits, tentant de qualifier une habitation populaire en respectant des minima vitaux d'apport de lumière naturelle, des hauteurs sous plafond, la ventilation dans les pièces humides et en préconisant certains dimensionnements de pièces de vie et la spécialisation des espaces (séparations des chambres, les couloirs de distributions, la cuisine, la salle de bain, les toilettes). Néanmoins ces évolutions du logement ne vont être que peu appliquées et ne sont pas régies par les pouvoirs politiques (Neuwels, 2015). En effet, durant le 18^{ème} siècle, rien ou presque n'a changé concernant les problèmes d'hygiène et les conditions d'habiter du prolétariat. Cependant, de nombreux entretiens et enquêtes ont été menés et les bases d'un confort normalisé qui pourrait, grâce aux progrès, s'étendre aux différentes couches de la population, semblent se dessiner (Le Goff, 1994).

Au 19^{ème} siècle, les premières dispositions publiques cherchant à résorber les désagréments de l'industrialisation portèrent plutôt sur les espaces extérieurs. Malgré tout, l'intérêt premier de grands remaniements tels que la réorganisation des espaces urbains, l'organisation d'une infrastructure

urbaine qui répond aux besoins techniques nouveaux (acheminement et évacuation des eaux, arrivée de gaz) n'est pas purement humaniste. La bourgeoisie craignait pour sa santé :

« Il ne faut pas se donner des airs de bienfaiteurs de l'humanité parce qu'on s'occupe d'améliorer le logement des ouvriers. C'est là de l'intérêt personnel, mais de l'intérêt bien entendu ; c'est la défense de vos familles, de votre santé, qui vous impose ce souci. Des masures infectes, la maladie se répand comme une peste dans les quartiers les plus aérés, dans les habitations les plus luxueuses. En améliorant les logements pauvres, en poursuivant l'insalubrité, vous sauvez la vie de vos enfants. » (Simon, cité par Guerrand, 1987, p. 277)

Ces politiques urbaines relèvent plus d'un embellissement que d'un assainissement des villes (Neuwels, 2015) et dans le contexte du libéralisme économique, l'Etat ne prend en charge que les infrastructures et n'intervient pas pour le logement. Dans le même temps, les lois concernant le droit à l'expropriation voient le jour et vont permettre de réduire le nombre d'habitats ouvriers dans les centres-villes sans pour autant se soucier du problème de relogement. Ces différentes mesures entraînent un changement dans ce que Le Goff (1994, pp. 33-45) appelle la « *géographie spatiale de la pauvreté* ». Avant cette géographie se déployait verticalement – les pauvres en bas et les riches en haut –, maintenant, elle se déploie horizontalement. Les centres villes s'embourgeoisent avec la création de « beaux quartiers » et les périphéries se popularisent, les deux mondes ne se côtoient plus mais, pour autant, le problème du logement n'est pas résolu.

Tout au long de cette période, la question de l'approvisionnement du climat est redondante. Développé aux Pays-Bas dès le 17^{ème} siècle, puis généralisée dans toute l'Europe au milieu du 19^{ème} siècle, la serre constitue la première invention d'une « architecture météorologique » (Mandoul, 2012, p. 145). La création d'un climat intérieur soustrait aux éléments climatiques naturels présente un nouveau modèle de la domination de l'homme sur la nature. La serre devient un support à de nombreuses innovations technologiques. D'abord utilisée afin de garantir un climat confortable pour des plantes importées, le botaniste John Claudius Loudon étend le principe de la serre aux habitations. Son idée était d'utiliser le verre et le fer pour la construction, de manière à améliorer l'éclairage naturel, la ventilation et le chauffage dans les maisons (Mandoul, 2012).

Durant le 19^{ème} siècle, la question du confort reste avant tout une « préoccupation bourgeoise », cependant l'arrivée de nouveaux acteurs, tels que l'Etat, le médecin hygiéniste, le philanthrope, l'architecte voire plus tard l'ingénieur, préoccupés par les questions du logement vont permettre d'engager une réflexion sur le confort à partir d'une multiplicité de point de vue et d'intérêts et d'entrevoir ce qui sera défini au 20^{ème} siècle comme le « confort moderne » (Le Goff, 1994). Le développement de ces théories va également favoriser le déploiement de techniques dans le secteur de la construction tels les systèmes de distribution et évacuation des eaux, les systèmes de ventilation, etc. L'intégration de ces techniques va entraîner une modification de l'organisation des habitations (regroupements des pièces d'eau horizontalement et verticalement).

2.2.2. Le début de la période *Néotechnique*

La période *Néotechnique* est également un terme utilisé par l'historien Mumford dans son livre « *Technics and Civilization* » (1934). Cette période, qui suit la période *Paléotechnique*, débute selon lui à la fin du 19^{ème} siècle et se distingue par l'adoption de sources d'énergies plus avancées et efficaces que le charbon, comme l'électricité et le pétrole. De nouvelles technologies et méthodes de production, telles que l'automobile, le téléphone ou encore l'automation, ont également vu le jour et changé drastiquement les modes de vie et les structures sociales.

C'est également à ce moment que l'on voit fleurir de nombreuses inventions supposées libérer l'être humain des corvées du quotidien. Les technologies du gaz, de l'électricité et des industries mécaniques font suffisamment de progrès pour rendre possible la fabrication de la plupart des appareils que nous connaissons aujourd'hui. Toutefois, l'intégration sociale de ces nouveaux objets rencontre certains freins. Tout d'abord, l'introduction de ces nouveaux équipements dans les foyers s'est heurtée à un manque d'infrastructure³. Le Goff (1994) explique que la révolution technique s'est faite en deux temps, le premier étant « le temps des techniques », c'est-à-dire l'invention d'objets, la maîtrise des éléments, la production d'énergies nouvelles et la deuxième, « le temps de la

3 Exemples : la cuisinière à gaz est inventée en 1812 et ne sera diffusée, à petite échelle, qu'à partir de 1887. De même en est-il du réfrigérateur, dont la conception est mise au point dès 1850 et dont la commercialisation devra attendre les années 1920/1930

technique», qui constitue la mise en application, la constitution de réseaux techniques et la connexion des objets à ces réseaux. Ensuite, la plus grande partie de la population n'avait tout simplement pas de « culture matérielle », puisque la plupart de la consommation se résumait à l'alimentation, le logement et l'habillement.

2.2.3. L'après guerres et le modernisme

En réponse à la dégradation des conditions de vie à la période industrielle et face à la nécessité de reconstruire dans l'après-guerres, les Modernistes vont proposer de nouvelles solutions au « problème du logement » (Masson, 1994). La chartre d'Athènes rédigée par Le Corbusier en 1933 reprend les 95 points de l'édification d'une « ville fonctionnelle ». Elle dénonce notamment les dérives de l'industrialisation sur les conditions d'habiter et préconise l'utilisation des progrès techniques afin d'enfin assurer des conditions de vie décentes à tous les citoyens. Cet idéal techniciste va engendrer une industrialisation de l'architecture au nom de la diminution des coûts de construction et afin de la diffuser à un plus grand nombre. Le but des modernistes est alors d'offrir à tous de la lumière, de l'air, de la verdure (Masson, 1994) et l'accès aux techniques et équipements de confort moderne (cuisine équipée, salle de bain, chauffage, électricité...). Les habitations sales, humides, mal éclairées et sans eau courante dans lesquelles s'entassaient les citoyens lors de l'exode rural vont faire place à de grands ensembles en théorie bien ventilés et bien orientés. Ces solutions seront rendues possibles grâce aux avancées techniques et permettront d'améliorer considérablement les conditions de vie de nombreuses personnes. Cette logique est appuyée par le Taylorisme et le Fordisme, qui au début du 20^{ème} siècle, marquèrent l'avènement de la rationalisation, de la production standardisée et le début de l'ère de la grande consommation et par une objectivisation des conditions de l'environnement confortable (Bedford, 1936). En effet, les modernistes s'appuyaient sur l'idée que le bien-être de l'homme est universel et définissable rationnellement (Neuwels, 2015) mais cette normalisation d'un confort « objectiviste et transculturelle » (Maresca et al., 2019) participa à la large diffusion d'une forme unique de ce dernier, basée sur l'utilisation des nouveaux objets techniques modernes. Le confort, pendant les trente glorieuses, deviendra ainsi une valeur emblématique, qui témoigne de l'état d'avancement de

la société (Le Goff, 1994). Cette époque va également marquer un changement concernant les acteurs de la normalisation du confort. Alors que seul prévalait les préoccupations hygiénistes (aérations des pièces, d'ensoleillement ...) l'arrivée des techniques va légitimer le rôle de l'ingénieur et de l'architecte dans la production et la normalisation du confort (Le Goff, 1994).

L'installation du chauffage, de la ventilation, de l'électricité ou encore de l'eau courante dans un grand nombre de logements engendre une forte augmentation de la consommation énergétique. De plus, la quête de confort est un processus qui tend toujours à augmenter. En faisant de l'innovation technique un des seuls moteurs de l'accroissement du confort, une augmentation de la consommation énergétique est inéluctablement induite. Dès lors, le confort et la consommation d'énergie deviennent des dimensions intrinsèques du mode d'habiter et du mode de vie (Maresca et al., 2009). Or l'institutionnalisation de ces conditions de vie (Cooper, 1982) s'est faite à un moment où l'énergie était peu chère et où la question de l'efficacité énergétique des bâtiments ne se posait pas encore (Subremon, 2009). Les Années 1960 deviennent l'âge d'or du confort, le progrès économique engendrant, de manière, croyait-on irréversible, le progrès social (Maresca, 2009). Malheureusement, pour faire face au manque de main d'œuvre en cette période d'après-guerre, et afin de développer la productivité du secteur de la construction, ces logements seront, de qualité médiocre, mal isolés, construits à moindre coût, standardisés et regroupés dans des ensembles mal reliés aux zones d'emplois.

En parallèle du mouvement moderniste, une posture alternative reposant sur une forte confiance envers les apports techniques et sur une recherche de maîtrise de la nature a vu le jour, le *technocentrisme* (Neuwels, 2015). L'ingénieur Richard en est un précurseur. Il fait partie des intellectuels qui ont participé à l'inéluctable évolution de la société technologique, en en pointant les aspects positifs (Maniaque, 2014). Sa maison Dymaxion (1927), par exemple, contient tous les services de contrôle du recyclage de l'eau, de l'élimination des déchets, de l'exploitation de l'énergie solaire, de la climatisation. Il va ensuite étendre ses réflexions utopiques à des villes puis à l'échelle de la planète, sous la forme de dômes géodésiques. L'optimisme technologique et l'arrivée de techniques toujours plus performantes ravivent l'idée de se soustraire totalement aux fluctuations

climatiques extérieures et de libérer l'homme par la maîtrise de la nature (logique anthropocentrée et technicienne). Ces réflexions avaient déjà vu le jour dès 1830, avec « la théorie du milieu » ou encore le développement de nouvelles technologies permettant de créer des climats artificiels, tels que la serre et la diffusion de chaleur dans des canalisations par thermosiphon (Mandoul, 2012).

2.2.4. Les chocs pétrolier et culturel des années 1960 et 1970 et la dépendance énergétique

Alors que de nombreux travaux de divers auteurs émettaient l'idée que le confort avait été considéré à tort comme une norme universelle, en exposant les diversités culturelles ou même sociales qui peuvent conduire à des perceptions différentes de ce dernier (Maresca et al., 2019), les premières normes de régulation de la consommation d'énergie voient le jour à la suite des chocs pétroliers. Elles sont induites par la raréfaction des énergies fossiles et auront comme but de diminuer la consommation énergétique et de réduire la dépendance des pays occidentaux aux pays producteurs de pétrole. Néanmoins, ces réglementations ne sont pas encore motivées par une volonté écologique et il faudra attendre les années 2000 pour avoir un réel durcissement des réglementations énergétiques avec, comme motivation, la question de la crise environnementale.

Les chocs pétroliers des années 70 vont mettre à mal l'idée que les sources d'énergie fossile sont infinies et par extension à l'idée qui s'était développée dans les années 60, que le confort moderne peut reposer sur l'utilisation toujours accrue d'objets techniques et qu'il nécessite d'office une forte consommation énergétique. Ces crises géopolitiques de l'énergie vont également faire résonner plus fortement des idées qui commençaient à germer autour du débat de la place de la technologie dans notre société.

L'intensité de la guerre et de violences, accentuées par des technologies modernes (les bombes de Hiroshima et Nagasaki en 1945) ont tempéré l'enthousiasme technologique issu de la période industrielle. Des voix vont s'élever contre la société machiniste guerrière et la pollution environnementale engendrée par l'industrialisation : Jacques Ellul, Ivan Illich, Lewis Mumford ...

(Maniaque, 2014). Malgré tout, le discours de Richard Buckminster Fuller, adepte des technologies, résonne toujours dans les universités du monde entier. Cette opposition idéologique est représentative d'une époque où les réflexions architecturales concernant l'impact du secteur de la construction vont prendre deux voies (principales) relativement opposées.

Architecture high tech

La première s'inscrit dans le système qui était déjà en marche, qui supposait que l'avènement de l'homme, son indépendance, sa liberté, reposent sur le progrès et la croissance économique et technique de notre monde (les technocrates, les techniciens ...). L'innovation technologique semble dès lors être la solution pour atteindre les performances énergétiques recherchées à l'époque pour contrer la pénurie d'énergie fossile bon marché et l'augmentation de son prix. De plus, l'architecture high tech, puisqu'elle se soustrait en grande partie de son contexte pour créer un climat intérieur artificiel, a la particularité de pouvoir s'implanter partout. Cette caractéristique a permis une diffusion plus facile de ce mouvement. On retrouve donc certaines de ses représentations les plus emblématiques dans le monde entier, le Centre Georges Pompidou à Paris, réalisé par Renzo Piano et Richard Rogers ou encore le HSBC main Building à Hong Kong de Norman Foster.

Architecture bioclimatique

La deuxième repose plutôt sur l'utilisation de techniques passives (non-utilisatrice d'énergie) et le retour de réflexions bioclimatiques. L'idée est que le climat peut être considéré comme une ressource alors qu'il représentait tout l'inverse pour les ingénieurs thermiciens du milieu du 20^{ème} siècle. « ... *Les facteurs physiques de l'atmosphère étaient considérés sous l'angle des déperditions thermiques et des surchauffes qu'ils occasionnaient par les vitrages dans les climats chauds, ou durant certaines périodes ensoleillées dans les climats tempérés, obligeant parfois à surdimensionner les équipements de conditionnement d'air...* » (Gaillard, 2021, p. 1). Ces réflexions ont pour but de réaliser des économies au niveau de la consommation d'énergie fossile par des moyens purement architecturaux et en intégrant et en maximisant les énergies issues du climat (Gaillard, 2020).

La conception bioclimatique a vu le jour dès les années 50, aux Etats unis – pays où la plupart des technologies de refroidissement ou de chauffage conventionnelles ont été créées – mais a été mise en lumière avec le début des préoccupations environnementales et énergétiques des années 60 et 70. Ce courant s'est également développé en opposition à l'architecture moderniste, dont l'uniformisation des techniques de construction a entraîné une standardisation de bâtiments conçus indépendamment du climat local, et dont le confort reposait exclusivement sur le conditionnement mécanique de l'air (Gaillard, 2022).

Selon Barber (2020), les fondements de l'architecture bioclimatique se développent d'abord avec un regain d'intérêt pour l'énergie solaire aux Etats unis, avec notamment le travail de Franck Lloyd Wright et son architecture organique ou les travaux des frères Olgyay dont le but premier n'était pas l'économie d'énergie mais « *d'établir un environnement intérieur qui se rapproche le plus des conditions de confort dans un environnement climatique donné* » par le recours aux « *possibilités naturelles pour améliorer les conditions sans l'aide d'un appareil mécanique* » (Olgyay cité par Gaillard, 2022, p. 136). En effet, si la crise pétrolière de 1973, a encouragé la réduction de la consommation d'énergie à devenir une des préoccupations principales au recours à l'architecture bioclimatique, pour la plupart des « pionniers » de ce courant, l'idée de concevoir avec le climat apparaissait déjà comme une évidence (et un défi). N'oublions pas que les bâtiments construits avant le 20^{ème} siècle, donc avant l'existence des systèmes (mécaniques) de chauffage et de conditionnement d'air, n'étaient pas inconfortables pour la cause, grâce à une conception qui tenait compte, notamment, des principes bioclimatiques.

Les réflexions bioclimatiques reposent donc sur l'utilisation du climat dans lequel s'intègre un bâtiment afin d'améliorer le confort des usagers. Les principaux éléments sur lesquels les concepteurs se basent sont : le soleil, qui apporte de la lumière et de la chaleur, les vents, qui permettent de ventiler naturellement et d'amener de la fraîcheur, la végétation qui, selon les saisons peut offrir de l'ombre ou laisser passer les rayons du soleil mais également l'inertie des bâtiments environnants. Ces « gisements climatiques », afin d'optimiser leur utilisation, sont mis en relation avec des types de techniques dites appropriées (Rybczynski, 1938) ou basses (low tech). Ces techniques sont considérées comme durables, facilement réparables et conçues pour économiser

les ressources matérielles et économiques (Gaillard, 2022). Elles sont considérées comme appropriées lorsqu'elles sont adaptées aux conditions d'une situation donnée – dont son climat. L'intérêt pour ces objets techniques a encouragé la relecture d'une architecture plus ancienne et vernaculaire afin de redécouvrir des techniques qui avaient été jugées archaïques par l'histoire des techniques conventionnelles.

Loin d'avoir une attitude passéiste, les architectes du mouvement bioclimatique proposent une relecture des techniques vernaculaires existantes, à travers les découvertes scientifiques – qui ont été nombreuses durant la période des deux guerres. Cette volonté de puiser dans les constructions anciennes permet également de redonner une certaine profondeur historique à l'architecture, en contradiction avec le mouvement moderne et sa *tabula rasa*.

Le contre-choc pétrolier de 1986 et le développement du nucléaire, entre autres, vont entraîner une diminution de l'enthousiasme pour la conception bioclimatique. Le fait que le climat ne soit pas une ressource homogène partout sur la planète est également un frein à la diffusion des principes bioclimatiques. Cependant, les pionniers de ce mouvement seront indifférents à cette baisse de popularité.

2.2.5. Le modèle techno centré, témoins d'une influence toujours présente

Les réglementations, labels, normes et incitations politiques vont avoir comme conséquence une nouvelle normalisation du confort et mettre la question de l'énergie au centre du secteur de la construction (Mosconi, 2016). Comme expliqué au préalable, cette priorité donnée à la « performance énergétique à tout prix »⁴ va entraîner la légitimation d'un modèle constructif reposant sur les équipements techniques, jugés plus « sûrs » que la main de l'homme pour réduire les consommations énergétiques.

⁴ Terme utilisé par Alessandro PONTARA lors de l'entretien

2.3. Le rapport entre les architectes et les équipements techniques

Dans ce contexte de crise environnementale et face à cette technicisation du bâti, des critiques sont également émises à l'encontre des architectes et leur rôle est remis en question. En effet, l'apparition de nombreux équipements techniques afin d'atteindre de meilleures performances énergétiques a entraîné une multiplication des acteurs impliqués dans l'acte architectural (Neuwels, 2013). Ces experts de la technique⁵ endossent un rôle central de prescription des solutions techniques et tendent à s'imposer au détriment des maîtres d'œuvre (Beslay et Gournet, 2015).

Ce désintérêt des architectes pour la technique n'est pas nouveau et est même plutôt ancré dans les fondements de la profession. Déjà au 18^{ème} siècle, le savoir architectural se détache progressivement des sciences, et les architectes préfèrent reproduire ce qui a déjà été fait, le détail de l'architecture se fige dans la répétition (Blache, 2016). Au 19^{ème} siècle, alors que les avancées technologiques se sont faites plus nombreuses et plus rapides, la position des architectes n'a pas beaucoup évolué et l'importance de l'esthétique primait toujours sur la possibilité d'offrir des conditions environnementales décentes (Banham, 2011). Par la suite, les architectes modernes vont s'éloigner des questions de construction, ce qui servira les ingénieurs qui s'empareront de ce type de savoir et en feront progressivement un monopole d'experts (Ghyoot, 2010). La multiplication de ces acteurs entraîne une décentralisation de l'architecte dans la conception et certains auteurs soulèvent un risque de déprofessionnalisation de ces derniers qui seraient incapables de préciser leurs compétences face à la normalisation des activités (Neuwels, 2013).

2.3.1. La nécessité d'un nouveau rapport entre les architectes et la technique

Au moment même où différentes réglementations thermiques et énergétiques voient le jour et légitiment petit à petit un modèle techno centré – en faisant de la performance énergétique le premier marqueur d'une habitation durable – se construisent discrètement des discours alternatifs

⁵ Des thermiciens, des informaticiens, des conseiller en énergies, de animateurs/ formateurs à la maîtrise de l'énergie (BESLAY & GOURNET, 2015)

sur l'environnement (Mosconi, 2016). Même si dans les années 1990 ces derniers sont marginaux, orientés sur de nombreuses thématiques différentes et sont peu relayés dans les principaux lieux de diffusion de la culture architecturale, les deux dernières décennies ont vu se construire un récit collectif de l'écologie dans l'architecture (Mosconi, 2016). Les différentes expérimentations qui en découlent interrogent notamment les techniques, la matière et l'impact de l'environnement sur le confort. Certaines de ces postures, comme expliqué dans la problématique, ne sont encore que très peu présentes dans la littérature scientifique. Elles seront donc développées dans un chapitre ultérieur et permettront d'ancrer la posture du bureau *Karbon'architecture et urbanisme* dans un contexte plus large. Néanmoins, un nouveau rapport entre la technique et les architectes est en train de se construire et est quelque peu traité par les sociologues dans la littérature.

2.3.2. Un nouveau rapport à la technique

Face à cette recherche de la performance à tout prix et de l'efficacité, les choix sociétaux se sont toujours tournés vers des paramètres qui pouvaient être quantifiables. Ce sont les seuls qui peuvent être manipulés mathématiquement et optimisés. Les moyens pour concrétiser des objectifs (de performance par exemple) ont donc souvent été uniquement pensés dans le cadre de la technique (Dumitresco, 2014).

