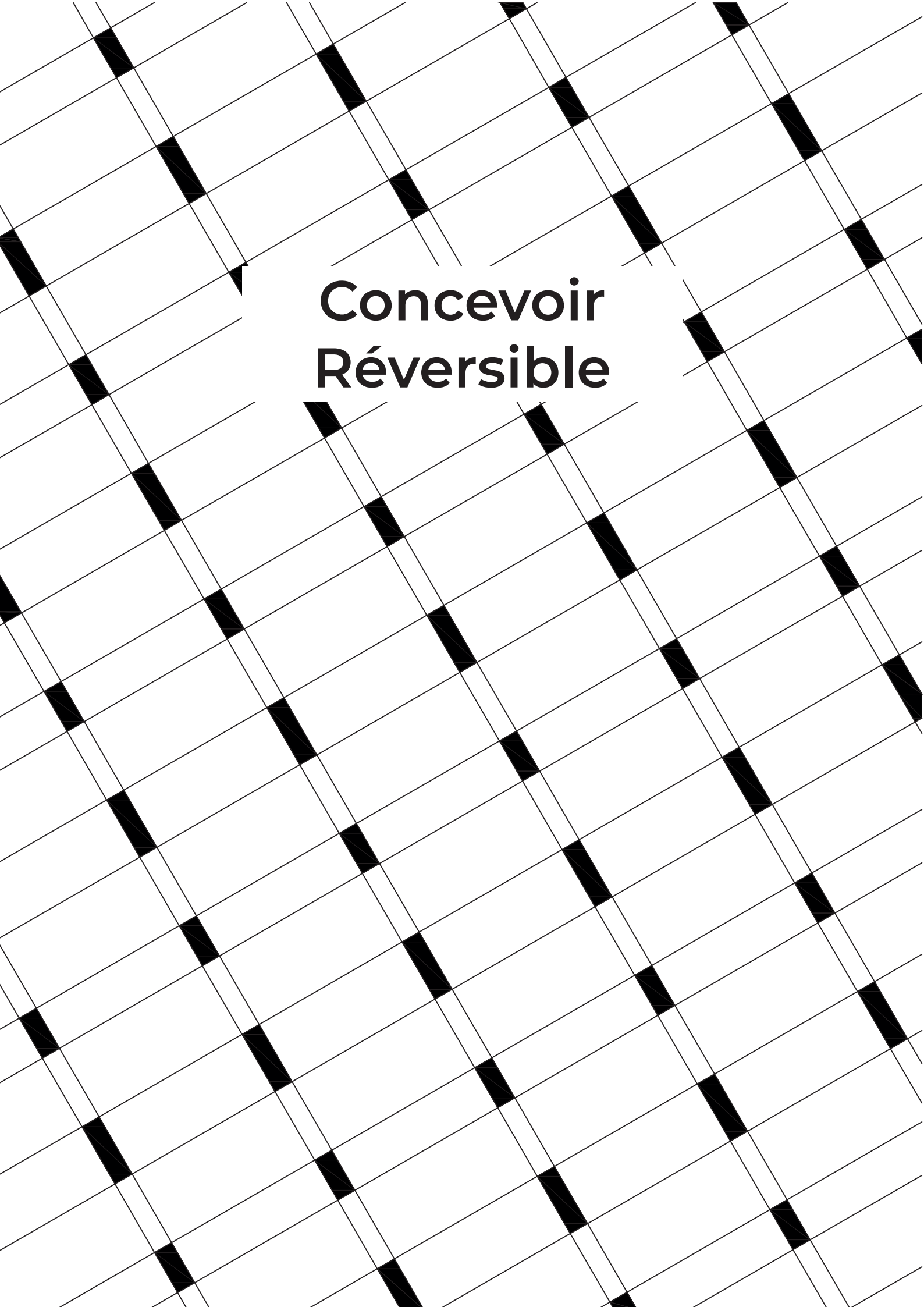




Concevoir Réversible

Concevoir Réversible

Travail de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'architecte,
présenté par **Louis Crépin**,
Année académique 2023 - 2024

Enseignants promoteurs :

Emilie Gobbo, Luca Sgambi

Experte externe :

Anne-Laure Maerckx, Ingénieur en durabilité

Professeurs de l'atelier TEP :

Eric Van Overstraeten, Martin Outers



Faculté d'architecture
d'ingénierie architecturale
d'urbanisme

Remerciements

À mes co-promoteurs, Emilie Gobbo et Luca Sgambi, pour leur accompagnement dans ce travail ;

À Anne-Laure Maerckx, pour son suivi en tant qu'experte externe, et pour nos échanges tout au long des recherches ;

Aux professeurs de l'atlier TEP, Eric Van Overstraeten et Martin Outers, pour les discussions autour du projet ;

À tous ceux avec qui j'ai pu échanger, Lucas, Martin, Quentin, Lisa, Matthew, Elisa, Victor ;

À ma famille, pour leur soutien, et plus particulièrement ma maman pour les relectures ;

À Camille.

6

Table des matières

9

Introduction

11

L'économie linéaire - Chapitre 1

17

La surexploitation des ressources

19

La surproduction de déchets

19

Le recyclage et le réemploi

19

Les causes et obstacles aux changements pour du réemploi

19

Du circulaire au linéaire

21

Approche méthodologique - Chapitre 2

21

L'économie circulaire - Chapitre 3

21

Du linéaire au circulaire

21

Des solutions

21

La réversibilité

21

La réversibilité - Chapitre 4

21

Le système des couches

21

Principes de conception réversible

21

Canal Architecture

21

Des références circulaires

21

Black Swans - Anne Démians

21

B.R.I.C. - Karbon'

21

Carré Lumière - LAN

21

Circular Retrofit Lab - Kaderstudio

21

Hôpital Bracops - Archipelago

21

Îlot B2 - Clément Vergély

21

Les Marelles - Georges Maurios

21

OXY - Bruxelles

21

Tébio - Canal Architecture

21

Unités - Sophie Delhay

21

Une grille d'analyse

21

Conclusion

61

Tournai - Chapitre 5

61

Tournai

61

Le centre-ville

61

Le logement collectif

61

Les Résidences 7^e Art et Courrier de l'Escaut

67

Application des principes - Chapitre 6

67

Analyse de l'existant

67

Une alternative au projet actuel

67

La trame

67

La structure technique

67

Une première proposition

67

Un premier constat

67

Un nouveau programme

67

Une deuxième proposition

67

Analyse

118

Conclusion - Chapitre 7

124

Table des illustrations

128

Bibliographie

Concevoir Réversible - Introduction

L'architecte a un rôle essentiel, qui est celui de concevoir des bâtiments qui répondent à des besoins. Après avoir conçu le projet, de la structure au détail, en passant par les aménagements intérieurs et extérieurs, la matérialité et d'autres, l'architecte contrôle la bonne exécution des travaux pour s'assurer que le bâtiment est réalisé selon les règles de l'art. Une fois cette étape terminée, l'architecte perd le contrôle sur la suite de la vie du bâtiment.

La vie du bâtiment après sa construction est un sujet qui m'a intéressé lors de mes études. Les enjeux écologiques actuels poussent les concepteurs à repenser la manière dont les bâtiments sont construits. Les matériaux biosourcés, biodégradables, recyclables et recyclés ont vu leur côte de popularité augmenter grâce à leur capacité à réduire la production de CO₂, et limiter la production de déchets et l'utilisation de matières premières.

Mais au-delà de l'aspect matériel des constructions, la capacité des bâtiments à accueillir des nouveaux usages et de s'adapter aux nouvelles normes qui apparaissent régulièrement, est une question à laquelle, si les bâtiments ne sont pas capables de répondre, se voient être démolis afin d'en reconstruire un nouveau qui sera plus adapté aux nouveaux besoins.

Pour moi, concevoir des bâtiments qui, une fois le rôle de l'architecte terminé, sont capables de répondre à des besoins futurs, et capables de répondre aux normes qui évoluent sans cesse, permet de prolonger leur durée de vie, limitant de cette manière l'obsolescence des constructions, permettant ainsi de lutter contre la surproduction de déchets et la surconsommation de ressources.

Dans la première partie de ce travail de fin d'étude, une analyse de la situation actuelle sera réalisée, en identifiant les enjeux de la surproduction de déchets et la surconsommation de ressources. À partir de ces enjeux, plusieurs solutions seront présentées. Ensuite, plusieurs recherches seront analysées, afin de mettre en évidence des critères, qui serviront à étudier des projets de référence qui se veulent capables de s'adapter à différents scénarios d'usage. De ces projets seront également tirés des principes qu'ils mettent en place pour répondre à ces différents scénarios.

À la suite de cette partie théorique, les critères et les principes mis en évidence précédemment seront utilisés pour tenter de proposer une alternative à un modèle existant, qui est le logement collectif issu de la promotion immobilière, qui répond plus à des critères de rentabilité qu'à des critères de durabilité.

Enfin, la conclusion portera un regard sur la solution proposée afin de mettre en évidence les difficultés éventuelles à une telle proposition.

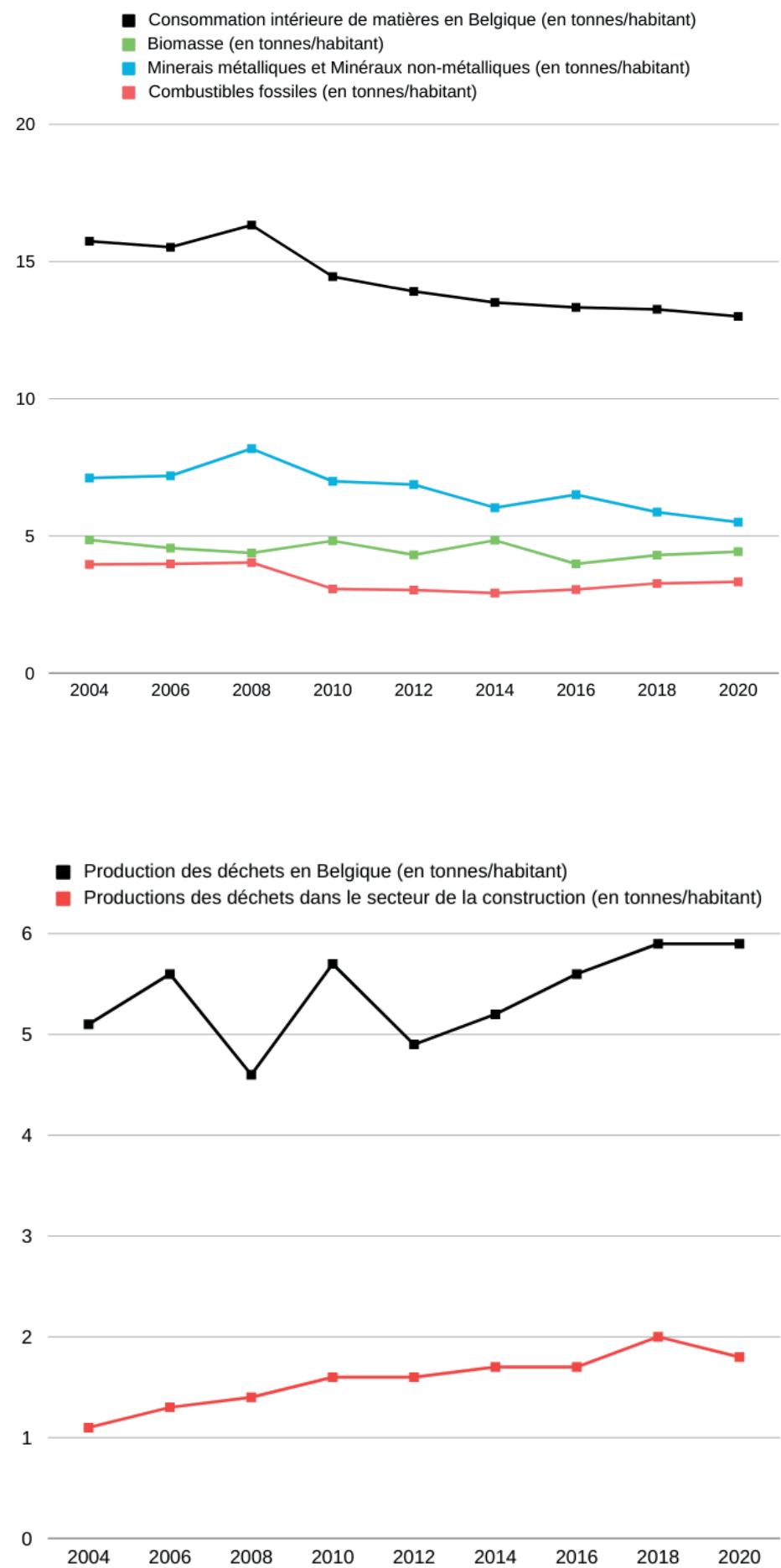


Figure 1 : Consommation intérieure de matières en Belgique (en tonnes/habitant)
Schéma réalisé par l'auteur, à partir des données d'Indicators indicators.be

Figure 2 : Production de déchets en Belgique
Schéma réalisé par l'auteur, à partir des données de Statbel statbel.fgov.be

1. Earth Overshoot Day overshoot. footprintnetwork.org
2. Statbel statbel.fgov.be
3. Bruxelles Environnement environnement.brussels
4. Henrotay, C. (2023). La Conception Réversible : Guide Pratique. Bruxelles.

1.1 La surexploitation des ressources

Le 2 août 2023, nous avons atteint le Jour du dépassement de la Terre. Ce jour représente le moment où l'être humain a consommé la totalité des ressources que la Terre peut générer en un an. Cette date est calculée par l'ONG Global Footprint Network, et elle avance un peu plus chaque année. Pour déterminer la date du Jour du dépassement, Global Footprint Network calcule la quantité de ressources que la Terre peut générer en une année par rapport à la consommation annuelle de ressources de l'humanité. À partir de cette date, nous vivons à crédit pour le reste de l'année. L'ONG a également fait le calcul de cette date si la population mondiale consommait comme la population d'un seul pays. À titre d'exemple, en 2024, si toute la population consommait comme la Belgique, nous aurions épuisé les ressources que peut produire la Terre le 23 mars. Pour la France, ce jour arriverait le 7 mai.¹

Le secteur de la construction n'échappe pas à la règle de surconsommation de ressources, et suit un modèle économique linéaire caractérisé par 4 actions : extraire - produire - consommer - jeter.

1.2 La surproduction de déchets

Le modèle linéaire, se caractérisant en ayant un début et une fin, entraîne à la fois une surexploitation des ressources, mais également une surproduction de déchets. On estime qu'en 2020 en Belgique, plus de 68 millions de tonnes de déchets ont été produits, dont 20 rien que dans le secteur de la construction, soit près d'un tiers.² Cette statistique met en évidence un modèle de consommation linéaire fortement présent dans ce secteur.

Le terme "déchet" est néanmoins à définir. Une définition donnée par le Larousse considère le déchet comme une partie irrécupérable de quelque chose, ou encore des matériaux rejetés comme n'ayant pas une valeur immédiate à l'issue d'une opération. Dans cette définition, les déchets sont considérés comme le reste de quelque chose de plus grand, comme une partie de la matière. Comme dans le système de consommation linéaire, dans cette définition les déchets sont considérés comme une fin. Les déchets, qu'ils soient ménagers ou industriels, ont dès lors deux grandes fins possibles : ils peuvent être enfouis en attendant leur décomposition, ou ils peuvent être incinérés, la combustion participant activement à l'émission de gaz à effet de serre.³

Or, ces déchets peuvent, dans certains cas, s'avérer être des ressources. En les récupérant, on peut leur donner une seconde vie. Les déchets, appelés matières premières secondaires dans le recyclage, sont alors valorisés pour produire de nouvelles ressources, diminuant ainsi l'impact sur l'épuisement des ressources produites par la Terre. Considérer les déchets comme des ressources s'inscrit dans la philosophie de l'économie circulaire, qui considère qu'il n'y a pas de fin à la vie d'un matériau, et une fois qu'il n'est plus utile ou utilisé là où il est, il peut être réutilisé ailleurs.

"En Europe, le secteur de la construction est responsable de 35,7% de la production totale de déchets, de 40% des émissions globales de CO₂ et de 50% des ressources naturelles utilisées. Dans le même temps, de nombreux bâtiments existants ne répondent pas ou plus aux besoins, souhaits et exigences actuels."⁴

1.3 Le recyclage et le réemploi

L'échelle de Lansink décrit la marche à suivre en ce qui concerne le traitement des déchets. Elle prévoit cinq étapes clés.

La première étape concerne la prévention, en mettant en place des actions afin de limiter la production de déchets. Réemployer directement des éléments fait partie de l'étape de prévention

La deuxième étape concerne la préparation au réemploi, et regroupe les différentes actions nécessaires pour qu'un produit puisse être réemployé. Les actions peuvent concerner un tri, un contrôle visuel, des retouches ou réparations.

La troisième étape décrit le recyclage. Les déchets sont récupérés pour produire de nouveaux éléments, identiques au précédent, ou différents. Par exemple, les canettes en aluminium peuvent être récupérées pour en produire de nouvelles, ou bien pour créer d'autres éléments en aluminium.

La quatrième étape consiste en l'incinération des déchets pour produire de l'énergie grâce à la combustion. L'énergie produite peut être thermique ou électrique. Les déchets issus de la combustion doivent à leur tour être traités.

La cinquième et dernière étape est celle de dernier recours, qui concerne l'élimination des déchets, soit par l'incinération sans récupération de l'énergie, soit de la mise en décharge des déchets. Cette dernière peut être considérée comme du stockage des déchets en attendant leur traitement futur.

Le réemploi est à préconiser par rapport au recyclage, mais cela n'est pas forcément toujours possible, et ce pour plusieurs raisons décrite ci-après.



1.4 Les causes et obstacles aux changements pour du réemploi

Comme dit précédemment, le secteur de la construction suit les principes d'une consommation linéaire en ayant principalement recours à des matériaux neufs. Les matériaux mis en œuvre sont donc souvent issus de matières premières extraites directement du sol. Rotor, accompagné d'autres chercheurs, met en évidence plusieurs raisons à cette manière d'opérer.⁵

Premièrement, il y a un décalage temporel, parfois de plusieurs années, entre la phase de conception durant laquelle les matériaux de construction sont choisis, et la phase de construction durant laquelle les matériaux choisis sont mis en œuvre. Le recours à des matériaux standards et issus d'une production industrielle offre plus de garanties quant à leur disponibilité lors de la phase de mise en œuvre.

Deuxièmement, les matériaux neufs offrent une documentation technique détaillant leur performance en abondance. La régularité et la vérifiabilité de ces performances grâce à la production à la chaîne permet de

répondre au mieux aux spécificités et aux exigences des projets et des normes auxquelles ils doivent répondre.

Enfin, toujours selon Rotor, la documentation technique permet l'existence d'une base objective qui pourra être étudiée en cas de litiges si des problèmes constructifs apparaissent lors de la réalisation d'un projet.

La difficulté d'avoir recours à l'économie circulaire, et plus particulièrement au réemploi d'éléments déjà mis en œuvre lors de la construction, est à combiner avec l'accélération de l'obsolescence de certains bâtiments, surtout les immeubles de bureaux. La durée de vie considérée pour les bâtiments Totem est de 60 ans. Il s'agit là d'une durée de vie théorique, qui sert à calculer le coût des composants. Or, selon les calculs du rapport de recherche Métabolisme urbain de la Région Bruxelles-Capitale, la durée de vie utile des immeubles de bureaux est estimée à 15 ans, principalement à cause des évolutions techniques et organisationnelles de ces dernières années. Le manque de flexibilité et d'adaptabilité de ces immeubles cause souvent leur destruction prématurée.⁶

Waldo Galle met en évidence quatre moteurs de changements qui s'accroissent dans la construction, et surtout dans les immeubles de bureaux.⁷ Les moteurs identifiés sont les suivants : les moteurs fonctionnels, liés à l'usage du bâtiment, les moteurs technologiques en fonction de l'efficacité de la technologie installée par rapport à d'autres technologies, les moteurs économiques liés au coût du bâtiment existant par rapport à la dépense d'un autre bâtiment, et les moteurs sociaux, juridiques, politiques et culturels par rapport à l'influence générale des valeurs sociales,

des programmes politiques ou des modes de vie. Ces moteurs sont classés selon les quatre dimensions proposées par Donald Iselin et Andrew Lemer dans *La quatrième dimension dans la construction*, et sont listés en allant de celui qui est le plus lié au bâtiment à celui qui est le plus lié au contexte.

Galle résume : "L'obsolescence du parc immobilier est en partie un phénomène physique. Des facteurs techniques tels que la détérioration et l'usure quotidienne jouent un rôle important dans le vieillissement d'un bâtiment et de ses composants. Mais l'obsolescence des bâtiments est aussi le résultat des activités humaines, car des facteurs fonctionnels et économiques entrent également en ligne de compte."⁷

1.5 Du circulaire au linéaire

Pourtant, la situation n'a pas toujours été comme ça. Dans *Déconstruction et réemploi : Comment faire circuler les éléments de construction*, on apprend que les pratiques de réemploi de matériaux issus de déconstruction de bâtiments existants ont eu la côte durant des siècles jusqu'au début des années 1900.⁵ Cette pratique du réemploi est principalement expliquée par le fait que le transport des ressources prend du temps et demande énormément d'énergie, qui était à l'époque principalement humaine et animale. Les bâtiments désaffectés qui étaient à portée de main des nouvelles constructions servaient donc de gisements de ressources à ciel ouvert pour de nouveaux matériaux, que ce soit pour la construction du gros-œuvre, ou la décoration et la finition. Ainsi, les blocs de pierre qui avaient préalablement été démontés pouvaient être découpés et retaillés pour

Figure 3 : L'échelle de Lansink
economiecirculaire.
wallonie.be

5. Ghyoot, M. (BBSM) (2018). *Déconstruction et réemploi : comment faire circuler les éléments de construction*. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.

6. Bruxelles Environnement
environnement.brussels

7. Galle, W. (BBSM) (2019). *Le bâti, un environnement dynamique*. Bruxelles.

répondre aux nouveaux besoins. Les briques, une fois nettoyées, pouvaient être remontées telles quelles. Le bois des charpentes qui était encore en bon état pouvait être scié et redimensionné pour en reconstruire de nouvelles. Enfin, les éléments en fer et en bronze pouvaient être fondus afin de fabriquer de nouveaux éléments.

C’est ainsi que, durant des siècles, les matériaux issus d’édifices déjà construits étaient soigneusement démontés afin d’être utilisés dans de nouvelles constructions. On peut citer par exemple les archéologues qui ont découvert que les mégalithes utilisés pour construire Stonehenge avaient été taillés des siècles auparavant pour une autre construction plus proche du lieu d’extraction d’origine avant d’être érigées à l’emplacement que nous connaissons aujourd’hui.

Les Romains avaient, quant à eux, mis en place une série de règles et une marche à suivre lors du réemploi d’éléments d’architecture tels que les colonnes, les chapiteaux, les architraves. À la fin de l’Empire romain, les édifices emblématiques qui ne pouvaient plus être maintenus en état à cause des coûts importants des travaux étaient démontés avec soin pour que les éléments puissent être réutilisés lors de constructions futures. “Ces éléments d’architecture étaient considérés par les autorités publiques comme une sorte de patrimoine mobile. Le devoir de préservation s’étendait au-delà de la fin de vie de l’édifice.”⁸

Au dix-huitième siècle, les hauteurs de Bruxelles se préparent à devenir le nouveau Parc Royal et la Place Royale, qui viennent remplacer l’ancien jardin des ducs de Bourgogne et les ruines de leur palais qui avait

péri lors d’un incendie quelques décennies auparavant. Une série d’affiches apparaissent dans la ville belge, annonçant la mise en vente de divers éléments provenant du parc, tels que des matériaux de construction, du fer, des châssis et du bois de charpente. Des arbres qui se situaient dans le parc sont aussi mis à la vente à l’aide de ces affiches. La particularité de ces ventes vient du fait que le démontage ou l’abattage est à la charge de celui qui achètera les lots. Pour l’occasion, le parc est transformé en grande salle des ventes à ciel ouvert et s’adresse à toutes les classes sociales.

Cette pratique du démontage reste courante dans les années qui suivent, avec de grands travaux comme le démantèlement des défenses militaires des villes du Pays-Bas, ou les projets d’aménagement de Paris au dix-neuvième siècle. L’expérience de déconstruction et de réemploi acquise à Paris va s’exporter un peu partout en Europe, qui voit s’installer une véritable industrie de déconstruction et de transformation des matériaux issus de bâtiments prestigieux.

Mais au début du vingtième siècle, un important changement s’opère. Les délais donnés aux entreprises pour la construction diminuent, tout comme la place dans les grandes villes, pourtant nécessaire pour installer des ateliers de nettoyage et de transformation des matériaux à proximité du chantier. L’évacuation de la grande quantité de matériaux devient également problématique à cause de la situation de plus en plus congestionnée des villes. Peu à peu, les démolitions soignées afin de récupérer des ressources, qui jusque-là rapportaient de l’argent, commencent à en coûter de plus en plus. Cette pratique, qui s’était exportée en

8. Ghyoot, M. (BBSM) (2018). Déconstruction et réemploi : comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.

9. Ghyoot, M. (BBSM) (2018). Déconstruction et réemploi : comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.

dehors de l’Europe et jusqu’aux États-Unis, va dès lors commencer à perdre du terrain, accentuée par différents phénomènes, comme le krash boursier de 1929, l’ajout de pénalités de retard qui diminuent la rentabilité des entreprises, et l’arrivée des engins motorisés sur les chantiers. Enfin, la hausse des salaires, l’évolution des techniques de construction, avec l’apparition du mortier au ciment par exemple, et l’augmentation des frais d’assurance à cause des nombreux accidents causés par le manque de sécurité sur les chantiers mettent fin à la pratique de la déconstruction en vue du réemploi sur les chantiers.⁹

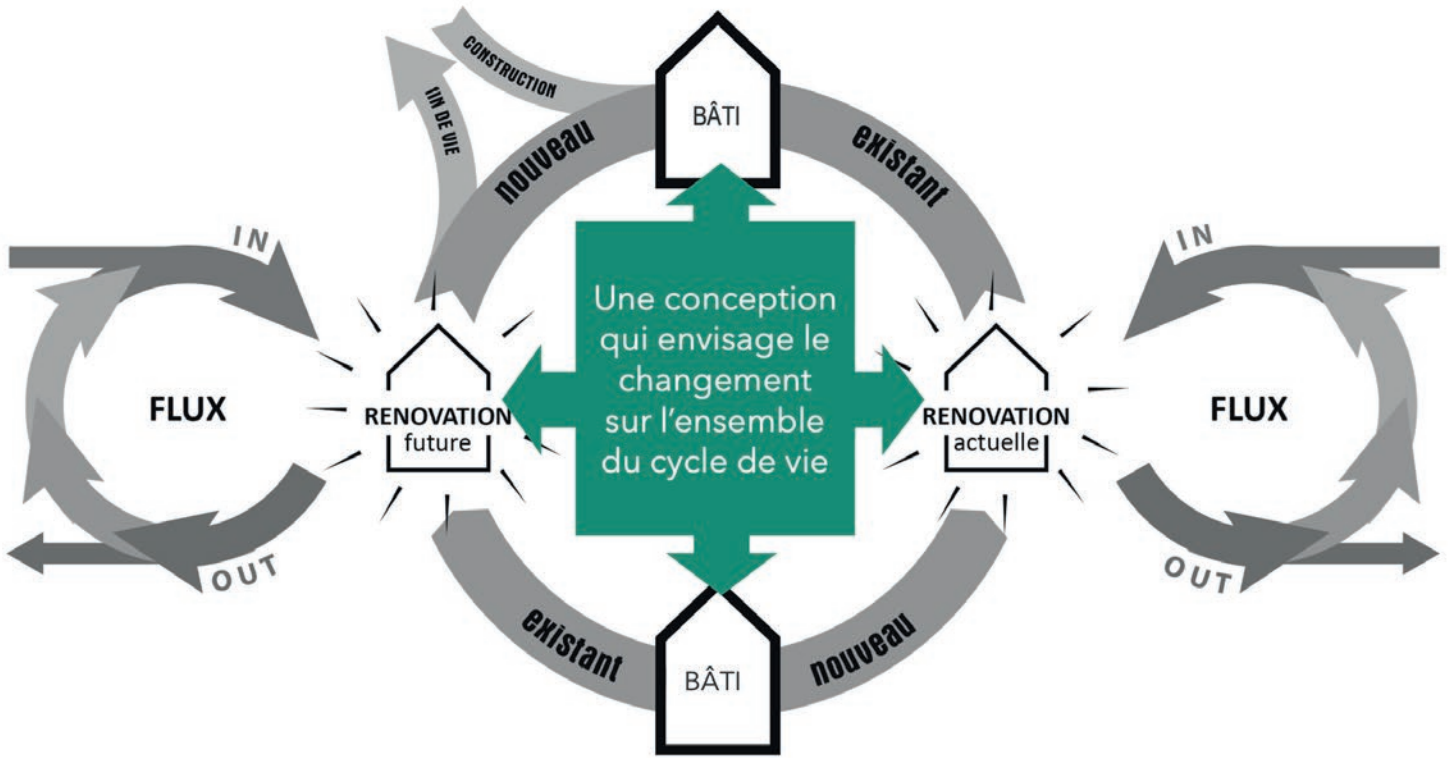


Figure 4 : Comment concevoir l'intervention sur l'existant ?
Emilie Gobbo, 2023

Comme vu précédemment, l'économie linéaire pose de nombreuses questions quant à la gestion des ressources et des déchets. Lors des deux derniers siècles, la manière de penser l'économie selon le principe : extraire - produire - consommer - jeter s'est amplifiée, principalement pour des raisons de gains financiers et de temps. L'architecture et la construction ont suivi le pas, pour devenir une des industries les plus importantes de cette économie.