Le modèle techno centré permet de « surveiller » les consommations, les températures, les volumes d'air renouvelés et de les corriger si ceux-ci ne correspondent pas aux normes et réglementations en vigueur. L'emprise des techniques devient telle sur le confort intérieur que l'habitant perd le contrôle de son confort, qu'il délègue à une technique trop complexe pour lui, délaissant son savoir technique et par la même occasion, son confort de maîtrise (Amphoux, 1990).

Face à ce constat, les sociologues appellent à accorder plus de confiance à l'intelligence énergétique des habitants (Subremon, 2012) et promouvoir une réappropriation de la maîtrise de leur confort, notamment à l'aide de techniques plus appropriables (ou appropriées) comme nous pourrions le voir.

Low Tech

Le concept de *low tech* a été démocratisé par Ernst Schumacher dans son livre « *Small is Beautiful* » en 1973. A ce moment-là, les réflexions abordaient plutôt les conséquences sociales du rapport aux techniques que celles environnementales. Ces idées étaient alors partagées par de nombreux auteurs tels que Ivan Illich, Jacques Ellul ou encore Lewis Mumford.

A l'heure actuelle, l'ADEME, dans un rapport nommé « *Démarches « LOW TECH »* » a tenté de donner une définition à la « démarche *low tech* » : « *Le qualificatif de low-tech s'applique à une démarche et non pas à son résultat. Ainsi, un objet n'est pas low-tech dans l'absolu, il est plus (ou moins) low-tech qu'une solution alternative répondant au besoin initial.*

L'approche low-tech, parfois appelée innovation frugale, est une démarche innovante et inventive de conception et d'évolution de produits, de services, de procédés ou de systèmes qui vise à maximiser leur utilité sociale, et dont l'impact environnemental n'excède pas les limites locales et planétaires. La démarche low-tech implique un questionnement du besoin visant à ne garder que l'essentiel, la réduction de la complexité technologique, l'entretien de ce qui existe plutôt que son remplacement. La démarche low-tech permet également au plus grand nombre d'accéder aux réponses qu'elle produit et d'en maîtriser leurs contenus. » (Bloquel et al., 2022, p. 22).

En architecture, la logique *low tech* s'inscrit comme un pessimisme à l'égard des technologies et une primauté donnée aux dispositions architecturales et à des systèmes passifs (non-consommateurs d'énergie) pour la régulation du confort. Ces principes sont souvent en accord avec un « retour » de réflexions bioclimatiques et des interactions avec le climat. De nombreuses techniques *low tech* sont inspirées de l'architecture vernaculaire et adaptées à nos usages actuels. Clément Gaillard définit les *low tech* comme « ... l'ensemble des objets techniques considérés comme durables, facilement réparables et conçus pour économiser les ressources matérielles et énergétiques. Ils constituent un compromis technique entre des exigences de performances suffisantes, de durabilité et d'économie. ... » (Gaillard, 2022, p. 635).

Le *low tech* peut également être assimilé à l'innovation frugale (Bloquel et al., 2022) terme cher à Philippe Madec, Dominique Gauzin-Müller et Alain Bornarel, tous trois corédacteurs du « *Manifeste*

pour une Frugalité heureuse et créative ». Leurs idées se déclinent en 4 engagements et 30 principes : (s') engager / ne plus administrer, contenter / ne plus consommer, réhabiliter / ne plus construire, ménager / ne plus aménager. Philippe Madec développe également ces idées dans son livre « Mieux avec moins ».

Ces deux démarches se rejoignent sur de nombreux points, notamment sur la simplification des systèmes et la suppression de fonctionnalités superflues, sur l'utilisation de matières premières disponibles en grandes quantités ou encore sur l'allongement de la durée de vie des bâtiments.

L'état de l'art a permis de mieux saisir le contexte de la problématique et de comprendre le sens des postures de résistance face à la technicisation du bâtiment, en particulier les raisons pour lesquelles nous assistons à ce phénomène de technicisation, l'évolution de la perception des questions environnementales dans le milieu de l'architecture ainsi que le rapport qu'entretiennent les architectes avec les équipements techniques. Ces connaissances permettent notamment d'apercevoir les difficultés et les freins que peuvent rencontrer des architectes qui proposent des alternatives au modèle techno centré. Cet état de l'art permet aussi de constater que les rapports à l'habitabilité et à l'environnement qu'entretiennent les architectes sont peu abordés dans la recherche scientifique et lorsqu'ils le sont, les études abordent généralement les discours des architectes et peu leur pratique.

Ce travail vise à participer à combler quelque peu ce manque. Les chapitres suivants tenteront ainsi d'esquisser les rapports qu'entretient le bureau *Karbon'architecture et urbanisme* avec l'habitabilité et l'environnement tout en se posant en tant qu'innovateur dans la recherche d'alternatives au modèle techno centré.

3. LES POSTURES ALTERNATIVES A LA TECHNICISATION DU BATIMENT

Comme vu dans l'état de l'art de nombreuses critiques envers la technicisation du bâti émanent de milieux variés. Ce chapitre permettra de mettre en évidence les fondements des postures alternatives d'architectes engagés et d'introduire le travail de la coopérative *Karbon'architecture et urbanisme*.

Le milieu de l'architecture a longtemps été très peu perméable aux enjeux environnementaux et les discours à leur propos n'étaient, au début, portés que par certains pionniers. Néanmoins, les deux dernières décennies ont vu se construire un récit collectif autour d'une architecture plus durable, illustré notamment par le « Manifeste pour une frugalité heureuse et créative ».

Alain Bornarel, Dominique Gauzin-Müller et Phillipe Madec, ont co-écrits ce manifeste, signé par plus de 15 500 personnes à travers le monde, dans lequel, *reconnaissant la lourde part des bâtisseurs dans le désastre en cours*, ils appellent à *développer des établissements humains frugaux en énergie, en matière et en technicité, créatifs et heureux pour la terre et l'ensemble de ses habitants, humains et non humains* (extrait d'un texte issu du site *frugalité*).

Le manifeste est écrit en plusieurs points, les premiers posent le contexte et dressent un constat alarmant concernant la crise environnementale, l'incapacité des politiques à prendre des décisions et la lourde part des bâtisseurs. Ensuite, vient « La bonne nouvelle » et des propositions de solutions pour une architecture plus durable : Frugalité en énergie, Frugalité en matière, Frugalité en technicité, Frugalité pour le territoire. Ces points vont être utilisés pour énoncer les différents fondements sur lesquels reposent les alternatives à la technicisation du bâti et une architecture plus durable. Il est clair qu'ils représentent un idéal et que les architectes vont se saisir de certaines thématiques plus fortement que d'autres.

La vision de ces architectes s'inscrit néanmoins toujours dans une approche plus holistique des enjeux environnementaux – au regard notamment des trois piliers du développement durable : environnemental, économique et social – que la vision techniciste de la performance, qui repose principalement sur une vision réductionniste des enjeux environnementaux à des questions liées à l'énergie (économie d'énergie, risque de pénurie ...) (Kalck, 2016).

Frugalité en énergie

Dans ce point, il est question de concevoir des bâtiments sans ventilation mécanique, sans climatisation et si possible sans chauffage. Grâce, notamment, à la conception bioclimatique, il est possible de réduire au strict minimum les consommations, en utilisant la ventilation naturelle, les apports de chaleur gratuits ou l'inertie de certains matériaux. Ces principes sont souvent issus de l'architecture vernaculaire, qui avait déjà retrouvé un regain d'intérêt, dans la période d'après-guerres, à travers, en outre, les écrits des frères Olgyay, dans lesquels elle y est décrite comme un exemple de lisibilité pour comprendre l'influence des facteurs climatiques d'un lieu (Gaillard, 2020).

Frugalité en matière

Un nouveau rapport à la matière est également privilégié par ces architectes. Si les réglementations et normes ont légitimé un modèle techno centré, elles ont également entraîné une industrialisation de moyens constructifs, et notamment des matériaux de constructions, principalement pour des raisons financières. Ces derniers sont souvent élaborés par de grandes unités industrielles, éloignées des lieux d'utilisation. L'impact de leur conception, leur transport, ou encore le potentiel de réemploi ou de recyclage de ces matériaux n'était alors pas pris en compte (énergie grise) (Theile, 2015). Afin de changer ce rapport à la matière, il est nécessaire de promouvoir l'utilisation d'autres matériaux mais également le recours à des savoir-faire plus locaux.

Il en est dès lors de la responsabilité des architectes de prescrire des matériaux ayant un impact plus limité sur l'environnement, renouvelables et extraits dans un périmètre plus restreint. Des alternatives existent déjà et le développement de ces filiales permettrait d'une part de rendre ces matériaux plus accessibles et de développer de nouveaux marchés favorisant les savoir-faire locaux.

Frugalité en technicité

Comme l'explique Julie Neuwels dans un texte sur la ventilation naturelle, écrit dans le cadre du colloque « Ce que l'architecture fait à l'écologie », l'institutionnalisation du bâtiment énergétiquement performant repose toujours sur les caractéristiques de l'habitat moderne – un climat intérieur homogène et déconnecté de son milieu, créé par des équipements techniques dépendants aux réseaux techniques, à l'énergie et à l'exploitation des ressources naturelles

(Neuwels, 2023, p. 2). L'efficacité de ce modèle est fortement contestée par certains sociologues et architectes. De plus, le recours à des appareils techniques, qui ne dureront qu'un temps et devront être remplacés est en contradictions avec les enjeux de durabilité mis en avant. Le mouvement frugal n'appelle pas à nier les apports de la technique mais à avoir recours à des technologies pertinentes, adaptées, non polluantes et faciles à réparer, réemployer ou recycler. Un point d'honneur est également mis sur la conception, l'innovation et l'invention de solutions *low tech* et alternatives à l'hégémonie de la vision techniciste.

Frugalité pour le territoire

Le *Style international*, entraîna dès les années 1930, une mondialisation de la forme en architecture. En réponse à ce souhait d'uniformisation et de diffusion de normes d'habiter universelles, le *Régionalisme critique* vit le jour. Il fut d'abord porté par Kenneth Frampton dans les années 1980 mais suscite à nouveau un regain d'intérêt. En effet, le but de ce courant était de redonner à l'architecture une identité locale en utilisant des matériaux régionaux mais également en prenant en compte le contexte culturel, social et historique (Roppe, 2023). Face à la résurgence d'un modèle universel (le modèle techno centré) applicable en tout point du globe et permettant d'offrir un confort normé aux habitants, les intentions du *Régionalisme critique* résonnent à nouveaux. Il est dès lors question de reconnaître les cultures et les lieux dans lesquels un projet s'implante, d'y respecter l'environnement, d'avoir recours à des ressources et savoir-faire locaux et d'être attentif aux habitants.

3.1. Karbon'architecture et urbanisme

Karbon' architecture et urbanisme a vu le jour à Bruxelles en décembre 2008 sous l'impulsion de cinq architectes : Jean Garcin, Matthieu Delatte, Gery Leloutre, Bernard Baines et Victor Brunfaut. Le bureau se développe sous forme de coopérative et est composé, à l'heure actuelle, de 18 personnes.

Karbon' a la particularité d'embrasser une diversité d'échelle assez rare allant de l'extension de la maison unifamiliale, au plan d'aménagement directeur, à l'espace public, en passant par toute une série d'échelles intermédiaires comme l'habitat individuel, l'habitat groupé ou le logement social.

Cette diversité leur permet d'avoir une approche globale à chaque projet, de se poser les questions de l'influence de ce qu'ils font sur l'environnement au sens large.

« ... Enfin, on ne s'est jamais présenté comme un bureau qui construit « écolo ». Pour nous ça fait partie d'une démarche globale, dans laquelle on va retrouver même des notions d'urbanisme et d'aménagement du territoire. Tu parles de « frugalité » et d'« utilisation frugale » du territoire. Donc c'est chaque fois une approche globale qui nous amène à considérer et à faire des choix pour des projets plus ponctuels. ... » (Matthieu Delatte lors d'un entretien réalisé par l'auteur, 2022).

Tout en étant conscient de l'impact environnemental de l'architecture et de l'acte de construire, *Karbon'* veut remettre au centre du métier d'architecte, sa fonction première de concepteur d'espace. Cette réflexion part d'un regard critique vis-à-vis de la réglementation bruxelloise concernant l'architecture passive mise en place quand le bureau a démarré. A cette période, la qualité environnementale d'un projet se calculait uniquement en fonction des performances énergétique atteintes. Pour eux, cet aveuglement performatif a pris le pas sur d'autres responsabilités de l'architecte. Ils considèrent que les réglementations ont eu le mérite de créer un standard au niveau de l'isolation des bâtiments mais qu'elles ne peuvent pas envisager toutes les situations et difficultés rencontrées lors de projets. Ces dernières favorisent également des réponses qui vont être fort mono-orientées vers les techniques embarquées. Cette distance entraîne dès lors des situations où les réponses *toutes-faites* perdent leur sens.

« ... on construit aussi des espaces qui, selon moi, doivent apporter du confort, du confort thermique oui, mais du confort ressenti et du plaisir dans le fait d'habiter. ... » (Matthieu Delatte lors d'un entretien réalisé par l'auteur, 2022).

Le bureau a toujours voulu apporter des réponses alternatives aux enjeux climatiques en analysant les situations et les contextes afin d'y répondre de la façon la plus juste possible. Cette ambition se traduit notamment dans leur réponse au concours pour les immeubles Peterbos (ils finiront deuxième), où la demande programmatique de résoudre tout le bâtiment par l'extérieur ne leur semble pas cohérente par rapport au coût financier de l'opération et à l'utilisation d'autant de

matériaux. Leur réflexion s'est plutôt tournée vers sur une intervention minimale, « comment limiter les déperditions tout en limitant les démolitions inutiles » et sur le fait de réoffrir plus de superficie aux habitants.

Si à leurs débuts, l'écart entre leur vision de l'architecture et la recherche d'une *performance à tout prix* de la part des politiques, les a contraints à essuyer des refus lors de réponse à des appels d'offres publiques ou de logements sociaux, au fil des années, ils ont appris à y répondre moins frontalement et en utilisant d'autres biais. La maison de Matthieu Delatte, « Un brin de paille » construite en 2012, vise, par exemple, à remettre en question le standard passif comme norme et de proposer d'autres voies menant au confort, à l'autonomie énergétique et à des bâtiments « zéro carbone ».

Au fil des années, le bureau a également questionné le recours aux équipements techniques, toujours plus nombreux dans les bâtiments. Dans une démarche écologique très engagée, cela leur paraît incohérent de toujours s'appuyer sur des technologies qui vont nécessiter des entretiens ou des remplacements tous les 15-20 ans. Ils préfèrent privilégier l'utilisation de matériaux ou dispositifs architecturaux afin d'apporter le confort nécessaire dans leurs projets. Néanmoins, ces choix se font toujours au regard d'un contexte, d'une situation précise, la posture « Low Tech » n'est pas une réponse systématique pour le bureau. C'est alors en discussion avec les bureaux en techniques spéciales que ces décisions se prennent.

« ...On sent qu'ils (MK engineering) ont beaucoup d'expérience sur des techniques qu'ils ont mis en œuvre dans le logement social. Ils savent ce qui peut fonctionner, ce qui ne peut pas fonctionner. Par exemple à Berchem, sur l'ensemble de logements, on va mettre une ventilation double-flux parce qu'en analysant les différents systèmes possibles, on a vu que ça ne fonctionnait pas en ventilation naturelle, qu'avec un système C, les habitants allaient vraiment avoir froid. Ils savaient qu'il fallait placer un double-flux avec le système sur le toit comme ça, pour le gestionnaire, ça fonctionne, les habitants ne boucheront pas les grilles. Voilà ils savaient et c'était très clair... » (Jean Garcin lors d'un entretien réalisé par Julie Neuwels, 2019).

Pour la coopérative, l'architecture doit être un ensemble cohérent qui répond à une situation donnée à un moment donné et non une somme de résolutions. Cette réflexion passe donc par une

compréhension des différents matériaux et techniques qu'ils mettent en place mais également par une certaine humilité de l'architecte dans un tissu plus large où l'on retrouve le maître d'ouvrage, les artisans, les ingénieurs.... Le bureau est dans une approche de co-construction avec les entreprises, afin d'apprendre à leur contact, se nourrir de leurs connaissances et de percevoir les préoccupations qu'ils peuvent rencontrer sur chantier.

« ... On se fait aider par des bureaux de techniques spéciales mais si, à un moment, on ne rentre pas dans un dialogue nourri, où on arrive à comprendre ce qu'ils font, si on n'arrive pas à leur suggérer des alternatives, à leur dire « regardez, on a trouvé aussi tel produit qui permet de faire ça sans électricité ... », en fait si on ne s'approprie pas ces questions-là, si on les laisse uniquement aux techniciens, qui font bien leur travail, qui nous apportent plein de choses, mais si on délaisse complètement ces questions-là, c'est à ce moment-là que la technique devient étrangère au bâtiment. ... » (Alessandro Pontara lors d'un entretien réalisé par l'auteur, 2022).



*fig. 2 Locaux de Karbon'architecture et
urbanisme (Karbon'architecture et
urbanisme)*

4. ANALYSE DES CAS D'ETUDE



fig. 3 Maison de Matthieu Delatte (Serge Anton)

4.1. Etude de cas 1 : 037 VDN

Habitation basse énergie – Paille/ Béton chanvre

Localisation

Uccle, Belgique

Mission

Mission complète d'architecture

Programme

Construction neuve d'une habitation
unifamiliale basse énergie

Consultant

AAIA – Pierre Cloquette

Année de construction

2010

Budget

400.000€

Commanditaire

Privé

Surface

180m² (surface chauffée 110m²)

C'est au fond d'une rue en cul-de-sac, ponctuée par des constructions des années 60 que le projet de la maison de Matthieu Delatte (collaborateur et cofondateur du bureau *Karbon' architecture et urbanisme*) a été construite. Dès le début du projet, l'architecte souhaitait concevoir une habitation techniquement très simple, saine et vivante par les matériaux et techniques utilisés. L'intention derrière cette simplicité technique et constructive est aussi de rendre plus accessible l'utilisation de certains matériaux et techniques qui peuvent effrayer les candidats bâtisseurs : l'isolation en paille, le béton de chanvre, la ventilation naturelle ... Le but de ce projet était également d'atteindre une consommation en énergie primaire équivalente à celle d'un bâtiment passif sans pour autant avoir recours à tous les moyens techniques habituellement employés. La démarche se veut globale et toutes les décisions se prennent au regard de réflexions simples à propos de la consommation énergétique, du confort ressenti et de l'impact environnemental ... du bon sens en fin de compte.

Le contexte

L'objectif de Matthieu Delatte était initialement d'acheter une maison, c'est finalement un terrain en forte pente au pied du plateau d'Avjil qui le fit changer d'avis. Si à première vue, cette parcelle semblait hostile à l'implantation d'une habitation unifamiliale, l'architecte de *Karbon'* y a vu l'opportunité de venir loger, dans cette pente bien orientée, une maison répondant à ses valeurs et aux principes bioclimatiques.

La décision de construire à cet endroit s'est aussi prise au regard de la proximité des transports en commun et de nombreux commerces dans un rayon d'un kilomètre, ce qui facilite grandement l'usage de moyens de mobilité douce.

Ce terrain longeant le mur d'enceinte de l'ancien château de Saint-Job était alors laissé à l'état de friche. Ce projet a donc permis de revaloriser cette zone, de ponctuer la rue ainsi que d'en augmenter la densité. Puisque la maison se trouve au fond d'une rue en cul-de-sac, l'architecte y a vu l'opportunité de tourner la maison vers l'espace public.

Ce projet illustre l'intérêt du bureau pour ancrer son architecture dans un contexte. La situation particulière ou la forme de la parcelle induisent notamment la volumétrie du projet ou la prise de certaines décisions. La maison s'adosse donc naturellement au talus et, à rue, s'inscrit dans l'alignement des maisons mitoyennes en respectant les hauteurs des corniches. Du côté nord, le pan de toiture s'émancipe des habitations voisines pour offrir des espaces de vie supplémentaires malgré la dénivellation du terrain.

L'enduit à la chaux, de couleur gris clair, qui sert de finition extérieure, permet également à la maison de s'intégrer sans dénoter dans cette rue composée de bâtiments des années soixante et ce, malgré l'utilisation de matériaux radicalement différents de ceux mis en place pour les autres maisons de la rue.

Le terrain a été nivelé afin de créer des plateaux en relation avec les différents niveaux de la maison. A chaque étage de nouvelles relations se tissent entre les pièces de vie, le contexte, la pente du

terrain et la végétation environnante. Au rez-de-chaussée, le porche s'ouvre à rue et les locaux techniques et de stockage s'adosent au terrain, idem au premier étage, où la pièce de vie s'ouvre au sud sur une terrasse qui surplombe la rue. La circulation verticale suit ensuite la dénivellation en dévoilant le mur d'enceinte. Le pallier du deuxième étage offre quant à lui des vues et un accès à la partie haute du jardin. Les percements au dernier étage permettent, là encore, d'avoir un rapport privilégié avec la nature environnante.

fig. 4 Vue de la maison depuis le plateau d'Avjil (Karbon'architecture et urbanisme)



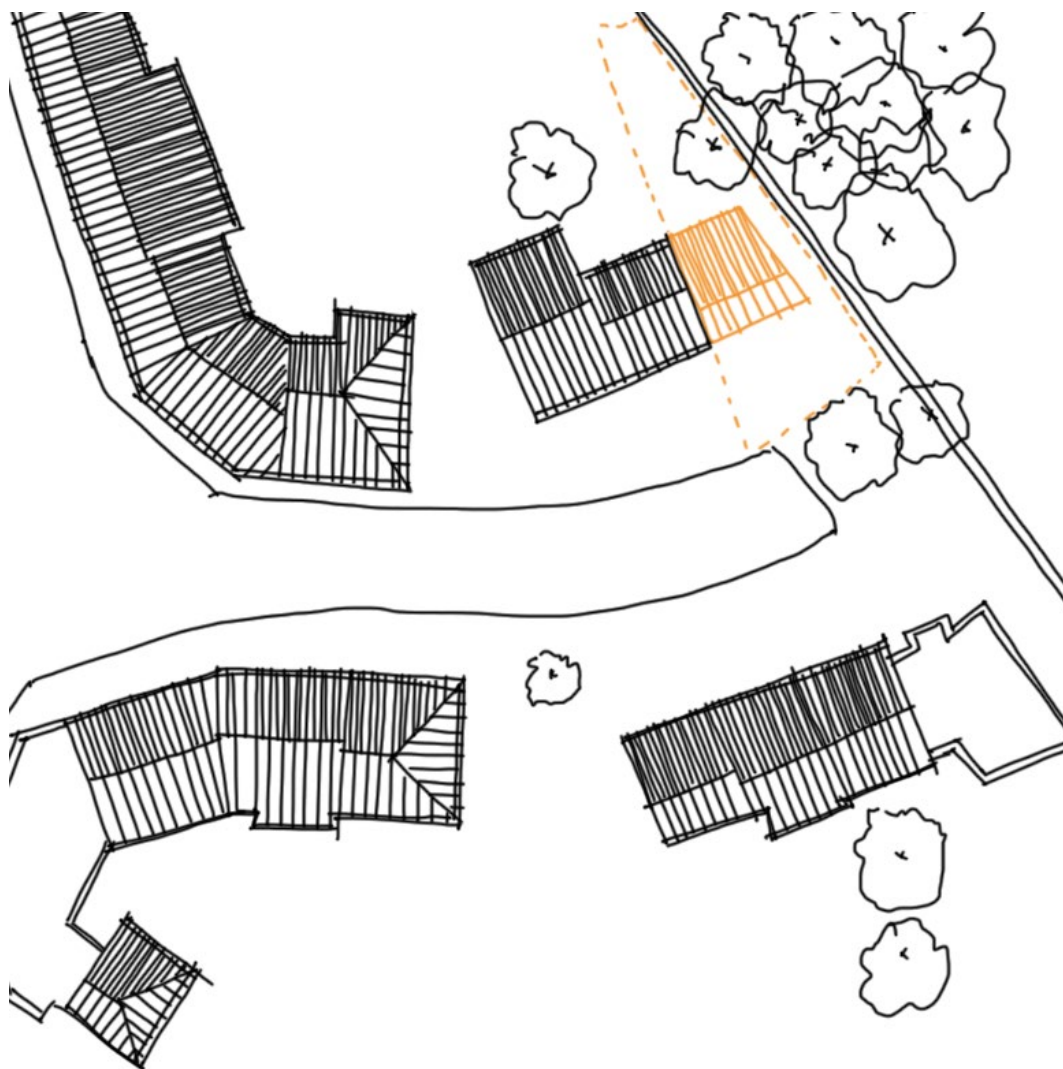


fig. 5 Plan d'implantation du projet VDN 037 (Léo Roussel)

Un programme sur mesure

Afin de rentabiliser la taille de cette parcelle trapézoïdale, l'habitation se déploie sur 4 niveaux. La totalité du volume construit représente 180m² pour seulement 110m² chauffés. Le programme a évidemment été confectionné par Matthieu Delatte et sa famille, puisqu'il était à la fois le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre.

Un de leurs souhaits était d'orienter le projet autour de l'utilisation de moyens de transports doux. Cette prise de position se ressent dans le choix d'un terrain qui se situe au croisement d'axes de transports en commun et à proximité de nombreux commerces, mais également dans l'organisation spatiale du rez-de-chaussée. En effet, le grand porche fait office d'abris pour les vélos et le sous-sol a été aménagé de façon à faciliter le rangement de ces derniers. Cette partie de l'habitation abrite également des espaces techniques, de stockage ainsi que le hall d'entrée.

Au premier étage, se situe la pièce de vie principale composée du salon, de la salle à manger et de la cuisine. Ce niveau s'ouvre largement vers le sud et est en lien avec une terrasse qui donne sur l'espace public.

L'escalier mène ensuite à un palier entièrement vitré qui fait également office de bureau. Cet espace s'ouvre lui aussi vers l'extérieur, ici sur le jardin à l'arrière de la parcelle. A cet étage, se trouvent également une salle de bain et deux chambres.

Dans une optique d'évolutivité du projet, l'escalier pour accéder au dernier étage a été placé face à l'entrée du palier, ce qui permettra à l'avenir de désolidariser le dernier étage du reste de la maison et d'en faire un studio. A l'heure actuelle, ce niveau accueille les espaces destinés aux enfants, deux chambres, une salle de bain, un bureau et un espace de jeu. La maison pourra donc s'adapter à l'évolution familiale.

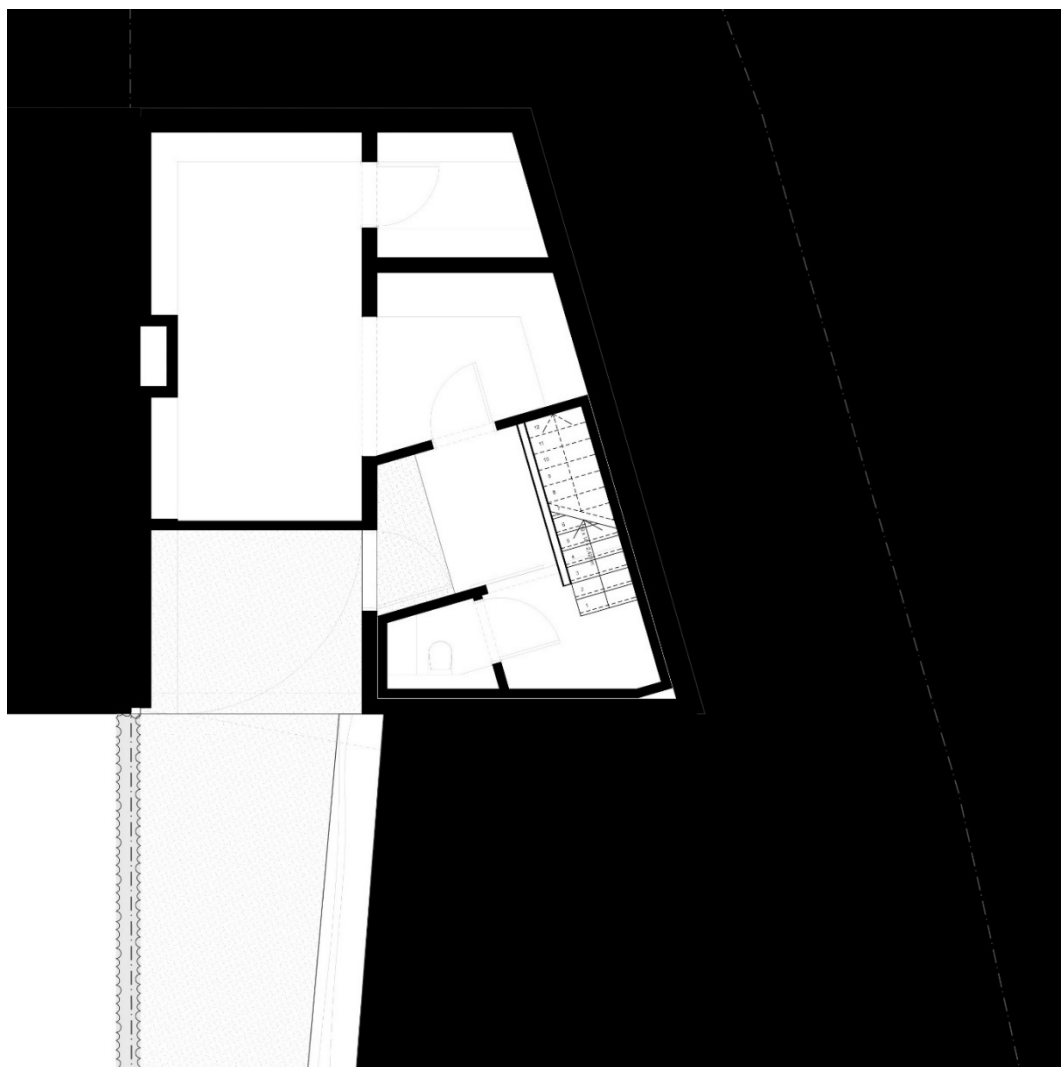


fig. 6 Plan rez-de-chaussée (Karbon'architecture et urbanisme)

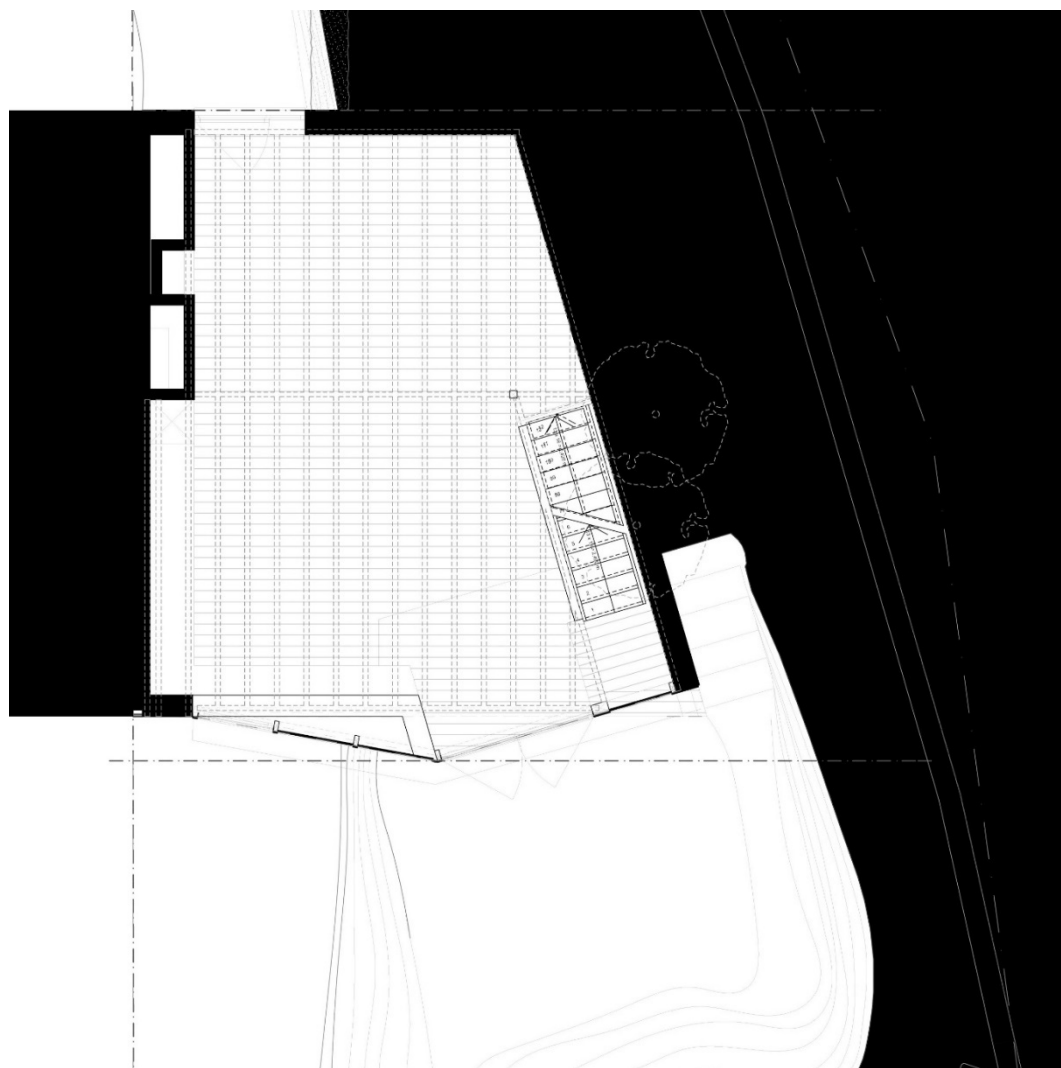


fig. 7 Plan du 1^{er} étage (Karbon'architecture et urbanisme)

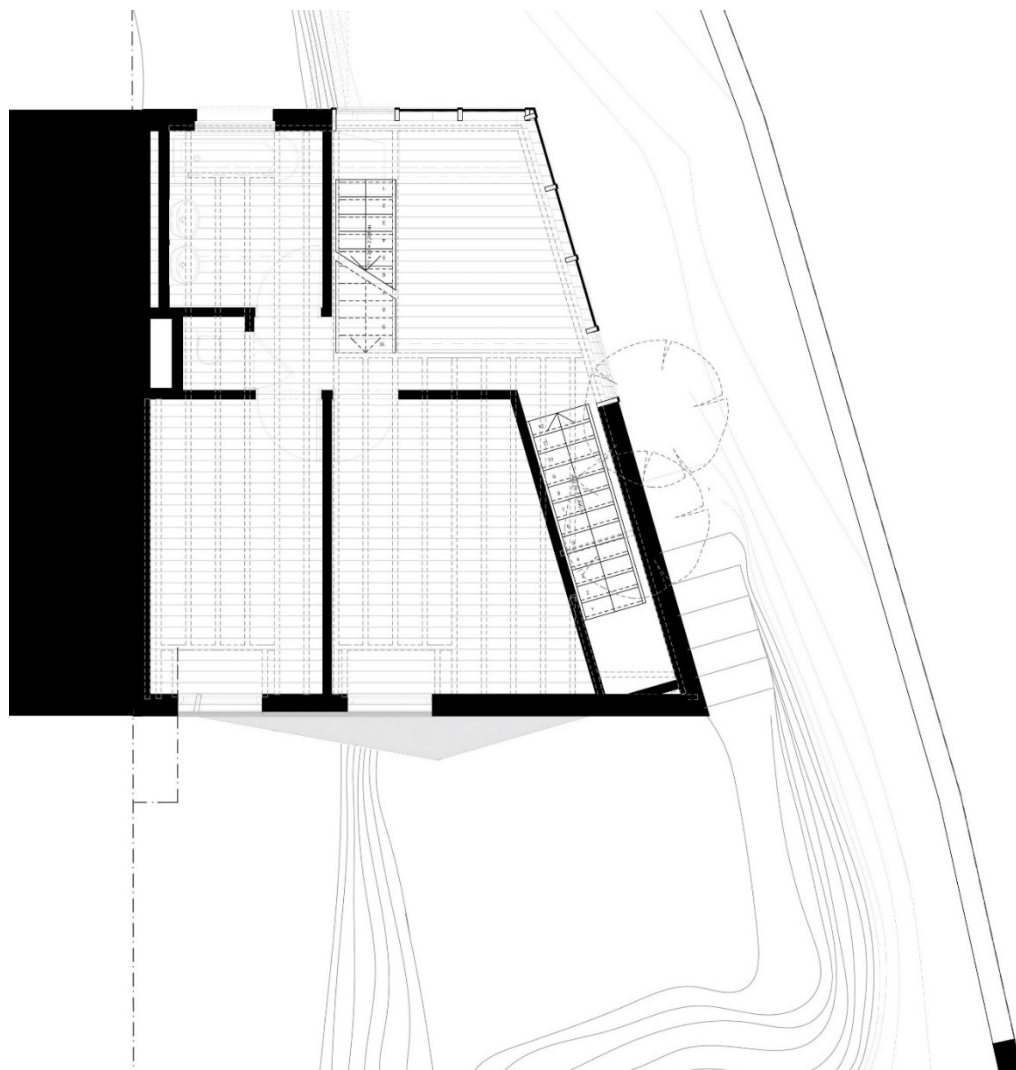


fig. 8 Plan du 2^{ème} étage (Karbon'architecture et urbanisme)

Une proposition alternative à la maison passive

Avec ce projet, la coopérative *Karbon' architecture et urbanisme* pose un regard critique sur les normes et réglementations en vigueur qui poussent vers la performance des bâtiments à tout prix et favorisent le recours à toujours plus d'équipements techniques. Ce constat est alimenté par plusieurs réflexions sur les modèles techno centrés, déjà abordées dans ce travail, notamment les promesses de performances reposant uniquement sur les équipements techniques qui n'ont pas toujours été tenues. De plus, si ces équipements techniques n'ont pas toujours permis d'atteindre les performances escomptées, Matthieu Delatte rappelait qu'ils ont également une obsolescence et qu'ils devront être entretenus, voire remplacés, ce qui augmentera inévitablement l'impact environnemental d'un bâtiment. Enfin, comme Alessandro Pontara l'expliquait lors d'un entretien réalisé par l'auteur, en décembre 2022 « ... On a, d'une part, réduit la consommation des bâtiments et d'autre part, on a très fort augmenté la consommation de la construction-même du bâtiment ou de la rénovation-même. Donc, certes, il y a encore pas mal de cas où cette balance, est positive et il faut isoler, mais parfois, on arrive à certains points de bascule, où, à un moment, on va injecter beaucoup de matériaux, et souvent des matériaux issus de la pétrochimie dans le bâtiment, ... ». L'énergie grise des matériaux ou de la construction, même si elle commence à être prise en compte, a longtemps été délaissée lors de la réalisation de projets « durables » alors qu'elle a une part non négligeable dans le coût environnemental du secteur.

Un des autres objectifs de ce projet était de prouver qu'une habitation basse énergie bien pensée et sans artifice technique peut avoir des besoins énergétiques globaux équivalents à ceux d'une maison passive (Delatte et Vandernoot, 2017).

Ce projet était aussi l'occasion pour le bureau de démontrer la responsabilité des architectes dans les enjeux actuels et dans la proposition d'alternatives aux normes et standards fixés par les réglementations (notamment le standard passif). En effet, malgré la légitimité de leurs préoccupations, ces derniers entraînent une dissolution de l'essence même du travail de l'architecte et une standardisation dans la façon d'habiter. Un exemple parmi tant d'autres, est le recours à une ventilation mécanique qui est devenue la norme dans les bâtiments basse énergie mais qui entraîne

une déresponsabilisation des usagers et des concepteurs face à leur propre confort et aux enjeux environnementaux.

Dans cette optique, le projet s'affranchit de ventilation mécanique afin de démontrer que cette dernière n'est pas un prérequis pour atteindre les consommations d'une habitation basse énergie. Au contraire, s'en passer, pousse les concepteurs à penser les espaces avec bon sens, en vue de favoriser une ventilation naturelle.

fig. 9 Coupe transversale (Paul Lewis, Marc Tsurumaki et David J. Lewis)



Une réflexion globale autour des moyens mis en place

La réflexion concernant la qualité spatiale met l'accent sur l'utilisation de méthodes de construction qui intègrent les principes bioclimatiques. Des choix judicieux en termes de matériaux et de techniques viennent renforcer cette approche. Une attention particulière est également accordée à l'implantation dans un contexte spécifique et à la prise en compte des données bioclimatiques du site. De plus, l'utilisation de matériaux d'origine biologique est privilégiée, tout en veillant à la complémentarité entre ces matériaux, les techniques employées et les spatialités.

Matthieu Delatte expliquait que « ...*revenir au bon sens (en architecture) contribuerait à concevoir un logement tel un système global cherchant des usages appropriés ...* » (Delatte et Vandernoot, 2017). Dans sa maison, le bon sens s'illustre notamment par la complémentarité entre les différents matériaux et les techniques utilisées, qui se veulent simples et naturelles. Le projet se développe en strates. Chaque étage a ses fonctions et ses besoins propres, et donc ses solutions et ses équipements techniques adaptés mais le bâtiment fonctionne tout de même comme un ensemble.

Le rez-de-chaussée, en grande partie enterré, n'est pas isolé et accueille les espaces techniques et de stockages, ainsi que le hall d'entrée. Des murs de soutènement ont été réalisés grâce à des parois berlinoises afin que la structure de la maison puisse venir se loger dans la pente. Le premier étage s'adosse également au terrain et abrite la pièce de vie principale, où se trouve la cuisine, la salle à manger et le salon. Pour ce niveau, la structure est réalisée sur place en ossature bois et le choix de l'isolant s'est porté sur un béton de chanvre chaux banché. La finition intérieure est réalisée grâce à un enduit chaux/sable. Une large baie vitrée s'ouvre vers la rue et permet au soleil de pénétrer jusqu'au fond de la pièce. Des tentures thermiques ont été installées devant les baies vitrées afin de d'apporter occasionnellement un complément de confort. Cette pièce est moins isolée ($U=0,19\text{m}^2/\text{K}$) que les autres étages afin d'éviter les risques de surchauffe en été. L'utilisation du béton de chanvre chaux s'explique principalement par l'installation dans cette pièce d'un poêle de masse contre le mur mitoyen comme unique chauffage pour la maison. L'inertie et la capacité thermique massique de ce matériau lui permettent d'amortir favorablement les différences de température et donc de rayonner une température stable qui se diffuse tout au long de la journée

aux niveaux supérieurs. De plus, il permet de conserver l'intérêt de régulation qu'offre le sol dans le cas d'un mur contre terre. Aux étages suivants, on retrouve les pièces de nuit. La structure et l'isolation y sont faites grâce à des modules préfabriqués en bois remplis de ballots de paille, conçus par la société *Paille-Tech*. Cette isolation plus performante que dans la pièce de vie ($U=0,14\text{m}^2/\text{K}$) permet de mieux conserver la chaleur qui monte et de réchauffer les chambres.

Une grande attention a également été portée à la gestion de l'eau dans le projet. Au vu de la taille de la toiture ($45,2\text{m}^2$), la réglementation bruxelloise imposait l'installation d'une citerne de 1500 litres. Finalement, c'est une citerne de 5200 litres qui a été enfiée, afin de créer un volume tampon en cas d'orage et d'atteindre une autonomie de 30 jours. L'eau de la citerne permet d'alimenter les robinets extérieurs, ceux des locaux techniques et la machine à laver. La parcelle est restée en grande partie végétalisée afin de permettre une bonne absorption de l'eau. Pour la gestion des eaux grises, l'eau de la douche ou du bain est récupérée, traitée et stockée afin d'être utilisée pour le rinçage des sanitaires.