Il est important de se questionner sur la manière dont le secteur de la construction et, dans ce travail plus particulièrement, comment la conception architecturale peut intégrer des principes qui ferment la boucle de consommation. Une des alternatives possibles se trouve dans l'économie circulaire. Selon la fondation Ellen MacArthur, qui s'est donnée pour mission d'accélérer la transition vers l'économie circulaire, "une économie circulaire est restaurative et régénérative par nature et tend à préserver la valeur intrinsèque des produits, des composants et des matériaux à chaque étape de leur utilisation".¹⁰

L'économie circulaire est composée de plusieurs concepts. L'objectif de ce travail est de définir et de comprendre les différents concepts qui gravitent autour de l'économie circulaire, et plus spécifiquement celui de la réversibilité.

Après avoir comparé plusieurs définitions proposées pour la réversibilité, les pistes de recherche seront étudiées afin de mettre en évidence des critères qui favorisent la réversibilité des constructions. Ces critères permettront ensuite d'analyser des références de projets pour mettre en évidence des principes qui ont été utilisés pour répondre

à la question de la réversibilité. Le travail fera ensuite la synthèse des connaissances accumulées à travers un projet alternatif à un projet réel, qui s'inscrit quant à lui dans une logique linéaire. Ce projet alternatif sera conçu à l'aide des critères mis en place et des principes découverts lors des analyses. Enfin, le résultat obtenu sera analysé et un retour critique sera fait sur les critères et les principes qui ont été mis en évidence lors des recherches.

10. Ellen MacArthur Foundation (2016), Vers une économie circulaire : arguments économiques pour une transition accélérée

3.1 Du linéaire au circulaire

Face à la surproduction de déchets et la surconsommation des ressources, des solutions doivent être trouvées pour diminuer à la fois la quantité de matières extraites et la quantité de déchets produits. Corentin Fivet et Célia Küpfer, professeur et chercheur à l'EPFL, listent plusieurs pistes pour atteindre cet objectif.

“Les solutions pour une utilisation plus responsable des ressources sont diverses : diminuer les quantités produites, augmenter la durée de vie des composants sur site et hors-site, mieux trier les rejets en fin de vie et conserver l'énergie investie dans les matériaux et les bâtiments par leur réemploi. Bien que ces stratégies nécessitent des ajustements complexes, elles sont toutes tributaires d'une bonne application de deux actions très spécifiques et peu communes [...] : la déconstruction sélective et la construction réversible.”¹¹

Ces solutions rejoignent la définition proposée par la fondation Ellen MacArthur qui voudrait que l'économie circulaire soit restaurative et régénérative, et qu'elle permette aux produits, aux composants et aux matériaux de garder leur valeur intrinsèque à chaque étape de leur utilisation.

L'économie circulaire a donc pour objectif de fermer la boucle de l'économie linéaire qui suit le principe suivant : extraire - produire - consommer - jeter, pour qu'il n'y ait aucun déchet et que puisse être réutilisé, le tout dans un cycle fermé.

3.2. Des solutions

Parmi les différentes possibilités pour augmenter la circularité dans la construction, Waldo Galle, professeur à la VUB, en définit plusieurs en présentant leur(s) avantage(s).¹² Il les décrit dans une publication faite dans le cadre du projet FEDER - BBSM, et s'appuie sur la directive-cadre européenne sur les déchets.

Une première solution est le réemploi. Dans son livre, il le définit comme la réutilisation des pièces et d'éléments déjà présents sur le site. Ces pièces et éléments peuvent être issus soit du site lui-même soit d'un autre site. L'avantage est que cette pratique prolonge la durée de vie des matériaux tout en réduisant la consommation de ressources “neuves”, et réduit le transport de matières si le réemploi se fait in-situ. L'accent est mis sur la réutilisation de matériaux, mais les espaces, et plus globalement ce qui est déjà construit, peuvent également être conservés pour être réutilisés.

Une deuxième solution est le recyclage des éléments de construction ou des déchets afin d'en faire de nouveaux produits. L'avantage est qu'ici encore, le recours à l'utilisation de ressources vierges de toute utilisation est diminué jusqu'à son minimum et évite la production de déchets, deux éléments clés qui soutiennent l'économie circulaire. Ici encore, il est possible d'aller plus loin en faisant la différence entre l'upcycling et le downcycling. Alors que le premier réemploie les matériaux tels quels en leur donnant de nouveaux usages, le deuxième consiste en la transformation, souvent par dégradation, de matériaux pour une nouvelle utilisation dans une qualité moindre.¹³

Une troisième et dernière solution est d'avoir recours à des matériaux renouvelés et/ou compostables. D'abord, les matériaux renouvelés désignent les matériaux qui proviennent d'une agriculture et d'une sylviculture responsables qui, grâce à leur croissance organique, sont disponibles presque à l'infini, et peuvent servir de piège à dioxyde de carbone. Enfin, les matériaux compostables sont ceux qui peuvent être digérés et décomposés par des organismes biologiques (insectes, champignons, bactéries) et transformés en substances naturelles comme de l'eau, du dioxyde de carbone et de la biomasse. Ces substances naturelles peuvent ensuite être utilisées pour cultiver de nouvelles ressources, fermant ainsi la boucle et participant activement à l'économie circulaire.

3.3 La réversibilité

Une dernière solution, à laquelle je m'intéresse dans ce travail, est la réversibilité. Le Larousse définit ce qui est réversible comme ce qui peut revenir en arrière, qui peut se produire en sens inverse. Cette définition, assez large, parle de quelque chose qui peut se faire et se défaire.

Patrick Rubin, architecte et co-fondateur de l'agence Canal Architecture, très active dans la recherche construite de la réversibilité, définit la réversibilité comme “la capacité programmée d'un ouvrage neuf à changer facilement de destination grâce à une conception qui minimise, par anticipation, l'ampleur et le coût des adaptations”.¹⁴ Cette définition, propre à l'architecture, parle quant à elle de différents scénarios d'usage qu'un même bâtiment pourrait accueillir et qui aurait été pensé dès sa conception.

Enfin, le Dr. Elma Durmisevic, architecte et membre du projet BAMB (Buildings As Material Banks) distingue deux types de réversibilité. En mettant l'accent sur la capacité des bâtiments et de leurs composants à revenir à un état antérieur, la stratégie de conception des bâtiments réversibles vise à préserver dans le temps la valeur à la fois des espaces créés et des matériaux mis en œuvre. Elle comprend :

- Une dimension spatiale, dans laquelle le bâtiment peut être transformé efficacement pour répondre à de nouvelles exigences spatiales ;
- Une dimension technique, dans laquelle les composants du bâtiment peuvent être réparés, démontés et réutilisés, ou déconstruits et recyclés ou biodégradés.¹⁵

Cette troisième définition est plus complète que la précédente, en la rejoignant dans la dimension spatiale, tout en y ajoutant une dimension technique qui n'est pas abordée dans la définition de Patrick Rubin.

La définition que je proposerais est assez proche de la troisième énoncée. Tout d'abord, la réversibilité doit être anticipée dès la conception, et elle doit être intégrée dans la dimension spatiale du projet, en définissant les dimensions des éléments qui le composent, lui permettant d'accueillir les différents scénarios d'usage, mais aussi dans la dimension technique en ayant une réflexion sur la possibilité de modifier et de démonter les éléments en réduisant les dégâts qui seraient causés lors des modifications ou du démontage.

11. Fivet, C. (2021). Déconstruction Sélective - Construction Réversible : recueil pour diminuer les déchets et favoriser le réemploi dans la construction. EPFL

12. Galle, W. (BBSM) (2019). Des critères de conception pour guider et inspirer tous les acteurs de la construction. Bruxelles

13. Roadrunner roadrunnerwm.com

14. Architecture, C. (2017). Construire Réversible. Paris: Canal architecture.

15. Durmisevic E. (2019). Circular Economy in Construction, Design Strategies for Reversible Buildings, Netherlands

La réversibilité, qui est une des branches de la conception circulaire, a déjà fait l'objet d'un certain nombre de recherches. J'ai choisi de me concentrer sur trois d'entre elles, sélectionnées pour leur diversité d'approche.

La première théorie étudiée considère qu'un bâtiment est constitué de différentes couches ayant chacune une durée de vie différente. Ce principe a été abordé par plusieurs auteurs dans la théorie de l'architecture, comme Frank Duffy, Stewart Brand ou encore Bernard Leupen.

La deuxième recherche est le projet d'innovation BAMB (Buildings As Material Banks), financé et soutenu par l'UE, et coordonné par Bruxelles Environnement. Cette recherche s'est déroulée entre juillet 2015 et février 2019. Sept pays européens se sont rassemblés autour d'une idée : "au lieu de considérer les bâtiments comme des produits jetables qui seront démolis et réduits en déchets une fois qu'ils ne répondront plus aux nouveaux besoins, les partenaires de BAMB ont étudié des stratégies de conception et des solutions techniques pour allonger leur durée de vie"¹⁶. À l'issue des quatre ans de recherche, plusieurs outils ont été développés, et six projets pilotes ont été mis en place pour expérimenter les solutions trouvées lors des recherches.

La troisième recherche a été menée par Canal Architecture, des architectes français qui ont mené un travail en parallèle entre la recherche théorique et la mise en application pratique à travers différents projets sur lesquels ils sont intervenus. Cette recherche transdisciplinaire a mené à la publication de plusieurs ouvrages faisant la synthèse de leurs découvertes.

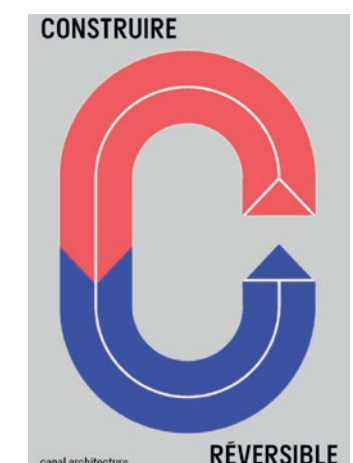
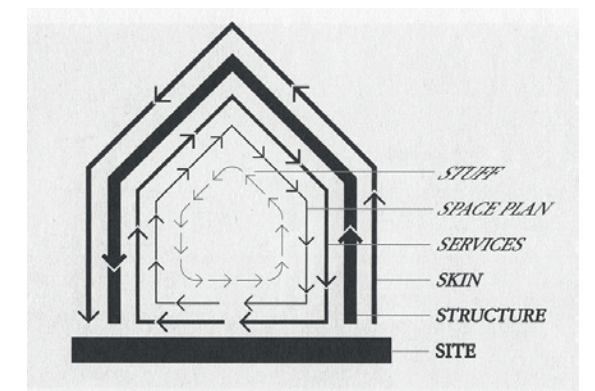


Figure 5 : Les couches d'un bâtiment
Brand, S. (1994). *How buildings learn : what happens after they're built*. New York: Penguin books.

Figure 6 : Logo de BAMB
bamb2020.eu

Figure 7 : Couverture du livre *Construire Réversible*
Architecture, C. (2017). *Construire Réversible*. Paris: Canal architecture

16. BAMB
bamb2020.eu

4.1 Le système des couches

En 1994, Stewart Brand publie *How Buildings Learn : What happens after they're built*, un livre dans lequel il compare à l'aide de photos l'évolution de différentes constructions qui ont traversé le temps. Il met ainsi en évidence qu'un bâtiment a plusieurs vies, lors desquelles il mue et se transforme, la façade est changée, l'aménagement intérieur évolue, mais certains éléments persistent.¹⁷

Il y présente également le travail de Frank Duffy, qui divise les bâtiments en quatre couches d'éléments construits avec chacune une durée de vie qui lui est propre. Les quatre couches que propose Duffy sont appelées Shell, Services, Scenery, and Set (Coque, Services, Aménagement intérieur, et Décoration).

- La coque c'est la structure, qui dure aussi longtemps que le bâtiment (50 ans en Angleterre, plus proche des 35 ans en Amérique du Nord).
- Les services ce sont les câbles, la plomberie, l'air conditionné, et les ascenseurs, qui doivent être remplacés à peu près tous les 15 ans.
- L'aménagement intérieur, ce sont les cloisons et leur disposition dans l'espace, les faux-plafonds, etc., qui changent tous les 5 à 7 ans.
- Le décor, ce sont les meubles, que les occupants changent régulièrement, et qui durent entre quelques semaines à plusieurs mois. (traduction personnelle, Stewart Brand)

En se basant sur les 4S de Duffy, qui se vérifient principalement dans des intérieurs à destination commerciale, Stewart Brand propose les 6S pour un usage plus généralisé à l'ensemble des constructions. Les 6S que Brand met en place sont les suivants :

- Site : C'est l'endroit où se place la construction, avec ses limites légales, et qui est éternel ;
- Structure : Elle est composée des fondations et des éléments porteurs, qui sont compliqués et coûteux à changer, raison pour laquelle elle n'évolue pas ou peu, et dure entre 30 et 300 ans, bien que peu de constructions dépassent les 60 ans ;
- Skin (Peau) : Ce sont les surfaces extérieures, qui changent environ tous les 20 ans, afin de s'adapter aux modes et aux nouvelles technologies, ou lors de réparations ;
- Services : Ce sont les éléments fonctionnels du bâtiment comme les câbles, la plomberie, la HVAC, les ascenseurs. Ils s'usent et deviennent obsolètes au bout de 7 à 15 ans, et causent la démolition prématurée de nombreux bâtiments dont les services ne peuvent pas facilement être entretenus et/ou remplacés ;
- Space plan (L'aménagement intérieur) : Composé des murs, des plafonds, des portes qui se changent tous les 3 ans dans des espaces commerciaux animés, ou tous les 30 ans dans des maisons extrêmement calmes ;
- Stuff (Mobilier) : Les chaises, les bureaux, les téléphones, les tableaux, les appareils de cuisine, les lampes, les peignes.

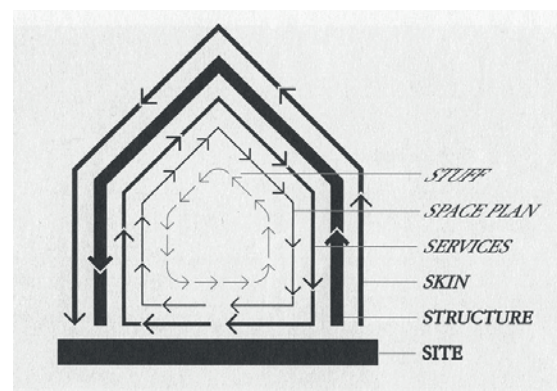


Figure 8 : Les couches d'un bâtiment
Brand, S. (1994). *How buildings learn : what happens after they're built*. New York: Penguin books.

17. Brand, S. (1994). *How buildings learn : what happens after they're built*. New York: Penguin books.

Dans *Frame and generic space*, publié en 2006, Bernard Leupen s'appuie sur les idées déjà énoncées par ses prédécesseurs pour continuer la pensée sur l'habitat flexible et évolutif.¹⁸ Il s'intéresse particulièrement à l'habitat et selon lui, la durée de vie moyenne des maisons est de l'ordre de 100 ans. Pendant cette période, plusieurs ménages et différents habitants vont se succéder, en ayant chacun un style de vie différent, ce qui entraînera des changements majeurs dans les habitations.

Au vingtième siècle, plusieurs solutions émergent, dont les habitations minimales, et d'autres solutions plus techniques comme les portes coulissantes et les lits pliants, qui permettent de transformer facilement un espace de jour en un espace de nuit. Il cite également le plan libre de Le Corbusier, qu'il juge ensuite très froid.

Contrairement aux idées du siècle précédent, Bernard Leupen propose de "prendre comme point de départ non pas le changeant mais le permanent". Il définit le permanent comme un cadre qui définit l'espace de changement. Ce cadre est spécifique et possède des qualités qui déterminent l'architecture pour une longue période. Le terme "cadre" est inspiré du livre *Terre Meuble* (1995) de l'architecte et philosophe français Bernard Cache et il remplit, selon lui, trois fonctions : séparer, sélectionner et raréfier. Bernard Leupen ajoute néanmoins une quatrième fonction à ce cadre : libérer. Par exemple une colonne porteuse qui libérerait un mur porteur.

L'utilisation de l'espace à l'intérieur du cadre n'est pas spécifique et Leupen l'appelle l'espace générique, qui est le changeant à l'intérieur du cadre, du permanent.

18. Leupen, B. (2006). *Frame and generic space : [a study into the changeable dwelling proceeding from the permanent]*. Rotterdam: 010 publishers

En se basant sur le travail d'autres architectes cités auparavant, comme Stewart Brand, Leupen considère le bâtiment comme une composition assemblée de 5 couches, et dont chacune d'elle peut en principe servir de cadre.

Les 5 couches de Bernard Leupen sont les suivantes :

- La structure porteuse principale (colonnes, poutres, murs porteurs, fermes et planchers structuraux) : elle transmet les charges au sol ;
- La peau (façade, socle et toit) : elle sépare l'intérieur de l'extérieur et représente le bâtiment à l'extérieur ;
- Le décor (revêtement, portes et murs intérieurs, finition des sols, murs et plafonds) : définit l'espace, y compris ses qualités visuelles et tactiles ;
- Les éléments servants (tuyaux et câbles, appareils et équipements spéciaux) : régulent l'approvisionnement et l'évacuation de l'eau, de l'énergie et de l'air et comprennent également les appareils qui leur sont nécessaires et les espaces aménagés pour les recevoir ;
- Les accès (escaliers, couloirs, ascenseurs, galeries) : s'occupent de l'accessibilité des espaces et/ou des logements individuels.

4.2 Principes de conception réversible

“Dans le cadre du projet BAMB, une attention particulière a été accordée à la thématique de la “conception réversible”. Cela signifie que les bâtiments sont conçus de manière à pouvoir répondre à de multiples fonctions, à pouvoir être agencés de différentes manières et à être facilement démontables. La conception réversible vise, grâce à des interventions spatiales et structurelles réfléchies, à minimiser la production de déchets, lorsque les bâtiments se voient attribuer une nouvelle fonction et que les produits ou éléments de construction sont démontés pour être réutilisés.”¹⁹

Bruxelles Environnement poursuit le travail entamé dans le projet européen BAMB. En s’appuyant sur les différents résultats produits, l’administration bruxelloise veut que les professionnels du secteur s’approprient les outils et principes de réversibilité développés dans le projet. Ainsi, en 2023, un “guide de conception réversible” est réalisé et intégré au Guide Bâtiment Durable. Parallèlement, un outil Excel appelé “Checklist Réversibilité” est rendu public et testé dans certains projets pilotes. L’objectif est d’intégrer progressivement ces outils et principes dans la pratique, notamment en les associant à certaines démarches urbanistiques (RRU) ou système d’évaluation de la durabilité des projets (GRO).

Bruxelles Environnement s’appuie sur la définition de la réversibilité de BAMB, proposée par le Dr. Elma Durmisevic, et distingue deux formes de réversibilité dans une construction ; la réversibilité spatiale et la réversibilité technique.

La réversibilité spatiale a pour objectif de prolonger la durée de vie d’un bâtiment en s’assurant que ce dernier ait une capacité importante de transformation et d’adaptation à différents scénarios, en limitant le nombre d’interventions majeures et la quantité de déchets produits lors de changements d’usage.²⁰

La réversibilité technique permet quant à elle de s’assurer que les matériaux, composants et éléments mis en œuvre dans la construction puissent être démontés pour ensuite être réparés et/ou réemployés.

Pour permettre de répondre au mieux à ces deux formes de réversibilité, Bruxelles Environnement énonce une série de paramètres qui permettent au bâtiment de s’adapter spatialement et techniquement à différents usages.

1. Plusieurs scénarios d’utilisation sont envisagés

Afin que le bâtiment conçu puisse répondre à plusieurs scénarios d’usage, il faut que ceux-ci aient été anticipés pour pouvoir s’adapter notamment aux normes et exigences qui varient d’un programme à l’autre. Ces scénarios peuvent être définis et connus dès le début, mais d’autres programmes pourraient venir s’installer dans le futur, sans que ceux-ci n’aient été anticipés. Si le bâtiment a été conçu afin de répondre à des programmes variés, il sera plus probable qu’il puisse s’adapter facilement, contrairement à un bâtiment qui aurait été conçu de manière monofonctionnelle.

19. Henrotay, C. (2023). La Conception Réversible : Guide Pratique. Bruxelles.

20. BAMB bamb2020.eu

2. Les dimensions du bâtiment sont compatibles avec les différents scénarios d’utilisation envisagés

Le dimensionnement des espaces joue aussi un rôle important dans leur capacité à s’adapter à différentes configurations.

“La conception d’un bâtiment ayant une grande capacité de transformation et de réversibilité spatiale commence par le choix de dimensions compatibles avec les scénarios d’utilisation prédéfinis.”²¹

Un premier facteur important est la hauteur sous plafond des espaces construits. Certains espaces, comme des bureaux par exemple, ont généralement besoin de plus d’espace pour pouvoir y installer des techniques. Ces techniques sont plus importantes que celles présentes dans le logement, qui a dès lors besoin de moins de place pour les installer.

Un deuxième facteur dont il faut tenir compte est l’apport de lumière naturelle dans les espaces. L’apport de lumière naturelle dépend lui-aussi de différents facteurs. La profondeur du bâtiment, la hauteur sous plafond, la dimension et la position des baies sont autant d’éléments auxquels il faut tenir compte pour s’assurer que les espaces restent qualitatifs malgré les différents scénarios d’usage envisagés, qui sont plus ou moins contraignants.

3. Les noyaux fixes acceptent les différents scénarios d’utilisation envisagés

Les noyaux fixes correspondent aux couches permanentes de Bernard Leupen. Il faut donc entendre par noyau fixe tout élément qui ne serait pas modifié lors des changements d’usage. Il n’est en effet que très rare de

concevoir un bâtiment dans lequel tous les composants seraient démontables et remontables afin de moduler l’espace pour répondre aux nouveaux scénarios. Dans son guide pratique, Bruxelles Environnement considère que la structure primaire, les zones de circulation comme les escaliers et les cages d’ascenseurs, et les gaines techniques sont les éléments qui ont la durée de vie la plus élevée, et qui nécessiteront donc moins d’intervention d’entretien ou de remplacement. Ils considèrent dès lors deux paramètres pour garantir la réversibilité des constructions.

a. Les noyaux fixes sont regroupés autant que possible sur les bases d’une trame.

Le type et la position des noyaux fixes influencent la réversibilité spatiale. Lors de la conception, il faut veiller à les positionner de telle manière à ce que l’utilisation de l’espace soit la plus flexible possible. Il est également important de rassembler les éléments fixes, et si possible sur les bases d’une trame, afin de limiter les obstacles à une future réorganisation de l’espace. De cette manière, une structure composée de poteaux et de poutres placée selon une trame sera beaucoup plus réversible qu’une structure composée de murs porteurs placés de manière plus aléatoire.

b. Les noyaux fixes sont capables de s’adapter structurellement et techniquement à un changement ou à une extension du bâtiment.

Certains programmes, avec une occupation élevée du bâtiment, impliquent des charges plus importantes ayant des

21. Guide Bâtiment Durable guidebatimentdurable.brussels

répercussions sur le système structurel. De même, le dimensionnement des gaines techniques et des espaces de circulation diffère selon les programmes envisagés. Il est donc recommandé de surdimensionner les noyaux fixes afin qu’ils puissent garantir l’efficacité du bâtiment malgré les évolutions dans les programmes qu’il accueille ou l’évolution des normes qui y sont imposées. Il est également intéressant de considérer une possible extension verticale ou horizontale du bâtiment afin de pouvoir s’adapter à des scénarios d’utilisation les plus variés possibles.

4. Les différentes couches sont regroupées par fonction et sont autant que possible indépendantes d’une couche fonctionnelle à une autre

Stewart Brand a mis en évidence en 1994 que le bâtiment est composé de plusieurs couches qui ont des durées de vie différentes. Il décompose ainsi un bâtiment-type en 6 couches ; le site, la structure, l’enveloppe, les techniques, l’aménagement spatial et le mobilier. C’est sur cette base que Bernard Leupen a proposé son interprétation des couches, en y ajoutant par exemple la couche des accès, et les a regroupées selon qu’elles soient permanentes ou amovibles. Les chercheurs de Bruxelles Environnement se basent eux-aussi sur cette proposition de séparation en couches, en allant une étape plus loin. Ils recommandent de regrouper les différentes couches ayant la même fonction ensemble, tout en les gardant les plus indépendantes possibles des autres couches fonctionnelles. Ils ajoutent également que les couches ayant la durée de vie la plus courte doivent être les plus accessibles pour favoriser le démontage et le remplacement de

cette couche sans risquer d’endommager les autres.

5. La construction anticipe la déconstruction et permet un désassemblage

Pour que la réversibilité technique soit opérationnelle lors du changement de scénario d’usage ou lors de la déconstruction, il faut que les assemblages entre les différents composants et éléments qui ont été mis en oeuvre soient réfléchis et choisis afin d’être capable de revenir en arrière et récupérer un maximum de matière afin de limiter la production de déchets à la fin de vie du bâtiment. Pour que cela soit possible, Bruxelles Environnement recommande de penser à divers aspects, qu’ils regroupent en trois catégories afin d’améliorer les capacités de désassemblage.

a. Désassemblage fonctionnel

Pour améliorer le désassemblage fonctionnel, il est important de penser à l’indépendance fonctionnelle et au regroupement fonctionnel.

L’indépendance fonctionnelle se base sur les mêmes principes que le point 4. Il est important que les couches qui ont des fonctions différentes soient indépendantes afin de pouvoir modifier une couche avec une durée de vie plus courte sans endommager une autre couche qui aurait une durée de vie plus longue. On distingue différents degrés d’indépendance entre les éléments de différentes couches. On observe ainsi du plus réversible au moins réversible :

- Aucune dépendance : les fonctions, telles que la structure, les techniques ou les finitions sont indépendantes et ne présentent

Figure 9 : Formes d’indépendance fonctionnelles
Schéma réalisé par l’auteur
Inspiré par Bruxelles Environnement

aucune intersection entre elles, leur permettant d’être désassemblées ou changées sans être gênées par une autre couche ;

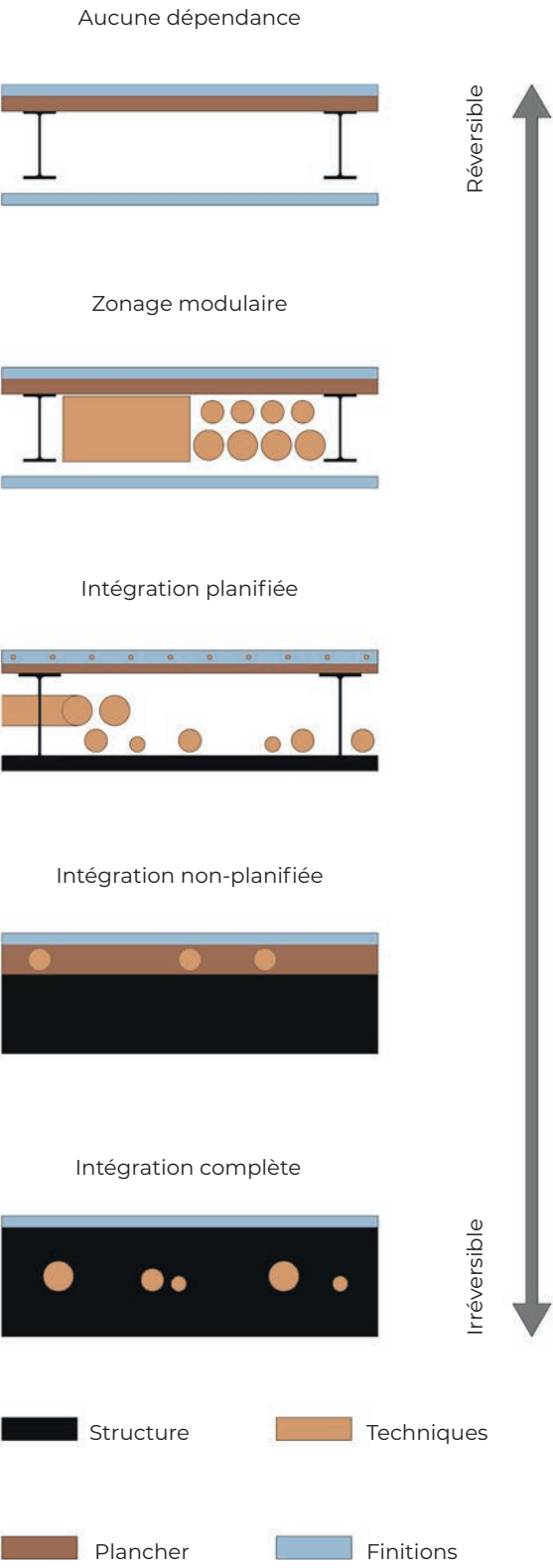
- Un zonage modulaire : les fonctions identiques sont regroupées et se croisent et ont un faible impact sur la structure. Par exemple, les techniques de ventilation peuvent être rassemblées entre des poutres pour faciliter l’accès, l’entretien et le démontage ;

- Une intégration planifiée : des zones spécifiques et des passages sont aménagées de manière systématique dans la structure pour permettre aux techniques de passer au travers, ou d’en rajouter si cela est nécessaire ;

- Une intégration non-planifiée : comme pour l’intégration planifiée, des réservations sont faites dans la structure, mais directement sur chantier dans ce cas-ci, et se limitent au strict nécessaire pour les besoins en technique au moment du chantier, en limitant fortement les possibilités de réutilisation future.