Des capteurs thermiques sont installés sur le pan de toiture le mieux exposé, en soutien au chauffe-eau à condensation avec allumage électronique, les consommations électriques sont compensées par des investissements dans une coopérative citoyenne de production d'électricité à partir d'énergies renouvelables.

Ces différents moyens mis en place, permettent à la maison d'atteindre un besoin de chaleur de chauffage annuel de $35\text{kWh}/\text{m}^2.\text{an}$ et un besoin en énergie primaire globale de $54\text{kWh}/\text{m}^2.\text{an}$. A titre informatif, pour une maison passive ces valeurs doivent être inférieures ou égales à $15\text{kWh}/\text{m}^2.\text{an}$ et $60\text{kWh}/\text{m}^2.\text{an}$. Cependant même si la maison n'est pas passive, il est important de noter que la consommation énergétique liée à la production, la transformation et le transport des matériaux, appelée énergie grise, de ce projet permet sans aucun doute d'en faire une réponse plus durable et plus appropriée aux enjeux environnementaux et sociaux.

fig. 10 Vue du salon où les murs ont été recouverts d'un enduit à base d'argile et de chaux (Serge Anton)



Bio-climatisme

Comme expliqué dans l'état de l'art, le bio-climatisme repose sur l'utilisation du climat dans lequel s'intègre le bâtiment afin d'améliorer le confort des usagers.

La pente et l'orientation de la parcelle ont permis de concevoir une habitation intégrant les grands principes du bio-climatisme. L'un d'eux est de profiter des apports solaires pour réchauffer la maison (s'ouvrir au sud et se protéger au nord). Dans ce cas, la pente permet au projet de largement s'ouvrir vers le sud et de s'adosser au sol au nord. Afin de profiter des apports lumineux et de chaleur en hiver, des vitrages avec un facteur g élevé ($g=0,64$) ont été installés.

Le mur contre terre participe au confort thermique, grâce à son inertie, il conserve la chaleur issue du poêle de masse ou du soleil et la retransmet dans la nuit alors qu'en été, il diffuse doucement la température moins élevée du sol. La végétation environnante, ainsi que la circulation de l'air entre la cave et les pièces de nuit permettent aussi de rafraîchir la maison lorsque les températures augmentent.

L'habitation bénéficie d'ouvertures dans chacune des pièces, tout d'abord afin de profiter au maximum de la luminosité naturelle mais également de pouvoir ventiler naturellement en ouvrant les fenêtres.



fig. 11 Schéma des principes bioclimatiques de réchauffement de la maison (Karbon'architecture et urbanisme)

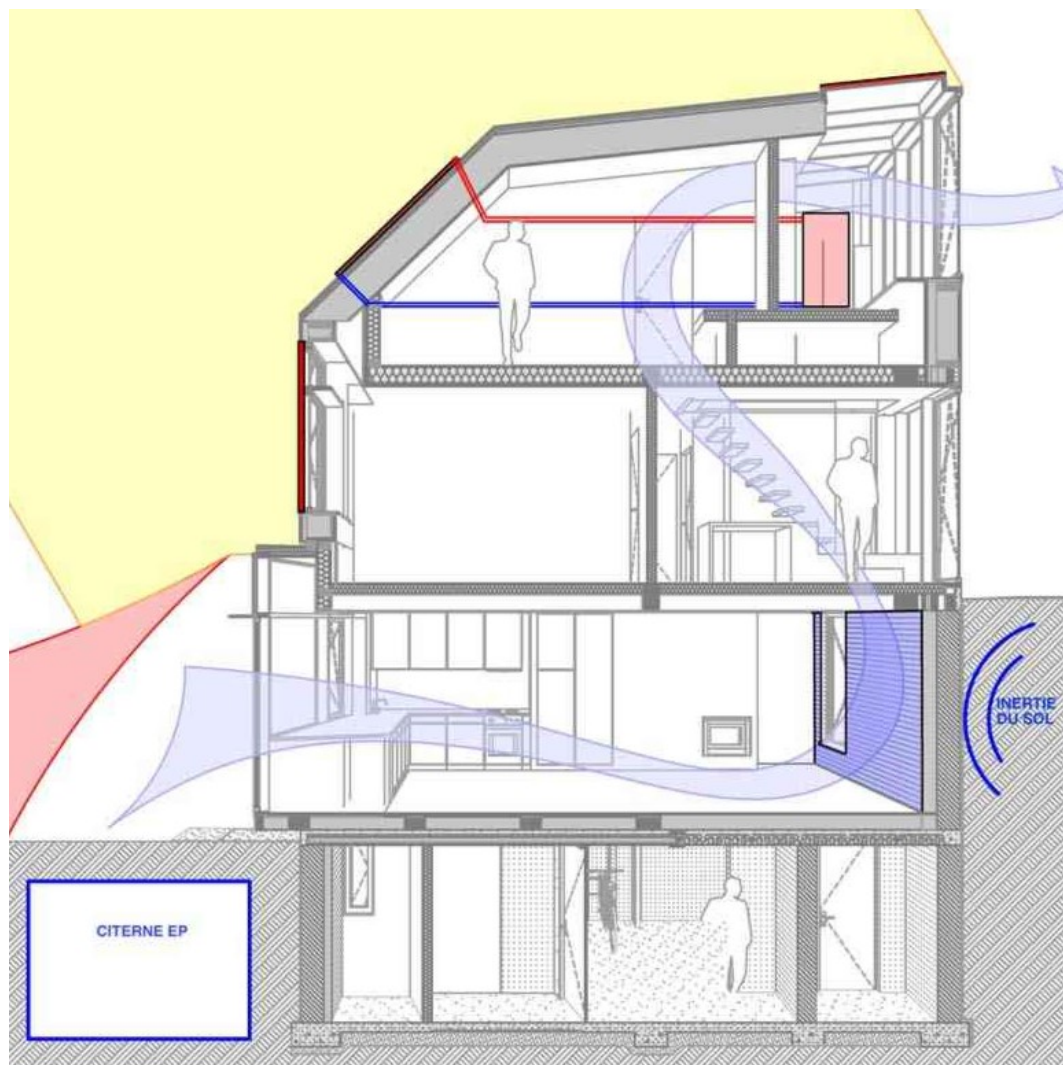


fig. 12 Schéma des principes bioclimatiques de rafraîchissement de la maison (Karbon'architecture et urbanisme)

Les matériaux

En accord avec la démarche générale du projet, une grande attention a été portée au choix des matériaux. En effet, les architectes sont convaincus de l'importance d'utiliser des matériaux qui – tout au long de leur cycle de vie – minimisent leurs besoins énergétiques, améliorent la performance énergétique et garantissent un grand confort aux usagers (qualité de l'air et hygrothermie), le choix s'est donc porté sur des matériaux et systèmes constructifs peu énergivores ayant recours à des ressources naturelles et renouvelables.

L'utilisation de matériaux biosourcés permet également de promouvoir l'artisanat local et les savoir-faire traditionnels. En favorisant l'utilisation de ressources locales, le projet contribue au développement économique et social de la région. Pour ce projet, *Karbon* a notamment fait appel à la société « *Paille-Tech* », spécialisée dans la préfabrication de murs en paille. (Derminne, 2021) dont les matériaux sont principalement issus d'un approvisionnement local.

Le béton de chanvre chaux

Le béton de chanvre chaux a été choisi pour isoler les parois contre terre du premier étage. Ce matériau est composé de chaux, d'eau et de chènevotte, la partie ligneuse du chanvre, dépouillée de son écorce et réduite en brin. Cette dernière, permet de remplacer les billes ou flocons de polystyrène expansé issus de la pétrochimie et a la qualité de ne pas dégager de composés organiques volatiles (COV).

Ici le béton de chanvre chaux a été banché entre les colombages verticaux de la structure en bois, une plaque en bois faisant office de coffrage, qui est retirée, le béton une fois sec. Ce matériau a été choisi pour sa capacité thermique massique et son inertie. En effet, couplé au poêle de masse, il permet de stocker la chaleur rayonnante et de la restituer tout au long de la journée. Cette capacité qu'a le béton de chanvre est aussi très utile en été pour rafraîchir la pièce, puisque le sol, avec lequel le mur est en contact diffuse une température plus fraîche.

Ce matériau est un très bon régulateur naturel du taux d'hygrométrie, ce qui est très important puisque la qualité de l'air et son taux d'humidité jouent un rôle majeur dans le confort ressenti. Il fait également office d'isolant acoustique et permet d'atténuer les réverbérations.

Une des autres grandes qualités de ce matériau est le faible impact environnemental qu'il a avant et pendant sa mise en place. En effet, le chanvre peut être cultivé partout en Belgique, ce qui en fait un matériau abondant, bon marché et disponible à proximité des chantiers, l'énergie utilisée pour le transport est donc réduite. De plus, il est naturel, peu transformé et 100% recyclable. Le béton de chanvre chaux a un bilan CO² négatif, en effet, il peut stocker 100kg CO²/m³ à la mise en œuvre.



fig. 13 Mise en œuvre du béton de chanvre banché (Karbon'architecture et urbanisme)

La paille

Pour le 2^{ème} et le 3^{ème} étages, ainsi que la toiture, ce sont des ballots de paille qui ont été choisis pour faire l'isolation. Ces derniers sont placés dans des modules en ossatures bois préfabriqués. La taille d'un ballot est de 36x46x80cm, ces dimensions vont inévitablement induire la dimension des ouvertures à ces étages.

A l'instar du chanvre, ce matériau a la qualité de pouvoir être cultivé partout en Belgique, ce qui en fait une ressource locale et abordable. De plus, une maison nécessite, en moyenne, l'équivalent de 500 bottes de paille (soit la production de 2,5 hectares de champs), il n'y a donc pas de conflit avec les besoins agricoles. La paille étant un coproduit de l'agriculture, elle ne mobilise pas de surfaces dédiées à la production alimentaire et représente donc une diversification et un complément de revenu pour le monde agricole.

Ce matériau a également de nombreuses qualités tant environnementales que liées au confort des habitants. En effet, déjà avant d'être mise en place sur le chantier, la paille stocke du CO² durant sa croissance. Il est également non transformé, non traité et livré sans emballage. Une fois mise en place, la paille permet d'assurer un confort optimal dans les pièces. Tout d'abord grâce à son inertie, en effet, la paille a une durée de déphasage comprise entre 12 et 16 heures, ce qui lui permet de garantir un confort thermique en été comme en hiver. Ce matériau participe également à la régulation du taux d'hygrométrie.

De nombreux exemples attestent de la longévité des constructions en ballots de paille et les retours d'expériences sont très positifs sur le long terme. De plus, dans le cas où un bâtiment arriverait en fin de vie, la paille pourra être utilisée en paillage ou compostée.

Cependant, comme l'a démontré Guillaume Derminne, grâce à un sondage réalisé dans le cadre de son TFE, la paille souffre d'une mauvaise réputation auprès de potentiels maîtres d'ouvrage. En effet, 80% des répondants estiment que le développement de la paille en construction impacterait négativement le secteur agricole et 87% pensent que la paille a une mauvaise résistance au feu.

La mise en place de ce matériau est d'autant plus périlleuse pour les maîtres d'œuvre que la construction en paille n'est que peu renseignée en Belgique et implique une prise de risque de la part de l'architecte.

fig. 14 Réalisation des modules préfabriqués en ossature bois, isolés en paille, pour les 2^{ème} et 3^{ème} étages (Karbon'architecture et urbanisme)



Chauffage

Matthieu Delatte, convaincu du fait que l'homme a besoin de se réchauffer au coin d'un feu (Delatte et Vandernoot, 2017), a décidé d'installer un poêle de masse comme unique chauffage pour l'habitation. Cet élément devient alors un des éléments majeurs influençant les choix spatiaux et techniques. Le choix de regrouper tous les espaces de vie dans une seule et même pièce se justifie donc par le mode de chauffage mis en place.

La température de consigne de l'habitation est de 18°C, ce qui induit un besoin de chaleur de 35kWh/m².an. Le choix d'une température de consigne plus basse que la moyenne s'explique par le fait que la chaleur rayonnante issue du poêle permet un confort thermique égal pour une température de l'air plus basse. Cette décision permet de réduire de 25% les besoins de chaleur de chauffage par rapport à une température de consigne de 20°C.

La chaleur accumulée dans la pièce de vie monte ensuite vers les chambres par convection dans la cage d'escalier laissée ouverte. Compte tenu de l'isolation plus performante aux 2^{ème} et 3^{ème} étages, cela suffit à maintenir une chaleur et une ambiance agréables.

Le poêle de masse

Le poêle de masse, dont l'emplacement était à l'origine central, a glissé vers le mur mitoyen. Cette disposition permet d'intégrer dans le mur des tubes en céramique réfractaire qui vont accumuler la chaleur et la faire rayonner plus longtemps. Le foyer participe également à chauffer la salle de bain du deuxième étage. Un mur chauffant alimenté par des tuyaux en cuivre où circule de l'eau chauffée par le poêle de masse y a en effet été installé.

Comme expliqué au préalable, tout l'intérêt de ce système de chauffage réside également dans le lien qu'il tisse avec les matériaux employés et leur inertie.

Les apports solaires

La large fenêtre de la pièce de vie orientée au sud, permet de venir en appui au poêle de masse dès qu'un rayon de soleil se montre pendant l'hiver.

Ventilation

Si le projet n'est pas passif, c'est également parce que Matthieu Delatte désirait une ventilation naturelle afin de réduire au maximum l'apport d'équipements techniques complexes. Des grilles de ventilation ont été installées au-dessus des châssis mais elles ne participent pas à la bonne ventilation de l'habitation, elles sont simplement les témoins d'un certain manque d'adaptation de la part des réglementations en vigueur. En effet, si leur installation a été imposée à l'architecte, elles sont fermées en permanence et ont même été bouchées avec du tissu afin d'en améliorer la qualité acoustique.

« ...Pour chez moi, au moment où mon dossier Batex était analysé, ils m'ont téléphoné pour me demander si je ne voulais pas mettre de la ventilation double flux et du triple vitrage. Je leur ai dit, « je recherche un projet avec un minimum de techniques embarquées. » Donc les bureaux d'étude responsables de l'analyse des candidatures étaient hyper timorés. Et j'ai appris après que c'était le projet qui avait reçu le plus de points dans la sélection du projet. Du coup le jury était vraiment intéressé par le projet et la démarche. ... » (Matthieu Delatte lors d'un entretien réalisé par Julie Neuwels, 2019).

La ventilation est donc traitée par l'ouverture des fenêtres par les habitants. Il est fait appel à leur autonomie et leur ressenti ce qui permet de les laisser maître de leur propre confort. Néanmoins, il est clair qu'un arbitrage est nécessaire entre les enjeux d'énergie, de qualité de l'air et de confort. Afin que ce dispositif fonctionne au mieux, toutes les pièces sont évidemment en contact avec l'extérieur et bénéficient de fenêtres ouvrantes. L'utilisation intelligente de certains matériaux permet également au projet de s'affranchir d'une ventilation mécanique. En effet, le béton de chanvre et la paille ne sont pas seulement de bons isolants thermiques, ce sont également des régulateurs du taux d'hygrométrie comme expliqué plus haut, ils facilitent la migration et le stockage de la vapeur d'eau. Les parois sont ensuite couvertes d'enduit d'argile ou de peintures à base de chaux, ayant les mêmes qualités de perméabilité, ce qui en fait des parois perspirantes.



fig. 15 La nouvelle façade de la cité Van Meulecom (Marc Detiffé)

4.2. Etude de cas 2 : 203 MOL

« La cité van Meulecom » - rénovation d'un ensemble de 13 logements sociaux

Localisation

Molenbeek Saint-Jean, Belgique

Programme

Rénovation lourde de 13 logements sociaux

Année de construction

2016

Commanditaire

Société du Logement de la Région de Bruxelles-Capitale (SLRB)

Mission

Mission complète d'architecture et de rénovation

Consultants

BESP et A+ Concept

Budget

1.500.000€ HTVA

Surface

890 m²

Les architectes de *Karbon'architecture et urbanisme*, en collaborations avec le bureau en techniques spéciales A+ Concept, ont fait de ce bâtiment des années 1930 le premier équipé de ventilation naturelle pour la Société du Logement de la Région Bruxelles-Capitale.

La rénovation de cet ensemble dépasse la simple adaptation aux exigences actuelles en termes de performances énergétiques. En effet, le souhait d'équiper le bâtiment de techniques relativement simples a été couplé à une approche conservatrice du bâtiment. Cette attitude permet de réduire les coûts tout en minimisant les déchets de chantier. L'utilisation de matériaux naturels et la requalification de la cour intérieure permettra de *minimiser l'impact global du projet tout en apportant un cadre de vie le plus confortable et durable possible* (extrait du texte de présentation du projet 203 MOL sur le site Internet de *Karbon'architecture et urbanisme*).

Le contexte

Le bâtiment fait partie de la cité ouvrière érigée par François Van Meulecom à Molenbeek-Saint-Jean, entre 1923 et 1929. Bien qu'il fasse partie d'un ensemble ouvrier, cet ouvrage présente de nombreuses particularités. Sa situation en intérieur d'îlot lui confère notamment une certaine intimité tout en générant des espaces extérieurs relativement généreux. Ensuite, tandis que les autres bâtiments de la cité présentent des toitures plates et un travail maniéré de la brique, celui en intérieur d'îlot a des toitures inclinées en tuiles et des façades revêtant un appareillage simple de la brique et peu d'ornementations.

Initialement, le bâtiment abritait de petits appartements deux pièces. Au fur et à mesure des années, certains appartements ont été regroupés pour créer des logements plus spacieux.

Le cahier des charges du concours pour cet ensemble est relativement classique : il prévoit une rénovation complète du bâtiment et une mise à niveau de son enveloppe et des équipements techniques dans le but d'atteindre au minimum les performances énergétiques d'un bâtiment "basse énergie". Une attention particulière est également portée sur la facilité et les coûts d'entretien des équipements, ainsi que sur l'habitabilité des logements.

La répartition et le nombre de logements sont laissés à l'appréciation des architectes, pour autant qu'ils contribuent à la vie collective de l'ensemble. Le bureau *Karbon'architecture et urbanisme* prend le parti architectural de transformer les 13 logements initiaux en 7 habitations unifamiliales traversantes. Cette disposition permettra notamment de proposer des typologies pour des familles plus nombreuses, de redensifier le cœur d'îlot et de faciliter la gestion des équipements.



fig. 16 Vue aérienne de l'ensemble Van Meulecom en intérieur d'îlot (Marc Detiffe)

Réinterprétation contemporaine d'un ensemble des années 1920

Le constat des architectes est que la cité Van Meulecom a été conçue avec une grande rationalité constructive et un souci d'économie. Le bâtiment a été réalisé, à l'époque, avec des techniques traditionnelles telles que la maçonnerie, le gîtage et la charpente en bois. Ils souhaitent donc poursuivre cette approche tout en y intégrant une réflexion sur des besoins contemporains de confort, d'habitabilité et de durabilité.

L'attitude du bureau se veut conservatrice (peu de démolitions, peu de constructions), d'une part afin de réduire les coûts et de minimiser les déchets sur chantier et d'autre part, afin de ne pas dénaturer le bâtiment et son identité. Le choix de diviser l'ensemble en maisons individuelles et de conserver la volumétrie existante permet aux concepteurs de garder une grande partie des éléments constructifs. Les murs porteurs centraux sont ouverts, les planchers conservés et la charpente et les gîtages de la toiture également. Les emplacements des baies sont préservés, certains ajustements sont simplement réalisés afin de permettre des accès vers l'extérieur ou de faire entrer plus de lumière dans certaines pièces qui le nécessitent : pièces de vie, chambres sous les combles

Le bureau porte également une attention particulière au dessin en façade imaginé par François van Meulecom. S'il est simple et relativement épuré, un travail spécifique a toutefois été réalisé au niveau des encadrements des baies. Ces dernières sont soulignées par des briques légèrement saillantes. Afin de répondre aux exigences du cahier des charges et de la PEB, le choix a été fait d'isoler le bâtiment par l'extérieur. Le bureau *Karbon'architecture et urbanisme* a donc cherché à mettre en œuvre un élément dans l'esprit des encadrements originaux, toujours dans le but d'inscrire l'intervention dans une certaine continuité historique. C'est finalement une différence de granulométrie de l'enduit sur isolant qui souligne l'encadrement des baies. Cette réinterprétation contemporaine du dessin en façade permet au bâtiment de conserver son harmonie.



fig. 17 Etat de la façade avant rénovation (Marc Detiffe)



fig. 18 Elévation Sud projetée (Karbon'architecture et urbanisme)



fig. 19 Elévation Sud-Est projetée (Karbon'architecture et urbanisme)

Une vision énergétique globale en rénovation

A l'instar du projet 037 VDN, les architectes ont cherché à réfléchir cette intervention tel un système global et non pas une multitude de résolutions. L'utilisation de matériaux bien choisis couplée à une ventilation naturelle permettront d'atteindre les objectifs de la PEB 2015 tout en procurant un maximum de confort ressenti aux futurs habitants.

Si la PEB permet d'assurer une consommation d'énergie faible voire nulle pour les besoins en chauffage d'une habitation à une température donnée, les architectes de *Karbon'* considèrent que le confort sur le long terme ne doit pas juste être une question de température donnée mais qu'il est intimement lié à la température ressentie. L'augmentation de la température ressentie est induite par plusieurs facteurs : humidité optimale de l'air, inertie du bâtiment, rayonnement des parois, toucher des matériaux de finition ou encore apports solaires. De plus, un logement dans lequel tout est agencé de manière à garantir un meilleur confort ressenti, consommera moins pour les mêmes performances en besoins nets d'énergie de chauffage (BNC). Un autre facteur du confort ressenti est la qualité des matériaux. Le bureau *Karbon'architecture et urbanisme* a donc décidé de mettre plus de moyens dans des matériaux de qualité que dans l'implantation de techniques et technologies qui auront une durée de vie moins longue. Ce choix a plutôt un impact négatif sur le résultat PEB mais un impact positif sur le confort ressenti et la durabilité du bâtiment, et donc sur l'environnement.