- Intégration complète : toutes les fonctions sont fusionnées dans le même élément, nécessitant forcément une démolition partielle ou totale de cet élément lorsqu’une des fonctions doit être entretenue, changée ou retirée.

Le regroupement fonctionnel concerne, comme son nom l’indique, le regroupement des fonctions similaires entre elles. Cela présente un avantage certain lors du démontage des éléments à leur fin de vie, ou lorsqu’une opération de maintenance est nécessaire. En effet, rassembler les fonctions entre elles permettra de réduire le nombre d’opérations nécessaires lors du démontage, augmentant ainsi la faisabilité, notamment financière. Cette augmentation de la faisabilité



augmentera les chances que le bâtiment soit démonté plutôt que démolé.

Bruxelles Environnement indique également qu'une préfabrication réversible peut jouer un rôle important dans la démontabilité. De cette manière, le démontage peut se faire en deux temps ; premièrement les éléments sont démontés soigneusement sur le chantier, avant d'être envoyés dans un atelier qui permettra une récupération plus soignée des différents composants et matériaux présents dans l'élément.

b. Désassemblage technique

D'autres aspects sont aussi à prendre en compte pour garantir la réversibilité technique de la construction. Outre l'indépendance fonctionnelle et le regroupement fonctionnel, il est également important de réfléchir à l'ordre d'assemblage et de désassemblage, de s'assurer qu'il est effectivement possible de démonter les éléments mis en œuvre en limitant ceux qui seraient superflus et qui risqueraient d'entraîner des dommages supplémentaires, causant une augmentation des coûts en temps et en argent lors des entretiens et du démontage.

Tout d'abord, il est important de prévoir des connecteurs qui permettent aux éléments et aux composants d'assurer leur indépendance. Bruxelles Environnement propose de travailler avec un "élément de base", qui peut être au niveau micro ou macro du bâtiment. Cet élément de base sert de connecteur entre deux composants ou éléments ou groupes d'éléments, et doit être lui-même indépendant et facilement accessible pour garantir la réversibilité technique de

l'ouvrage.

Dans le guide pratique, quatre connexions à l'aide d'éléments de base sont exposées :

- Le connecteur est indépendant : l'élément de base connecte deux éléments entre eux, en restant complètement indépendant de ces deux éléments, garantissant une réversibilité technique ;

- Le connecteur a deux niveaux : l'élément de base peut connecter un composant et un élément ensemble, mais dans le même temps connecter deux éléments entre eux, d'où les deux niveaux de connexion. Par exemple, l'élément de base pourrait connecter à la fois la structure du plancher et la structure de la façade, et en même temps tenir le revêtement extérieur ;

- L'élément de base a de multiples fonctions : l'élément de base peut être intégré à un autre élément, réduisant de cette manière son indépendance envers l'élément auquel il est fusionné ;

- L'élément de base est inexistant : la connexion entre deux éléments est réalisée par fusion. C'est le cas notamment dans une structure en béton armé coulée sur place, ou d'une soudure entre deux éléments métalliques. Un fois fusionnés, le démontage des deux éléments entraînera forcément un dommage plus ou moins important à ceux-ci.

Après avoir regroupé les différentes couches fonctionnelles et les avoir rendues indépendantes des autres, il est important d'anticiper la manière dont celles-ci vont être mises en œuvre, en prenant en compte la durée de leur cycle de vie, en rendant celles avec la durée de vie la plus courte les plus accessibles. Il convient donc de s'assurer que les éléments

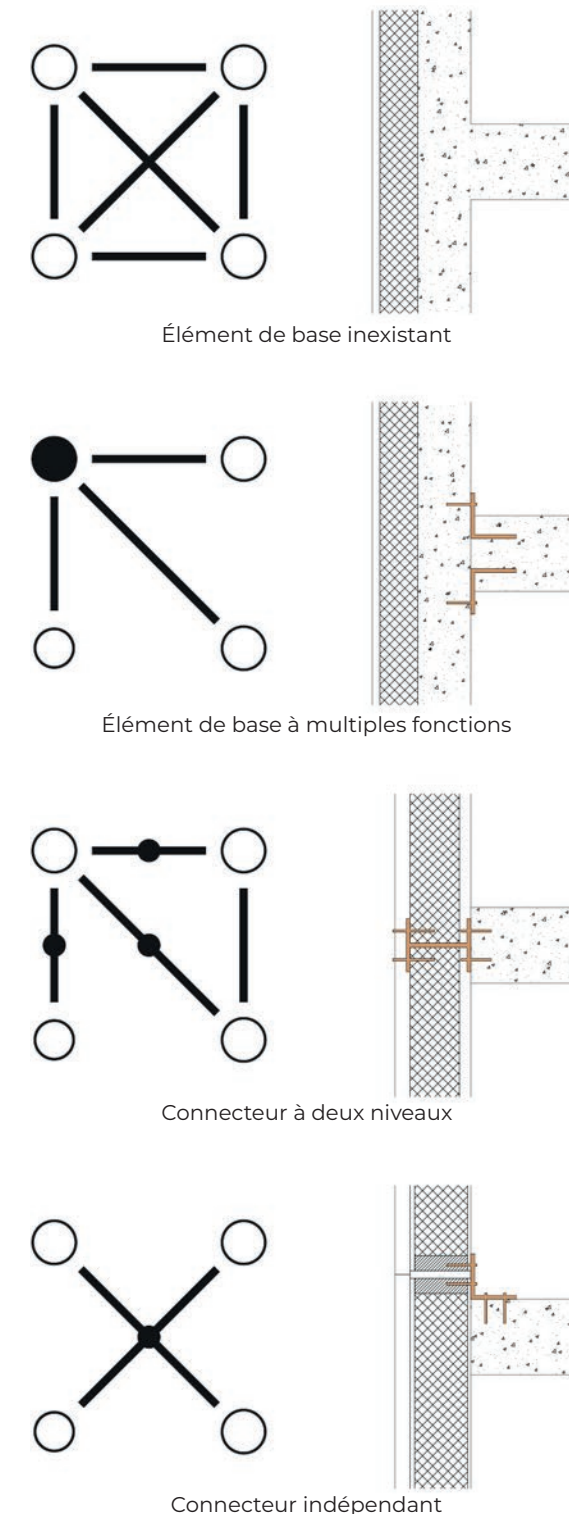


Figure 10 : Connexions des groupes d'éléments
Schéma réalisé par l'auteur
Inspiré par Bruxelles Environnement

avec une durée de vie plus courte ne nécessitent pas le démontage d'autres éléments ayant une durée de vie plus longue, qui risquerait d'endommager ces derniers lors du démontage ou de la manipulation.

c. Désassemblage physique

Enfin, la géométrie et le type de connexions entre les différents éléments et composants ont également une influence sur la réversibilité technique de la construction.

D'abord, la géométrie des connexions entre les éléments impacte l'ordre de désassemblage. Ces géométries varient en fonction des chevauchements symétriques ou asymétriques entre les éléments assemblés. Des géométries dites "fermées" nécessiteront le démontage de l'élément adjacent pour pouvoir démonter l'élément voulu. Ces géométries ont évidemment une incidence sur l'ordre d'assemblage et de désassemblage.

Enfin, les connexions peuvent être de plusieurs types : chimiques ou humides. Elles peuvent aussi être directes ou indirectes. Et ces types peuvent être combinés entre eux. Une connexion peut se faire à sec, sans connecteur, comme un assemblage à mi-bois par exemple. Cette solution est la plus réversible, mais d'autres connexions sont possibles, à l'aide de connecteurs dans le cas des connexions sèches, où à l'aide de joints dans les connexions humides, chacune ayant une incidence sur le degré de réversibilité de l'assemblage.

4.3 Canal Architecture

En 2017, Canal Architecture publie *Construire Réversible*. Dans ce livre, qu’ils considèrent comme un manifeste pour la construction réversible, Patrick Rubin et son équipe vont à la rencontre de différents acteurs gravitant autour des métiers de la construction, afin de dresser un tableau de la situation actuelle et de proposer des pistes vers lesquelles se diriger pour atteindre une réversibilité efficiente des futures constructions.

En 2014, Canal fait le constat que 2,2 millions de mètres carrés de bureaux sur les 3,9 inoccupés en Île-de-France étaient impossibles à louer à cause de leur obsolescence, à cause notamment de l’aspect financier et normatif de ce type de location. Dans le même temps, les grandes villes font face à une crise du logement, plus particulièrement de logements sociaux, qui s’appauvrissent spatialement, ou ne sont pas adaptés aux modes de vie actuels. À la suite de ce constat, l’atelier propose de “développer des constructions neuves qui à court ou à long terme pourront changer de programme, à moindre coût, suivant les besoins de la ville.”²²

Après avoir recueilli l’avis des différents architectes et urbanistes, impliqués de près ou de loin dans la réversibilité, et avoir analysé des projets déjà réalisés, Canal Architecture propose 7 principes qui favorisent une réversibilité dans la construction. Ces 7 principes essaient également de concilier les différentes normes qui varient, et parfois se contredisent. Ces principes ont été mis en contexte dans la réalisation d’un bâtiment fictif qui se développe de la manière suivante : deux barres jumelles de 60 mètres de long, 13 mètres de large, développant au total six niveaux. Le

projet est implanté en périphérie urbaine, dans ce qui pourrait s’apparenter à une ZAC (Zone d’Aménagement Concerté).

Les 7 principes que Canal développe sont les suivants :

- **L’épaisseur du bâtiment est de 13 mètres.** Pour le premier principe, l’atelier remet en question les dimensions que l’on retrouve habituellement dans les bureaux et dans les logements. Ainsi, à la place des 18 mètres pour l’épaisseur des bureaux, et des 15 mètres pour l’épaisseur des logements, Canal propose de réduire ces dimensions pour trouver une largeur qui, combinée aux autres principes, permet d’accueillir des aménagements plus flexibles et des espaces traversants à la place des espaces mono-orientés, moins qualitatifs ;

- **La hauteur d’étage est de 2,70 mètres.** Cette fois-ci, Canal prend l’entre-deux entre les hauteurs de 3,30 mètres pour les bureaux, et 2,50 mètres pour les logements. En enlevant les faux-plafonds et les faux-planchers, la hauteur de 2,70 mètres permet de gagner un cinquième étage là où habituellement il n’y en aurait que 4. Le supplément de 20 centimètres dans les logements permet d’offrir des espaces plus qualitatifs et permet de faire entrer la lumière naturelle plus profondément dans l’habitation ;

- **La circulation se fait via des placettes et des pontons extérieurs.** Les circulations verticales et horizontales sont soumises à de nombreuses réglementations, qui sont parfois opposées, mais qui doivent être conciliées afin de pouvoir s’adapter aux différents programmes. Canal propose donc d’installer les circulations verticales

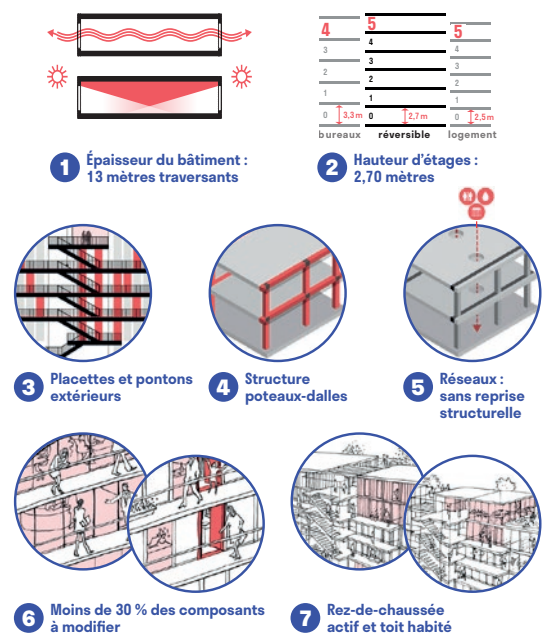
à l’extérieur en respectant les distances réglementaires entre les issues de secours. L’objectif est que ces circulations ne soient pas modifiées lorsqu’un changement d’usage est réalisé. Les circulations horizontales sont organisées en pontons et en placettes. Ces espaces, considérés comme des extensions des bureaux ou des logements, permettent aux collègues de se rencontrer, d’échanger, et permet aux voisins de partager un verre par exemple ;

- **La structure est réalisée à l’aide d’un système poteaux-dalles.** L’atelier Canal estime que c’est le système qui maximise le mieux la flexibilité des plateaux, comparé aux autres systèmes comme les murs et façades porteurs et le système poteaux-poutres. De plus, une seule rangée de poteaux, légèrement décentrée, est nécessaire pour franchir la portée de 13 mètres à l’aide d’une dalle de 22 centimètres, dans lesquelles les poutres sont intégrées, favorisant le passage des techniques au niveau des plafonds. Le long de la façade, la structure est installée selon un trame de 7,5 mètres, divisible en une autre trame de 1,5 mètres afin d’y installer un système de façades modulables ;

- **La distribution des réseaux se fait sans reprise structurelle.** Les gaines techniques sont jumelées avec la circulation verticale, et sont accessibles depuis les placettes extérieures. Les réseaux passent ensuite des placettes aux plateaux en passant à un seul endroit, afin d’être distribués ensuite vers les différentes fonctions. Grâce à la structure, les planchers des plateaux peuvent également être percés à différents endroits afin d’y installer d’autres techniques, pour les pièces humides dans les logements par exemple ;

- **Moins de 30% des composants de l’enveloppe sont à modifier.** Grâce à un système de façade générique, au caractère hybride, et répondant aux différents besoins en termes d’isolations thermiques et acoustiques, seuls quelques modules de façade seraient à modifier lorsque le scénario d’utilisation évolue. Ces façades peuvent être préfabriquées en atelier pour contrôler leur bonne exécution et faciliter le processus de réversibilité ;

- **Le rez-de-chaussée est actif et le toit habité.** Pour augmenter le dialogue entre le bâtiment et son environnement proche, l’atelier propose que les rez-de-chaussée puissent bénéficier d’une double hauteur quand cela est nécessaire pour y installer des commerces par exemple. Des logements peuvent aussi prendre place dans ces doubles hauteurs et ainsi créer des duplex bénéficiant d’un accès privé à un jardin de plain-pied. Enfin, le toit peut être planté et bénéficier à tous les habitants.



22. Architecture, C. (2017). Construire Réversible. Paris: Canal architecture

Figure 11 : Les 7 principes de Canal Architecture Architecture, C. (2022). Construire Réversible à Bordeaux. Paris: Canal Architecture.

Canal Architecture considère ces principes comme des outils, qui seraient appropriables en fonction de la situation réelle dans laquelle le projet s’implante.

“Cette proposition est à envisager comme un outil appropriable, une partition ouverte à interprétation. Non pas une réponse formelle, ou un modèle, mais un cadre à l’intérieur duquel il devient vraisemblable de produire une réelle diversité architecturale.”²³

En comparant ces principes avec ceux issus du projet BAMB et Bruxelles Environnement, on se rend compte que la majorité est à classer dans la catégorie de la réversibilité spatiale. Le principe de la structure réalisée à l’aide du système poteaux-dalles pose même question au point de vue de la réversibilité technique. Certes des zones sont prévues pour faire passer des techniques au travers de la dalle, mais la réalisation de cette structure questionne au niveau de sa fin de vie. Étant donné que les poteaux et les dalles sont réalisés en béton armé, un démontage en vue de récupérer certains éléments de la structure est inenvisageable. Cependant, le béton armé étant en principe inaltérable, on peut aussi faire le parallèle avec les propos de Bernard Leupen qui considère que la structure va pouvoir tenir très longtemps, aussi longtemps que le bâtiment, réduisant ainsi la nécessité de modifier ou réparer la structure, ce qui est d’ailleurs impossible sans réaliser d’importants travaux de rénovation si cela était nécessaire. Ces travaux impacteraient par ailleurs fortement l’utilisation du bâtiment le temps de la réalisation des différents ouvrages.

Canal Architecture a eu l’occasion de tester en situation réelle leurs 7 principes. Ces principes ont évolué en rapport avec

la situation dans laquelle s’inscrit le projet. Le programme de celui-ci est composé de deux tourelles qui doivent pouvoir accueillir des logements et des bureaux, dans la ZAC Saint-Jean Belcier à Bordeaux. Les 7 principes initialement développés dans Construire Réversible ont donc évolué pour devenir :

- L’épaisseur du bâtiment est de 10,5 mètres traversants ;
- La hauteur d’étage est de 2,70 mètres ;
- La circulation se fait via des pontons et des decks extérieurs ;
- La structure est réalisée à l’aide d’un système poteaux-dalles ;
- Les réseaux sont exploitables depuis l’extérieur ;
- Moins de 20% de l’enveloppe sont à modifier;
- Le rez-de-chaussée est actif et le toit habité.

Canal Architecture commente : “Les deux bâtiments-tourelles de l’opération construits sur un principe structurel poteaux-dalles, complétés par un dispositif de contreventement (zone sismique), sont reliés à chaque niveau par de vastes pontons recouverts de bois (decks équipés par deux groupes de circulations verticales, traversés verticalement par les réseaux fluides exploitables en extérieur, distribuant, au-delà du rez-de-chaussée, 17 plateaux libres dégagés d’obstacle : 9 niveaux dans le bâtiment B (Est) et 8 niveaux dans le bâtiment B (Ouest). Au cœur des grands pontons, sur quatre niveaux, se développent des pièces autonomes nommées “fabriques”. Ces volumes d’appoint d’environ 50 m2, surfaces de “déstage”, sont destinés à la collectivité ou à des extensions provisoires à l’adresse des tiers : associatifs, professionnels, studios en plus, start-up, logistique, télétravail.”²⁴

23. Architecture, C.
(2017). Construire Réversible. Paris: Canal architecture

24. Architecture, C.
(2022). Construire Réversible à Bordeaux. Paris: Canal Architecture

4.4 Des références circulaires

Au-delà de la théorie, certains architectes se servent déjà de la réversibilité, qu’elle soit technique ou spatiale, pour concevoir des projets qui tiennent compte de la vie future de la construction. Dix projets ont été sélectionnés dans ce travail afin d’identifier des principes mis en œuvre pour favoriser la réversibilité. Il s’agit de :

- Black Swans d’Anne Démians
- B.R.I.C. de Karbon’
- Carré Lumière de LAN
- Circular Retrofit Lab de Kaderstudio
- Hôpital Bracops d’Archipelago
- Îlot B2 de Clément Vergély
- Les Marelles de Georges Maurios
- Oxy à Bruxelles
- Tébio de Canal Architecture
- Unités de Sophie Delhay

Ces dix projets ont été choisis pour plusieurs raisons.

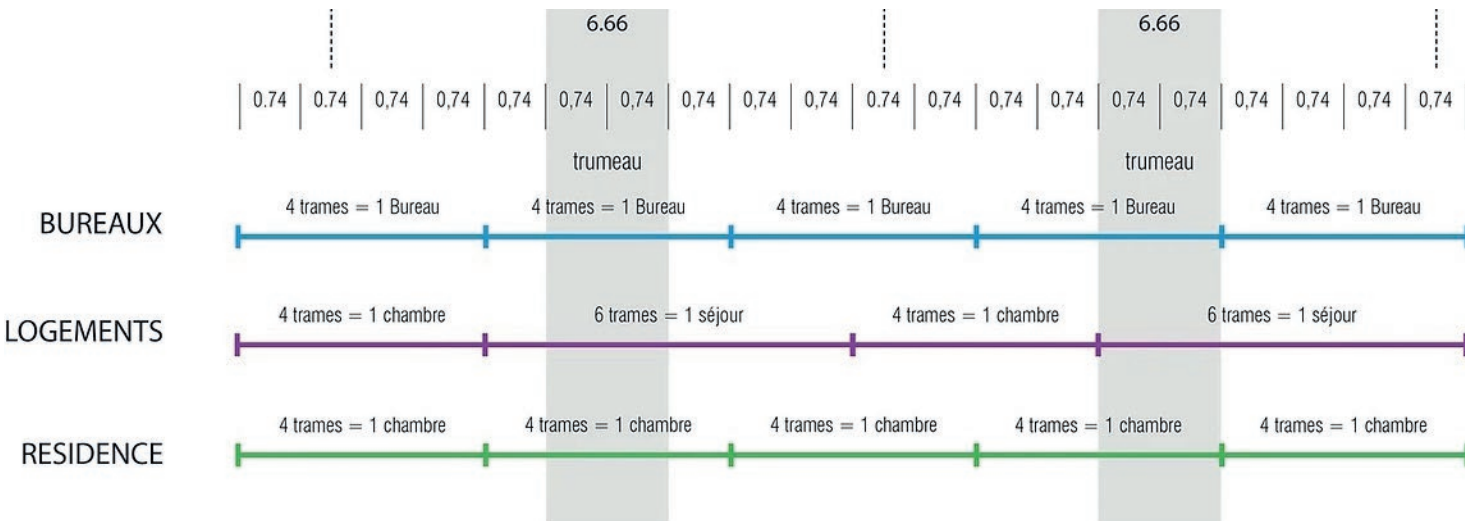
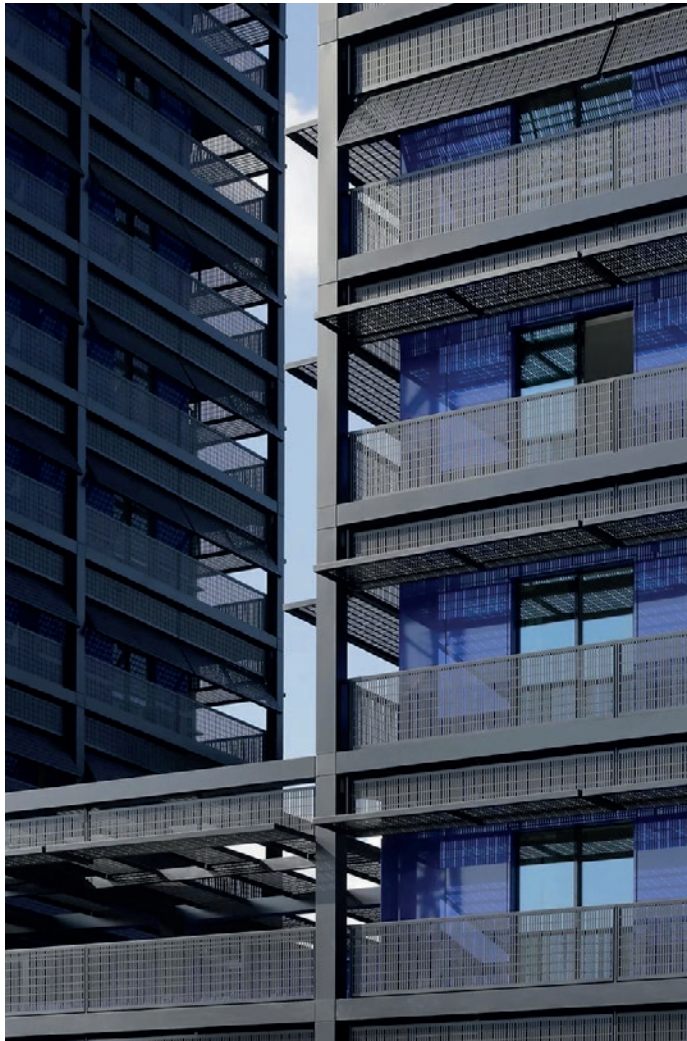
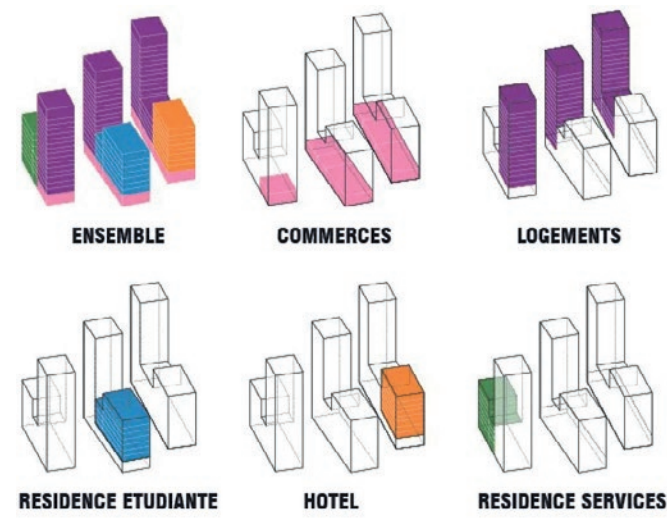
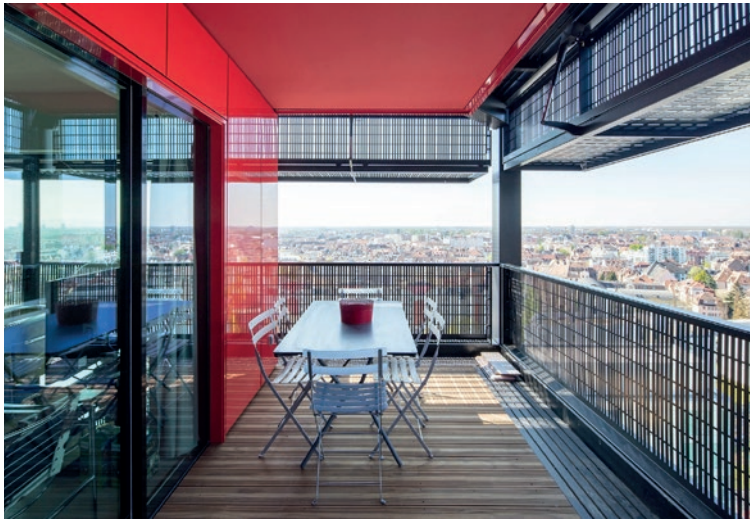
Premièrement, tous les projets sont construits ou sont en train de l’être. Cela est important pour vérifier la faisabilité et l’efficacité des principes utilisés.

Deuxièmement, tous les projets ne sont pas forcément réversibles, mais se veulent adaptables, évolutifs, ... Pour ne pas se bloquer dans un seul concept, le champ des recherches a été élargi pour étudier des principes qui ne viendraient pas que de la conception réversible, mais aussi d’une volonté ou une nécessité de donner au bâtiment une capacité d’adaptation dans son futur.

Enfin, les projets présentés ci-après sont issus soit d’une construction neuve, soit d’une rénovation. Le nombre de cas issus de la construction neuve est plus important que ceux issus de la rénovation. Cela peut

s’expliquer par le fait que dans le cas d’une rénovation dans laquelle une partie du bâtiment est conservée (souvent la structure), les dimensions sont déjà installées et le projet doit travailler avec ces dimensions, qui ajoutent une contrainte supplémentaire. Cela reste néanmoins intéressant étant donné que cela montre que parfois, sans le vouloir, certains concepteurs avaient déjà prévu et utilisés certains principes favorables à la réversibilité qui sont aujourd’hui utilisés.

Les références étudiées seront ensuite analysées au travers des différents critères énoncés précédemment. La comparaison entre d’un côté la théorie et d’un autre la pratique, permettra de sélectionner et de mettre en évidence des principes mis en œuvre qui auraient à la fois un intérêt dans la théorie, et qui seraient éprouvés dans le cas concret d’une construction réversible. Une fois ces critères et ces principes étudiés, ils seront finalement utilisés dans une recherche par le projet, afin de tester leur compatibilité, leur intérêt, ...



Black Swans - Anne Démians

Architectes
Anne Démians

Localisation
Strasbourg, France

Années de construction
2013 - 2019

Type de construction
Nouveau

Scénarios d'utilisation envisagés
Logements
Commerces
Hôtel
Résidence étudiante
Résidence services

Principe utilisé
Trame

Le projet d'Anne Démians se trouve à Strasbourg, à côté du bassin d'Austerlitz, sur la presqu'île Malraux. Les trois tours s'inscrivent dans un programme de reconquête d'une ancienne friche portuaire de la capitale de l'Alsace.

Le programme que devait accueillir le programme a beaucoup évolué entre la phase de conception et celle de réalisation. Initialement, des bureaux étaient prévus. À la fin, c'est une multitude de fonctions qui prennent place dans le projet : des commerces au rez-de-chaussée, des logements dans les trois tours, et une résidence étudiante et services et un hôtel qui se partagent le reste de l'espace.

L'évolution du programme a été rendue possible grâce à l'utilisation d'une trame qui permet de répondre aux différents scénarios imposés. En effet, le projet est pensé selon un module de 74 centimètres, qui sont combinés pour former un séjour, un bureau, une chambre, ...

Une seconde trame de 6,6 mètres, multiple de la première, est quant à elle visible dans la structure de la façade en ossature d'aluminium peinte en noir, derrière laquelle se trouve la séparation entre les espaces intérieurs et extérieurs, quant à elle peinte en rouge ou en bleu.

L'utilisation d'une trame, et la pluralité de fonctions présentes dans les bâtiments, qui respectent toutes la trame installée, démontrent que spatialement, le projet d'Anne Démians est capable de s'adapter à différents scénarios d'usage, qu'ils soient anticipés ou non.²⁵

26. Démians, A. (2017). Les Black Swans. Strasbourg

De gauche à droite
De haut en bas

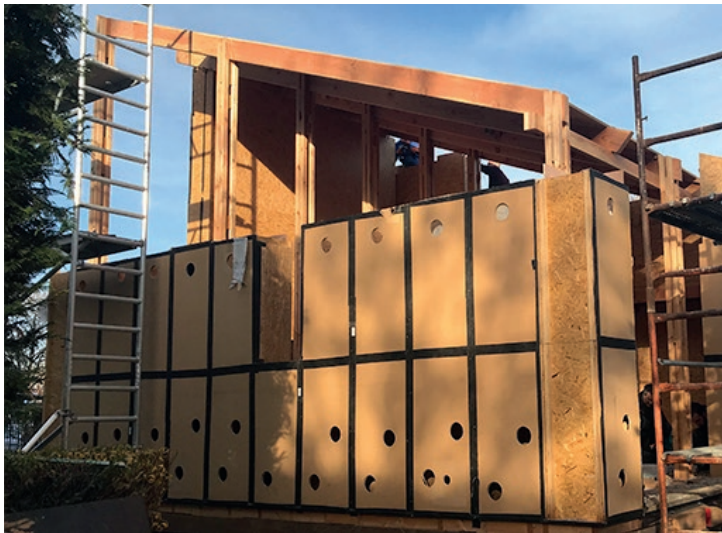
Figure 12 : Vue du projet depuis l'espace public
annedemians.com

Figure 13 : Distribution du programme
annedemians.com

Figure 14 : Vue depuis la terrasse d'un logement
annedemians.com

Figure 15 : Focus sur la façade et sa double peau
annedemians.com

Figure 16 : Trame et répartition dans les espaces
annedemians.com



B.R.I.C. - Karbon'

Architectes

Karbon'

Localisation

Bruxelles, Belgique

Années de construction

2018 - 2019

Type de construction

Nouveau

Scénarios d'utilisation envisagés

Bureaux

Commerces

Principes utilisés

Modularité

Démontabilité

Le projet B.R.I.C. (Build Reversible In Conception) est un des six projets pilotes menés par BAMB (Buildings As Material Banks). L'objectif est de concevoir et construire un bâtiment réversible à la fois spatialement et techniquement, et qui serait capable d'être déconstruit et reconstruit ou modifié pour accueillir différents programmes, comme du bureau ou du commerce.

La fonction de bureau a été développée dans la première phase, nommée B.R.I.C. 1, qui doit garantir la faisabilité du démontage en endommageant le moins possible les matériaux de construction mis en œuvre afin qu'ils puissent servir pour B.R.I.C. 2, qui doit accueillir un commerce.

Plusieurs solutions ont été trouvées par les étudiants de l'EFP (Enseignement et la Formation Professionnelle) et l'atelier Karbon' pour favoriser la réversibilité technique de la construction. Les murs extérieurs porteurs sont constitués de blocs creux qui s'assemblent et se désassemblent facilement. La structure est également assurée par des poteaux en bois, qui peuvent être allongés ou raccourcis grâce aux quatre éléments qui les composent.

L'enduit de terre sur les murs intérieurs peut aussi être facilement démonté, broyé et réutilisé dans une construction future.

Toutes les innovations développées pour le projet B.R.I.C. font de lui l'un des rares à se questionner autant sur la question de la réversibilité technique des constructions. Le projet a servi de laboratoire, et les procédés de construction et déconstruction ont été étudiés et décrits par des professionnels de la construction afin de s'assurer de leur bonne capacité de mise en œuvre et de leur bonne réalisation dans la pratique.²⁷

27. BAMB
bamb2020.eu

De gauche à droite
De haut en bas

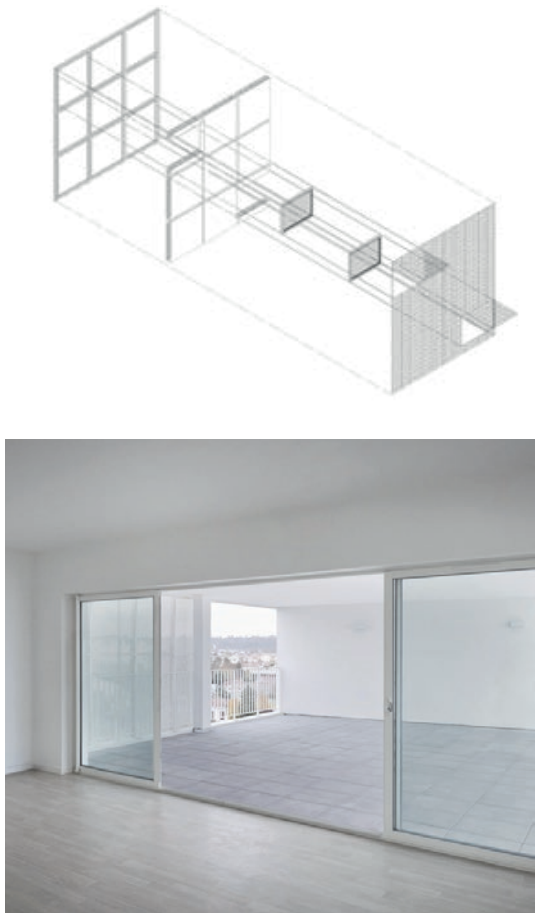
Figure 17 : Assemblage des
blocs de façade
bamb2020.eu

Figure 18 : Raccord entre
un poteau et une poutre
bamb2020.eu

Figure 19 : BRIC1 en cours
de chantier
bamb2020.eu

Figure 20: BRIC1 à l'étape
finale
bamb2020.eu

Figure 21 : Démontage de
l'enduit des murs intérieurs
bamb2020.eu



Carré Lumière - LAN

Architectes
LAN

Localisation
Bègles, France

Année de construction
2015

Type de construction
Nouveau

Scénarios d'utilisation envisagés
Logements

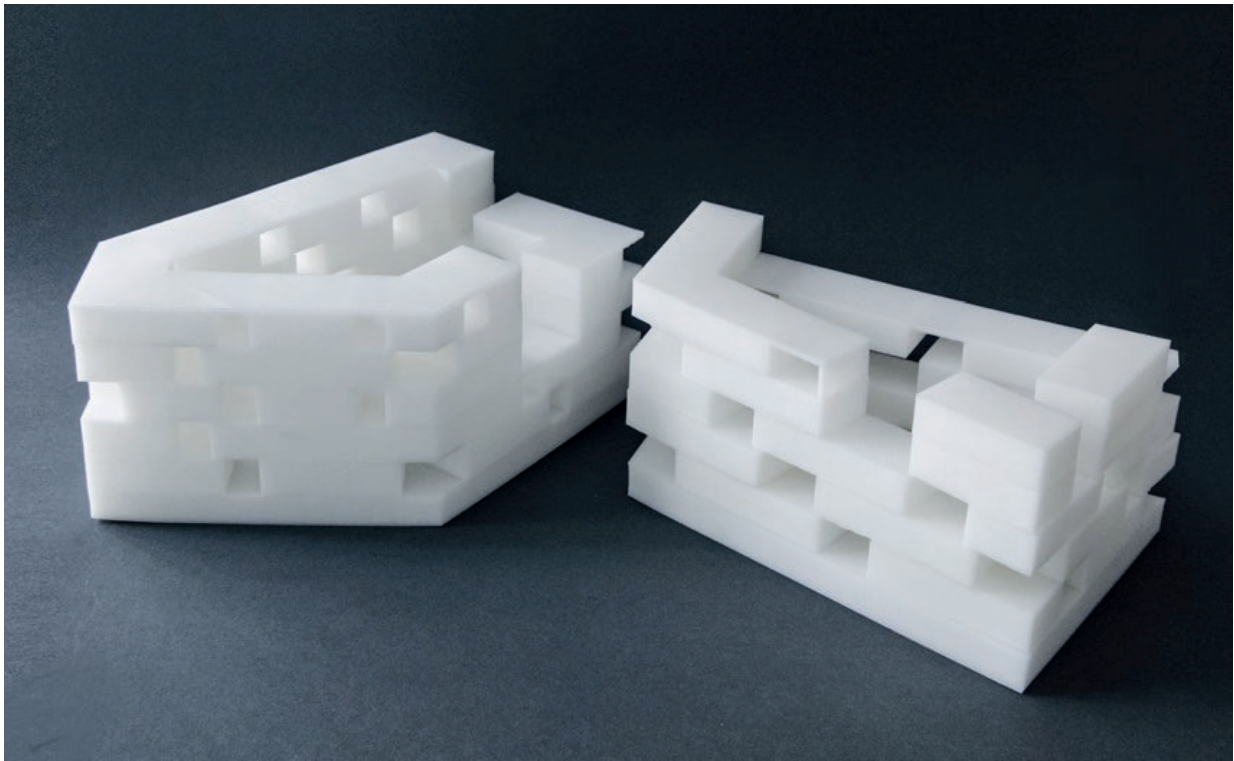
Principe utilisé
Modularité

Le projet de logement du Carré Lumière s'installe sur une feuille blanche, à la suite de la démolition d'un grand ensemble, réalisée pour repartir sur de nouvelles bases. À travers ce projet, les architectes tentent de répondre à cinq questionnements présents régulièrement dans la conception d'un projet de cet ampleur : favoriser la densité, augmenter l'accessibilité à un logement pour les personnes ayant peu de moyens, réinventer des manières d'habiter, gérer les coûts de construction et intégrer une réflexion écologique.

Le Carré Lumière se veut être la réponse des concepteurs à ces cinq défis. Le projet est constitué d'une enveloppe capable, dont la densité habitée peut évoluer. En effet, chaque logement possède un jardin d'hiver privé, qui peut accueillir une pièce supplémentaire en fonction de l'évolution de la famille qui y habite. Chaque appartement dispose également de quatre façades, qui permettent d'offrir les qualités d'une maison individuelle sans les contraintes qui pèsent sur le plan environnemental et écologique.

Le projet n'est jamais vraiment fini. Les familles qui aménagent leur logement en fonction de leur besoin se répercute sur la façade, qui est en constante évolution.

Prévu exclusivement pour du logement, le projet intègre tout de même une notion d'évolutivité des espaces prenant place dans le bâtiment. Cette évolutivité du plan se retrouve dans l'élévation de la façade.²⁸



28. LAN
lan-paris.com

De gauche à droite
De haut en bas

Figure 22 : Vue d'ensemble
du projet
lan-paris.com

Figure 23 : Axonométrie
des modules de façade
lan-paris.com

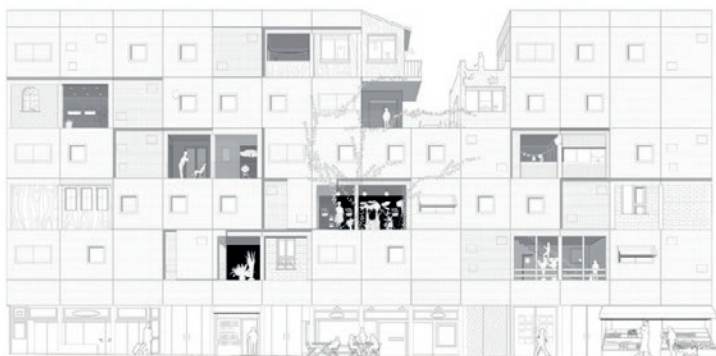
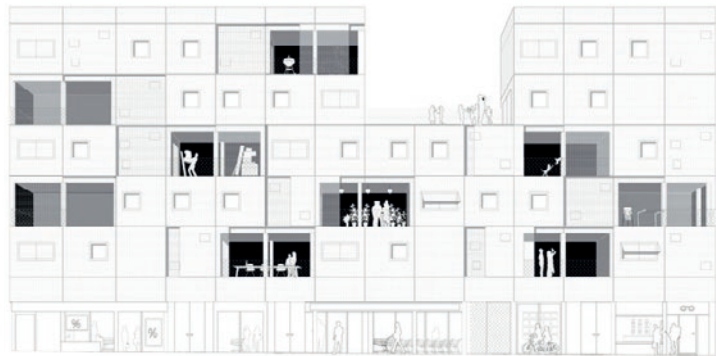
Figure 24 : Vue d'un espace
intérieur vers un extérieur
lan-paris.com

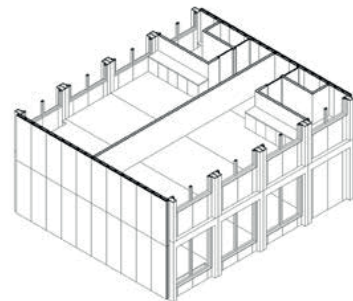
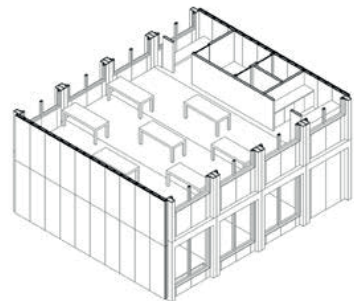
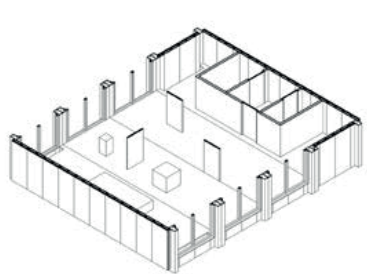
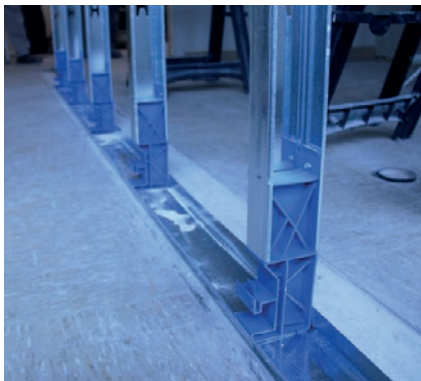
Figure 25 : Maquette de
recherche
lan-paris.com

Figure 26 : Dessins des
modules de façade
lan-paris.com

Figure 27 : Elévation de la
façade en 2015
lan-paris.com

Figure 28 : Elévation de la
façade en 2030
lan-paris.com





Circular Retrofit Lab - Kaderstudio

Architectes

Kaderstudio

Localisation

Bruxelles, Belgique

Années de construction

2016 - 2019

Type de construction

Rénovation

Scénarios d'utilisation envisagés

Bureaux

Logements étudiants

Espace d'exposition

Principes utilisés

Modularité

Démontabilité

Le Circular Retrofit Lab (CRL) est un autre des six projets pilotes menés par BAMB. Il consiste en la rénovation de modules installés à l'origine de manière temporaire sur le campus de la VUB. Ces modules ont été conçus dans les années 70 par l'architecte Willy Van Der Meeren pour répondre à la demande croissante de logements pour les étudiants de l'université.

Cette dernière envisageait de les démolir car ils ne répondaient plus aux normes en matière d'isolation et de ventilation, mais la rénovation a été l'option choisie afin d'éviter qu'ils ne deviennent des déchets.

Kaderstudio, accompagné de BAMB, a alors étudié les capacités de transformation du bâtiment existant pour aboutir à une solution qui augmenterait la flexibilité et l'adaptabilité du plan, et qui permettrait de s'adapter à différentes fonctions en générant le minimum de déchets. En d'autres termes, ils ont tenté de rendre ces modules réversibles.

Cette réversibilité est à la fois spatiale, en se basant sur la trame des modules qui existent déjà, mais aussi technique. L'enveloppe extérieure du bâtiment a été étudiée pour dégrader au minimum la structure en béton des modules, en respectant le dessin original de la façade, et en répondant aux normes actuelles. Après avoir démonté la façade existante, les équipes ont installé une nouvelle façade composée de modules préfabriqués fixés à l'aide d'éléments de connexion à la structure.

Plusieurs expériences à taille réelle ont été menées à l'intérieur du CRL afin de tester différentes solutions de cloisons réversibles, afin de vérifier leur adaptabilité ou leur démontabilité en fonction du scénario envisagé.²⁹

29. BAMB
bamb2020.eu

De gauche à droite
De haut en bas

Figure 29 : Le CRL pendant l'intervention
kaderstudio.eu

Figure 30 : Le CRL après l'intervention
kaderstudio.eu

Figure 31 : Essai des différents cloisons
bamb2020.eu

Figure 32 : Le CRL avant l'intervention
bamb2020.eu

Figure 33 : Mise en place des plinthes techniques
bamb2020.eu

Figure 34 : Installation des cloisons avec gaines
bamb2020.eu

Figure 35 : Mise en place des cloisons démontables
bamb2020.eu

Figure 36 : Les différents scénarios envisagés
bamb2020.eu



Hôpital Bracops - Archipelago

Architectes
 Archipelago
 NU architectuuratelier

Localisation
 Anderlecht, Belgique

Années de construction
 2018 - Actuel

Type de construction
 Nouveau

Scénarios d'utilisation envisagés
 Hôpital
 Maison de repos et de soins
 Résidence étudiante
 Logements

Principes utilisés
 Trame
 Modularité

Le projet de rénovation et d'extension de l'hôpital Joseph Bracops s'inscrit dans le projet plus large de masterplan pour l'ensemble du site afin de créer des espaces de jardin accessibles au public autour du complexe hospitalier.

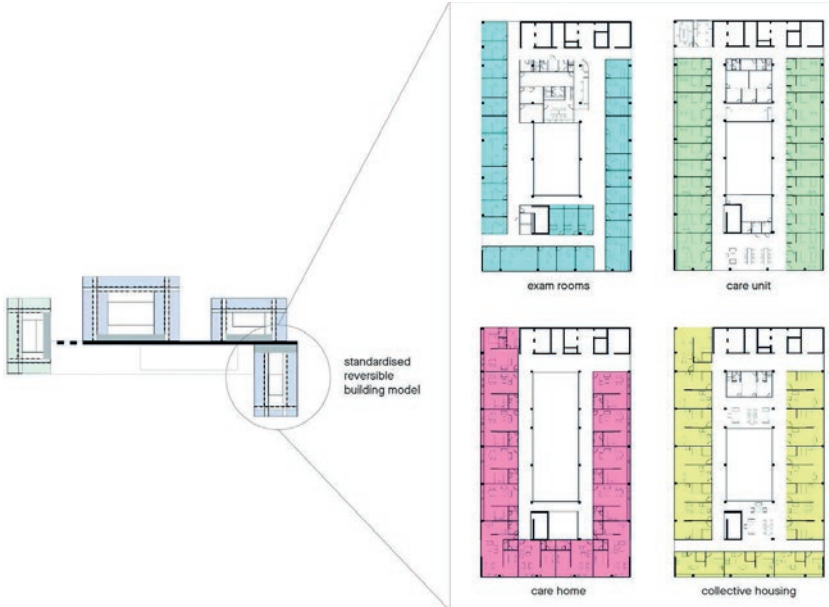
Le projet a été intégralement conçu en suivant les principes de la conception circulaire en utilisant des matériaux locaux et durables, en créant un bâtiment zéro-énergie, et qui est réversible, en adoptant un plan adaptable en fonction de différents scénarios comme un hôpital, mais aussi une maison de repos et de soin, une résidence étudiante ou encore des logements. L'assemblage et le désassemblage du bâtiment a également été pensé afin de limiter les déchets lors de la déconstruction ou des modifications du scénario d'utilisation.

La polyclinique, qui occupe une aile de l'hôpital, est celle où les architectes ont souhaité mettre l'accent sur la réversibilité, à la fois technique et spatiale.

La structure du bâtiment est constituée d'un système poteaux-dalles, et laissant en son centre un patio, qui permet d'installer une construction plus large tout en bénéficiant d'une lumière naturelle généreuse partout dans les espaces.

La distribution des techniques ainsi que les circulations verticales ont été pensées et positionnées pour qu'elles puissent répondre à un maximum de scénarios en plus de ceux déjà envisagés.

Enfin, les différentes couches fonctionnelles ont également été ordonnées en fonction de leur durée de vie. L'objectif étant que lors des modifications et de la déconstruction, le minimum de déchets soit produit, et que les travaux soient facilités.³⁰



30. Bruxelles
 Environnement
 environnement.brussels

De gauche à droite
 De haut en bas

Figure 37 : Vue d'ensemble
 du projet
 archipelago.be

Figure 38 : Coupe
 perspective dans le patio
 environnement.brussels

Figure 39 : Les différents
 scénarios envisagés
 environnement.brussels

Figure 40 : Trémies
 techniques dans la dalle
 environnement.brussels

Figure 41 : Construction
 de la dalle champignon
 environnement.brussels

Figure 42 : Module de
 façade avec techniques
 intégrées
 environnement.brussels



Îlot B2 - Clément Vergély



Architectes

Clément Vergély

Localisation

Lyon, France

Années de construction

2015 - 2021

Type de construction

Nouveau

Scénarios d'utilisation envisagés

Bureaux

Logements

Principes utilisés

Trame

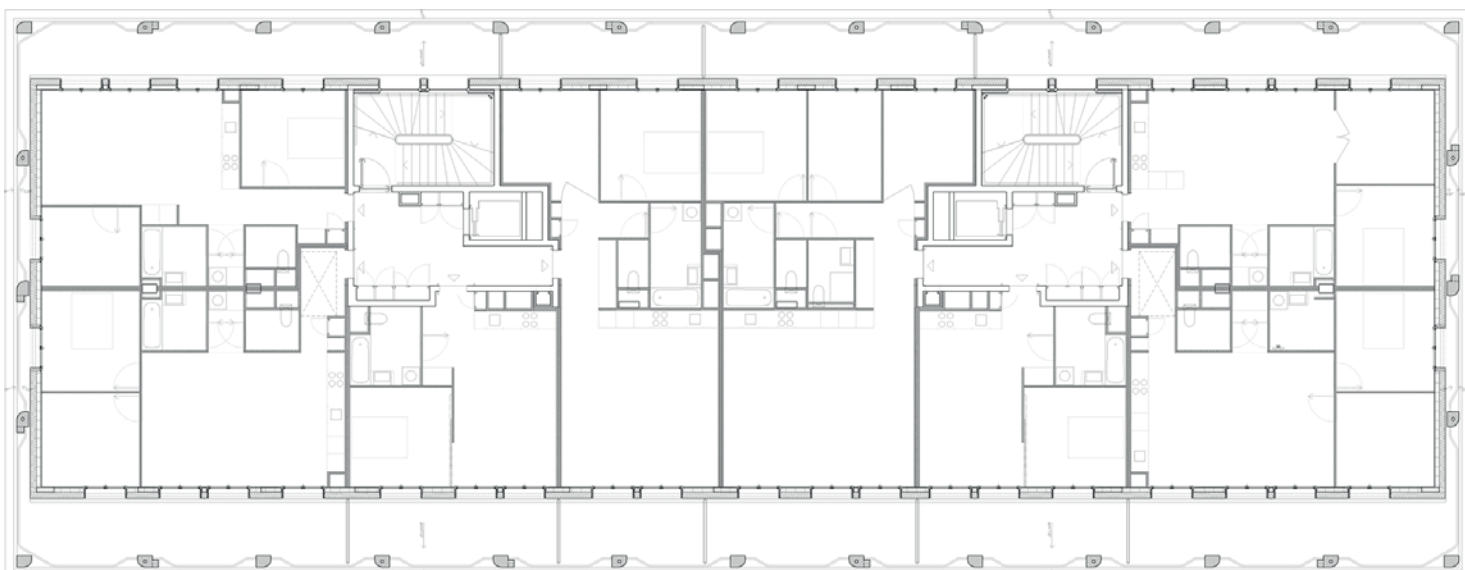
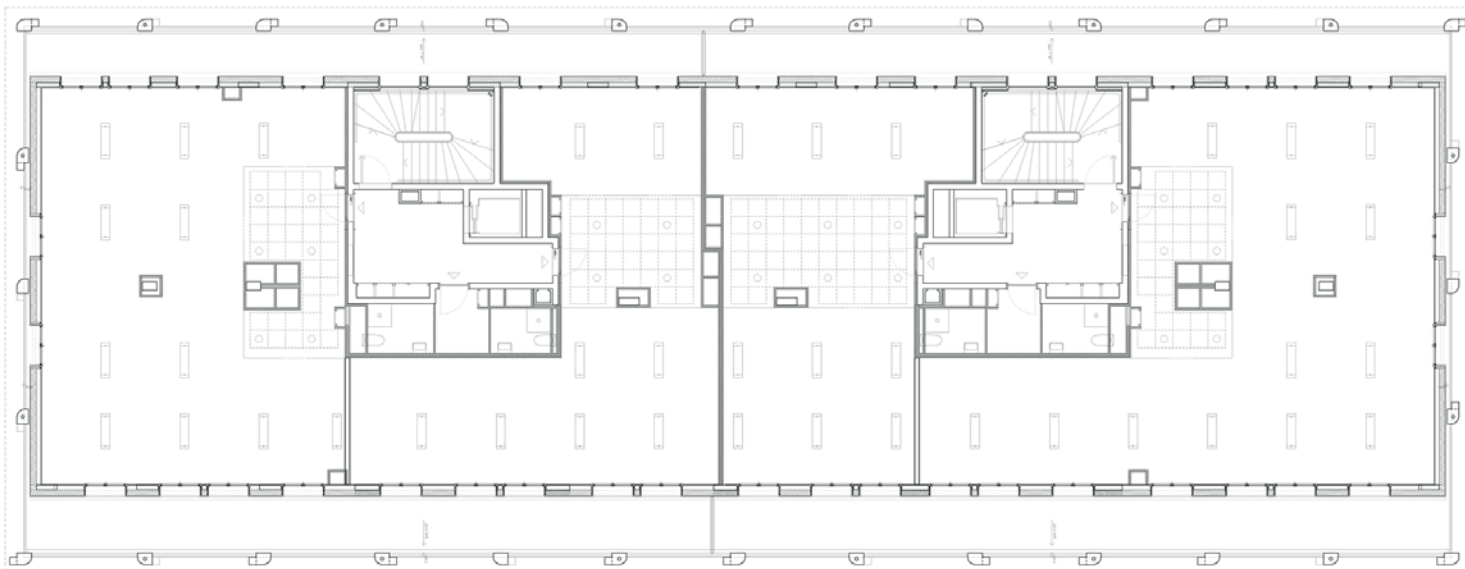
Le projet de l'îlot B2 prend place dans le plan de conception imaginé par Herzog & de Meuron pour la partie sud du projet de Lyon Confluence. Juste à côté de l'Orangerie, un bâtiment de bureaux en R+2 dont les façades porteuses sont en terre crue.

Un autre bâtiment de cet îlot adopte quant à lui une conception qui lui permet d'accueillir différentes fonctions en son sein. En R+8, il peut accueillir à la fois des espaces de bureaux mais aussi des logements.

La façade s'organise en deux plans. Le premier est composé de colonnes, hautes de deux étages, et qui adoptent une forme plastique destinée à créer un effet dynamique visible de loin. Au second plan, les murs séparant l'intérieur de l'extérieur sont accompagnés de leur balcon et créent un périmètre dans lequel les fonctions vont pouvoir s'installer librement. Les circulations verticales ainsi que les techniques sont regroupées en deux noyaux qui facilitent la réversibilité spatiale du projet.

L'aspect extérieur ne se voit pas modifié lors d'un changement d'usage. Seul le partitionnement intérieur de l'étage dont le scénario d'occupation change est adapté au nouveau scénario. Les noyaux de circulation et de techniques ne varient pas non plus en fonction de l'usage. Ils sont pensés pour répondre à un maximum de scénarios.