Dans l'optique de concevoir un bâtiment le plus durable possible, une ventilation naturelle est privilégiée. Afin de garantir un renouvellement de l'air suffisant, ce système doit être couplé à des matériaux favorisant la perméabilité des parois, à l'installation d'aérateurs à clapet sur les châssis ou encore l'installation de fenêtres de toit au-dessus des escaliers qui favoriseront le principe du tirage thermique.

Afin d'atteindre un meilleur confort, les architectes se sont donc penchés sur trois axes en particulier : la composition architecturale des parois, la migration de la vapeur d'eau et les matériaux de finition. Ces réflexions induisent des choix techniques et matériels permettant de réguler le taux

d'humidité sans avoir recours à de la ventilation double flux mécanique, d'atteindre les objectifs d'économie d'énergie et de garantir le meilleur confort aux habitants.

Le projet étant une rénovation, la question de l'isolation partielle (moins de 75% de modifications sur l'enveloppe) ou complète s'est posée. Dans le premier cas, l'isolation partielle permettait de faire des économies et d'être soumis à la réglementation en Unité Rénovée Lourdemment (URL) (moins contraignante concernant les performances à atteindre) et donc de ne pas être astreint par le calcul global, obligatoire lorsqu'un bâtiment est soumis à la réglementation d'un Bâtiment Assimilé à du Neuf (BAN). Néanmoins, une expérience précédente du bureau *Karbon*, concernant un bâtiment isolé partiellement, a démontré que les performances de consommation atteintes étaient loin de celle d'une habitation « basse énergie ». Le choix s'est donc porté vers l'isolation complète du bâtiment. De plus, une simplification de l'enveloppe, par la suppression d'annexes, situées à l'arrière de l'ensemble, permet de répondre à l'imposition de la réglementation PEB même en BAN (un besoin net de chauffage inférieur à 18 kWh/m².an). Une isolation par l'extérieur a été privilégiée d'une part afin de conserver des surfaces correctes pour les logements tout en assurant une meilleure performance énergétique possible et d'autre part afin de conserver la maçonnerie existante dans le volume chauffé et de profiter ainsi de sa masse pour apporter de l'inertie thermique à l'ensemble.



fig. 20 Plan du rez-de-chaussée (Karbon'architecture et urbanisme)

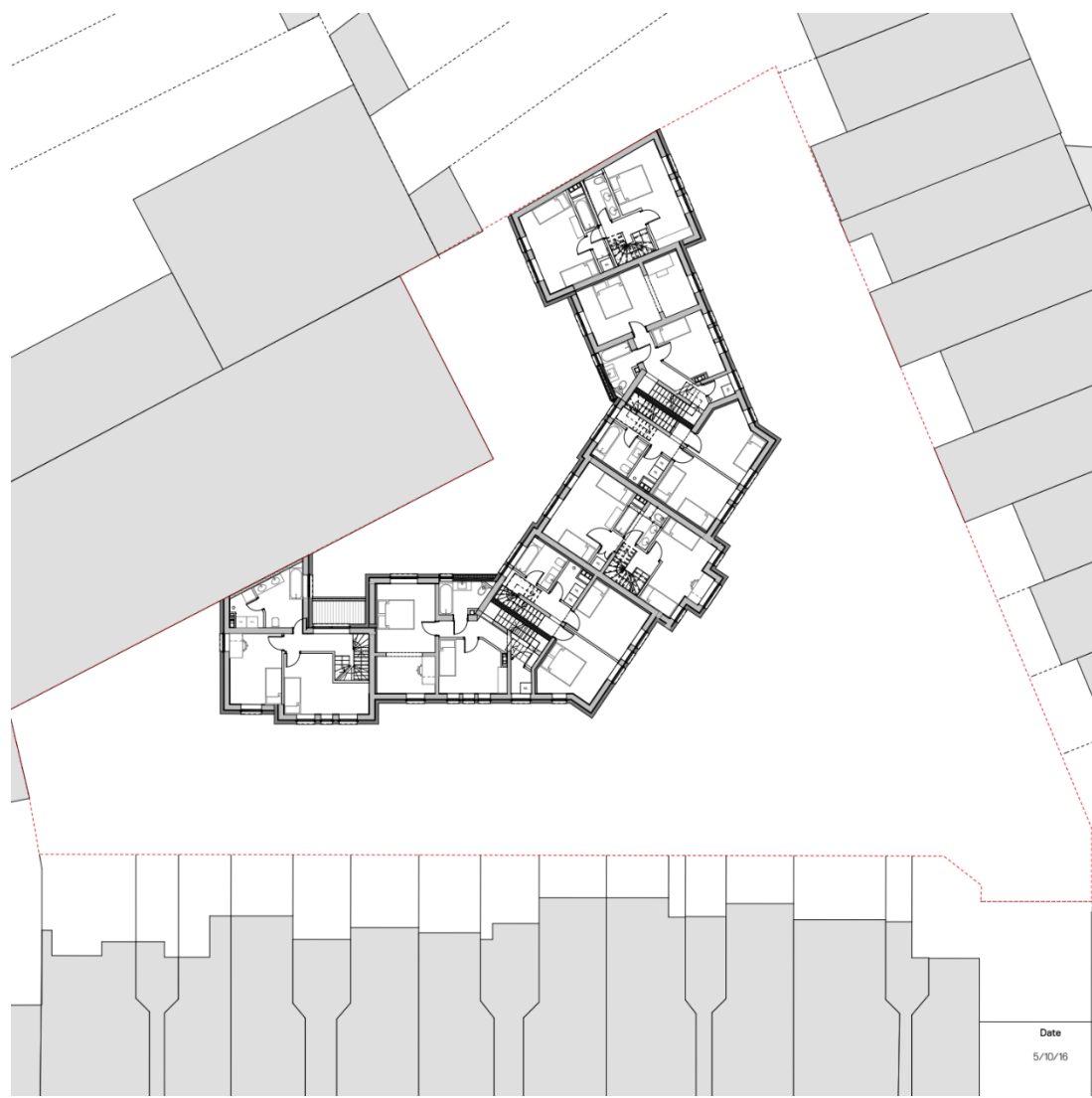


fig. 21 Plan du 1^{er} étage (Karbon'architecture et urbanisme)

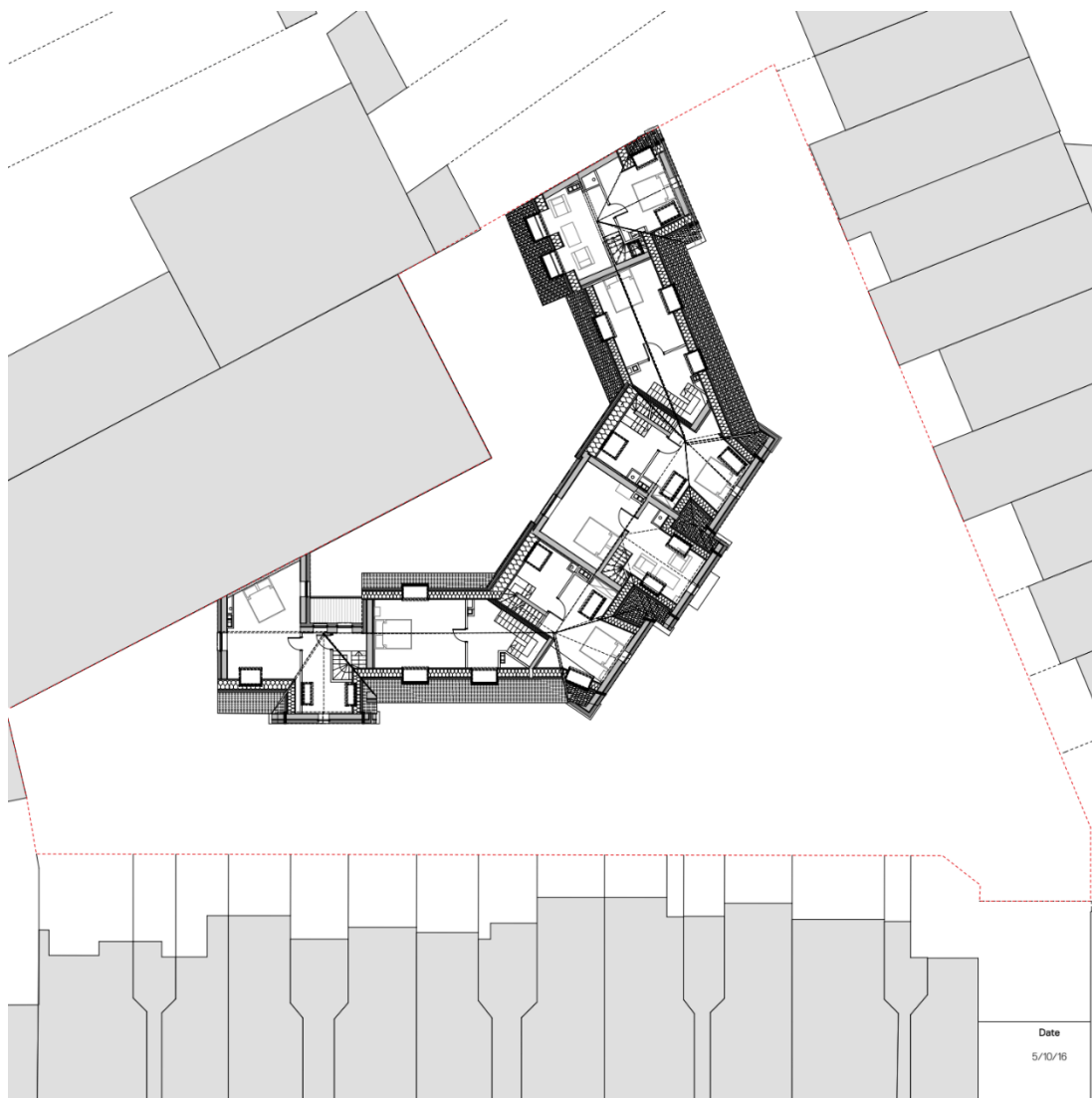


fig. 22 Plan du 2^{ème} étage, sous les combles (Karbon'architecture et urbanisme)

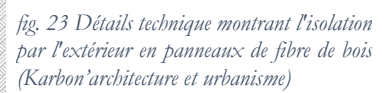
Les matériaux d'isolation

Comme expliqué précédemment une grande attention a été portée à l'utilisation de matériaux de qualité. Ces derniers sont choisis afin de satisfaire des exigences en termes de confort, de durabilité, de facilité d'usage et de perméabilité à la vapeur d'eau. Les matériaux choisis forment donc un ensemble cohérent avec les équipements installés et sont si possible naturels et peu transformés.

Si lors de la remise du permis d'urbanisme, l'isolation des façades étaient prévue en liège, il semble qu'elle a finalement été réalisée en panneau de fibre de bois. Les architectes, dans leur note d'intention, avaient déjà esquissé la possibilité d'un changement en cours de chantier. Plusieurs raisons étaient évoquées, notamment le fait que le système – couche isolante en liège, ragréage à la chaux et enduit de finition à base de liège – était seulement en développement ou encore que le cadre du marché public pousse les entrepreneurs à se tourner vers des techniques qu'ils connaissent ou dont la qualité a déjà été démontrée, cadre dans lequel les entrepreneurs auront toujours tendances à se tourner vers des techniques qu'ils connaissent ou dont la qualité a déjà été démontrée. Il faut également noter que le liège, à l'heure actuelle, reste relativement cher et que les ressources de ce matériau sont limitées.

Les panneaux de liège qui auraient dû être utilisés pour l'isolation des sols contre terre ont également été remplacés par un système d'isolation sous dalle à l'aide de verre expansé. Ce matériau bien qu'il présente une énergie grise relativement élevée ($+1600 \text{ W/m}^3$) – notamment à cause de la combustion nécessaire à sa fabrication – reste une alternative durable, puisqu'il est constitué en grande partie de verre recyclé. Il bénéficie également d'une grande durabilité car il est résistant aux attaques de rongeurs, ne pourrit pas, subit très peu de dégradation au fil du temps et pourra être réemployé ou recyclé dans le futur.

Les alternatives proposées lors de la phase de chantier correspondent toujours à la majorité des critères du bureau *Karbon'architecture et urbanisme* en termes de confort ou de performance énergétique.



En ce qui concerne l'isolation des façades, le complexe comprenant les panneaux en fibre de bois et les enduits (de sous couche et de finition) à base de chaux et de ciment permet de laisser passer la vapeur d'eau et d'atteindre les performances demandées par le cahier des charges. Ce système permet de prévenir les dégâts liés à l'humidité – dont le bâtiment avait déjà été victime – et de répondre aux exigences actuelles et à la fonction du bâtiment. Si une telle importance a été donnée à la mise en place des matériaux qui constituent une paroi perspirante, c'est en grande partie lié aux différentes expériences du bureau d'architecture et du bureau d'étude en techniques spéciale. *« ... L'expérience du bureau dans la rénovation de logements sociaux montre l'importance de traiter en amont et de manière intégrée les problèmes de respirabilité des logements, car si certains systèmes peuvent fonctionner en théorie, leur entretien nécessaire, particulièrement dans les logements sociaux, les rendent trop souvent inutiles... »* (Extrait d'une note explicative du bureau *Karbon'architecture et urbanisme*, 2014).

Un autre enjeu de l'isolation des façades est le rapport entre les apports de lumière naturelle et l'épaisseur d'isolant. L'utilisation d'isolants naturels demande des épaisseurs plus importantes pour atteindre des performances égales à celles d'un isolant issu de la pétrochimie, il faut donc trouver un juste équilibre, toujours au regard du confort de l'habitant. Ici, le bureau *Karbon'* a opté pour un système isolant + enduits d'une épaisseur de 24cm, portant les murs à une épaisseur totale de 52cm.

L'isolation des toitures a quant à elle été réalisée à l'aide d'ouate de cellulose insufflée. Ce matériau présente de nombreuses qualités : thermique, durable et acoustique. Il a notamment été choisi pour prévenir les risques de surchauffes dans les chambres des combles en été. En effet, sa forte capacité thermique massique lui permet d'éviter la transmission de chaleur directe par rayonnement. L'utilisation d'un isolant insufflé permet également de réduire considérablement les déchets sur chantier.



fig. 24 Mise en place de l'isolant et de l'enduits de finition à base de chaux (Karbon'architecture et urbanisme)



*fig. 27 Rejointoyage entre les panneaux de fibre de bois
(Karbon'architecture et urbanisme)*

*fig. 25 Isolation du haut du pignon avec du liège
(Karbon'architecture et urbanisme)*



*fig. 26 Différences de granulométrie de l'enduit de finition
(Karbon'architecture et urbanisme)*

fig. 28 Couverture de la toiture (Karbon'architecture et urbanisme)



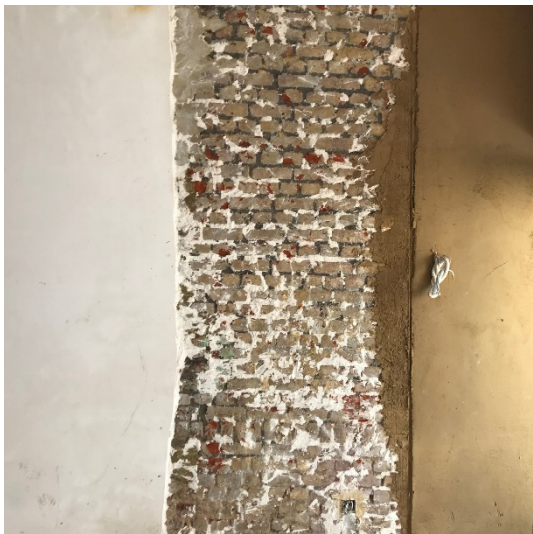


fig. 32 Enduits intérieurs à base d'argile (Karbon'architecture et urbanisme)

fig. 30 Matériaux de finition des chambres sous les combles (Karbon'architecture et urbanisme)

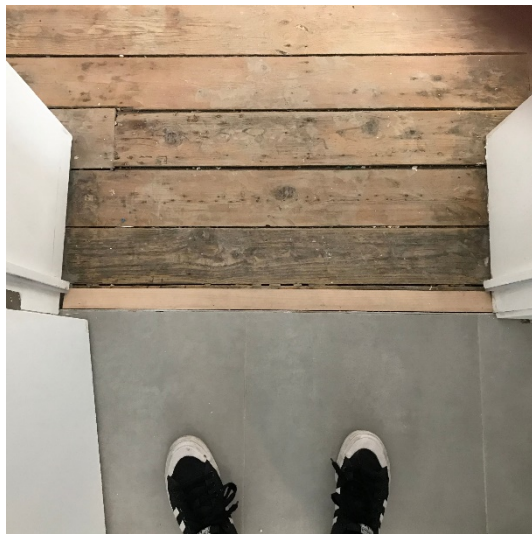


fig. 31 Différenciation des revêtements de sol en fonction des usages (Karbon'architecture et urbanisme)

fig. 29 Matériaux de finition des pièces de vie (Karbon'architecture et urbanisme)



Les matériaux de finition

Comme expliqué précédemment, les matériaux de finition sont l'un des trois axes que le bureau a décidé de promouvoir afin de garantir le meilleur confort possible pour les futurs habitants. A l'instar des équipements techniques, ces matériaux doivent être faciles d'entretien et robustes. Une attention a également été portée au touché qu'ils procurent, une différenciation a donc été mise en place au niveau des revêtement de sols : un carrelage dans les pièces de vie et du bois dans les pièces de nuit.

Les enduits de finition des murs jouent quant à eux un rôle important dans la régulation de l'humidité et donc du confort ressenti. Il est important de réaliser des enduits perméables à la vapeur d'eau afin de rester dans la continuité de l'isolation extérieure mise en place. L'ensemble répond à la ventilation naturelle et permet de prévenir les risques de condensation. Les enduits sont donc réalisés à base d'argile comme c'était déjà le cas à l'époque.

Ventilation

Le postulat de ce projet vis-à-vis des équipements techniques, était d'avoir recours à des appareils simples, que ce soit lors de l'utilisation par les habitants ou lors de l'entretien par la maîtrise d'ouvrage. En effet, la Société du Logement de la Région de Bruxelles-Capitale avait émis des réticences quant à l'installation de ventilation double-flux car les locataires obstruent les bouches ou débranchent les moteurs. Ils préféraient privilégier un système de ventilation mécanique contrôlée de type C+. Mais les architectes de *Karbon'architecture et urbanisme* avaient déjà eu des retours d'expériences concernant ce type de ventilation, qui créaient des désagréments aux locataires et entraînaient le même type de comportements que le double-flux. En discussion avec le bureau en techniques spéciales A+ Concept, les architectes ont alors suggéré d'avoir recours à un système de boisseaux en béton permettant de ventiler le bâtiment naturellement. La SLRB s'est rapidement montrée intéressée par cette possibilité, qui permettait de réduire les coûts de maintenance et ne nécessitait aucun réglage. Bien que ce dispositif soit moins efficace, une fois couplé à une enveloppe performante et perspirante, il permet de garantir un meilleur confort aux usagers et d'en avoir une maîtrise totale.

Ce système de boisseaux en béton est directement intégré à la réflexion architecturale, sa durée de vie est donc plus longue qu'un équipement technique qui aurait dû être remplacé dans 10-15-20 ans. L'installation du système de ventilation lors du gros œuvre permet également d'améliorer le temps de séchage des étapes de finition : plafonnage, chape, enduits Ce dispositif de ventilation comprend des bouches d'alimentation autoréglables dans les pièces sèches et des bouches d'extractions dans les pièces humides qui s'actionnent en fonction de détecteurs de présence ou d'humidité. Ces dernières sont reliées à des conduits d'évacuations, principaux ou secondaires, en béton, ce qui permet de réduire les nuisances sonores ou le déclenchement d'un incendie. L'air vicié sera alors extrait via ces conduits par convection naturelle, lors de l'ouverture des aérateurs à clapet sur les châssis ou simplement lors de l'ouverture d'une fenêtre ou d'une porte.

*fig. 33 Mise en place des cheminées
d'évacuation de la ventilation naturelle
(Karbon'architecture et urbanisme)*



Chauffage

Le système de chauffage répond également au souhait des architectes et des maîtres d'ouvrage de concevoir un projet intégrant des techniques simples. Le choix s'est porté sur des chaudières à condensation individuelles. Ces équipements sont connus et donc plus simples et moins chers à entretenir mais également plus simple à prendre en main. Le parti de travailler avec des chauffages individualisés permet également de prévenir tout désagrément lié à des débits trop importants et de responsabiliser chaque famille à l'utilisation de sa maison et à son propre confort.

« ...Dans cette démarche écologique très engagée, ça paraît stupide d'avoir un apport technologique qui va nécessiter des entretiens, des remplacements dans 15-20-25 ans. Tout ce discours écologique de la performance à tout prix... Cette performance à tout prix impose un apport technique important qui a un coût et qui participe en lui-même à une société de consommation qu'on essaye d'éviter. C'est l'incohérence dans cette recherche de performance à tout prix... »

(Matthieu Delatte lors d'un entretien réalisé par Julie Neuwels, 2019)



fig. 34 Façade d'une des tours Peterbos (Karbon'architecture et urbanisme)

4.3. Etude de cas 3 : 335 PTB

Envisager d'autres possibles

Localisation

Anderlecht, Belgique

Programme

Concours - Rénovation énergétique et mise en conformité de deux tours modernistes

Année du concours

2019

Phase

Compétition

Commanditaire

SCRL Comensia

Mission

Rénovation complète

Consultant

BESP et MK engineering

Association

KABEM (Karbon' + BESP' + MK engineering) et TSAM

Alors que l'isolation par l'extérieur dans la rénovation énergétique semble être devenue un réflexe plutôt qu'une réelle solution ajustée au cas par cas, *Karbon'* a vu dans le concours pour la rénovation des bâtiments 10 et 11 à Peterbos, une opportunité d'apporter une réponse innovante et d'envisager d'autres possibles.