L'ensemble de ces réflexions donnent une forte capacité au bâtiment d'être réversible spatialement. D'un autre côté, la démonstration d'une réversibilité technique et la réflexion sur la facilité de changement d'usage en limitant la génération de déchets n'est pas forcément démontrée. Néanmoins, la démonstration en plan des deux scénarios envisagés est plutôt convaincante.³¹



31. Clément Vergély
Architectes
vergelyarchitectes.com

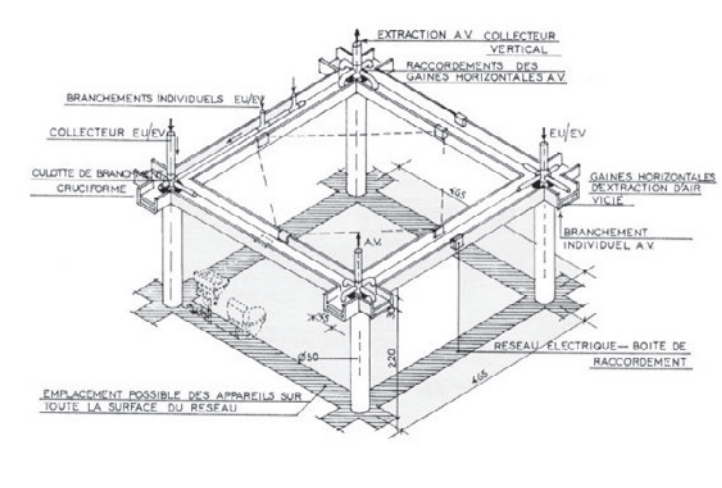
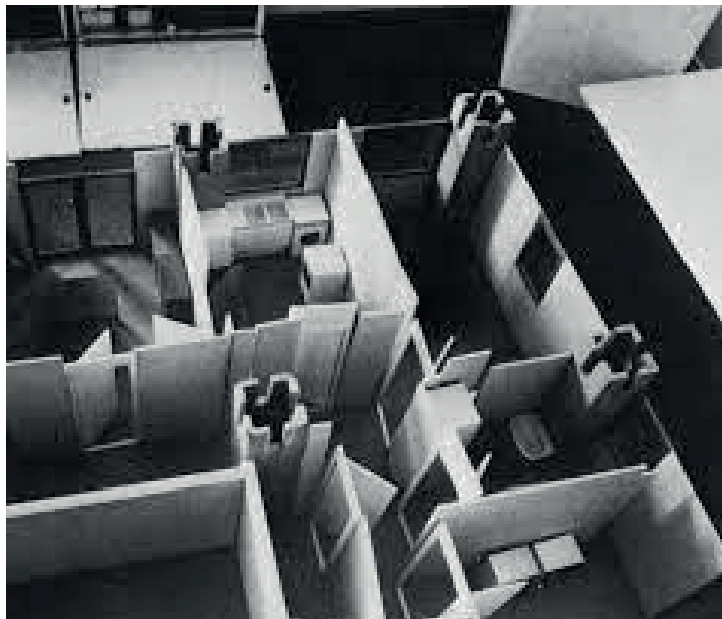
De gauche à droite
De haut en bas

Figure 43 : Vue du projet
depuis l'espace public
vergelyarchitectes.com

Figure 44 : Vue du projet
depuis l'intérieur d'îlot
vergelyarchitectes.com

Figure 45 : Plan aménagé
pour des bureaux
vergelyarchitectes.com

Figure 46 : Plan aménagé
pour du logement
vergelyarchitectes.com



Les Marelles - Georges Maurios

Architectes
Georges Maurios

Localisation
Boussy-Saint-Antoine

Années de construction
1971 - 1975

Type de construction
Nouveau

Scénarios d'utilisation envisagés
Logements

Principes utilisés
Trame
Structure technique

Les Marelles, un bâtiment de logement collectif imaginé par Georges Maurios dans les années 70, a une volonté d'offrir à ses habitants un habitat évolutif capable de s'adapter aux différents besoins des familles qui y habitent. Ainsi, les terrasses, à l'origine extérieures, peuvent devenir un espace intérieur qui accueille deux chambres.

Lors de la phase de conception, une maquette à l'échelle 1/10 a également été réalisée pour permettre aux futurs acquéreurs d'imaginer leur logement idéal.

Cette flexibilité spatiale a été rendue possible grâce à plusieurs choses. D'abord, la structure est installée selon un trame de 4,65m par 4,65m. Cette trame accueille tantôt un escalier qui dessert les logements, tantôt un espace intérieur du logement, et tantôt une terrasse. Ensuite, la structure, composée de poteaux et de poutres en béton armé installée sur une trame n'a pas qu'une fonction porteuse, mais elle a également une fonction technique. En effet, les poteaux et les poutres qui composent la structure sont creux pour permettre de laisser passer les différentes gaines techniques.

De cette manière, les espaces sanitaires et de cuisine peuvent être positionnés partout dans l'espace, tant que les canalisations peuvent arriver dans les poutres en U pour rejoindre les descentes verticales qui se trouvent dans les colonnes.

Bien que ce procédé soit innovant, il pose tout de même la question de l'accessibilité des techniques étant donné qu'elles sont confondues avec la structure. De plus, depuis sa construction, le bâtiment n'a pas évolué, et les habitants ont préféré garder leur terrasses plutôt que d'en faire des chambres.³²

32. Perianez, M. (2013). L'habitat évolutif : du mythe aux réalités.

De gauche à droite
De haut en bas

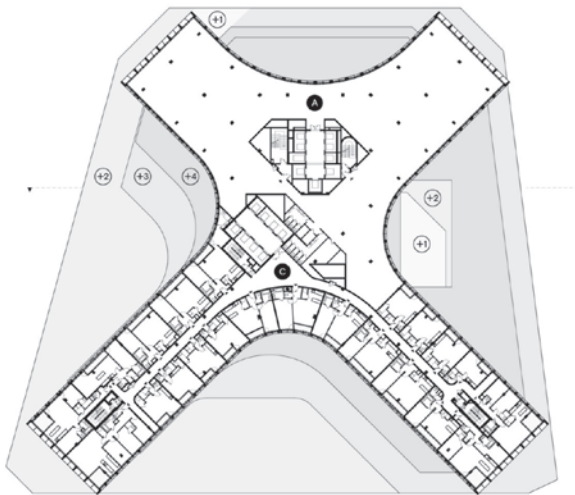
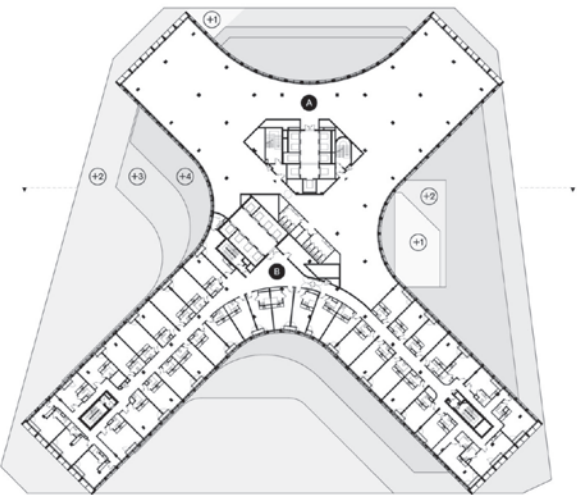
Figure 47 : Plan aménagé par les futurs habitants Perianez M., L'habitat évolutif : du mythe aux réalités, 2013

Figure 48 : Principe de la structure creuse Perianez M., L'habitat évolutif : du mythe aux réalités, 2013

Figure 49 : Vue du projet Perianez M., L'habitat évolutif : du mythe aux réalités, 2013

Figure 50 : Recherche en maquette par les habitants Archives Maurios

Figure 51 : Photo de la maquette d'un logement Archives Maurios



33. DDS +
dds.plus

34. OXY Brussels
oxybrussels.eu

De gauche à droite
De haut en bas

Figure 52 : OXY avant la
rénovation
dds.plus

Figure 53 : OXY après la
rénovation
dds.plus

Figure 54 : Déconstruction
de la façade
dds.plus

Figure 55 : Plans aménagés
en différentes fonctions
dds.plus

Architectes

DDS+
Snøhetta
Binst Architects
ADE

Localisation

Bruxelles, Belgique

Années de construction

2023 - Actuel

Type de construction

Rénovation lourde avec changement
d'usage

Scénarios d'utilisation envisagés

Bureaux
Logements
Hôtel
Commerces

Principe utilisé

Trame

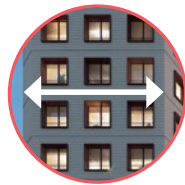
Le projet consiste en la rénovation du Centre Monnaie, immeuble monofonctionnel, qui accueillait du bureau construit entre 1968 et 1971. L'objectif est d'y intégrer plus de fonctions, comme un hôtel, des logements et des commerces. Le socle a déjà été rénové il y a quelques années, et c'est maintenant au tour de la partie supérieure de subir sa transformation.

La structure en béton armé, installée selon une trame d'environ 7,5m par 7,5m ainsi que les circulations verticales sont conservées. La façade rideau, obsolète, est démontée pour être remplacée par une nouvelle qui réponde aux normes actuelles, et qui adopte un style plus contemporain. Ensuite, les fonctions s'installent dans les espaces intérieurs, partageant à chaque fois les plateaux sur lesquels elles sont avec des espaces de bureaux.

Le projet adopte une véritable réflexion sur les aspects de la circularité des étapes de rénovation et de la durabilité de la nouvelle construction. Les éléments issus de la déconstruction sont soit réutilisés directement pour le réemploi sur le site, et ce qui ne peut l'être pourra l'être sur d'autres chantiers. Les déchets issus de la démolition de certains éléments seront quant à eux recyclés.

Pour augmenter la durée de vie du bâtiment, les aménagements intérieurs ont été pensés pour être capable d'accueillir différentes organisations spatiales.

Le Centre Monnaie est un bon exemple, que malgré que le bâtiment arrivait en quelque sorte au terme de son cycle de vie, il est possible de le prolonger à l'aide d'une rénovation qui conservex néanmoins une partie du déjà-là, comme la structure en béton armé où les gaines et circulations verticales.^{33,34}



1 Épaisseur du bâtiment :
10,5 mètres traversants



2 Hauteur d'étages :
2,70 mètres



3 Pontons et decks
extérieurs



4 Structure
poteaux-dalles



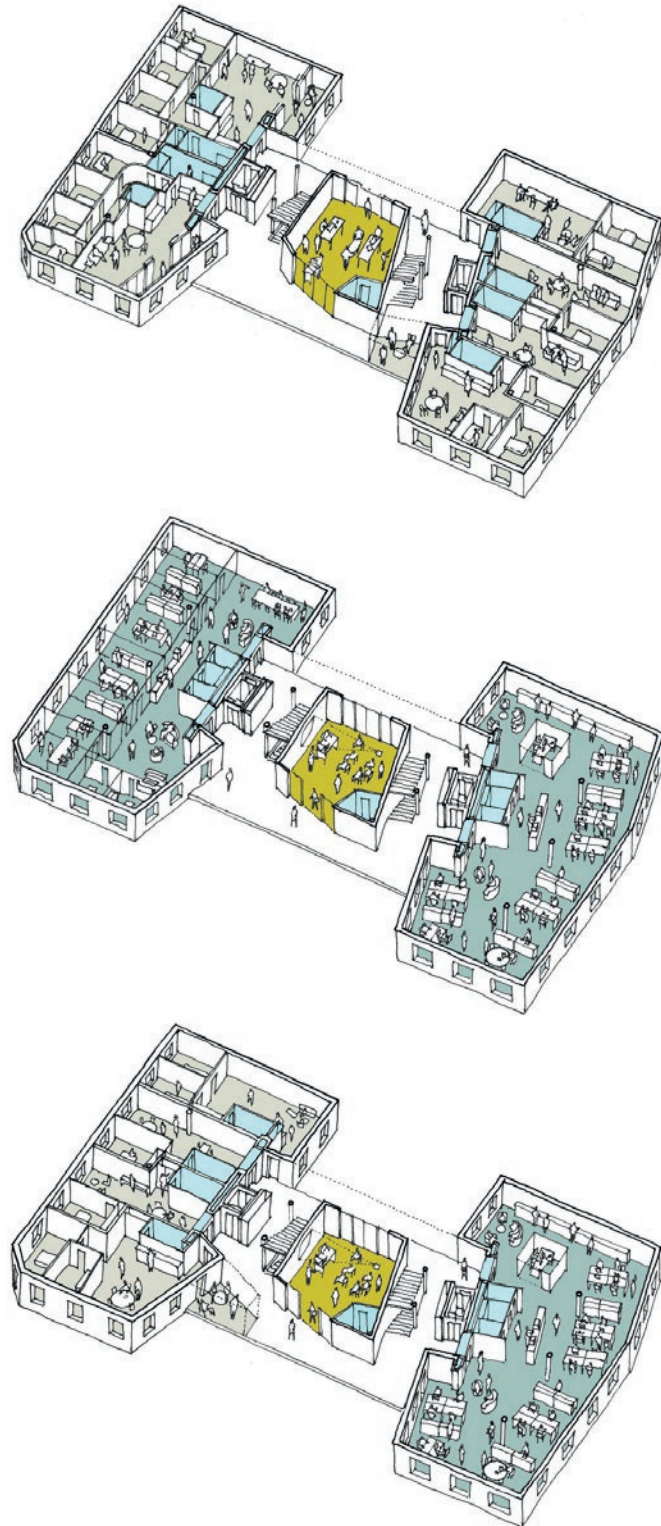
5 Réseaux :
exploitables
depuis extérieur



6 20 % des composants
à modifier



7 Rez-de-chaussée
actif et toit habité



Tébéo - Canal Architecture

Architectes

Canal Architecture

Localisation

Bordeaux, France

Années de construction

2021 - Actuel

Type de construction

Nouveau

Scénarios d'utilisation envisagés

Bureaux

Logements

Principe utilisé

Espace capable

Réversibilité spatiale

L'immeuble Tébéo est l'application directe des sept principes favorables à la réversibilité énoncés par Canal Architecture. Ces critères, quelque peu adaptés pour répondre aux diverses exigences dictées par le site et le programme forment, selon Canal, la garantie que la construction puisse s'adapter facilement à diverses occupations.

Le bâtiment accueille aux deux premiers niveaux une crèche, au-dessus de laquelle se trouve 2 plateaux montant jusqu'en R+10 pour le premier, et en R+8 pour le deuxième. Ces plateaux sont reliés entre eux par un deck extérieur, qui sert de circulation horizontale à partir de la circulation verticale, qui donne accès aux différentes gaines techniques qui desservent les plateaux, et permet d'y installer sur quatre niveaux ce que l'atelier appelle des fabriques, qui sont des espaces d'appoint qui sont destinés à des fonctions qui s'installeraient de manière temporaire.

Les plateaux sont pensés pour accueillir à la fois du logement, mais aussi des bureaux, en minimisant les travaux nécessaires pour effectuer le changement. Les gaines techniques sont accessibles depuis les decks et sont placées de manière à pouvoir desservir des logements et des bureaux. Les façades sont également pensées pour limiter les modifications nécessaires lors des changements d'usage, et les dimensions, comme la largeur des plateaux et la hauteur d'étage, respectivement 10,5m et 2,7m permettent de répondre aux exigences des deux scénarios d'occupation envisagés.

Enfin, la structure poteaux-dalles en béton armé permet quant à elle de répondre aux charges imposées par les différents usages des espaces qu'elle supporte.³⁵

35. Canal Architecture
canal-architecture.com

De gauche à droite
De haut en bas

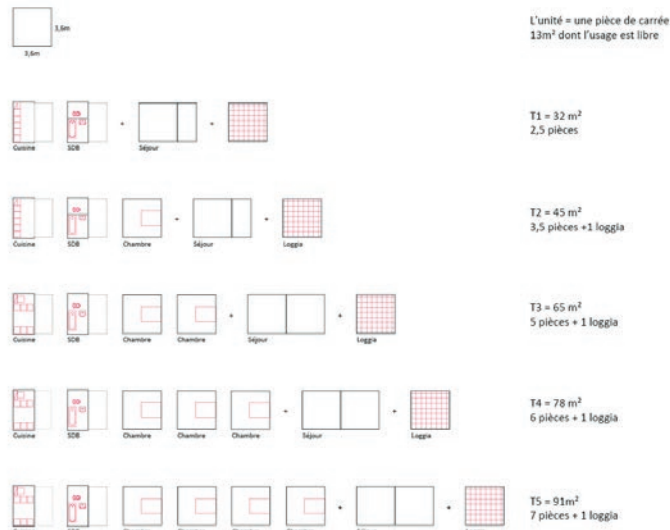
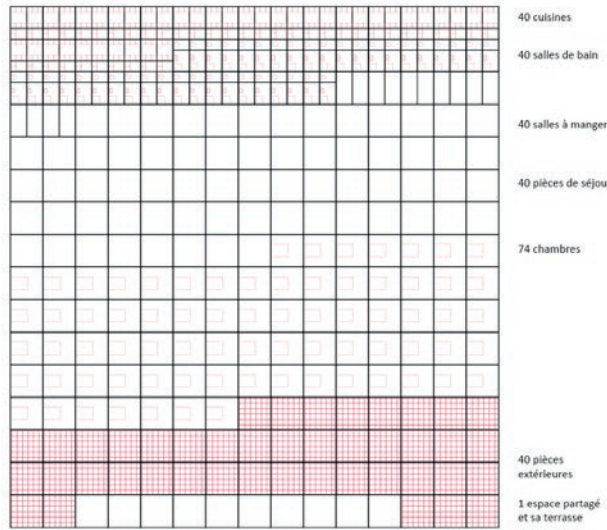
Figure 56 : Vue projetée de
l'immeuble
canal-architecture.com

Figure 57 : Les 7 principes
appliqués au projet
canal-architecture.com

Figure 58 : Etage aménagé
en logements
canal-architecture.com

Figure 59 : Etage aménagé
en bureaux
canal-architecture.com

Figure 60 : Etage partagé
entre bureaux et logements
canal-architecture.com



Double-séjour et loggia



5 séjours isolés



Un espace ouvert



Déploiement du séjour dans la chambre parentale



Déploiement du séjour dans la chambre des enfants



Deux séjours isolés

Unités - Sophie Delhay

Architectes

Sophie Delhay

Localisation

Dijon, France

Année de construction

2018

Type de construction

Nouveau

Scénarios d'utilisation envisagés

Logements

Principes utilisés

Trame

Modularité

Ce projet de logement social à Dijon cherche à aller à l'encontre des stéréotypes et des préconceptions couramment rencontrées dans les projets de ce type.

Sophie Delhay imagine un système de trame à laquelle s'adaptent tous les espaces des logements, la trame de 3,6m par 3,6m dicte ainsi les dimensions des chambres, du salon et des autres espaces de vie, qui ont dès lors tous la même taille. Seuls les cuisines et les salles de bain s'inscrivent dans une demi-trame. Grâce à la conception des pièces selon une seule dimension, les logements sont pensés afin que les habitants qui les occupent puissent adapter leur lieu de vie à leurs besoins. Ces besoins peuvent évoluer à la fois dans le courant de la journée, avec une connexion possible entre les chambres et les espaces de séjour, ou bien avec un coin salon. Mais les besoins peuvent évoluer au cours du temps, et un salon pourrait devoir se transformer en une chambre, ce qui est rendu possible grâce aux dimensions des pièces. Les connexions entre les pièces sont également surdimensionnées pour augmenter la transversalité des logements, ce qui offre la possibilité d'aligner trois fois la trame de 3,6m en s'assurant que la pièce au centre du bâtiment, bien qu'elle ne soit pas directement connectée à l'extérieur, bénéficie tout de même d'un apport de lumière naturelle.

Grâce à son évolutivité, le bâtiment initialement conçu pour accueillir 240 chambres, pourrait être complètement réaménagé pour augmenter ou diminuer ce nombre.

La vie en commun est également au cœur du projet, avec l'installation de plusieurs espaces communs, conçus comme des annexes aux logements.³⁶

36.Sophie Delhay
Architecte
sophie-delhay-architecte.fr

De gauche à droite
De haut en bas

Figure 61 : Vue du projet
construit
sophie-delhay-architecte.fr

Figure 62 : Plan aménagé
du R+2
sophie-delhay-architecte.fr

Figure 63 : Conversion du
programme en pièces
sophie-delhay-architecte.fr

Figure 64 : Exemples
d'aménagement de cellules
sophie-delhay-architecte.fr

4.5 Une grille d’analyse

À la suite de l’analyse des différents concepts théoriques et des projet de référence, il apparaît que certaines des idées développées se rapprochent les unes des autres, d’autres se complètent. Celles-ci peuvent être considérées comme des critères qui permettent de favoriser la réversibilité des constructions. À l’image de ce que fait Canal Architecture, il est possible de faire une liste de ces différents critères qui peuvent servir à avoir un aperçu de ce qui permet à une construction d’être réversible.

Dans ma proposition de grille d’analyse, il me semblait important de conserver la distinction entre les réversibilités spatiale et technique telles que proposées par le Dr. Durmisevic. Cette séparation permet de classer les critères dans deux grandes familles : ceux qui concernent la disposition spatiale des différents éléments, et ceux qui concernent la mise en œuvre technique de ces éléments.

La réversibilité spatiale se concentre sur les scénarios d’utilisation envisagés, ainsi que les dispositifs spatiaux mis en place pour favoriser l’existence de ces scénarios dans le bâtiment. Les dimensions et les éléments fixes, inspirés du concept de Leupen, ne doivent pas non plus entraver le développement des scénarios au sein de la construction.

La réversibilité technique se concentre quant à elle, comme son nom l’indique, sur les aspects techniques de la construction. Il est possible de regrouper l’ensemble des critères en deux aspects qui sont importants à prendre en compte pour garantir une modification aisée de la construction et qui ne nécessiteront pas de travaux de rénovation lourds. Il faut tout d’abord

garantir l’indépendance des différentes couches. De cette manière, une couche qui aurait une durée de vie plus courte peut être démontée sans endommager une autre couche qui aurait une durée de vie plus longue. Il faut ensuite réfléchir à l’ordre d’assemblage et de désassemblage des éléments afin d’ici encore limiter les dégâts lors des entretiens et du démontage.

L’indépendance fonctionnelle se concentre sur le rapport entre les différentes couches, alors que l’assemblage et le désassemblage se concentrent sur la capacité d’une couche et de ses éléments constitutifs ou composants à être démontée sans qu’elle ne soit endommagée, pour qu’elle puisse être réutilisée en nécessitant le moins de réparations ou de transformations possible.

Les critères sélectionnés pour qualifier la réversibilité spatiale des projets étudiés sont les suivants :

- Les différents scénarios d’utilisation envisagés pour le projet sont listés pour se rendre compte de l’étendue des possibilités au sein du projet ;
- Les dimensions générales, telles que la profondeur du bâtiment et la hauteur des étages doivent permettre d’accueillir les différents scénarios envisagés ;
- En suivant les principes de BAMB, les éléments fixes, le permanent de Leupen, doivent être regroupés autant que possible sur une trame. Les trois couches que BAMB considère comme les plus fréquemment fixes sont ici étudiées ; la structure, les espaces techniques et les circulations ;
- Enfin, les éléments fixes doivent être capables de s’adapter à un changement d’usage du bâtiment pour pouvoir répondre aux

Tableau 1 : Critères réversibles
Réalisé par l’auteur

scénarios envisagés. Ici encore, trois couches du bâtiment sont étudiées, la structure, les espaces techniques et les circulations.

Les critères sélectionnés pour qualifier la réversibilité technique des projets étudiés sont les suivants :

- Les différentes couches fonctionnelles, c’est-à-dire la structure, la peau, l’aménagement intérieur, les techniques et les circulations (dans la version anglaise de Frame and Generic Space : Structure, Skin, Scenery, Services and Access), doivent être indépendantes pour que leur entretien et leur modification soient garantis sans endommager une autre couche fonctionnelle qui aurait une durée de vie plus longue. Dans le cadre de cette analyse, la structure n’est pas prise en compte car la structure porte toutes les autres couches, qui sont donc forcément dépendantes de la structure.
- L’ordre et les techniques d’assemblage des éléments au sein d’une même couche fonctionnelle doivent être pensés pour que lors de l’entretien ou du démontage, ces éléments restent intacts afin qu’ils puissent être réutilisés tels quels, en ne nécessitant pas d’étapes de transformation intermédiaires. Les couches fonctionnelles étudiées ici sont la structure, la peau, l’aménagement intérieur, les techniques et les circulations.

L’ensemble des critères retenus des références exposées en chapitre 5.1, 5.2 et 5.3 pour l’analyse sont représentés dans le tableau ci-contre. Chaque projet précédemment présenté sera scanné au regard des critères du tableau afin d’identifier les potentielles récurrences d’application et caractériser l’approche de réversibilité proposée dans ces projets.

Critères		Projets	
		Années de construction	
		Type de travaux	
	Réversibilité spatiale	Différents scénarios d'utilisation sont envisagés	
		Les dimensions sont compatibles avec les différents scénarios envisagés	
		Les éléments fixes sont regroupés sur les bases d'une trame	Structure
			Techniques
			Circulations
		Les éléments fixes sont capables de s'adapter à un changement d'usage du bâtiment	Structure
			Techniques
			Circulations
	Réversibilité technique	L'indépendance fonctionnelle est assurée	Peau
			Aménagement intérieur
			Techniques
			Circulations
		La construction anticipe la déconstruction et permet un désassemblage des éléments	Structure
			Peau
			Aménagement intérieur
			Techniques
			Circulations

Analyses de références - Tableau

		Projets	Black Swans Anne Démians	B.R.I.C. Karbon'	Carré Lumière LAN	Circular Retrofit Lab Kaderstudio
		Années de construction	2013 - 2019	2018 - 2019	2015	2018-2019
		Type de construction	Nouveau	Nouveau	Nouveau	Rénovation
Critères	Réversibilité spatiale	Différents scénarios d'utilisation sont envisagés	Logements, Commerces, Hôtel, Résidence étudiante, Résidence Services	Bureaux, Commerces	Logements	Bureaux, Logements
		Les dimensions sont compatibles avec les différents scénarios envisagés	✓	✓	✓	✓
		Les éléments fixes sont regroupés sur les bases d'une trame	Structure	✓	✓	✓
			Techniques	✓	✗	✓
			Circulations	✓	✗	✗
		Les éléments fixes sont capables de s'adapter à un changement d'usage du bâtiment	Structure	✓	✓	✓
			Techniques	✓	✗	✓
			Circulations	✓	✓	✓
	Réversibilité technique	L'indépendance fonctionnelle est assurée	Peau	✓	✓	✓
			Aménagement intérieur	✓	✗	✓
			Techniques	✗	✓	?
			Circulations	✗	✓	✓
		La construction anticipe la déconstruction et permet un désassemblage des éléments	Structure	✗	✓	✓
			Peau	?	✓	✓
			Aménagement intérieur	?	✗	✓
			Techniques	✗	✓	?
			Circulations	✗	✓	✗

Hôpital Bracops Archipelago	Ilôt B2 Clément Vergély	Les Marelles Georges Maurios	OXY	Tébio Canal Architecture	Unités Sophie Delhay
2018 - Actuel	2015 - 2021	1971 - 1975	2023 - Actuel	2021 - Actuel	2018
Nouveau	Nouveau	Nouveau	Rénovation	Nouveau	Nouveau
Hôpital, Maison de repos et de soins, Résidence étudiante, Logements	Bureaux, Logements	Logements	Bureaux, Logements, Hôtel, Commerces	Bureaux, Logements	Logements
✓	✓	✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓	✓	✓
✓	✗	✓	✗	✗	✗
✓	✗	✓	✗	✗	✓
✓	✓	✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓	✓	✗
✓	✓	✓	✓	✓	✗
✓	✗	✓	✓	✓	✗
✓	✓	✓	✓	✓	✗
✓	✗	✗	✗	✓	✗
✗	✗	✓	✗	✓	✗
✗	✗	✗	✗	✗	✗
✓	✗	✗	✓	✗	✗
✓	✗	✗	?	✗	✗
✓	✗	✗	✗	✗	✗
✗	✗	✗	✗	✗	✗

4.6 Conclusion

À la suite de cette analyse, on peut remarquer que les projets étudiés sont plus souvent réversibles spatialement. La réversibilité technique est moins souvent appliquée dans ces projets.

En ce qui concerne la réversibilité spatiale, la plupart des critères jugeant la capacité des constructions à s'adapter spatialement à différents scénarios sont respectés. Seul le positionnement des circulations et des espaces techniques (trémies, gaines, locaux) selon une trame n'est pas respecté par tous les projets. Il est tout de même important de noter que ces éléments permettent, pour la plupart, de s'adapter à différents scénarios. Il n'y a que le Carré Lumière et Unités qui ne répondent pas à ce critère, principalement à cause du fait qu'il n'y ait qu'un seul scénario d'usage envisagé. Leur évolutivité se trouvant dans le fait que les logements qu'ils accueillent puissent se transformer ou s'étendre.

Pour la réversibilité technique, seuls trois projets cochent la plupart des critères. B.R.I.C. de Karbon', le Circular Retrofit Lab de Kaderstudio et l'Hôpital Bracops d'Archipelago. Ces trois projets ont en commun d'avoir été accompagnés par BAMB et Bruxelles Environnement lors de leur conception. Et deux projets sur les trois sont des projets pilotes, qui avaient pour objectif d'éprouver les principes mis en évidence lors des recherches. D'autres projets, comme Tébio de Canal Architecture ou les Marelles de Georges Maurios se contentent de prévoir une indépendance entre la plupart des couches fonctionnelles, mais ne prévoient pas que ces couches puissent être démontées ou remplacées

sans qu'elles ne soient endommagées.

Les dix projets présentés précédemment utilisent chacun un ou plusieurs principes qui permettent de les rendre adaptables, modulables, réversibles. Ces principes vont être présentés brièvement et leur impact sur le respect des critères du tableau d'analyse sera évalué. Enfin, dans le chapitre suivant, certains de ces principes seront mis en application dans un projet d'architecture afin d'étudier leur incidence dans un contexte différent de celui auquel ils sont initialement destinés. Leur compatibilité avec les autres principes, ainsi qu'avec le programme et le contexte permettra de définir la pertinence de leur utilisation dans un projet en contexte urbain.

Le projet Black Swans d'Anne Démians utilise une **trame** de 6,66m, elle-même coupée en une trame de 0,74m. Ce module permet aux bâtiments d'accueillir et de s'adapter à différents scénarios d'usage. La position des façades, des gaines techniques, des circulations et de l'aménagement intérieur est conditionnée par cette trame.

Le projet B.R.I.C. de Karbon' utilise quant à lui des **éléments modulaires** qui permettent de monter et de démonter le bâtiment plusieurs fois, et d'en faire plusieurs configurations en fonction de l'occupation. La façade est ainsi constituée de modules préfabriqués en bois qui s'assemblent entre eux, et peuvent être remplis d'une isolation en cellulose soufflée, qui sera aspirée lors du démontage.

Le projet Carré Lumière de LAN met en place des **espaces** privés qui peuvent être **intérieurs ou extérieurs**, en fonction des besoins du logement auquel il appartient. La

façade est en corrélation avec ce principe, et est constituée d'éléments modulaires permettant de facilement la modifier pour passer de la configuration intérieure à celle extérieure et inversement.

Le Circular Retrofit Lab de Kaderstudio utilise une structure modulaire en béton armé déjà existante, qu'ils viennent remplir à l'aide de **panneaux de façade préfabriqués** en installant des connexions réversibles entre les éléments de façade et la structure. Le **cloisonnement intérieur** est également **réversible techniquement**, et est capable d'être démonté pour pouvoir modifier le partitionnement interne, et ainsi répondre aux différents scénarios d'usage.

L'Hôpital Bracops d'Archipelago utilise lui-aussi une trame structurelle qui permet les différentes occupations envisagées. La **peau extérieure**, l'**aménagement intérieur** et les **techniques** sont aussi **modulaires** et sont pensées pour pouvoir être démontables sans endommager les éléments lors des changements d'occupation.

L'Îlot B2 de Clément Vergély utilise également une **trame** et reporte la **structure en périphérie**, afin de disposer d'un plan libre à l'intérieur des espaces pour pouvoir agencer différents aménagements.

Dans les Marelles de Georges Maurios, la structure et les espaces techniques utilisent les mêmes éléments. Les **colonnes** et les **poutres** sont **creuses** afin de laisser passer les différentes gaines techniques, et ainsi aménager plus librement les espaces en diminuant les contraintes.

OXY à Bruxelles se sert d'une structure poteaux-dalles en béton déjà existante et remplace la **façade-rideau** pour

répondre aux nouvelles normes. La **trame** de 7,5m permet d'accueillir les différents scénarios envisagés, tandis que la façade s'installe de manière réversible pour pouvoir, dans le futur, à nouveau changer ou réparer la façade lorsque cela sera nécessaire.

Tébio de Canal Architecture est conçu selon les **sept principes énoncés par Canal**. Les dimensions du bâtiment, la structure, les éléments de façade, l'accès aux techniques et l'utilisation des différents niveaux sont ainsi contrôlés pour s'assurer de la réversibilité de la construction.

Enfin, Unités de Sophie Delhay utilise une **trame** de 3,6m qui permet de dimensionner toutes les pièces des logements, et ainsi permettre de configurer leur lieu de vie en fonction de leurs besoins.

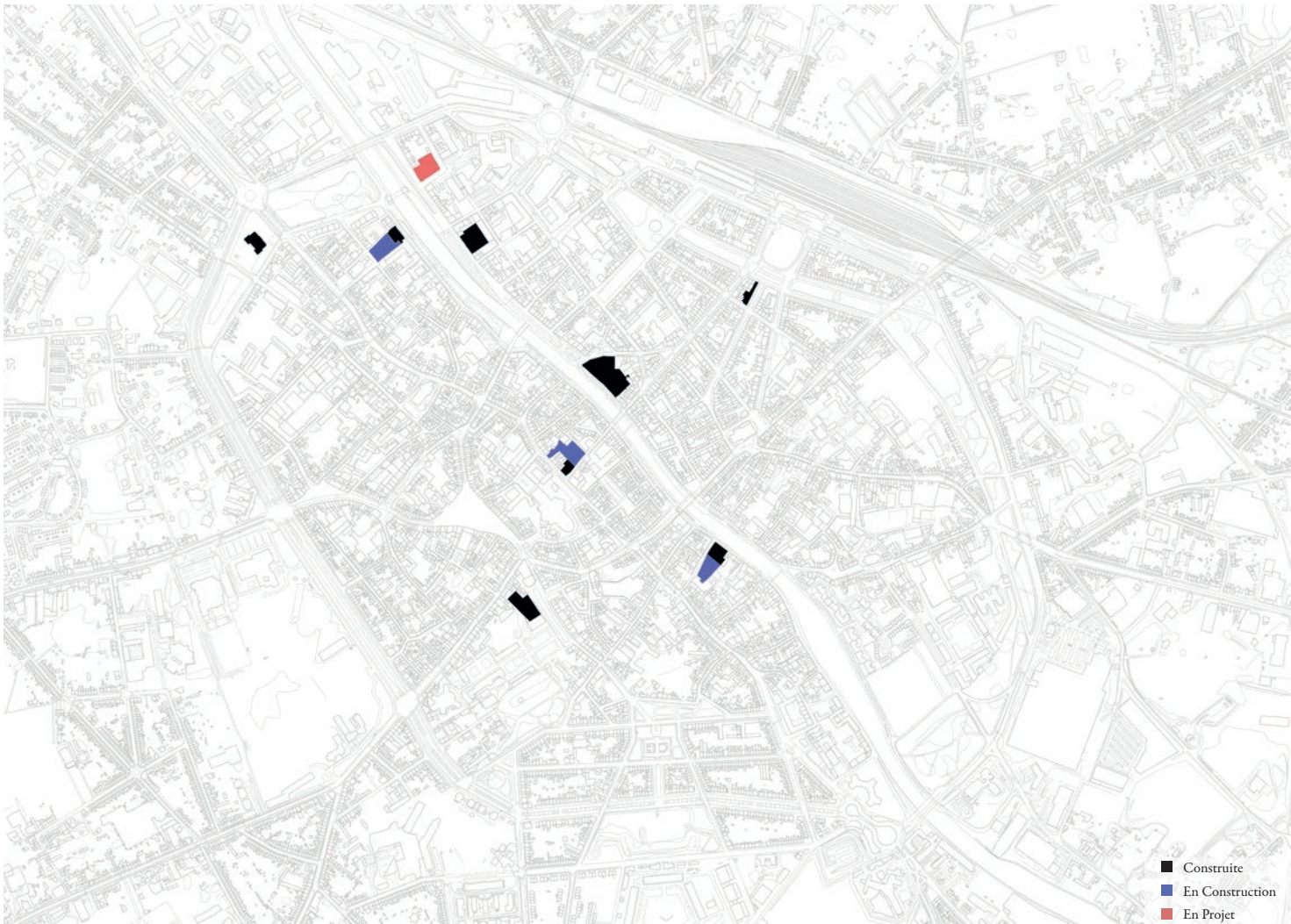


Figure 65 : Tournai en 2024
Réalisé par l'auteur

Figure 66 : Les résidences à Tournai depuis 2015
Réalisé par l'auteur

37. Wikipédia
wikipedia.org

38. Vie Publique
vie-publique.fr

39. Tournai
tournai.be

5.1 Tournai

Tournai est une ville qui se trouve dans la province du Hainaut et qui est traversée du sud au nord par l'Escaut. C'est aussi une commune qui rassemble trente villes et villages, sur une superficie de 213 km2, soit la commune la plus étendue de Belgique. Elle est habitée par environ 70 000 habitants, et ce depuis le début du vingtième siècle.³⁷

La ville s'est étendue au fur et à mesure du temps le long des axes routiers qui partaient du centre-ville, faisant d'elle une ville diffuse, créant une campagne partagée entre les constructions individuelles et les prairies et les champs.

J'ai choisi de travailler à Tournai pour plusieurs raisons. La première est que j'y vis depuis douze ans, j'ai donc eu l'occasion de voir évoluer la ville au fil des années.

5.2 Le centre-ville

Ce qui m'amène à la deuxième raison, qui est que, pour moi, le centre-ville a besoin d'être redynamisé. Cela doit passer par différents acteurs, mais en tant que futur architecte, nous pouvons mettre en place à notre échelle différentes stratégies.

Selon la Vie Publique³⁸, site spécialisé dans les politiques publiques et les questions citoyennes, l'abandon des centres de certaines villes, principalement celles de taille moyenne ou les plus petites sont causées par différents facteurs. Ils mettent en évidence que la dévitalisation des centres des villes petites et moyennes est principalement liée au taux de vacance des commerces, qui est passé de 8 à 12% depuis quelques années. Les commerces de proximité, qui se trouvent habituellement au centre-ville, sont concurrencés par les

centres commerciaux et les sites de commerce en ligne.

Tournai n'échappe pas à ce phénomène. En se promenant dans ses rues, il est facile de constater que de nombreuses cellules commerciales sont vides, alors que les Bastions et le zoning de Froyennes ne cessent de s'agrandir. Pour contrer ce phénomène, les politiques locales ont mis en place différentes mesures pour soutenir les commerces du centre-ville et dans les villages ; entre autres, l'extension ou la création de zonings commerciaux à l'extérieur du centre est refusée par la Ville et le linéaire commercial est resserré, permettant de transformer les cellules vides en d'autres fonctions, et de rassembler les commerces dans un plus petit rayon.³⁹

5.3 Le logement collectif

En parallèle de cette désertification du centre-ville de ses commerces, et malgré la constance démographique, le centre de Tournai se densifie et voit apparaître depuis une dizaine d'années des ensembles de logements collectifs issus de la promotion immobilière, et qui suivent tous le même procédé constructif, qui colle tout à fait à l'économie linéaire citée précédemment. Ces constructions suivent un modèle économique qui vise une rentabilité maximale. Les promoteurs de ces projets construisent le moins cher possible, et revendent au prix fort en engendrant un maximum de bénéfices. Cette recherche de rentabilité guide les procédés de construction de ces immeubles.

D'abord, les constructions présentes sur le site de la future construction sont démolies pour faire table rase. Ces constructions sont de natures différentes, il



Figure 67 : Photo du chantier de la Résidence "Les Terrasses de la Renaissance" Réalisée par l'auteur

Figure 68 : Photo du chantier de la Résidence "Ronda" Réalisée par l'auteur

Figure 69 : Photo du chantier de la Résidence "7° Art" Réalisée par l'auteur

Figure 70 : Photo de la Résidence "Poissonsceaux" Réalisée par l'auteur

peut s’agir de maisons, de bâtiments publics, d’industries, ... Une fois le site vidé de tout ce qui s’y trouvait, une nouvelle construction commence, avec des techniques constructives à chaque fois similaires, et toujours choisie pour leur rentabilité ; la structure est composée de murs et de façades porteuses en béton armé coulé en place et en bloc silico-calcaire ou de béton cellulaire, les planchers sont eux-aussi en béton armé coulé en place, et la finition extérieure est réalisée à l’aide d’un enduit sur l’isolant. Ces constructions sont souvent conçues et réalisées dans une perspective mono-fonctionnelle et abritent du logement. Parfois le rez-de-chaussée accueille des espaces de bureaux ou de commerces.

Ces constructions sont questionnables à plusieurs niveaux. D’abord, aucune des constructions existantes n’est conservée. Tout est démoli pour reconstruire du neuf, à l’impact environnemental considérable. Ensuite, on peut aussi questionner la longévité dans le temps de ces nouvelles constructions. Répondront-elles toujours aux besoins pour lesquelles elles ont été conçues dans dix ou quinze ans ? Elles sont construites pour un besoin présent, sans anticipation des possibles évolutions d’usages et de mixité.

Pour conclure, deux raisons m’ont poussé à travailler sur ce phénomène à Tournai. La première concerne l’absence de considération pour les usages futurs du bâtiment nouvellement construit, dont la construction est envisagée de manière linéaire. La deuxième raison étant le manque de variétés d’usage que ces bâtiments envisagent par rapport aux enjeux des endroits où ils s’implantent. Des alternatives doivent être utilisées pour permettre d’inscrire ce type de

construction dans une forme de circularité. La première serait évidemment de conserver le bâti existant plutôt que de le démolir. Une autre piste est de prévoir dès la conception que la construction va évoluer dans le temps, et que les besoins auxquels elle doit répondre vont évoluer. La réversibilité, et principalement spatiale dans le cadre de ce travail, rend possible les modifications futures, et évite de devoir démolir et reconstruire à chaque fois que les besoins évoluent

5.4 Les Résidences 7° Art et Courrier de l’Escaut

Le choix de travailler sur les résidences 7° Art et du Courrier de l’Escaut, deux résidences construites l’une à côté de l’autre, m’a paru évident pour plusieurs raisons.

Premièrement, elles se trouvent en plein centre-ville, au pied de la cathédrale Notre-Dame de Tournai. Le site sur lequel elles sont construites se trouve au croisement entre les rues qui traversent la ville d’ouest en est, et les rues qui relient la cathédrale à la gare.

Deuxièmement, le site se trouve sur le linéaire commercial, constitué de rues dans lesquelles les différents commerces peuvent s’installer, de manière à les regrouper pour faciliter leur accessibilité. La fonction principale de ces résidences étant le logement, il y a là aussi un enjeu à prévoir la construction afin qu’elles puissent s’adapter à d’autres scénarios d’occupation que celui prévu initialement.

Ces deux raisons m’ont poussé à travailler sur ces deux résidences, dont l’une est déjà construite, et l’autre est actuellement en chantier, et devrait être accessible en fin d’année 2024.

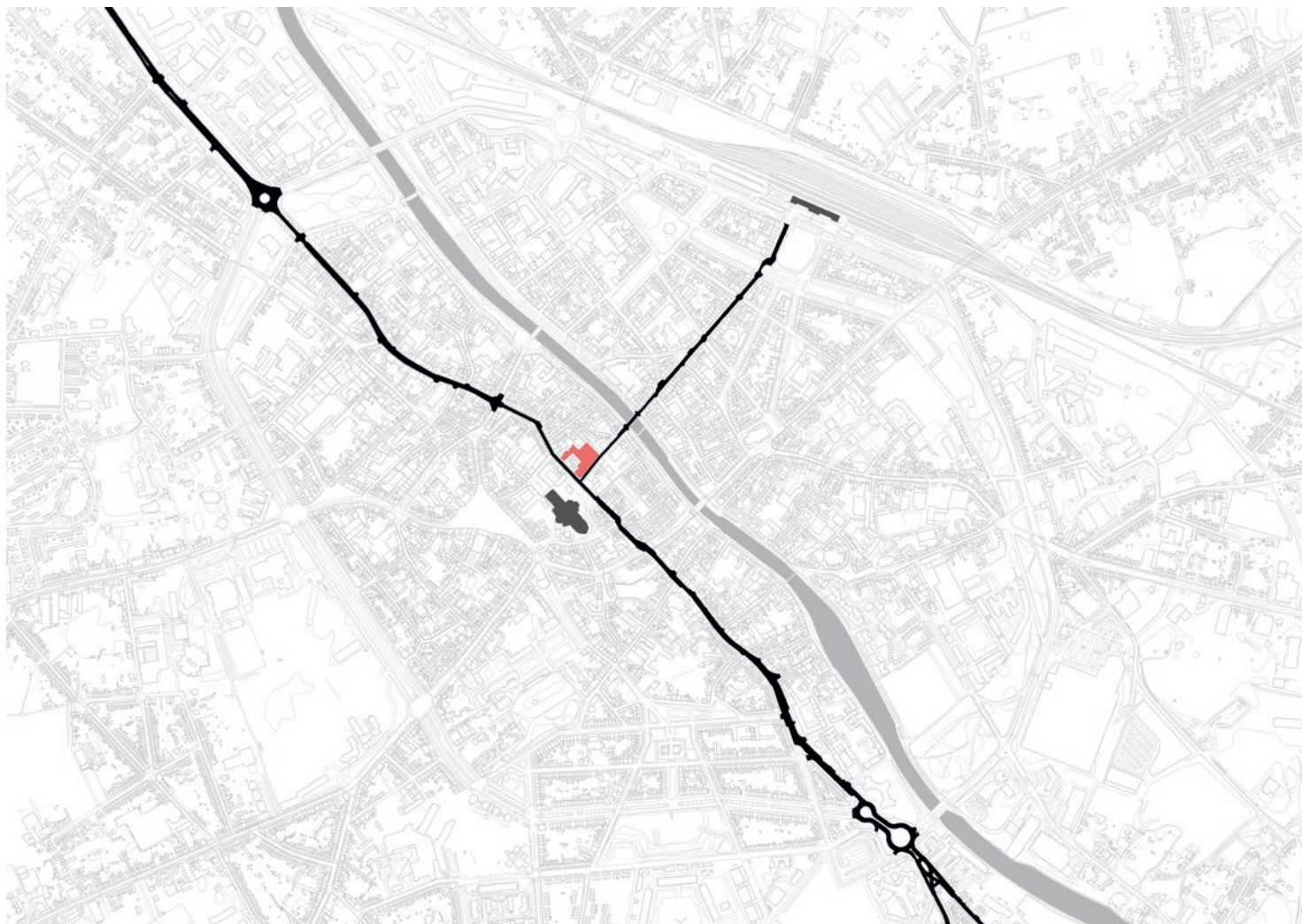


Figure 71 : Le site d'étude,
au croisement de deux axes,
au pied de la cathédrale
Réalisé par l'auteur

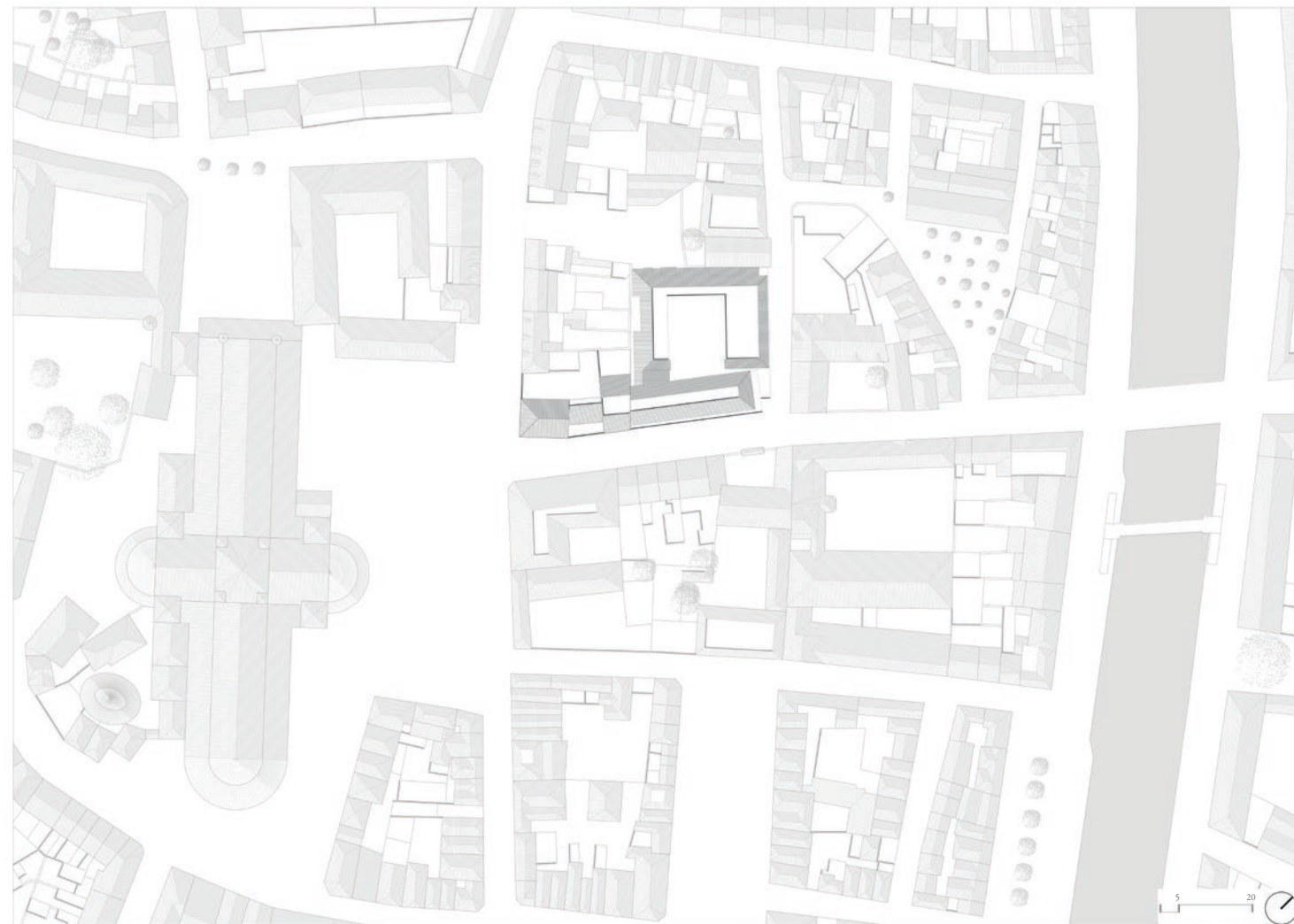


Figure 72 : Plan masse des
Résidences et du quartier
Réalisé par l'auteur



Figure 73 : Photo du chantier de la Résidence "7^e Art" Réalisée par l'auteur

Figure 74 : Photo du site avant 2008 cinematreasures.org

Figure 75 : Photo du site en 2009 google.fr/maps

Figure 76 : Photo du site en 2013 google.fr/maps

Application des principes - Chapitre 6

6.1 Analyse de l'existant

Les Résidences 7^e Art et du Courrier de l'Escaut sont construites à l'endroit où se trouvaient le cinéma Multiscope Palace et la rédaction du Courrier de l'Escaut. Quelques habitations se trouvaient également du côté de la rue de l'Arbalète.

La construction de ces logements collectifs a suivi le même principe que les autres bâtiments qui accueillent cette fonction dans la ville de Tournai. Les bâtiments qui se trouvaient sur le site ont été démolis, afin d'y implanter des constructions neuves. À l'origine, un seul et unique promoteur voulait construire un ensemble de logements sur les deux sites, mais faute de moyens, ce sont finalement deux promoteurs différents qui ont construit les deux résidences que nous connaissons actuellement.

Les matériaux mis en œuvre sont du béton coulé en place pour les dalles et quelques murs et des blocs de terre cuite, de béton cellulaire et silico-calcaires. Pour les matériaux de finition, ce sont des briques de terre cuite, de la pierre bleue et de l'enduit sur isolant.

Les résidences présentent un total de cinquante-huit appartements, qui sont répartis entre les deux résidences ; dix dans la Résidence du Courrier de l'Escaut et quarante-huit dans la Résidence 7^e Art.

4 studios
14 appartements avec 1 chambre
25 appartements avec 2 chambres
11 appartements avec 3 chambres
3 appartements avec 4 chambres
1 appartement avec 5 chambres



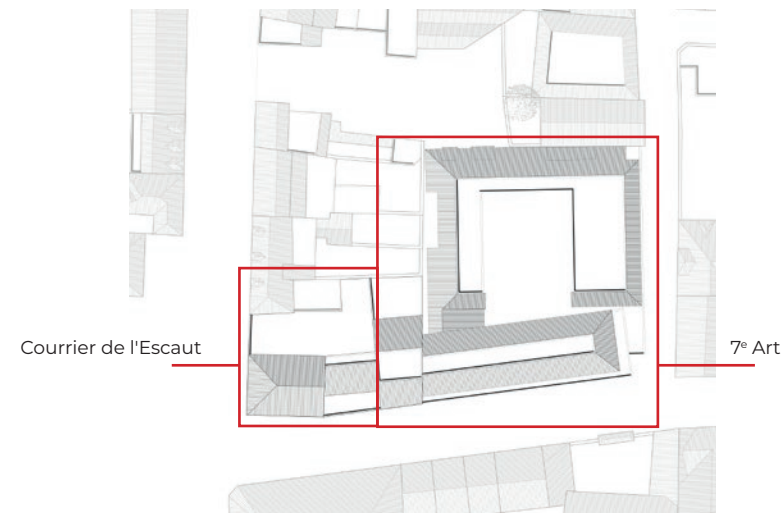


Figure 77 : Plan type d'un étage, en rouge les murs porteurs
Réalisé par l'auteur

Les deux bâtiments occupent une grande partie du site sur lequel ils sont construits. La Résidence du Courrier de l'Escaut l'occupe à 100%, et la Résidence 7e Art laisse un espace au centre, mais ce dernier est minéral, et un parking est construit sur l'ensemble du site en sous-sol.

La structure est composée de murs porteurs. Ceux-ci font soit partie de la façade et sont une couche essentielle de la peau extérieure, soit ils font partie de l'aménagement spatial des logements. Le reste du partitionnement intérieur est composé de cloisons entre les murs porteurs.

Les espaces techniques sont disposés dans chaque logement, à proximité des espaces sanitaires et de cuisine, sans suivre de logique de forme ou de disposition particulière.

Enfin, la circulation se fait dans quatre noyaux de circulation répartis à différents endroits dans les bâtiments. Chaque noyau dessert entre deux et quatre logements par niveau. Il y a à chaque fois un escalier et un ascenseur.

Tous ces éléments posent évidemment question au vu de la réversibilité dans le cas où un changement d'occupation serait envisagé dans le futur. Les murs porteurs créent des espaces assez restreints, et nécessiteraient des gros travaux pour permettre une occupation qui aurait besoin d'espaces plus grands que ceux présents actuellement. Ces lourds travaux pourraient décourager les futurs occupants, les poussant à tout démolir pour reconstruire encore une fois neuf, en fonction de l'usage auquel devra répondre la future construction.

Certains éléments, comme les circulations, pourraient répondre à différents usages, mais ne balancent pas le reste.