En effet, si dans les années 1990 la posture vis-à-vis de ces ensembles était plutôt de l'ordre de les raser, puis dans les années 2000 de les restructurer, à l'heure actuelle, c'est la stratégie de rénovation qui semble être privilégiée. Cependant de nombreuses rénovations importantes et malhabiles, et ce indépendamment des qualités intrinsèques des bâtiments, mènent vers une véritable *transfiguration silencieuse* du parc bâti des années 1970 (Marino et Graf, 2016, page 14).

La proposition de *Karbon'architecture et urbanisme* finit deuxième à ce concours. C'est un projet qui prévoit une isolation thermique poussée des façades par l'extérieur et des VMC qui sera mis en œuvre.

Le contexte

Les bâtiments 10 et 11 font partie de l'ensemble Peterbos, un des uniques exemples d'ensemble résidentiel moderniste à Bruxelles. Les 18 bâtiments qui composent la cité prennent place dans un véritable parc habité. L'ensemble Peterbos est composé de 3 sous-ensembles cohérents. Les bâtiments 10, 11, 16, 17 et 18 présentent des dispositifs architectoniques similaires, ils sont monumentaux et solides. Les grands pans de façade en béton architectonique enserrent des balcons filants, eux-mêmes interrompus par des éléments verticaux, les issues de secours.

Le cahier des charges du concours prévoyait une mise en conformité des évacuations incendies, une isolation thermique par l'extérieur poussée et l'intégration de ventilations mécaniques contrôlées afin d'atteindre le standard « passif » pour la plupart des logements. A ces aspects plus techniques, s'ajoutait la demande d'assurer l'intégration du projet avec son environnement, d'améliorer la lisibilité des bâtiments et de renforcer l'habitabilité des logements en proposant des espaces extérieurs privés.

Une première visite réalisée par le bureau *Karbon'* sur le site fait émerger qu'une partie des matériaux composant la façade sont encore en très bon état après 45 années et semblent adaptés aux conditions extérieures : le béton architectonique décoratif, la brique, les enduits décoratifs en Granulite ou encore les châssis, protégés des intempéries par les balcons. Le bureau met en parallèle cette longévité avec celle des enduits ou bardages sur isolant qui ne présentent que rarement une durabilité à long terme.

Dans cette optique de conservation de l'existant, le bureau fait appel au laboratoire de recherche TSAM (Techniques et Sauvegardes de l'Architecture Moderne). Ce dernier produit et développe la connaissance des techniques de sauvegarde de l'architecture moderne et contemporaine. Le recours à ce type d'acteurs dans le cadre d'un concours n'est pas conventionnel et témoigne de l'innovation des architectes de la coopérative et du souhait de motiver leur démarche en s'appuyant sur des personnes clés.



*fig. 35 Vue aérienne de l'ensemble Peterbos
(Karbon'architecture et urbanisme)*

Un contre-projet

Le postulat de *Karbon'architecture et urbanisme* part du constat que l'enveloppe budgétaire allouée pour la rénovation, au regard du programme et des objectifs énoncés, semblait beaucoup trop mince. Ils ont alors décidé de réévaluer le programme et de proposer un contre-projet pour atteindre des objectifs cohérents tout en rentrant dans le budget, le tout pour parvenir à une proposition qui relève du bon sens.

Cette proposition s'éloigne des a priori de la rénovation énergétique et s'appuie sur une étude approfondie des qualités et des défauts des bâtiments originaux. Cette dernière a été réalisée en collaboration avec un bureau d'ingénieur, MK Engineering, un bureau d'étude en stabilité, BESP, et un centre de recherche, le TSAM, qui possède une certaine expérience dans l'étude de rénovations de logements modernistes.

L'étude mettra en évidence certaines qualités inhérentes aux bâtiments d'origine, comme la bonne tenue de certains matériaux de façade ainsi que des performances énergétiques déjà très intéressantes de certains logements, dues à la compacité de l'ensemble. Dès lors, des interventions ponctuelles permettront d'approcher, voire d'atteindre le standard passif pour certains appartements.

La proposition de *Karbon'*, au-delà de répondre à des enjeux performants, s'orientera vers une revalorisation du patrimoine moderne des deux bâtiments et une augmentation de l'habitabilité des logements. Les objectifs énergétiques du cahier des charges seront quant à eux réévalués afin d'atteindre le meilleur niveau d'optimisation entre les coûts, les performances énergétiques, l'énergie (grise) dépensée et la qualité d'habitabilité pour les usagers. Comme expliqué dans l'article du TSAM, paru en 2016 dans la revue TRACES n°05-06, *"... la situation d'équilibre entre la préservation de l'objet construit et une amélioration thermique conséquente se situe généralement autour de 80-90 % des valeurs légales, selon les techniques utilisées. Le 20-10 % restant pour se conformer aux normes en vigueur implique des interventions lourdes et très destructrices, dont la faisabilité technique se complique et justifie une augmentation des coûts de réalisation pour une durée de vie équivalente..."* (Marino et Graf, 2016, page 16).

Scénariser pour convaincre et mieux choisir

« ...*Ces concours sont souvent ouverts sans étude de faisabilité préalable ni d'estimation adaptée. L'opportunité du concours est l'occasion d'effectuer notre propre étude de faisabilité pour adapter le cahier des charges ensuite. ...* » (partie du texte de présentation du projet sur le site de *Karbon'architecture et urbanisme*).

Afin de légitimer une approche alternative et innovante, les architectes doivent démontrer que cette dernière respecte les obligations de résultats et peut être objectivée (Neuwels, 2023). *Karbon'* s'est donc fait aider du bureau d'étude MK engineering et du laboratoire TSAM de l'EPFL, pour développer quatre scénarios de performances afin de déterminer l'attitude la plus adaptée au regard des qualités du bâtiment et du budget.

Pour faire émerger ces scénarios, chaque typologie d'appartement a été modélisée dans un logiciel PEB en tenant compte des superficies, des orientations, des ouvertures et des compositions des parois extérieures. Cette étude se penche également sur un bilan énergétique sur 20 ans (balance entre coût en énergie grise et énergie économisée grâce à la rénovation des bâtiments) et un bilan financier sur 40 ans⁶.

Tout d'abord cette méthodologie a permis de confirmer les intuitions initiales concernant une consommation énergétique déjà relativement basse. En effet, le scénario 0 présente la situation existante, ce qui permet de constater que certains des appartements atteignent les performances d'une habitation « basse énergie ».

Le scénario 1, considéré par le bureau plutôt de l'ordre de la réparation/maintenance, permet déjà de se rapprocher, voire d'atteindre le standard « très basse énergie » pour certains logements. Ici les interventions sont minimales, il est envisagé de remplacer les vitrages et d'ajouter une face isolante aux allèges. Cependant, pour les appartements aux extrémités, ces interventions n'augmenteraient

⁶ Les bilans, tels qu'ils figurent dans les documents analysés ne portent que sur les interventions sur l'enveloppe et ne tiennent donc pas compte des coûts financiers ou énergétiques liés au remplacement des chaudières ou l'installation d'un nouveau système de ventilation ni à l'entretien sur le plus ou moins long terme de chacune des interventions.

que faiblement leurs performances. Ceci s'explique par un rapport entre les surfaces vitrées et les parois beaucoup plus faible pour ces logements.

Le scénario 2 présente une série d'interventions ponctuelles qui complète le scénario 1, comme l'isolation des coulisses présentes dans les parties en briques et en béton architectonique et le placement d'un enduit sur isolant aux endroits sans coulisse. Ici, tous les appartements seraient « très basse énergie » excepté ceux aux extrémités qui seraient « basse énergie ».

Le dernier scénario, le 3, est celui d'une isolation par l'extérieur de l'ensemble du bâtiment, tel que préconisé dans le cahier des charges. Ce dernier permet d'atteindre le standard « passif » pour l'entièreté des logements. Néanmoins, il nécessiterait des interventions beaucoup plus invasives et l'implantation d'une ventilation mécanique contrôlée puisque le projet passerait en « rénovation lourde ».

La réponse de *Karbon'architecture et urbanisme* se veut la plus holistique possible et tient compte de nombreux facteurs, autres que la simple performance du bâtiment. L'analyse des bilans énergétiques et financiers leur permet donc d'avoir un regard plus précis de la balance entre les coûts financiers et énergétiques de chacun des scénarios, tout en y intégrant une des valeurs personnelles du bureau, celle de la conservation d'un patrimoine moderne encore en bon état.

Le scénario 1, présente un gain énergétique de -3.801.881,6 kWh et un coût en énergie grise de 293.220,0 kWh sur 20 ans, la balance énergétique est donc de 3.508.661,6 kWh, son bilan financier sur 40 ans (le rapport entre l'argent injecté dans l'intervention et la réduction de consommation des logements) est +499.471€. Le scénario 2 présente un bilan énergétique de -5.303.155,8 kWh (énergie grise 453.556,8 kWh et énergie économisée -5.759.712 kWh) et financier de +654.655,7€. Le dernier scénario, celui de l'emballage complet du bâtiment, selon le cahier des charges, présente quant à lui un bilan énergétique de -5.288.040,6 kWh (énergie grise 3.380.458.5kwh et économie d'énergie de 8.668.499,2 kWh) et un bilan financier +2.355.402,09€.

Au regard de ces différents scénarios, le choix semble alors évident pour l'ensemble des acteurs ayant participé à cette étude. Le scénario 2 est celui qui permet en effet d'atteindre des performances

énergétiques tout-à-fait honorables tout en préservant les matériaux robustes des façades actuelles. De plus, ce scénario présente un meilleur niveau d'optimisation entre les coûts et les performances énergétiques atteintes, ce qui permet de réserver une part importante du budget pour améliorer la qualité et l'habitabilité des logements.

Bilan énergétique de l'enveloppe des différents scénarios sur 20 ans.

	Energie grise	Energie économisée sur 20 ans	Bilan énergétique sur 20 ans
Scénario 1	+293.220,0 kWh	-3.801.881,6 kWh	-3.508.661,6 kWh
Scénario 2	+453.556,6 kWh	-5.759.712,0 kWh	-5.303.155,8 kWh
Scénario 3	+3.380.458,1 kWh	-8.668.499,2 kWh	-5.288.040,6 kWh

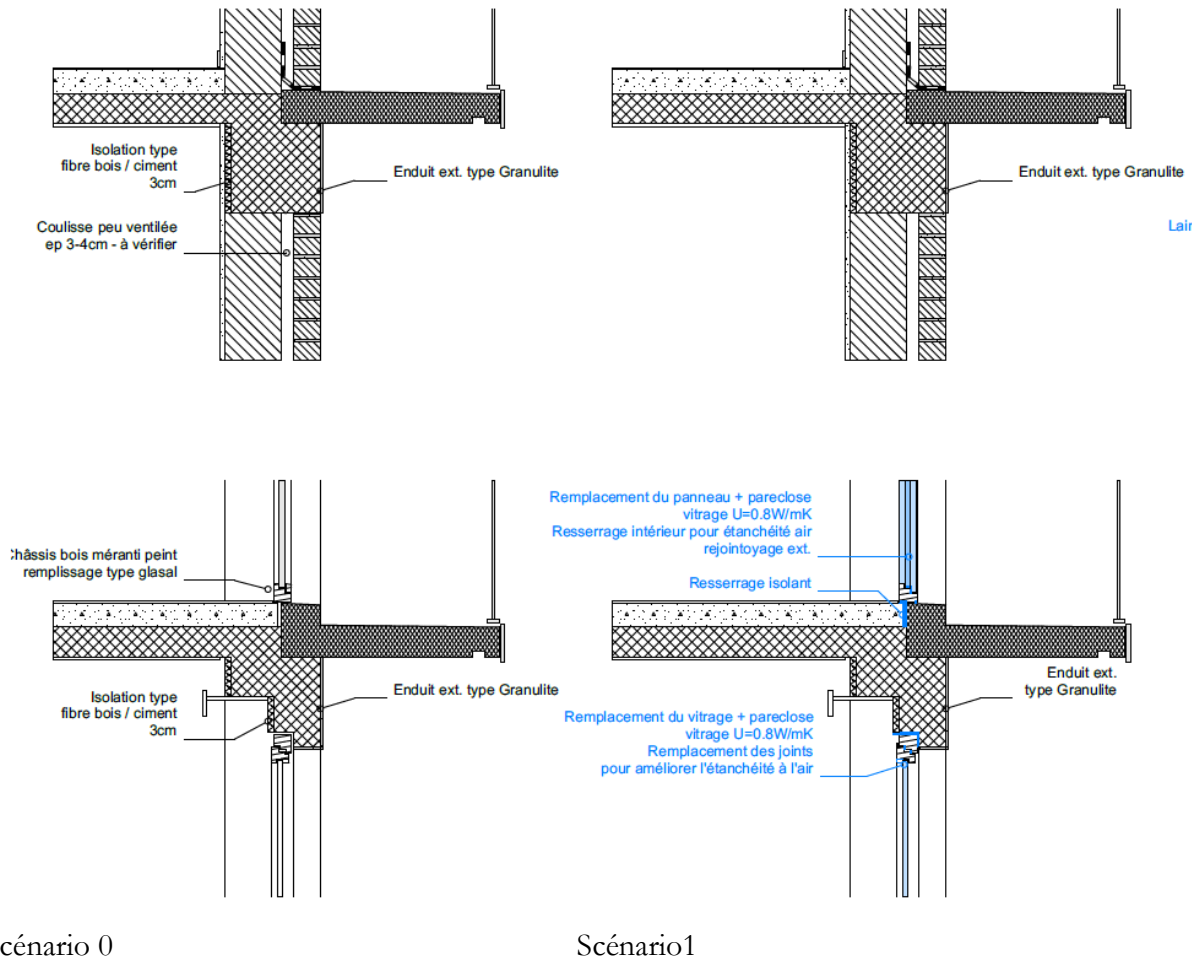
Bilan financier de l'enveloppe des différents scénarios sur 40 ans.

	Coût de l'intervention	Economie énergétique sur 40 ans	Bilan financier sur 40 ans
Scénario 1	+879.660 €	-380.188,2 €	+499.188,2 €
Scénario 2	+1.230.327,0 €	-575.671,3 €	+654.655,7 €
Scénario 3	+3.222.252,0 €	-866.849,9 €	+2.355.402,1 €

« ...Autrement dit, c'est le bâtiment même qui devrait fixer les limites des interventions, en fonction de ses caractéristiques matérielles intrinsèques, opportunément relevées dans la phase des études préalables, évitant de recourir ainsi à une stricte application des normes, ce qui aurait des répercussions conséquentes — et souvent irréversibles — sur l'intégrité des objets et, plus généralement, sur l'image de nos villes. ... »

(Marino et Graf, 2016, page 19).

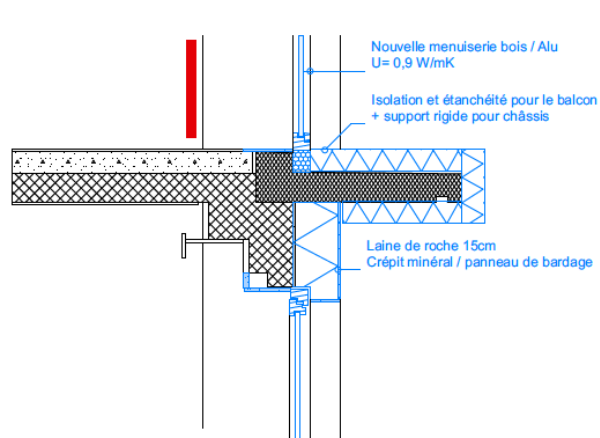
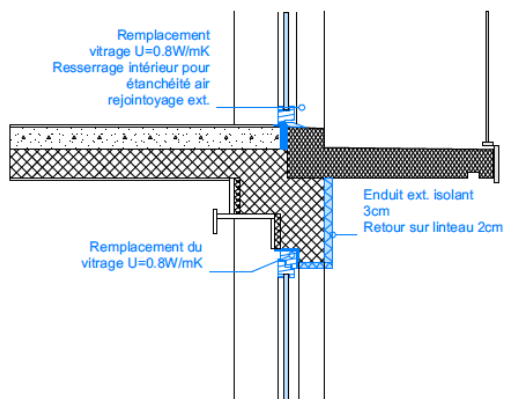
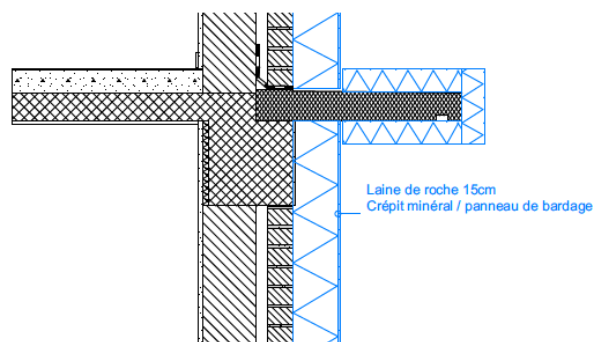
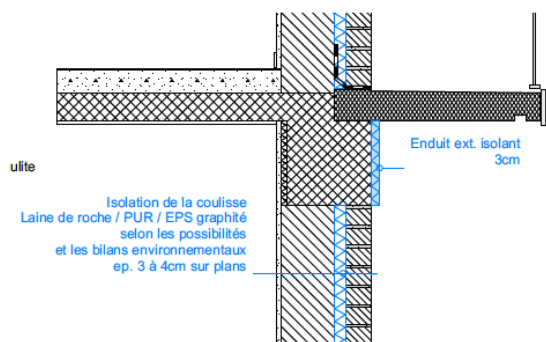
fig. 36 Détails techniques des différents scénarii (Karbon'architecture et urbanisme)



Scénario 0

Scénario1

fig. 37 Détails techniques des différents scénarios (Karbon'architecture et urbanisme)



Scénario 2

Scénario 3

Une intervention minimaliste pour une meilleure habitabilité

Si l'approche se veut innovante, la mise en œuvre, elle, est plutôt conventionnelle. L'intervention doit se faire en chantier habité, les architectes souhaitent donc limiter les nuisances en proposant des opérations ponctuelles et rapides. La proposition repose également sur des techniques connues des entrepreneurs, afin d'une part d'assurer une exécution sans complication et d'autre part créer de la concurrence lors de la consultation des entreprises, ce qui n'est pas le cas lors du déploiement de techniques très spécialisées.

Le constat d'une bonne compacité de l'ensemble des logements pousse le bureau à procéder par étapes afin de déterminer les interventions minimales qui permettrait d'atteindre assez vite de bons résultats environnementaux. « ... *On avait un bâtiment presque basse énergie avec une consommation moyenne de 68 KWh/m².an. Bon, la base était déjà pas mal. Alors on procède par étape. Quand on change les chaufferies, ça fait une baisse des consommations de 10-15%. Si on remplace les vitrages – pas les châssis parce qu'ils étaient généralement bons – et qu'on change les coulisses des châssis un peu détériorés, on arriverait pour l'ensemble du bâtiment à 24 KWh/m².an, donc très basse énergie. ...* » (Jean Garcin lors d'un entretien réalisé par Julie Neuwels, 2019). Ce fonctionnement démontre également le souhait du bureau de trouver le meilleur niveau d'optimisation entre les coûts et les performances énergétiques atteintes. Cette démarche permet de dégager plus de 2/3 du budget total pour améliorer l'habitabilité des appartements et les abords (au lieu de moins d'un tiers si le cahier des charges avait été suivi).

La réflexion s'ancre dans les valeurs du bureau, qui au-delà de vouloir construire des logements qui apportent du confort thermique, souhaite concevoir des espaces qui offrent du confort ressenti et du plaisir dans le fait d'habiter. Les 2/3 du budget restant serviront donc en partie à créer des espaces extérieurs privatifs généreux. Les nouvelles grandes terrasses seraient de véritables pièces extérieures pour les logements, en lien direct avec les séjours. La structure des balcons, à l'instar du reste des interventions, se veut relativement simple. Des portiques en béton préfabriqués viennent s'encastrent sous les balcons existants et s'ancrer sur la structure du bâtiment.



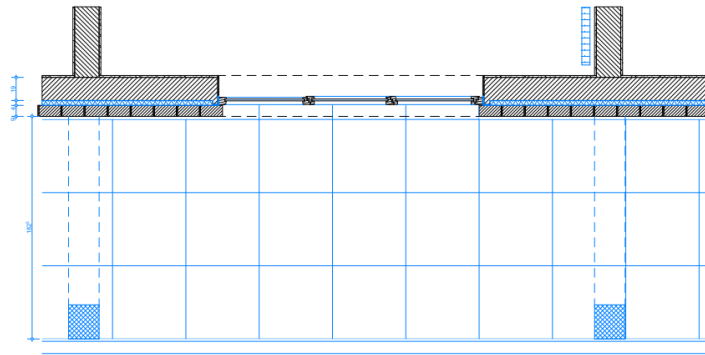
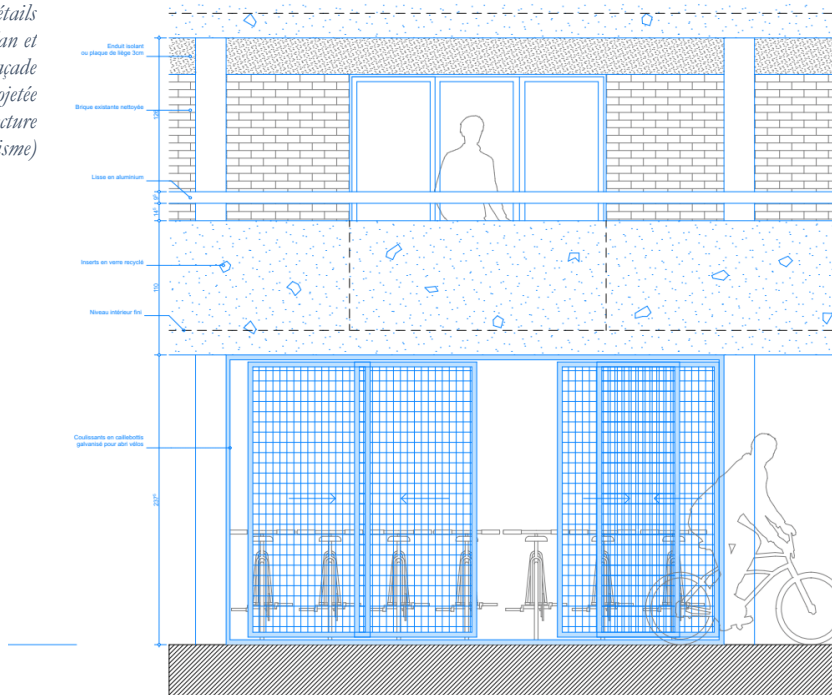


fig. 39 Détails
technique en plan et
vue de la façade
projetée
(Karbon'architecture
et urbanisme)



Ventilation

En faisant le choix du scénario 2, l'intervention peut être qualifiée de « rénovation légère », ce qui, à Bruxelles, permet de passer outre l'obligation de placer des ventilation double flux, ce n'aurait pas été le cas, si l'isolation thermique extérieure préconisée dans le cahier des charges du concours avaient été mise en application. Cette décision a également été légitimée par la présence dans chaque appartement d'une gaine de ventilation naturelle avec un système de boisseaux en béton de type Shunt. Néanmoins, ce dispositif ne permettait pas de ventiler correctement les logements étant donné la hauteur des bâtiments et les seuls apports en air neuf étaient assurés par les multiples infiltrations d'air en façade.

L'ensemble des appartements manquait de ventilation, que l'isolation de l'enveloppe et l'amélioration de l'étanchéité à l'air n'aurait pas amélioré. Afin de rendre le système de ventilation qui était déjà présent, plus efficace, le bureau *Karbon* a émis la proposition de le mécaniser et de le réguler. Des extracteurs motorisés seraient placés au-dessus de chaque gaine en toiture afin d'assurer un meilleur tirage et un débit d'air constant. Les grilles d'extraction des appartements auraient été remplacées par de nouvelles grilles autoréglables en fonction de l'humidité présente dans l'air. Des amenées d'air réglables dans les châssis ou les vitrages pourraient également être mises en place en fonction des situations et des coûts. L'installation dans toutes les cuisines d'un système d'extraction mécanique autoréglable (hotte) aurait également été un soutien au système de ventilation. Ce système hybride composé d'éléments « rustiques et robustes » ayant déjà été éprouvé permet de garantir un renouvellement d'air continu ($7\text{m}^3/\text{h}$) sans apporter d'inconfort.

La position générale du bureau est d'essayer de favoriser des techniques les plus simples possible. Dans cette perspective, ils essayent de se tourner vers des techniques, pour la ventilation, qui sont au niveau du simple flux (uniquement de l'extraction, sans amenée d'air chaud) ou de la ventilation naturelle, en fonction des projets et des possibilités. « ...*Sur des bâtiments de logement sociaux, on a de grandes difficultés d'avoir des bons tirages d'air quand les bâtiments sont trop hauts, donc on est obligé de mécaniser un minimum. En même temps, on essaye, du coup, que ce soient des techniques relativement simples à entretenir, ...* » (Alessandro Pontara dans un entretien réalisé par l'auteur, 2022).

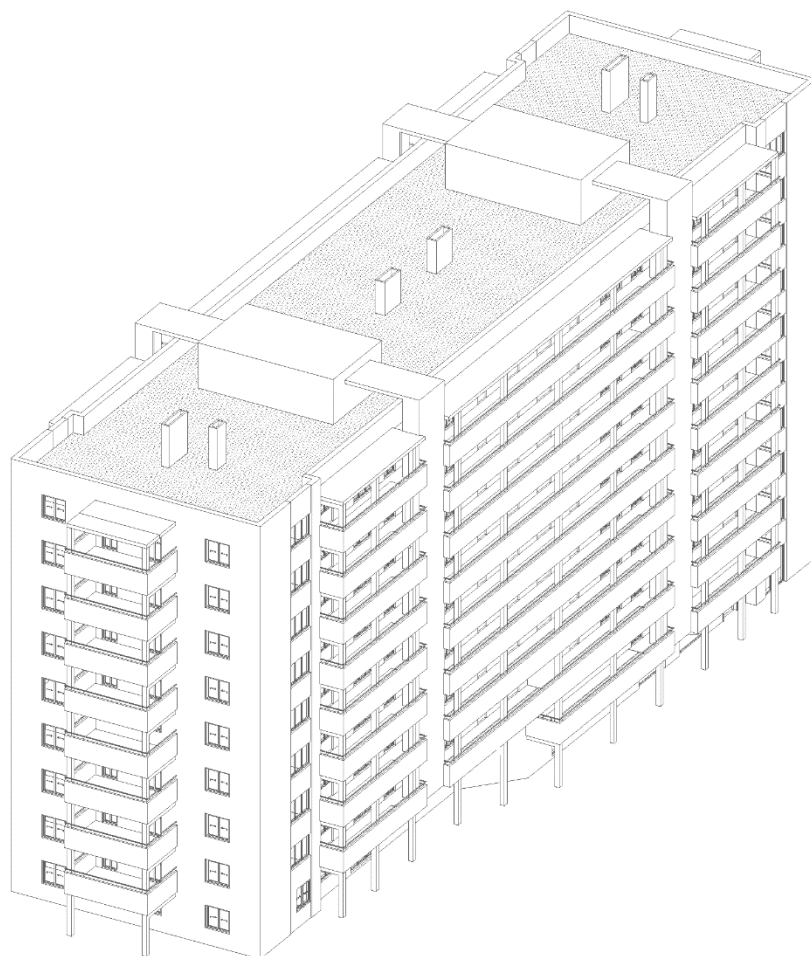


fig. 40 Axonométrie projetée du projet sur laquelle les cheminées d'extraction de la ventilation naturelle sont représentées (Karbon'architecture et urbanisme)

4.4. Synthèse des analyses des cas d'étude

Le bureau *Karbon'architecture et urbanisme* qualifie son architecture de contemporaine, tout y en intégrant des réflexions sur les enjeux environnementaux et le confort des habitants. Les trois projets analysés présentent néanmoins peu de similitudes formelles ou techniques. Ces divergences peuvent s'expliquer par le souhait des architectes de ne pas avoir des réponses toutes faites. Leurs projets fonctionnent comme des ensembles cohérents et ces ensembles cohérents fonctionnent dans des contextes précis (sociaux, culturels, climatiques...). L'utilisation de certains matériaux n'est pertinente que si elle est associée à certaines techniques ou l'inverse (création de parois perspirantes dans le cas d'une ventilation mécanique), la ventilation naturelle est plus compliquée à mettre en place au-dessus d'un certain nombre d'étages ou tout simplement le fait que si tout le monde avait recours aux mêmes matériaux la disponibilité de ces derniers serait compromise.

Les différences se justifient également par l'évolution du bureau dans le temps. Les architectes entretiennent des rapports avec les autres corps de métier qui les poussent à remettre constamment en question leurs façons de concevoir l'architecture. Ce dialogue semble être d'autant plus important qu'il nourrit toutes les parties concernées. Les architectes parlent notamment d'un entrepreneur qui a développé son système d'ossature bois isolée en paille, à qui ils font souvent appel et au contact duquel ils en apprennent plus sur ce matériau encore peu mis en œuvre en Belgique. Le partage d'expérience avec les bureaux en techniques spéciales permet également de faire bouger certaines habitudes techniques et de trouver les réponses les plus judicieuses, comme dans le cas de la cité Van Meulecom, où les retours d'expériences de chacun ont permis d'orienter le projet vers de la ventilation naturelle. Dans cette approche de co-construction le bureau s'entoure d'acteurs qui lui semblent pertinents afin d'apporter des réponses les plus appropriées possibles.

Dès lors, les similitudes se retrouvent plutôt dans la façon dont les architectes approchent chacun des projets, faisant preuve d'innovation, tant techniques que matérielles et en prêtant une attention particulière au contexte.

Afin de faire une synthèse de l'analyse des cas d'étude, deux points seront développés pour mettre en lumière la diversité, d'une part, des alternatives innovantes proposée et d'autres part des enjeux auxquels le bureau entend répondre grâce à son architecture. Les sujets développés ici, seront les matériaux et les équipements techniques même si de nombreux autres facteurs entrent en ligne de compte lors de la conception des projets par le bureau *Karbon'architecture et urbanisme* : les facteurs social, bioclimatique, patrimonial, économique

Le choix et l'utilisation des matériaux avec bon sens

Dans les trois projets étudiés, les architectes cherchent à minimiser les consommations énergétiques liées au chauffage des bâtiment, comme le préconisent les réglementations, mais également celles liées à la production, au transport ou encore à la capacité de recyclage des matériaux (énergie grise). Le bureau semble avoir deux postures quant à l'utilisation de la matière. Le recours à des matériaux plus sain pour la planète et pour l'homme et une utilisation plus raisonnée, parcimonieuse de la matière. Ces postures sont évidemment complémentaires et peuvent coexister dans un même projet.

Dans le projet de la maison de Matthieu Delatte, l'accent est mis sur l'utilisation de matériaux biosourcés et géosourcés afin de garantir le confort intérieur. Les matériaux utilisés sont locaux, recyclables ou biodégradables et peu transformés. Le projet se veut également compact et les surfaces pour une maison quatre chambres sont plus petites que la moyenne, ces choix témoignent d'une utilisation raisonnée de la matière.

Le projet de la rénovation lourde de la cité Van Meulecom met en avant la posture du bureau lors d'une rénovation, que l'on peut également observer dans la proposition du concours Peterbos. Dans ces deux cas, le bureau *Karbon'architecture et urbanisme* essaye toujours d'avoir une attitude conservationniste. Cette attitude permet notamment de réduire les démolitions inutiles et donc les déchets de chantier. Le bureau avait également fait appel à *ROTOR*, une coopérative qui organise le réemploi des matériaux de construction, néanmoins, le réemploi des déchets de chantier s'est avéré plus compliqué que prévu.

Pour le concours Peterbos, la posture tient plus de l'utilisation raisonnée des matériaux. Comme expliqué dans l'analyse, l'intervention se voulait minimale et une attention a été portée au rapport entre l'investissement en matière et la rentabilité en performance énergétique et en qualité d'habitabilité.

Le recours à des équipements techniques qui ont du sens

Comme l'expliquait Matthieu Delatte, avoir recours à des équipements techniques qui ne vont durer qu'un temps, tel que des VMC ou des pompes à chaleur, est une des incohérences de la recherche de performance énergétique des bâtiments. D'une part le remplacement ou l'entretien de ces équipements vont avoir un coût, d'autre part, leur difficulté d'usage et d'appropriation par l'utilisateur (habitant) entraînent des diminutions de la performance escomptée ou encore de l'inconfort.

Dans cette optique les architectes préfèrent privilégier des équipements architecturaux et *Low Tech* ou des techniques simples à entretenir et à prendre en main. Plusieurs notions entrent en jeu : premièrement, une notion d'intégration de ces équipements dans la réflexion architecturale, afin qu'ils ne soient pas perçus comme des éléments rajoutés et fonctionnent en harmonie avec le reste du projet (matériaux mis en œuvre, spatialité, programmation ...) ; deuxièmement, une notion de durabilité, un équipement intégré au gros œuvre ou à l'architecture propre d'un bâtiment durera par définition toute la vie de ce dernier et produira donc moins de déchets ; et pour finir, une notion de confort, comme expliqué, la mise en place de techniques trop complexes entraîne une dépossession des usagers pour leur propre confort.

Il est important de noter que les architectes ne font pas pour autant une panacée de certains équipements et en perçoivent les limites. Les choix techniques se font toujours au regard d'un contexte et d'usages. Par exemple, dans certains projets, ils font le choix du double-flux afin d'améliorer les performances et de ne pas devoir emballer tout le bâtiment d'isolant. Cette recherche d'équilibre qui fait sens se mène toujours en concertation avec plusieurs acteurs, tels que les ingénieurs en techniques spéciales, les maîtres d'ouvrages ou les entrepreneurs.

Les trois projets analysés sollicitent des solutions techniques plus ou moins *Low Tech* en fonction des opportunités et des besoins de chacun d'eux.

Matthieu Delatte, pour sa maison, était à la fois le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre, il a donc pu mettre en place les techniques qui lui semblaient les plus en accord avec ses convictions. Ce projet a permis de mettre en avant l'importance de considérer le projet comme un tout et d'intégrer la question des équipements techniques liés au confort dès le début de la conception. Néanmoins, le recours à la ventilation naturelle ou à un poêle de masse ne peut pas être généralisé à toutes les typologies de projets.

Pour le projet 203 MOL, le choix de techniques simples résulte d'une part des convictions des architectes mais également de discussions avec le maître d'ouvrage et le bureau en techniques spéciales. Le fait d'être en rénovation et de concevoir des logements collectifs amène de nouveaux critères avec lesquels il faut composer. Les réglementations imposaient notamment des BNC équivalents à ceux d'un bâtiment neuf, dans le cas où l'ensemble était totalement réisolé (ce qui a été le cas). Lors de logements collectifs, la notion de simplicité technique (d'usage et d'entretien) prend le pas sur le recours à des système *Low Tech*. Le choix s'est donc porté vers une ventilation naturelle couplée à des aérateurs à clapets intégrés dans les châssis et des chaudières à condensation.

Même si au premier abord le contre-projet dans le cadre du concours pour les tours Peterbos peut sembler être le moins *Low Tech*, c'est celui qui a demandé le plus grand travail d'innovation. La difficulté de travailler en rénovation est de devoir composer avec l'existant. Si les architectes de *Karbon'* mettent un point d'honneur à intégrer les équipements techniques liés au confort dès le début de la conception d'un projet, dans ce cas-ci la page n'était pas vierge. Néanmoins, une analyse fine, faite de concert avec un bureau spécialisé en techniques spéciales, un en stabilité et un centre de recherche a permis de faire émerger la solution la plus *Low Tech* possible. Dans la définition que donne ADEME au *Low Tech* dans son rapport « *Démarches « Low Tech » Etat des lieux et perspectives* » il est expliqué qu'un objet « n'est pas *Low Tech* dans l'absolu, il est plus (ou moins) *Low Tech* qu'une solution alternative répondant au besoin initial ». L'importance de cette

proposition réside donc dans tout le travail d'innovation et de recherche qui a été effectué par les architectes.

5. CONCLUSIONS

La posture d'innovation du bureau *Karbon'architecture et urbanisme*, part d'un malaise au sujet des normes et réglementations concernant les enjeux environnementaux. En effet, même si elle a permis à de nombreux bâtiments d'atteindre de meilleures performances énergétiques, la course aux labels et aux certifications a entraîné une diminution de la qualité architecturale et du confort des habitants. Ces dérives du milieu de l'architecture sont particulièrement pointées du doigt dans la littérature mais peu de travaux s'intéressent réellement aux discours alternatifs à la technicisation du bâti qui se construisent depuis quelques années.

L'état de l'art a permis de comprendre l'origine de la confiance qui est accordée aux techniques pour résoudre les problèmes liés à la crise environnementale actuelle mais également la relation que les architectes entretiennent avec ces équipements, de plus en plus courants dans les constructions récentes. Ce travail d'analyse du bureau *Karbon'architecture et urbanisme* a donc été l'occasion de faire résonner une de ces postures d'architectes divergentes face à la technicisation et de comprendre une partie des enjeux que soulèvent de tels partis pris. De fait, la mise en place de techniques alternatives ne réside pas juste dans la suppression des éléments qui induisent la technicisation du bâti mais en un réagencement des façons de concevoir l'architecture. La confiance accordée aux équipements techniques a contribué à créer un système sociotechnique autour de ces derniers, qui se caractérisent par des « emboitements » relativement difficiles à défaire (Neuwels, 2023). Par exemple, le remplacement d'un système de ventilation mécanique ne se fait pas juste par suppression de l'équipement en question mais par le réagencement d'un nouveau système sociotechnique.

Tout le travail d'innovations et de propositions de solutions alternatives a pu être apprécié lors de l'analyse des cas d'étude et de la synthèse de cette dernière, néanmoins, au regard des nouveaux éléments que ce travail a pu apporter, il me semblait important de questionner le rôle de l'architecte ainsi que son rapport aux équipements techniques.

Tout d'abord, il apparaît nécessaire que les architectes se réapproprient les questions techniques, intimement liées à des enjeux de confort. En effet, sans une maîtrise et une compréhension de ces dernières, le bureau *Karbon'* ne se retrouverait pas en posture de négocier avec les ingénieurs en techniques spéciales et ne pourrait pas amener des solutions innovantes. Comme nous l'avons vu, la bonne intégration de techniques alternatives résulte d'une vision globale liée à des questions de matérialité, de spatialité et de contexte, que seul les architectes, plaque tournante d'un projet, peuvent maîtriser. Pour ce faire, un « travail d'intéressement » (Neuwels, 2023) est nécessaire afin de comprendre les équipements techniques actuels et leurs limites ainsi que de se réapproprier d'anciens savoirs constructifs qui étaient alors associés au milieu dans lequel ils étaient implantés. Concernant le bureau *Karbon'architecture et urbanisme*, cette maîtrise technique s'est forgée (et se forge toujours) avec les nombreuses lectures, la formation de Matthieu Delatte en tant que conseiller PEB au début de sa carrière mais surtout le contact régulier avec les autres corps de métier. En adoptant une forme d'humilité dans un tissu plus large, représenté par le maître d'ouvrage, les artisans, les ingénieurs ... les architectes entrent en dialogue et apprennent des connaissances de chacun.

Ce « travail d'intéressement » touche à une réappropriation des techniques, qu'elles soient nouvelles ou moins récentes mais également à une connaissance des réglementations en vigueur. Comme dans le cas des équipement techniques, l'architecte n'est pas légitime de discuter les fondements de la politique architecturale s'il n'est pas au fait des différentes normes ou réglementations. De plus, l'architecte qui ne s'y intéresse pas et délègue exclusivement aux responsables PEB et aux ingénieurs les questions d'équipements, et donc de confort, participe à une standardisation de l'architecture et à une déresponsabilisation du métier d'architecte.

Leur travail de recherche, d'innovation et de création dépasse également le cadre de la coopérative *Karbon'*. En effet, les architectes ouvrent la voie au développement de filières de matériaux et de techniques alternatives. Dans certains cas, ce travail de recherche prend le pas sur le projet ou sur le résultat. Par exemple dans la proposition pour le concours Peterbos, où le bureau *Karbon'* savait que malgré la pertinence de leur proposition, le fait de faire un contre-projet en contradiction avec le cahier des charges réduisait leurs chances de l'emporter ou encore lorsqu'ils ont recours à de la

paille dans leur projet, sans pour autant qu'il existe un cadre légal autour de ce matériau, faisant reposer la responsabilité sur leurs épaules.

Comme je l'exprimait déjà lors du choix du bureau *Karbon'architecture et urbanisme* : « ...*l'analyse de projets contemporains en Belgique sera l'occasion de faire ressortir une vision d'architectes belges en lien avec les enjeux environnementaux et sociétaux actuels. En tant qu'étudiant en architecture et futur praticien, cette approche me semble d'autant plus importante...* ». Je vais donc profiter de cette conclusion pour exprimer ce que ce travail m'a apporté pour ma formation et ma vision de mon futur métier d'architecte.

Tout d'abord le travail d'innovation technique réalisé par le bureau *Karbon'* me semblait réservé aux ingénieurs. Si lors de nos études, on nous a sensibilisé aux questions environnementales et poussé à concevoir des parois permettant d'atteindre les performances requises par les réglementations énergétiques en vigueur, le travail d'innovation dans nos projets n'était réservé qu'à la forme, la spatialité ou la matérialité. Les détails techniques demandés lors des jurys finaux devaient témoigner d'une compréhension de notre part des enjeux constructifs et n'abordaient que très rarement des questions en lien avec les équipements techniques. Cette perspective peut paraître trop spécifique pour un projet d'un quadrimestre mais comme nous l'avons vu les postures de *Karbon'* résultent d'une réflexion globale, où les problématiques environnementales et sociales qui régissent le projet dès le début se ressentent dans le dessin des détails techniques.

Je trouve également intéressant de souligner les raisons qui poussent le bureau à tant s'intéresser aux équipements techniques liés au confort dans leur projet. En effet alors qu'un regard extérieur pourrait trouver toutes leurs réflexions et démarches complexes, leur but est de se reconcentrer sur l'essence même du métier d'architecte : « ...*concevoir des espaces ... analyser des situations et des contextes bien particuliers afin d'y répondre de la façon la plus juste possible ... et construire des espaces qui ... doivent apporter du confort, du confort thermique, oui, mais du confort ressenti et du plaisir dans le fait d'habiter. ...* » (Matthieu Delatte dans un entretien réalisé par l'auteur, 2022). Dans cette optique, l'intégration des questions techniques dès le début de la conception permet de lier la gestion de ces équipements à des questions architecturales et qu'ainsi ces derniers ne soient pas des dommages collatéraux dans un projet.

Pour conclure ce travail, je reviendrais sur une anecdote de ma rencontre avec Matthieu Delatte et Alessandro Pontara, réalisée en amont de mon analyse :

A la fin de mon entretien avec les deux associés de *Karbon'architecture et urbanisme*, je leur soumetts ma première idée de titre pour mon travail de fin d'études afin d'avoir leurs retours et avis : « Les productions architecturales au prisme des postures technico écologiques : la cas *Karbon'architecture et urbanisme* ». Les architectes m'expliquent alors qu'ils ne se retrouvent pas forcément dans ces termes. Pour eux, l'architecture ne doit justement plus être juste une question de techniques ou d'écologie, elle doit être une synthèse de différentes questions et apporter des réponses qui ont du sens, du « bon sens ».

Le bon sens serait alors plus qu'un terme fourre-tout, qui justifierait toutes les interventions du bureau *Karbon'*. Le bon sens, serait ce qui les amène à ne pas avoir de recettes toutes faites, à remettre constamment en question les préceptes techniques ou réglementaires, à faire du confort réel avant de faire du confort thermique, à faire de l'architecture avant de faire de la performance.