		Projet		7 ^e Art Courrier de l'Escaut
		Années de construction		2013 - Actuel
		Type de construction		Nouveau
Critères	Réversibilité spatiale	Scénarios d'utilisation envisagés		Logements
		Dimensions compatibles avec les différents scénarios envisagés		✓
		Les éléments fixes sont regroupés sur les bases d'une trame	Structure	✗
			Techniques	✗
			Circulations	✗
		Les éléments fixes sont capables de s'adapter à un changement d'usage du bâtiment	Structure	✗
			Techniques	✗
			Circulations	✓
		Réversibilité technique	Indépendance fonctionnelle	Peau
	Aménagement intérieur			✗
	Techniques			✗
	Circulations			✗
	La construction anticipe la déconstruction et permet un désassemblage des éléments		Structure	✗
			Peau	✗
			Aménagement intérieur	✗
Techniques			✗	
Circulations			✗	

Tableau 3 : Analyse des Résidences "7e Art" et "Courrier de l'Escaut" selon les critères réversibles
Réalisé par l'auteur

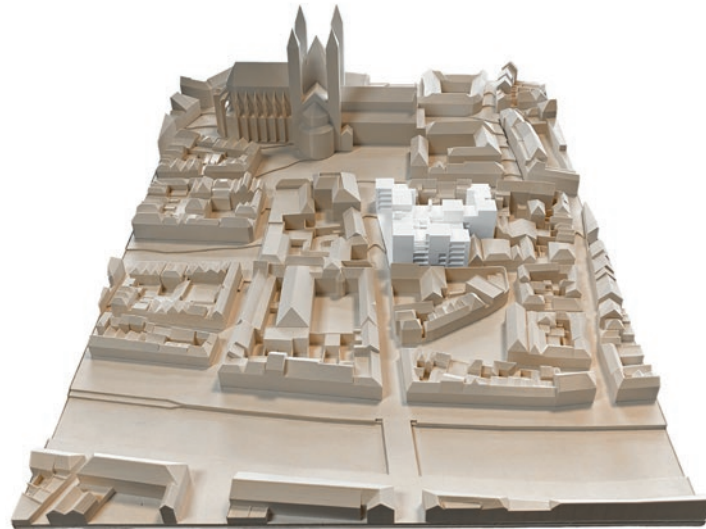
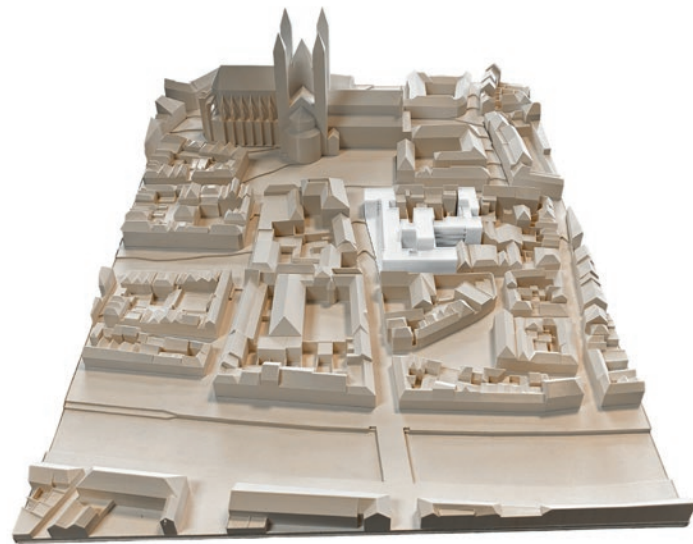
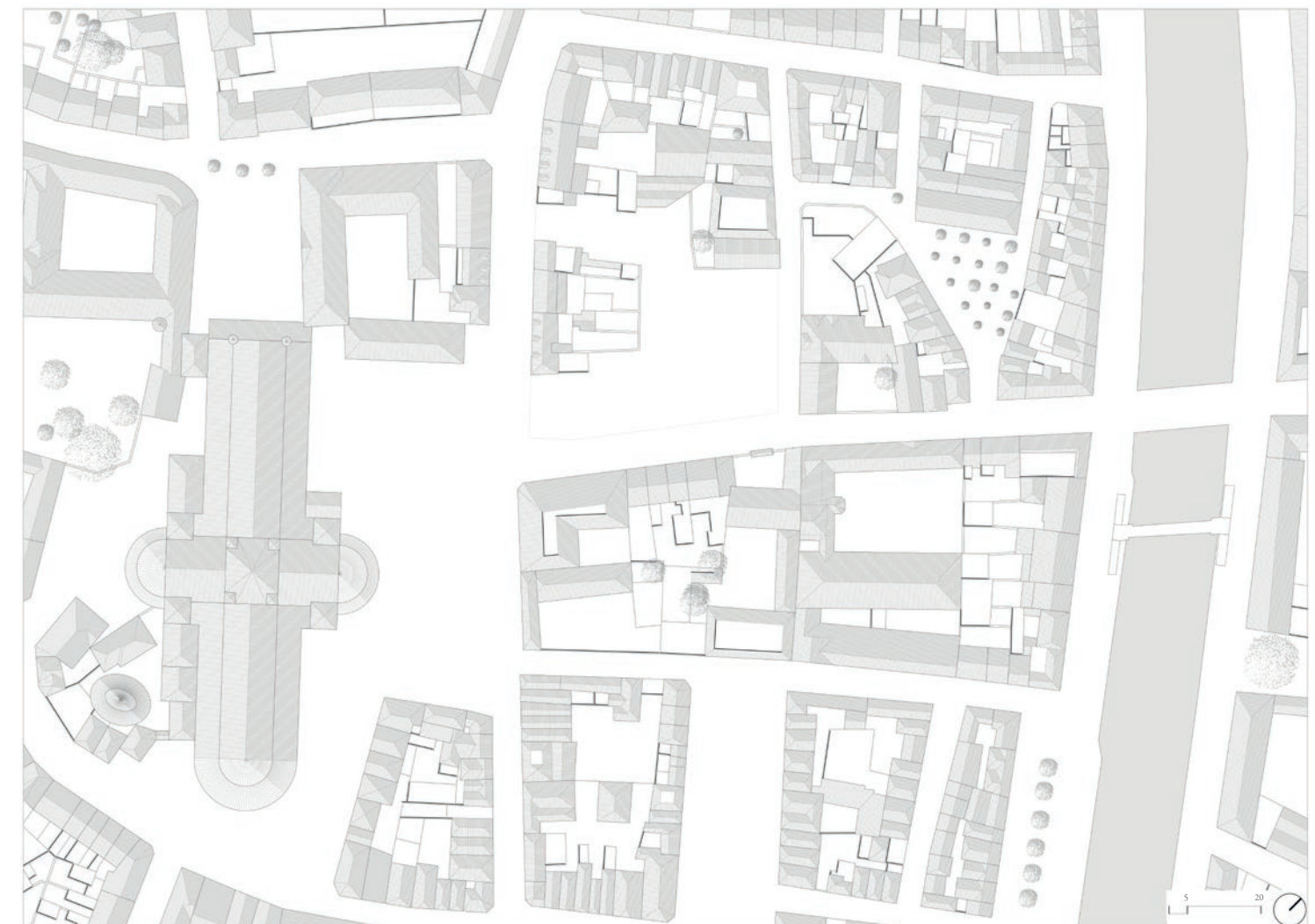


Figure 78 : Evolution du projet en maquette

Figure 79 : Plan masse du site avant intervention



6.2 Une alternative au projet actuel

À la suite du travail théorique, la recherche s'oriente vers un travail plus pratique en proposant un projet qui consiste en une alternative réversible aux bâtiments qui sont actuellement construits. Ce projet se base sur la situation telle qu'elle était au moment où tout a été détruit, et part d'une page blanche. L'intervention préalable de démolition est questionnable, mais ce n'est pas l'angle d'approche choisi, qui part de l'état de fait.

Dans un premier temps, le programme des cinquante-huit logements sera aussi le programme du projet. Il s'appuiera sur les critères et les principes mis en évidence dans le chapitre 4 pour approcher une réversibilité

technique et spatiale de la construction.

Une analyse de cette proposition sera réalisée pour évaluer la pertinence des critères et des principes utilisés dans le cadre d'un projet en centre urbain, avec un programme dense d'habitat, tel qu'il est proposé.

À la suite de cette analyse, une proposition tenant compte des différentes difficultés rencontrées sera proposée. Cette proposition tiendra également compte des problématiques liées au quartier dans lequel le projet s'implante.

Cette proposition sera à son tour analysée, et un retour critique, identifiant les freins possibles à l'application de la réversibilité dans un projet du type qui est proposé.

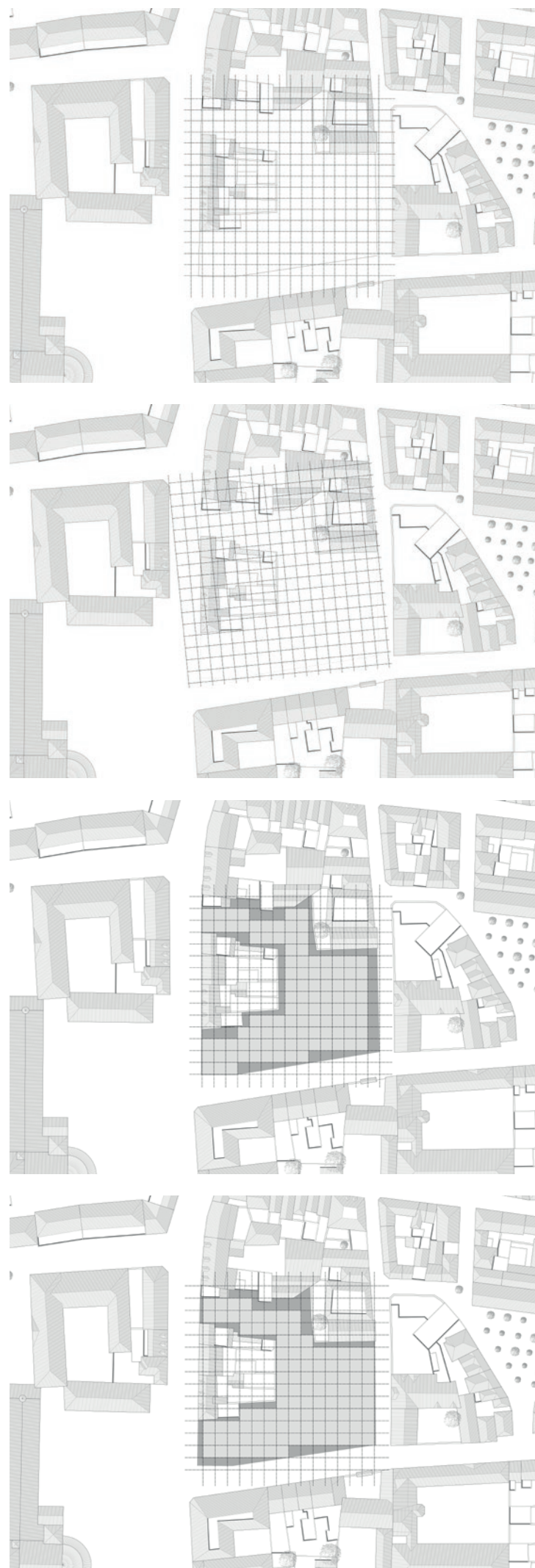


Figure 80 : Recherches de trames sur le site

6.2.1 La trame

Le premier principe utilisé lors de la conception du projet est celui de la trame. Celle-ci peut avoir différentes orientations, et différentes dimensions. Elle peut servir à installer la structure, les parois extérieures, l'aménagement intérieur, les techniques ou encore les circulations. BAMB et Bruxelles Environnement recommandent d'ailleurs d'installer les couches fixes, ou qui ont une longue durée de vie dans le bâtiment, sur les bases d'une trame, permettant ainsi de rendre les espaces les plus flexibles possibles. On peut d'ailleurs remarquer que dans de nombreux projets présentés précédemment, une trame est présente pour organiser les différentes couches fonctionnelles.

Un autre aspect intéressant de la trame est qu'elle permet de travailler avec des dimensions répétées, et donc des éléments modulaires. Cette modularité permet entre autres une préfabrication. Les éléments modulaires peuvent aussi être interchangeables, dans le cas d'un changement de scénario d'usage par exemple.

Le site, qui se trouve en centre-ville, est bordé par des constructions déjà existantes. Ces constructions sont très peu homogènes dans leurs formes, et rendent le site très accidenté. Cela crée une contrainte supplémentaire, car il est compliqué d'intégrer une trame modulaire "rigide" sur un site et une implantation existante de forme irrégulière. L'apposition de cette trame sur le site existant provoque de facto la création de blocs incomplets (en gris foncé sur les schémas). Les blocs complets (en gris clair sur les schémas) sont dès lors moins nombreux, et surtout ne sont pas connectés à

l'existant, installant un bâtiment déconnecté de son contexte. Seuls ces blocs complets permettent de travailler avec des éléments modulaires, alors que les blocs incomplets nécessitent des éléments uniques et sur-mesure, qui risquent de ne pas pouvoir être réutilisés.

Une autre contrainte du site est l'oblique située le long de la rue de l'Hôpital Notre-Dame. Alors que le reste des bordures du site sont organisées de manière plus ou moins orthogonales, cette oblique est un élément qui va encore une fois à l'encontre de la trame. Celle-ci peut être alignée à l'oblique, mais n'est alors plus alignée au reste des éléments du site présentés précédemment.

Le choix a alors été fait de travailler avec une trame alignée avec les constructions existantes, et de chercher une solution afin d'occuper l'oblique. D'autres solutions seront également nécessaires pour occuper les blocs incomplets de la trame, dans le but de connecter la nouvelle construction avec celles déjà présentes sur le site. On remarque néanmoins ici une des limites de l'approche "par la trame" que suggère la conception réversible lorsqu'il s'agit de l'appliquer à un site et du bâti existant.

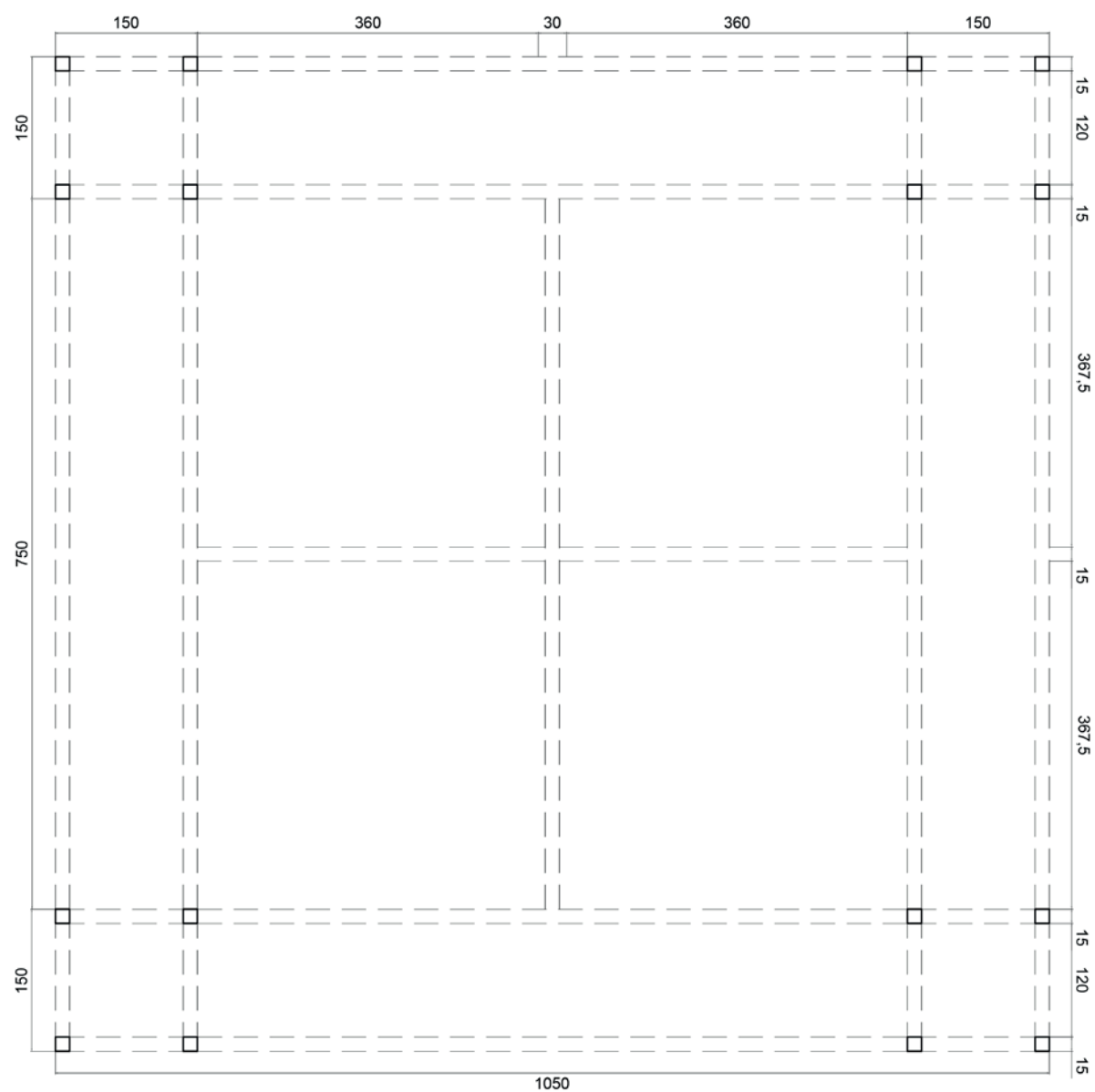


Figure 81 : Module pour concevoir le projet

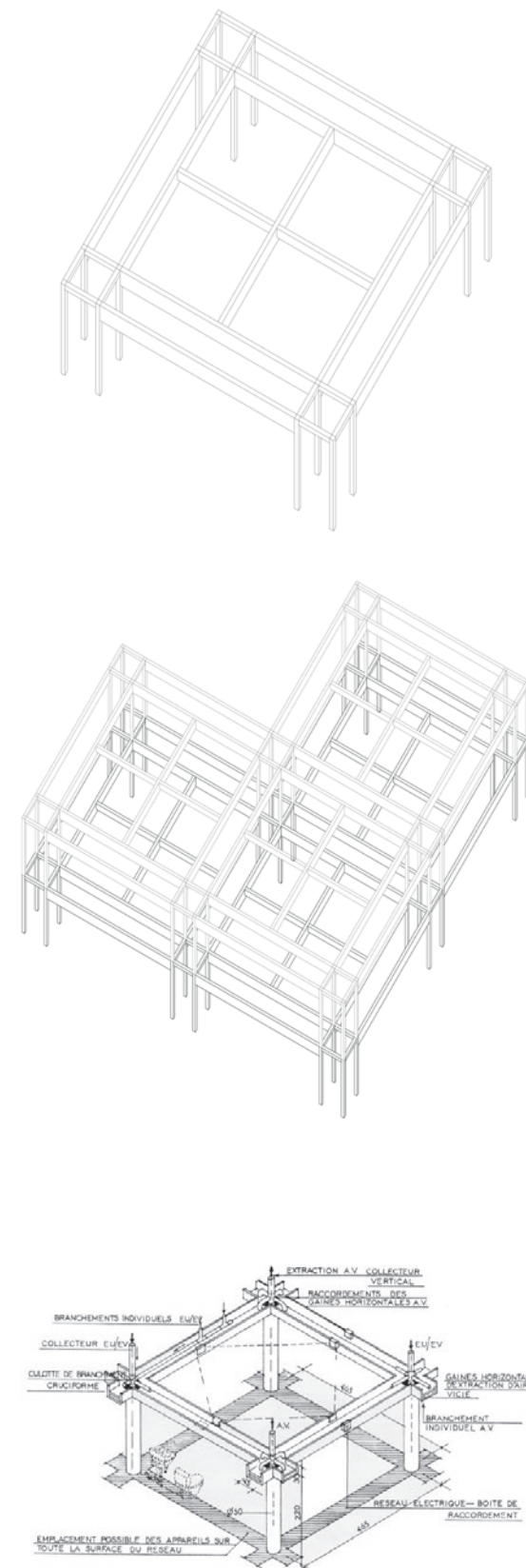
6.2.2 La structure technique

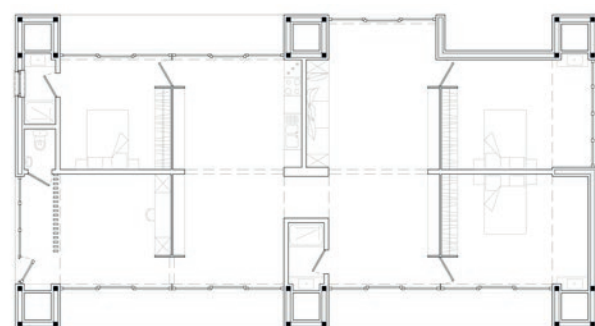
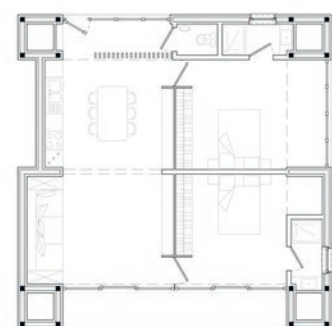
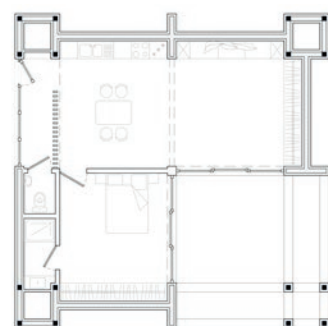
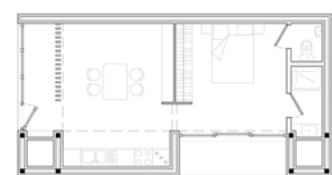
Un second principe utilisé est celui de la structure technique, utilisé par Georges Maurios dans le projet des Marelles. La structure accueille un espace technique dans lequel les gaines techniques peuvent passer. Les deux couches, structure et technique, sont alors confondues.

Cela pose évidemment question quant à l'indépendance des couches entre elles. En effet, dans le bâtiment de Georges Maurios, les gaines dans les poutres sont accessibles grâce à leur forme en U, mais les gaines dans les colonnes le sont beaucoup moins, compliquant la tâche de réparation ou de remplacement de ces techniques.

L'objectif est donc de rendre ce principe réversible. Tout d'abord, les poutres en U sont remplacées par deux poutres rectangulaires parallèles, avec un entraxe de 150 centimètres. Cela permet de pouvoir accéder aux espaces techniques du dessus ou du dessous. Les espaces sous et sur les poutres sont les endroits privilégiés pour y installer les espaces sanitaires ou de cuisine, grâce au raccord aisé aux gaines techniques. Ensuite, la colonne est remplacée par quatre poteaux, eux-aussi espacés de 150 centimètres. Cela permet d'avoir un accès direct aux espaces techniques qui se trouvent entre les poteaux pour d'éventuelles réparations ou modifications. Enfin, quatre modules de 3,6 mètres, inspirés du travail de Sophie Delhay, sont installés entre la structure pour y accueillir différents espaces. Ces quatre espaces peuvent n'en devenir qu'un, et se transformer en un module de 7,5 mètres. Ces modules structurels peuvent être assemblés entre eux pour créer différentes configurations de bâtiments.

Figure 82 : Comparaison du module avec la structure creuse de Georges Maurios





6.2.3 Une première proposition

La structure technique précédemment développée peut être installée sur le site selon une orientation orthogonale par rapport aux bâtiments adjacents. Ici encore, certains modules de la trame nécessitent des ajustements pour pouvoir s'inscrire au mieux dans le quartier. Certains modules doivent être raccourcis, alors que d'autres doivent être allongés. L'oblique le long de la rue de l'Hôpital Notre-Dame questionne aussi le statut et l'orthogonalité de la trame proposée.

La structure technique peut également être habitée afin de répondre au programme. Un demi-module de cette trame peut accueillir un studio, un module complet peut quant à lui accueillir un appartement avec une ou deux chambres et enfin, deux modules permettent d'y installer un appartement de trois ou quatre chambres. Comme Sophie Delhay, chaque espace de 3,6m de côté correspond à une pièce, que ce soit une chambre, un bureau ou un séjour. Les espaces sanitaires et de cuisine sont placés au-dessus des gaines techniques qui se trouvent entre les poutres. Les cuisines et les salles de bain sont placées comme une extension des pièces qu'elles servent. Les espaces qui n'accueillent pas de cuisine ou de salle de bain peuvent servir à y installer un balcon, des rangements, un fauteuil ou un hall d'entrée.

À partir de la trame installée sur le site et les modules habités, un schéma d'organisation est établi pour répondre au programme des cinquante-huit logements décrits au point 6.1. Des espaces de circulation et des espaces extérieurs sont également ajoutés à ce schéma. Les logements sont répartis sur six niveaux, et six circulations verticales

permettent d'y accéder. Ces circulations verticales sont composées à chaque fois d'un escalier, d'un ascenseur et d'un ponton extérieur qui permettent de distribuer entre deux et quatre logements par niveau. Les espaces de circulation et le ponton extérieur occupent un module entier de la trame.

Après avoir organisé les logements, il faut vérifier que le bâtiment imaginé pour un premier scénario d'usage puisse répondre à d'autres scénarios. Des bureaux ont donc été aménagés en gardant un maximum d'éléments déjà installés pour les logements. Les circulations, la peau extérieure et les techniques sont restées le plus possible en l'état. L'aménagement intérieur et le mobilier ont été modifiés pour obtenir des espaces de bureaux fonctionnels. Des salles de réunion, des bureaux paysagers et des sanitaires ont pu être installés là où se trouvaient précédemment les logements.

Figure 83 : Disposition des modules sur le site

Figure 84 : Plans du module aménagé en logements

- Studio
- 1 Chambre
- 2 Chambres
- 3 Chambres
- 4-5 Chambres
- Circulation Verticale
- Espace extérieur

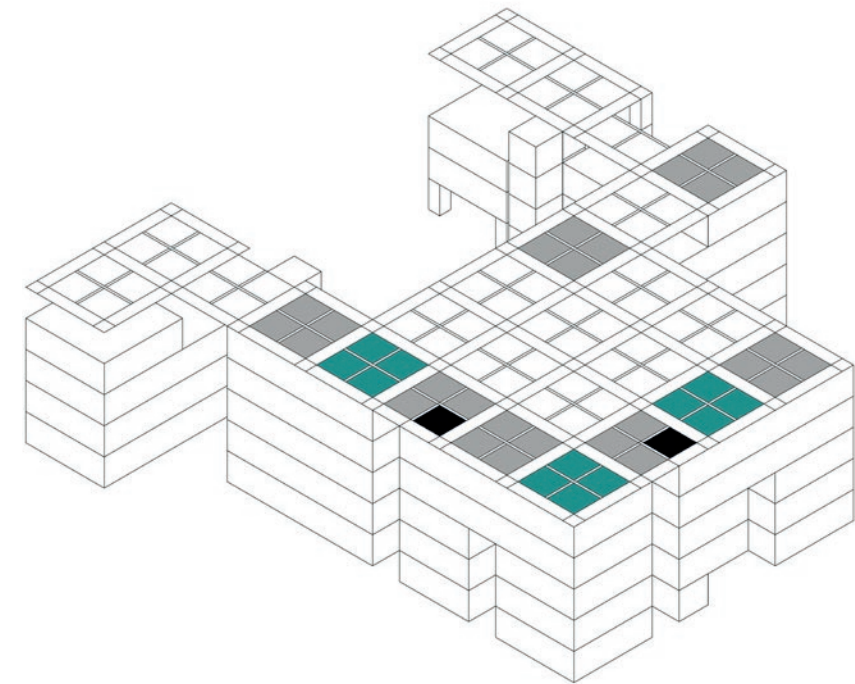
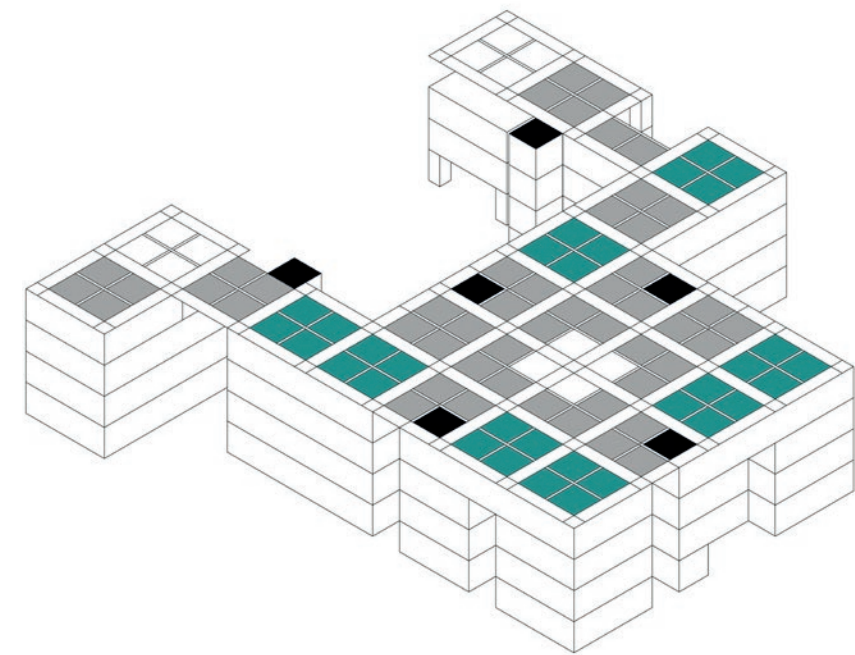
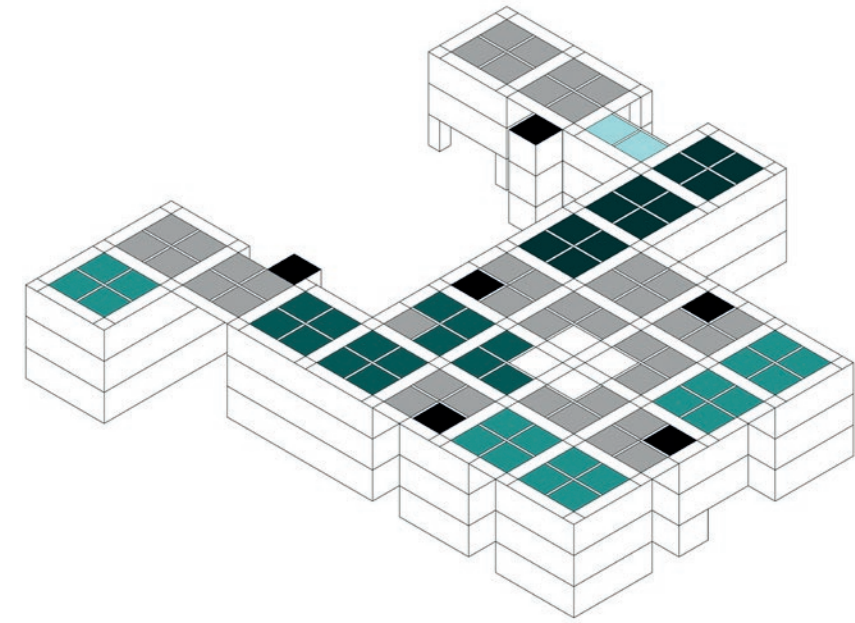
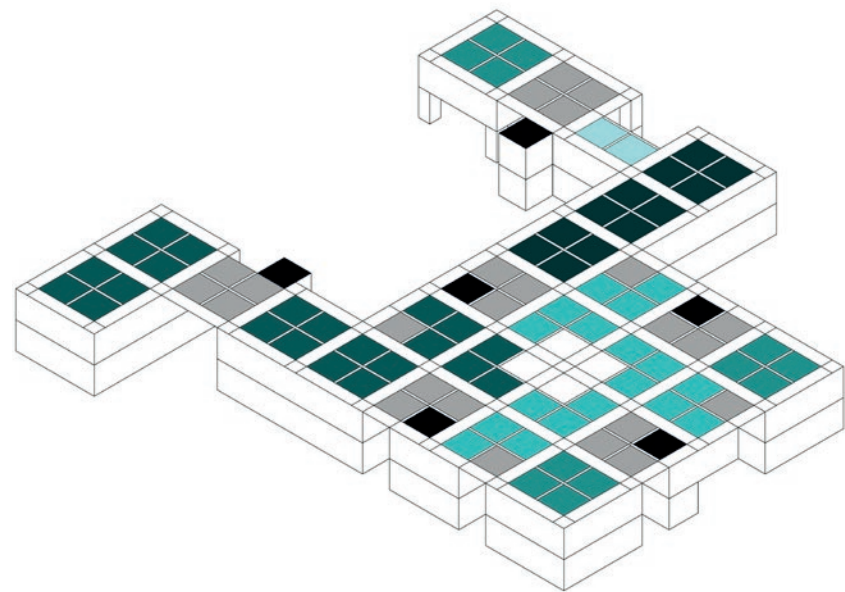
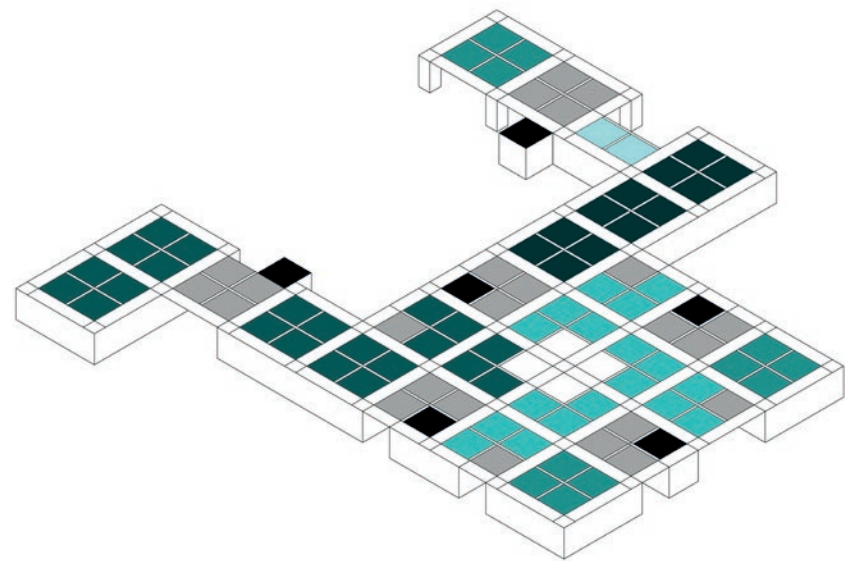
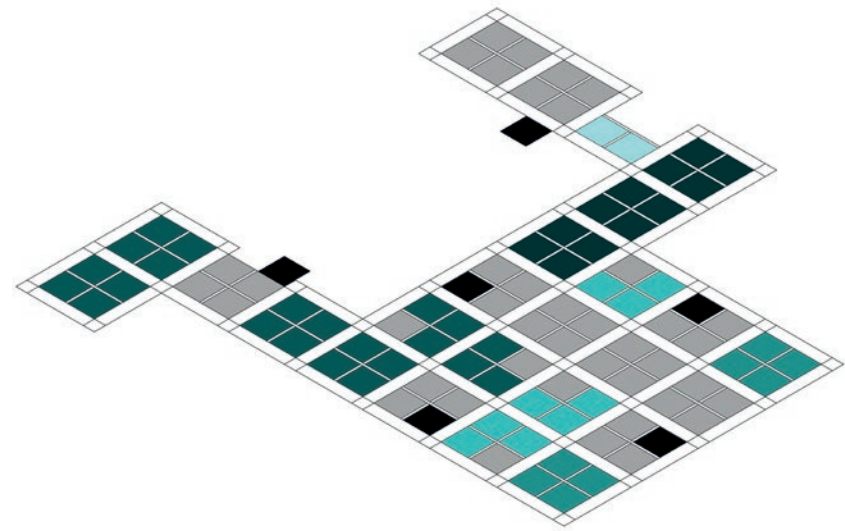