BIBLIOGRAPHIE

Akrich, M. (1989). *La construction d'un système socio-technique. Esquisse pour une anthropologie des techniques*. Anthropologie et Sociétés, volume 13, numéro 2, pp. 31–54.

<https://www.anthropologie-societes.ant.ulaval.ca/articles/la-construction-dun-systeme-socio-technique-esquisse-pour-une-anthropologie-des-techniques>

Akrich, M., Callon, M. et Latour, B. (2006). *Sociologie de la traduction : textes fondateurs*. Paris, Mines ParisTech, les Presses, « Sciences sociales ». Textes rassemblés par le Centre de sociologie de l'innovation, laboratoire de sociologie de Mines ParisTech. (généré le 08 janvier 2023).

Disponible sur Internet : <<http://books.openedition.org/pressesmines/1181>>. ISBN : 9782356710239. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.pressesmines.1181>.

Akrich, M. (1989). « La construction d'un système socio-technique. Esquisse pour une anthropologie des techniques ». Anthropologie et Sociétés. Volume 13, numéro 2, pp. 31–54. Des systèmes techniques <https://doi.org/10.7202/015076ar>

Amphoux, P., (1990). *Vers une théorie des trois comforts*. Annuaire 90, pp. 27-30.
<https://hal.science/hal-01561140>

Batier, C., (2016). *Confort thermique et énergie dans l'habitat social en milieu méditerranéen : d'un modèle comportemental de l'occupant vers des stratégies architecturales*. Thermique [physics.classph]. Université Montpellier. Français, https://theses.hal.science/tel-01811065/file/52484_BATIER_2016_archivage_cor.pdf

Beslay, C., Gournet, R., & Zélem, M.-C. (2015). *Le " bâtiment économe " : Utopie technicienne et " résistance " des usages*. In J. BOISSONADE (Éd.), *La ville durable controversée. Les dynamiques urbaines dans le mouvement critique* (p. 335-364). Éditions Petra. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01756836>

Blache, N. (2016) *Les relations ingénieurs architectes, entente cordiale ou rivalités ? État de l'art sur les relations ingénieurs architectes depuis le XVIIIe siècle et mise en perspective des enjeux de réconciliation actuels*. Architecture, aménagement de l'espace. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01389176>

Blanc, M. (2010). *Métiers et professions de l'urbanisme : l'ingénieur, l'architecte et les autres*. Espaces et sociétés, 142, pp. 131-150. <https://doi.org/10.3917/esp.142.0131>

Bloquel, M., Bonjean, A.-C., Fangeat, E., Marrys, S., Ademe, Forget, A., Fustec, A., Habe, C., Jaeger, R., Moiroud, L., Morales E., Goodwillmanagement, Chabot, C., Low-tech Lab. (2022). *État des lieux et perspectives des démarches « low-tech »*. Rapport.

Boissonade, J. (2015). *La ville durable controversée. Les dynamiques urbaines dans le mouvement critique*. Paris. Éditions Petra. Collection Paris.

Borasi, G. et Z. Mirko, 2007, *Désolé, plus d'essence. L'innovation architecturale en réponse à la crise pétrolière de 1973*, Montréal, Centre Canadien d'Architecture.

Brisepierre, G., Grandclément, C. et Renauld, V. (2014). *L'impensé des usages*. Texte écrit pour la revue M3 n°7.

Carassus, J. (2007). *Trois modèles de maîtrise de l'énergie dans les bâtiments. Une comparaison internationale*, Les Annales de la Recherche Urbaine. N°103, pp. 86-94. Fait partie d'un numéro thématique : La ville dans la transition énergétique

Chauveheid, J. (2022). *L'accompagnement d'habitants dans des logements sociaux à haute performance énergétique à Bruxelles : entre savoirs-techniques et savoirs-habitants*. (Unpublished master's thesis). Jury : Newels, J.(promoteur), Possoz, J.-P., Trachte, S.. Université de Liège, Liège, Belgique. <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/16014>

Choay, F. (2019). *Urbanisme, utopies et réalités-Une anthologie*. Paris. Édition du seuil.

Deshayes, P. (2012). *Le secteur du bâtiment face aux enjeux du développement durable : logiques d'innovation et/ou problématiques du changement*. Innovations, 37, 219-236. <https://doi.org/10.3917/inno.037.0219>

- Delatte, M. et Vandernoot C. (2018). *Portrait de projet. Un logement résilient, une habitation à vivre*. Repenser l'habitat : des alternatives, des propositions. Mathias Rollot, Florian Guérant (Dir.). Libre et Solidaire, 2018, Autonomia, 9782372630412. Hal-01756179
- Docarragal Montero, H. (2022). *Institutionnalisation ou désobéissance des normes environnementales en architecture ?*. Encyclo. Revue de l'école doctorale Sciences des Sociétés ED 624, 12, pp. 41-59. fahal-03985988f
- Dupont, F. (2018). *L'énergie et le bâtiment : les données chiffrées pour la France depuis 1950*. Annales des Mines - Responsabilité et environnement, 90, 5-11. <https://doi.org/10.3917/re1.090.0005>
- Ellul, J. (1965). *Réflexions sur l'ambivalence du progrès technique*. La Revue Administrative, 18(106), pp. 380–391. <http://www.jstor.org/stable/40777750>
- Ellul, J. (1976). *La technique considérée en tant que système*. Les Études Philosophiques, 2, pp. 147–166. <http://www.jstor.org/stable/20846820>
- Evrard, A. (2012). *Minimiser les consommations d'énergie primaire sans compromettre le confort – démarche globale*. Détail be. passive n° 13.
- Fijalkow, Y. & Maresca, B. (2019). *Normes de chauffe et transition énergétique : les transactions des habitants*. Natures Sciences Sociétés, 27, 410-421. <https://doi.org/10.1051/nss/2020009>
- Fressoz, J. B. (2012). *L'apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique*. Le Seuil. Paris.
- Frémaux. A. (2018). *La religion du progrès dans l'Anthropocène : croissance, consommation et géo-ingénierie*, Revue du MAUSS permanente. <https://journaldumauss.net/.?La-religion-du-progres-dans-l-Anthropocene-croissance-consommation-et-geo>
- Gaillard, C. (2020). *L'approche énergétique de l'architecture vernaculaire : genèse et développement*. Socio-anthropologie, (42), pp. 67-80.
- Gaillard, C. (2022). *Le climat est-il une ressource ? Perspectives historiques à partir de la conception bioclimatique en architecture*. <https://doi.org/10.4000/socio-anthropologie.7372>

Gaillard, C. (2022). *Moduler le climat : genèse, développement et significations de la conception bioclimatique en architecture (1947-1986)*. Géographie. Université Panthéon-Sorbonne - Paris I. Français.

Ghyoot, M. (2010). *Note sur la portée politique d'un savoir technique*. Les Cahiers d'Hortence, 2, pp. 23-55. <http://hdl.handle.net/2013/ULB-DIPOT:oi:dipot.ulb.ac.be:2013/104183>

Guerrand, R-H. (1987). *Propriétaires et locataires – les origines du logement social en France (1850-1914)*. Editions Quintette.

Gournet, R., & Beslay, C. (2015). *Les professionnels du bâtiment face aux enjeux de la performance énergétique : Nouveaux savoirs et nouveaux métiers*. SociologieS.
<https://doi.org/10.4000/sociologies.5063>

Jaffe, A. et Stavins, R. N. (1994). *The Energy Paradox and the Diffusion of Conservation Technology*. Resource and Energy Economics 16, pp. 91–122.

Kalck, P. (2016). *Les controverses sur le développement durable dans le domaine du bâtiment. Entre approche holistique et approche réductionniste*, Nef, n° 53, 60 p. <https://www.cereq.fr/les-controverses-sur-le-developpement-durable-dans-le-domaine-du-batiment-entre-approche-holistique>

Le Goff, O. (1994). *L'invention du confort. Naissance d'une forme sociale*. Presse universitaire de Lyon. Lyon. <http://books.openedition.org/pul/9410>. ISBN : 9782729710415

Lenoir, D. & Gauzin-Müller, D. (2018). *L'architecte, ambassadeur de la planète*. Annales des Mines - Responsabilité et environnement, 90, pp. 22-25. <https://doi.org/10.3917/re1.090.0022>

Lopez, F. (2011). *L'utopie énergétique d'Alexander Pike*. Marnes, documents d'architecture, n°2, pp. 133-167. [https://hal.science/hal-02133454/file/01-Marnes02-C-Lopez4\(1\).pdf](https://hal.science/hal-02133454/file/01-Marnes02-C-Lopez4(1).pdf)

Madec, P. (2021). *Mieux avec moins*. Terre Urbaine

Mandoul, T. (2012). *Climat(s) : nouveau paradigme pour l'architecture ?* Raison publique, n°17, pp. 141-161. <https://doi.org/10.3917/rpub.017.0141>

- Maniaque, C. (2014). *Go west ! : des architectes au pays de la contre-culture*. Parenthèse, Collection Architecture.
- Maresca, B., Dujin, A., Picard, R. (2009). *La consommation d'énergie dans l'habitat entre recherche de confort et impératif écologique*. Crédoc. Cahier de recherche n°C264.
- Masson, O. (2008). *L'architecture moderne à l'épreuve de l'exclusion*. Analyses et études, collection Connaissance et engagement, p. 16. <http://hdl.handle.net/2078.1/91632>
- Mosconi, L., (2016). *Architecture et climat : au-delà de la crise, vers un récit collectif*. In l'Architecture d'Aujourd'hui n° 411, Le climat.
- Mosconi, L. (2018). *Les architectes français et l'écologie*. [Conférence]. Ecole d'architecture de Nancy. <https://vimeo.com/356358449>
- Mosconi, L. (2020). *L'écologie dans les écoles à l'heure de la création du Giec et du sommet de Rio*. École Nationale Supérieure d'Architecture Paris-Malaquais. <https://www.cairn.info/1989-hors-champ-de-l-architecture-officielle--9782954996158-page-63.htm>
- Mumford, L., Cauvin, N., Thomasson, A.-L., & Picon, A. (2016). *Technique et civilisation*. Parenthèses.
- Negre, V., & Lambert, G. (2012). *L'histoire des techniques. Une perspective pour la recherche architecturale ?* Les Cahiers de la recherche architecturale / Les Cahiers de la recherche architecturale et urbaine, 26 27, pp. 76 85. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01275147/document>
- Neuwels, J. (2013). *Construction durable : Expertise et contre-expertise d'architectes*. VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, Article Volume 13 Numéro 2. <https://doi.org/10.4000/vertigo.14166>
- Neuwels, J. (2015). *Architecture, développement et action publique : conjugaison en mutation dans un contexte de recherche de durabilité. Le cas de la Région de Bruxelles-Capitale*. Unpublished doctoral thesis, ULB - Université Libre de Bruxelles. Jury : Genard, J.-L. (Promotor), Zélem, M.-C., Némoy, S., Moretto, L., Thielemans, B., ... Zaccai, E. <https://hdl.handle.net/2268/258018>

Nogue, N. (2014). *La reconstruction des ingénieurs 1942-1958*. Les Cahiers de la recherche architecturale et urbaine, 29, 37-54. <http://journals.openedition.org/crau/448> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/crau.448>

Orgilles, C. (2020). *Le modernisme en architecture, une table rase ?* (Mémoire de fin d'études, master en architecture, à finalité spécialisée en art de bâtir et urbanisme, sous la direction de Roulle, A. et Le Coguiec, E. Université de Liège). <http://hdl.handle.net/2268.2/9826>

Peffer, L. (2022). *L'évolution des représentations et traductions du confort thermique dans les grands ensembles au fil du temps : Le cas de la Cité Modèle à Bruxelles, depuis sa construction jusqu'à sa rénovation*. Unpublished master's thesis. Mémoire de fin d'études. Université de Liège. Jury : Neuwels, J. (promoteur), Henz, O., Schaut, C.. <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/15752>

Requena-Ruiz, I. (2016). *L'utopie des « climats artificiels » Discours et représentations dans les revues d'architecture françaises (1930-1950)*. Ambiances, tomorrow. Proceedings of 3rd International Congress on Ambiances. Septembre 2016, Volos, Greece, Sep 2016, Volos, Grèce. p. 957 - 962. {hal-01404444}

Ribeiro, U. et Almadi, P. s.d. *Le régionalisme critique. L'influence du lieu sur l'architecture*, Rapport d'étude - Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon.

Roppe, A. (2023). *Mémoire de fin d'études : "Le Régionalisme Critique, une relecture de la théorie dans un nouveau champs de réception."* (Unpublished master's thesis). Université de Liège, Liège, Belgique. Retrieved from <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/16813>

Siret, D. (2013). *Les sensations du soleil dans les théories architecturales et urbaines. De l'hygiénisme à la ville durable*. Beck, R., Krampl, U., Retaillaud-Bajac, E. Les cinq sens de la ville du Moyen Âge à nos jours, Presses universitaires François-Rabelais (PUFR), 2013, 978-2-86906-289-4. halshs-01246925

Subrémon, H. (2009). *Habiter avec l'énergie. Pour une anthropologie sensible de la consommation d'énergie*. Sciences de l'Homme et Société. Université de Nanterre - Paris X, 2009. Français. {NNT : }. {tel-00403802}

Subrémon, H. (2011). *Anthropologie des usages de l'énergie dans l'habitat, un état des lieux*. PUCA, pp. 70, 2011, Coll. Recherche, n°200, 978-2-11-097041-1. {hal-00652414}

Subrémon, H. (2012). *Pour une intelligence énergétique : ou comment se libérer de l'emprise de la technique sur les usages du logement*. Métropolitiques. <http://www.metropolitiques.eu/Pour-une-intelligence-energetique.html>

Theile, D. (2015). « Les pollutions induites par la transition énergétique : le cas des isolants thermiques », in *Les sociétés contemporaines à l'épreuve des transitions énergétiques*, 2015, p. 133.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

fig. 1 Documents d'analyse (Léo Roussel)	1
fig. 2 Locaux de Karbon'architecture et urbanisme (Karbon'architecture et urbanisme)	45
fig. 3 Maison de Matthieu Delatte (Serge Anton)	48
fig. 4 Vue de la maison depuis le plateau d'Avjil (Karbon'architecture et urbanisme)	51
fig. 5 Plan d'implantation du projet VDN 037 (Léo Roussel)	52
fig. 6 Plan rez-de-chaussée (Karbon'architecture et urbanisme)	54
fig. 7 Plan du 1 ^{er} étage (Karbon'architecture et urbanisme)	55
fig. 8 Plan du 2 ^{ème} étage (Karbon'architecture et urbanisme)	56
fig. 9 Coupe transversale (Paul Lewis, Marc Tsurumaki et David J. Lewis)	58
fig. 10 Vue du salon où les murs ont été recouverts d'un enduit à base d'argile et de chaux (Serge Anton)	61
fig. 11 Schéma des principes bioclimatiques de réchauffement de la maison (Karbon'architecture et urbanisme)	63
fig. 12 Schéma des principes bioclimatiques de rafraîchissement de la maison (Karbon'architecture et urbanisme)	64
fig. 13 Mise en œuvre du béton de chanvre banché (Karbon'architecture et urbanisme)	67
fig. 14 Réalisation des modules préfabriqués en ossature bois, isolés en paille, pour les 2 ^{ème} et 3 ^{ème} étages (Karbon'architecture et urbanisme)	69
fig. 15 La nouvelle façade de la cité Van Meulecom (Marc Detiffe)	72
fig. 16 Vue aérienne de l'ensemble Van Meulecom en intérieur d'îlot (Marc Detiffe)	75
fig. 17 Etat de la façade avant rénovation (Marc Detiffe)	77
fig. 18 Elévation Sud projetée (Karbon'architecture et urbanisme)	78
fig. 19 Elévation Sud-Est projetée (Karbon'architecture et urbanisme)	79

fig. 20 Plan du rez-de-chaussée (Karbon'architecture et urbanisme)	82
fig. 21 Plan du 1 ^{er} étage (Karbon'architecture et urbanisme)	83
fig. 22 Plan du 2 ^{ème} étage, sous les combles (Karbon'architecture et urbanisme)	84
fig. 23 Détails technique montrant l'isolation par l'extérieur en panneaux de fibre de bois (Karbon'architecture et urbanisme)	86
fig. 24 Mise en place de l'isolant et de l'enduits de finition à base de chaux (Karbon'architecture et urbanisme)	88
fig. 25 Isolation du haut du pignon avec du liège (Karbon'architecture et urbanisme)	89
fig. 26 Différences de granulométrie de l'enduit de finition (Karbon'architecture et urbanisme)	89
fig. 27 Rejointoyage entre les panneaux de fibre de bois (Karbon'architecture et urbanisme)	89
fig. 28 Couverture de la toiture (Karbon'architecture et urbanisme)	89
fig. 29 Matériaux de finition des pièces de vie (Karbon'architecture et urbanisme)	90
fig. 30 Matériaux de finition des chambres sous les combles (Karbon'architecture et urbanisme)	90
fig. 31 Différenciation des revêtements de sol en fonction des usages (Karbon'architecture et urbanisme)	90
fig. 32 Enduits intérieurs à base d'argile (Karbon'architecture et urbanisme)	90
fig. 33 Mise en place des cheminées d'évacuation de la ventilation naturelle (Karbon'architecture et urbanisme)	93
fig. 34 Façade d'une des tours Peterbos (Karbon'architecture et urbanisme)	96
fig. 35 Vue aérienne de l'ensemble Peterbos (Karbon'architecture et urbanisme)	99
fig. 36 Détails techniques des différents scénarii (Karbon'architecture et urbanisme)	106
fig. 37 Détails techniques des différents scénarios (Karbon'architecture et urbanisme)	107
fig. 38 Coupe technique de la façade existante et celle projetée (Karbon'architecture et urbanisme)	109

fig. 39 Détails technique en plan et vue de la façade projetée (Karbon'architecture et urbanisme) 110

fig. 40 Axonométrie projetée du projet sur laquelle les cheminées d'extraction de la ventilation naturelle sont représentées (Karbon'architecture et urbanisme) 112

.

LISTES DES DOCUMENTS FOURNIS PAR KARBON'ARCHITECTURE ET URBANISME UTILISÉS LORS DE L'ANALYSE

037 VDN

Karbon'architecture et urbanisme. (2011). *Description libre*. Appel à projets « Bâtiments exemplaires ».

Karbon'architecture et urbanisme. (2011). *Description technique*. Appel à projets « Bâtiments exemplaires ».

203 MOL

Karbon'architecture et urbanisme. (2014). *Note explicative*. Concours pour le projet de la rénovation lourde d'un ensemble de 13 logements sociaux situés en intérieur d'îlot.

Karbon'architecture et urbanisme. (2016). *Note explicative - Demande de Permis d'Urbanisme pour la rénovation lourde d'un ensemble de 13 logements sociaux*.

Karbon'architecture et urbanisme. (2016). *Dossier de candidature*. Be. Exemplary.

Karbon'architecture et urbanisme. (2021). *Cité Van Meulecom – rapport de synthèse + difficultés rencontrées*.

335 PTB

KABEM. (2018). *Peterbos – Demande de participation*.

KABEM. (2019). *Peterbos – Offre de mission d'auteur de projet*

ANNEXE

Annexe 1 : Guide de l'entretien semi-directif

Qui est la personne interrogée

- Pour commencer, pouvez-vous vous présenter ?
- Quel est votre rôle dans le bureau ?
- Quel est votre parcours professionnel ?
- Avez-vous suivi des formations spécifiquement dédiées aux enjeux environnementaux du secteur de la construction ?
 - o Si oui, lesquelles ?
 - o Si non, comment faites-vous pour vous informer à ce sujet ?
- A titre personnel (hors exercice de la profession) comment définiriez-vous votre rapport aux enjeux environnementaux ?

Description du bureau

- Quels sont les types de projets sur lesquels votre bureau travaille ? (taille, programme, participation à des concours ...) ?
- Quand le bureau a-t-il été fondé, par qui ?
- Combien de personnes travaillent actuellement dans votre bureau ?
- Comment est organisée la répartition des tâches ?

Le rapport généraliste à l'environnement au sein de l'activité professionnelle

- Quelles sont, selon vous, les valeurs environnementales essentielles à prendre en compte lors de l'élaboration d'un projet ?
- Depuis quand votre bureau a-t-il développé un tel intérêt pour l'écologie ?
- Quelles en ont été les impulsions ?
- Pensez-vous que votre perception des aspects environnementaux a évolué au fil du temps ? En quoi ?

- Quels sont les projets qui témoignent le mieux de cette évolution et de votre intérêt pour les aspects écologiques ?
- Pourriez-vous me citer quelques projets d'architecture (autres que ceux du bureau) que vous considérez environnementalement pertinents / intéressants / inspirants ?

La perception généraliste des évolutions des politiques publiques

- Quelles sont, selon vous, les principales avancées en matière de construction durable mises en place par le gouvernement de la Région bruxelloise ?
- Quels en sont les principaux avantages ?
- Inversement, s'il en existe, quels seraient les principaux désavantages des politiques censées favoriser le développement de l'éco-construction ?
- Quels sont les instruments se référant à la construction durable que vous utilisez le plus dans le cadre de votre activité professionnelle ? (Formations, prix, primes...)

La conception architecturale et les équipements techniques

- La production des bâtiments dits « durables » repose en grande partie sur la mise en œuvre d'équipements techniques. Quelle est votre position à ce sujet ?
- Comment abordez-vous le rapport aux équipements techniques lorsque vous concevez un projet ?
- Comment travaillez-vous avec les ingénieurs en techniques spéciales ? (Confiance / pas confiance ; toujours les mêmes bureaux d'étude ou pas...) ?
- Comment discutez-vous / pensez-vous les équipements techniques avec les futurs occupants des bâtiments ?
- Les réglementations liées à la performance énergétique des bâtiments ont évolué au fil du temps. Ces évolutions ont-elles contraint vos marges de manœuvre en matière d'équipements des bâtiments ?
- En quoi ?
- Est-ce un problème ? Pourquoi ?