Figure 85 : Répartition du programme de logement dans les étages



Figure 86 : Plan du
rez-de-chaussée avec des
logements



Figure 87 : Plan-type d'un
étage avec des logements

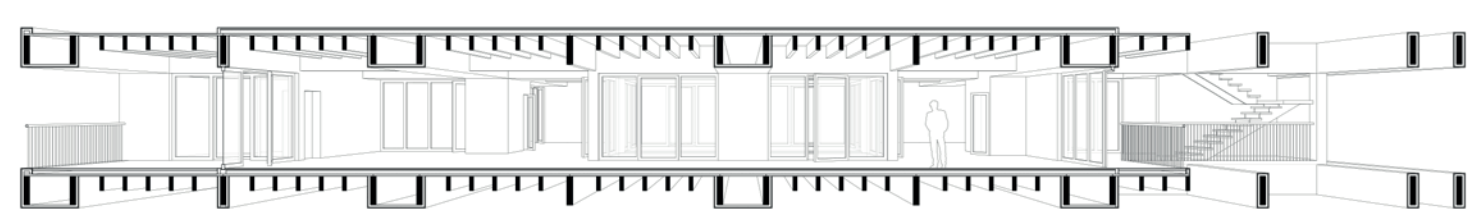
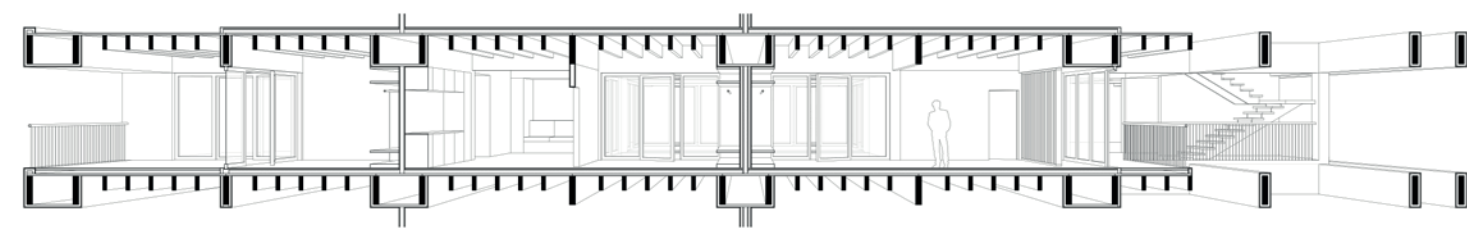


Figure 88 : Transformation
de logements vers des
bureaux

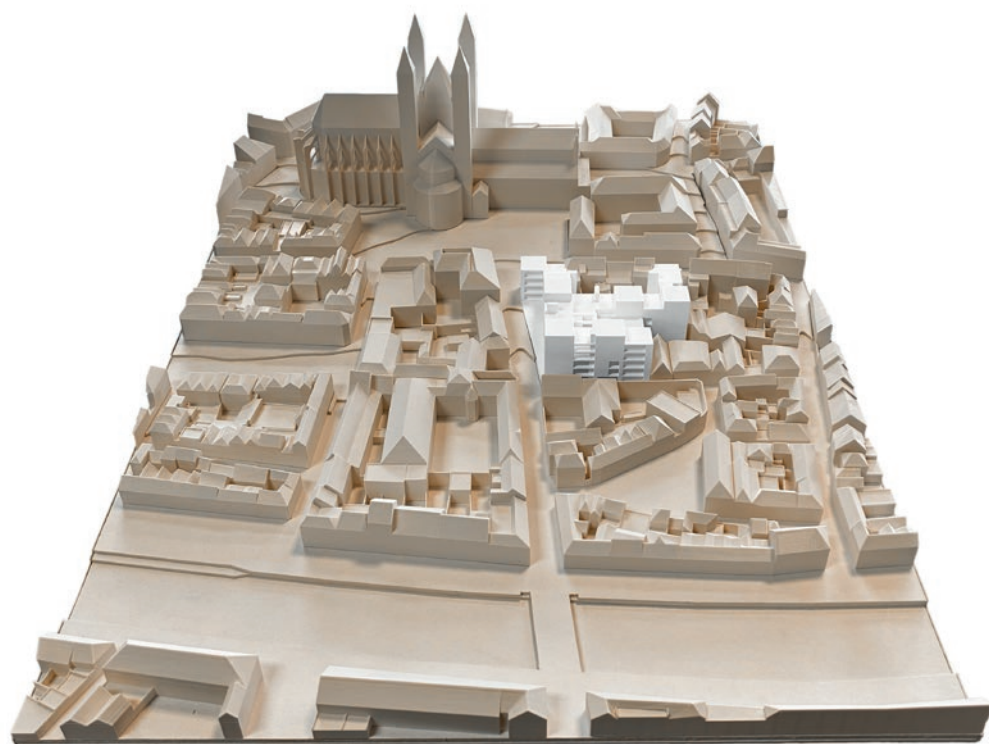
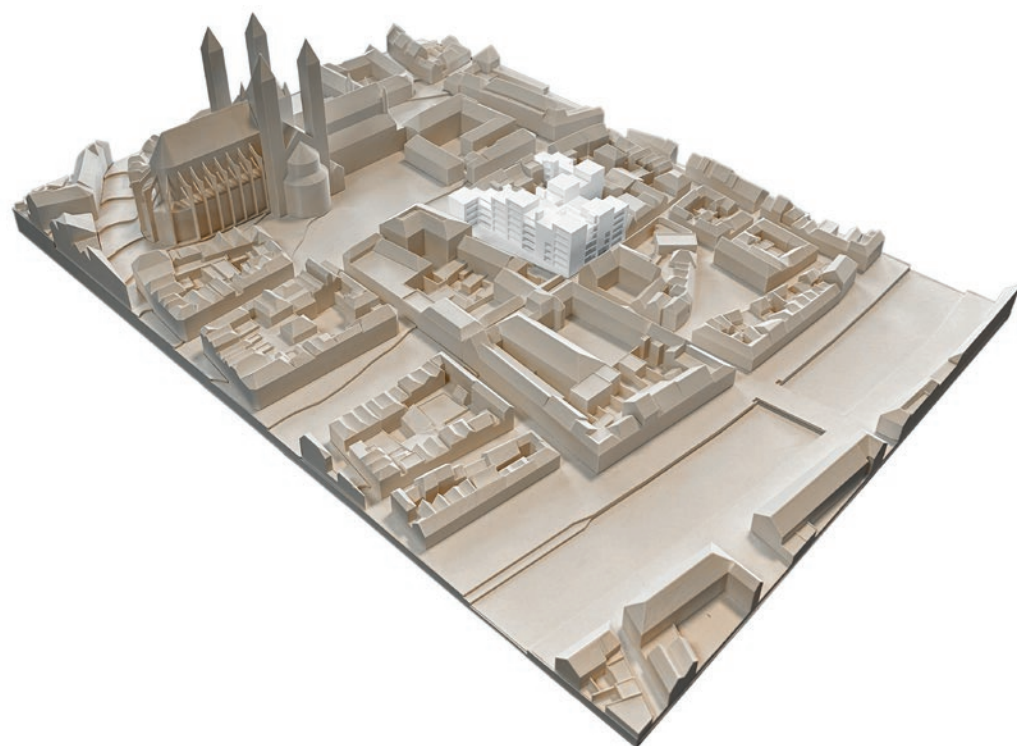


Figure 89 : La première proposition en maquette

6.2.4 Un premier constat

La première chose à remarquer c'est la quantité d'espace que prend le projet sur le site. La quasi-totalité de l'espace disponible est occupée. Cela pose plusieurs questions, tant au niveau de l'imperméabilisation des sols, que le rapport que cette densité peut entretenir avec les constructions voisines. Cette forte densité est induite par deux facteurs fixés au départ de ma démarche.

Le premier facteur est le programme qui prévoit de nombreux logements, à l'origine étudiés pour leur rentabilité, et non pour leur réversibilité. Ainsi, les espaces construits sont dimensionnés pour répondre strictement à la fonction qui leur a été attribuée, et non pour un futur usage qui serait différent.

Le deuxième facteur est le résultat des espaces réversibles installés dans l'alternative proposée. Ces espaces sont plus généreux que dans le projet construit actuellement pour permettre d'accueillir différents usages, et occupent donc plus d'espace. Une solution pour diminuer la densité dans le plan serait d'augmenter le nombre de niveaux construits, mais cette solution questionne à son tour le rapport avec les constructions autour du projet.

Les espaces extérieurs sont également peu nombreux, et n'offrent pas une qualité de vie qui permettrait aux habitants ou aux travailleurs d'en profiter.

Enfin, les espaces techniques entre les poteaux sont nombreux, et ne peuvent pas être destinés à autre chose qu'à la fonction pour laquelle ils ont été initialement conçus. Cela crée beaucoup d'espaces vides et sous-exploités. En même temps, les espaces sanitaires et de cuisine offrent peu d'espace.



Figure 90 : Espaces verts publics au centre-ville de Tournai
Réalisé par l'auteur

6.2.5 Un nouveau programme

Après cette première expérimentation, il apparaît que le programme des cinquante-huit logements semble inatteignable, ou alors au détriment de la qualité spatiale et de vie du projet. Cela nécessite une densité telle que l'apport de lumière naturelle est très faible, surtout dans les niveaux inférieurs, et il y a très peu d'espaces extérieurs offerts aux habitants et travailleurs. Il faut pouvoir soutenir une conception réversible au service des usagers, et qui offre des espaces qualitatifs et fonctionnels. La relation entre la trame et les constructions avoisinantes est également compliquée, à cause de la rigidité des principes utilisés pour concevoir le projet.

En étudiant les projets réversibles, on constate qu'ils sont souvent construits sur un site vierge et inoccupé, et sans mitoyenneté. Cela permet entre autres de travailler avec des principes plus rigides, orthogonaux, sans interférences avec le contexte. Il y a, à partir de là, deux possibilités.

La première possibilité serait que le projet se fasse sur un autre site, sans contrainte de mitoyenneté, à l'image d'autres projets réversibles. Il pourrait même se faire de manière décontextualisée, en ne travaillant que sur des principes qui permettent la réversibilité.

La deuxième possibilité serait que le site reste celui choisi depuis le début, en adoptant une approche plus flexible des principes de réversibilité.

Le choix a été fait de travailler avec la deuxième option, c'est-à-dire un programme différent et des principes moins rigides, afin de s'adapter au mieux au contexte. La première est plus théorique, mais au regard des enjeux actuels, et de l'importance de considérer le

bâti existant et déjà construit, il a été décidé de suivre la deuxième option.

Le nouveau programme est toujours un bâtiment réversible, qui peut accueillir à la fois du logement et des bureaux. et s'adapte à la qualité du programme et des espaces. Les logements sont également plus variés, et des typologies autres que celle de l'appartement sont développées. Les logements doivent évidemment être réversibles, pour pouvoir accueillir différents scénarios d'usage, comme des bureaux ou de l'Horeca. Une chapelle, déjà présente sur le site, est intégrée au projet, permettant de varier les scénarios d'usage que le bâtiment projeté peut accueillir.

En plus des espaces intérieurs, un espace vert accessible en journée au public sera intégré au projet. Il y a très peu d'espaces verts accessibles au public dans le centre-ville de Tournai, c'est donc une occasion d'offrir à la fois aux occupants du bâtiment, mais aussi aux habitants du quartier, un espace extérieur dont ils pourraient bénéficier. À partir de ce programme, trois scénarios sont développés.

Le premier scénario développé offre exclusivement des logements de trois types : des appartements, un co-living, et un duplex. Cela permettra de comparer le nombre de logements dans cette proposition avec celui du projet qui est actuellement construit.

Le deuxième scénario remplacera les logements par des bureaux, un café-bureau et un atelier d'artiste. Ce scénario permettra de vérifier que les logements sont effectivement réversibles.

Enfin, le dernier scénario est mixte et combinera les deux en installant les fonctions développées précédemment là où elles sont les plus pertinentes.

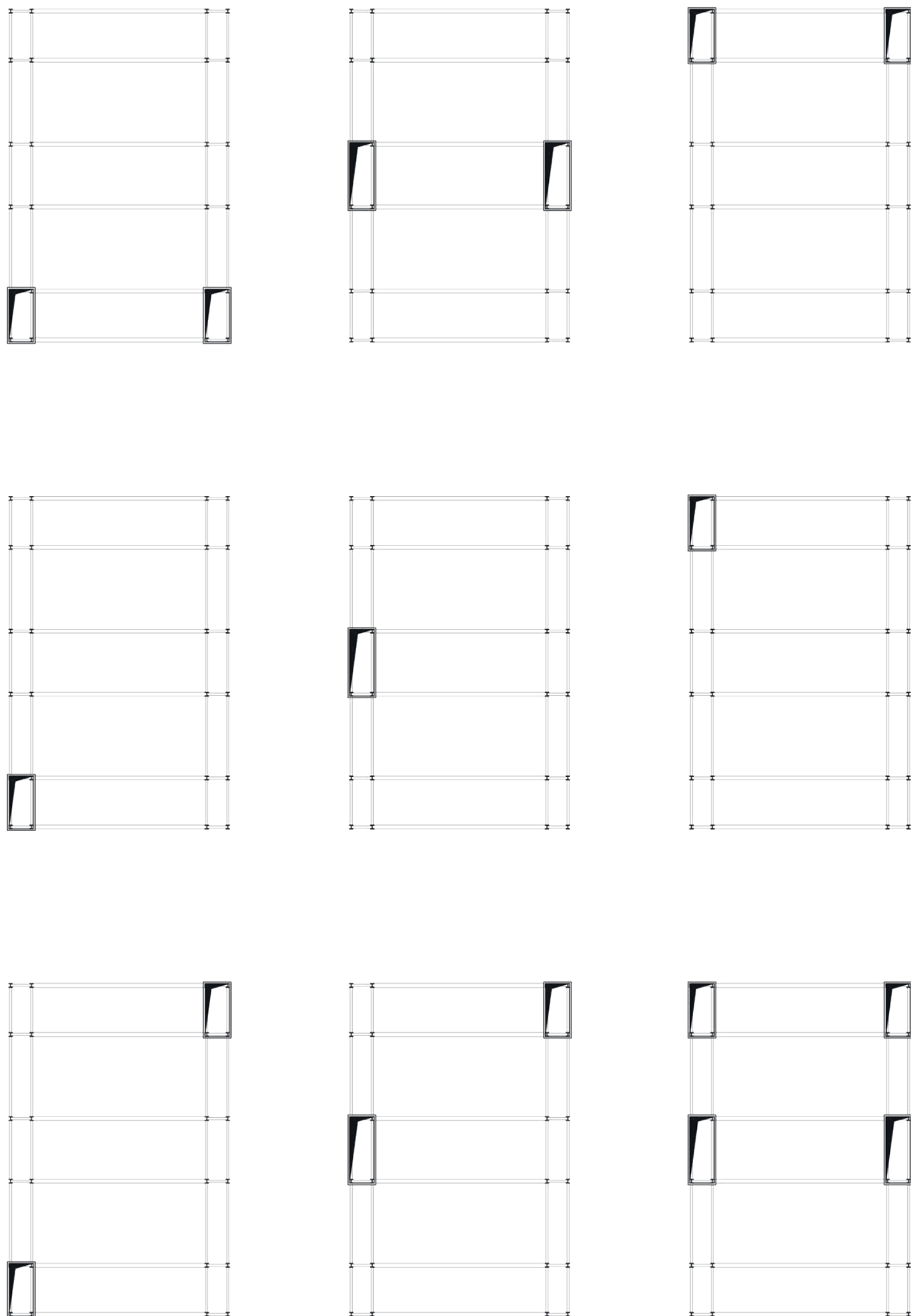


Figure 91 : Plusieurs dispositions de gaines techniques

Figure 92 : Assemblage des modules entre-eux

6.2.6 Une deuxième proposition

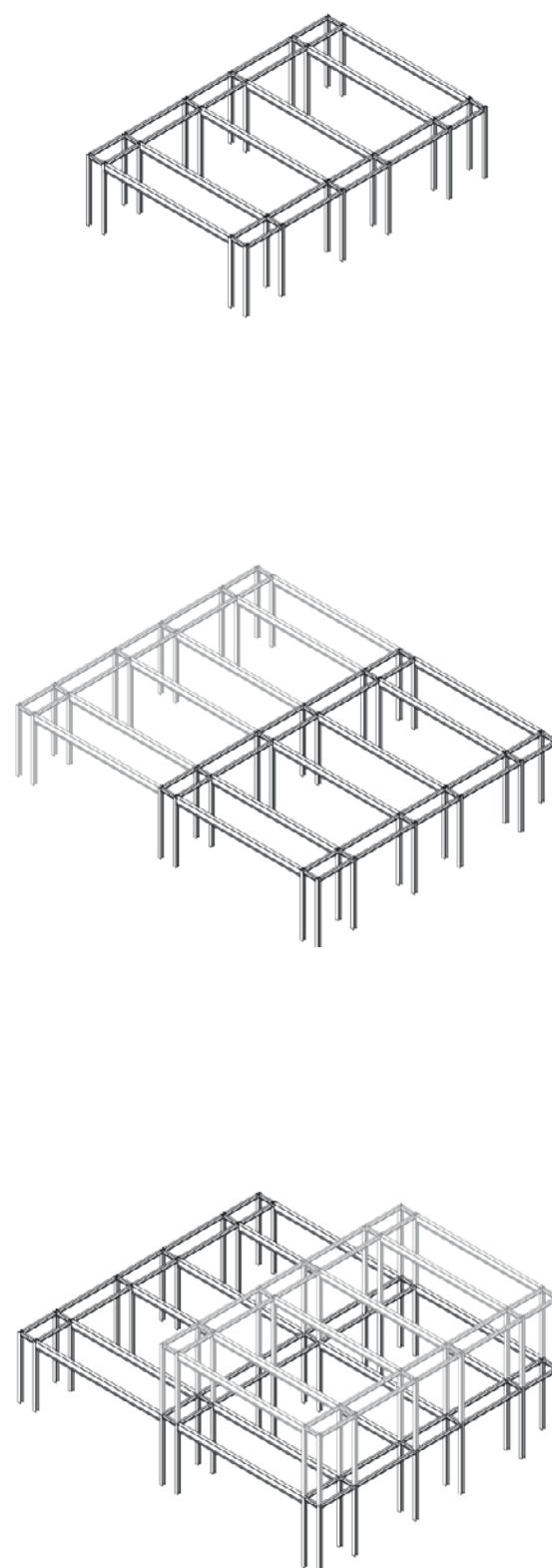
La deuxième proposition a commencé avec la conception d'un nouveau module, en se basant sur les apprentissages du premier.

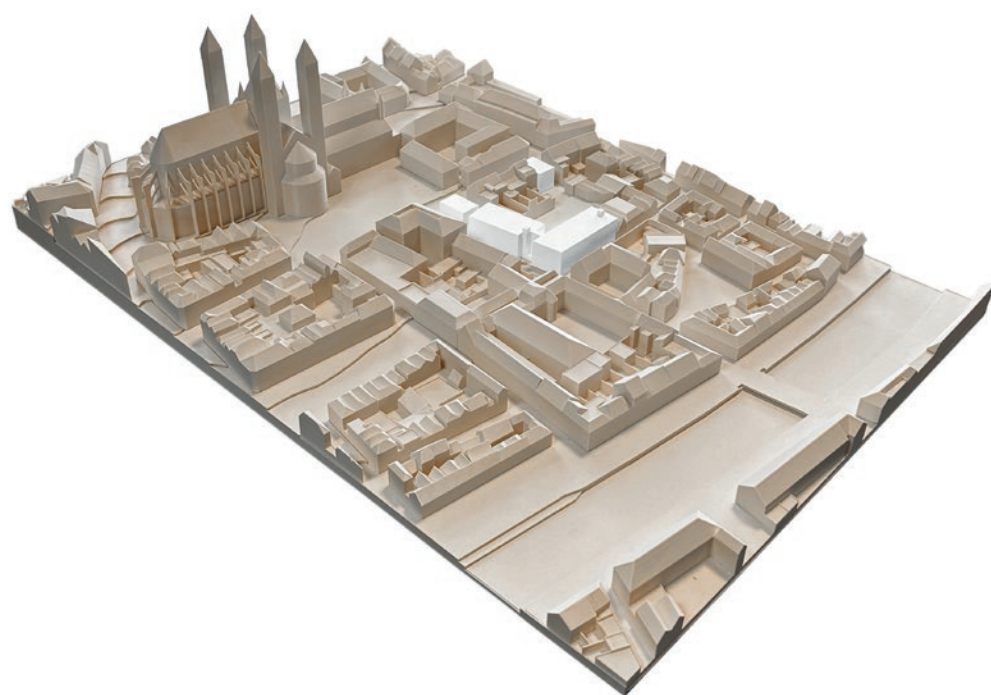
Quatre espaces de 3,6 mètres de côté sont toujours présents, mais sont séparés par un espace de trois mètres de large, où peuvent s'installer les locaux sanitaires ou les espaces de cuisine. Un autre espace, qui sépare ceux de 3,6 mètres avec l'extrémité du module, peut être soit extérieur soit intérieur. Il peut servir de balcon ou de coursives, ou bien être une extension aux espaces auxquels il est connecté.

La structure permet toujours d'accueillir les gaines techniques, mais peut maintenant aussi être un espace utilisable lorsque moins de techniques sont nécessaires dans le scénario d'occupation envisagé. La structure est composée de colonnes, formées par quatre poteaux qui permettent de laisser passer les gaines techniques et d'y accéder pour des réparations ou des modifications. Ces colonnes sont au nombre de six, contre quatre précédemment, et peuvent être, ou non, utilisées pour faire passer les techniques entre les étages. Enfin, un espace est prévu entre les poutres, permettant d'y installer les techniques horizontales, afin de rejoindre celles verticales.

Le plancher est en CLT, utilisé en modules de 1,2 mètre de large, facilitant leur maniabilité et ainsi la modification éventuelle de la configuration des espaces.

Les modules utilisés dans le projet peuvent s'assembler de manière linéaire, pour composer un bâtiment qui réponde aux différents scénarios d'occupation qu'il devrait pouvoir accueillir. Cet assemblage linéaire permet également d'installer sur le site des bâtiments indépendants les uns des autres.





Quatre emplacements ont été définis sur le site pour y installer les bâtiments. Deux de ces bâtiments sont composés de trois modules, alors que les autres ne sont composés que d'un seul module.

Les emplacements sont situés en périphérie du site et abritent l'espace vert en son centre. L'articulation entre la proposition et le tissu existant est formalisée par l'intégration des circulations verticales et permet la liaison entre l'espace public et l'intérieur d'îlot. Ce dispositif est également répété aux angles des bâtiments créés.

Les bâtiments se développent sur trois niveaux, en plus d'un niveau en sous-sol pour trois des quatre bâtiments. Les planchers sont situés tous les 3,6 mètres, permettant d'accueillir de nombreuses fonctions en plus des logements et des bureaux. Les trois niveaux de 3,6 mètres permettent de s'aligner avec les bâtiments présents le long de la rue du Curé Notre-Dame, et ainsi dialoguer au mieux avec le contexte.

Les différentes couches présentées dans le chapitre quatre ont été travaillées dans le projet. La structure, la peau extérieure, les circulations, les aménagements intérieurs et les techniques ont été pensés afin d'augmenter la réversibilité à la fois technique et spatiale du projet.

La structure est composée de poutres et de poteaux en acier, boulonnés ensemble. Le matériau choisi permet de franchir les portées du module sans nécessiter des éléments trop importants. Bruxelles Environnement recommande, dans sa "Checklist Réversibilité", que la structure puisse supporter une charge répartie de 5 kN/m². Cette charge correspond à la charge maximale nécessaire dans les

scénarios d'usage les plus contraignants.

La peau extérieure est composée de modules de 1,2 mètre de large, comme le plancher. Ces modules sont soutenus par la structure à l'aide d'un élément de base, et des connexions sèches. Cela permet de pouvoir démonter les modules pour les remplacer ou les utiliser ailleurs, sans endommager la structure ou tout autre élément qui y serait connecté.

Les circulations verticales sont réversibles, et peuvent être elles-aussi démontées pour être remplacées ou déplacées. Les circulations horizontales se font à l'aide de coursives extérieures, qui peuvent devenir des espaces intérieurs lorsque cela est nécessaire.

Les aménagements intérieurs sont pensés de manière à pouvoir être démontés, et sans être fixés de manière dommageable à la structure. Les cloisons utilisées dans le projet se basent sur le travail réalisé dans le Circular Retrofit Lab de Kaderstudio. (cfr. fig. 35)

Enfin, les techniques, qu'elles soient verticales ou horizontales, sont accessibles depuis les espaces intérieurs, pour permettre là encore leur entretien ou remplacement.

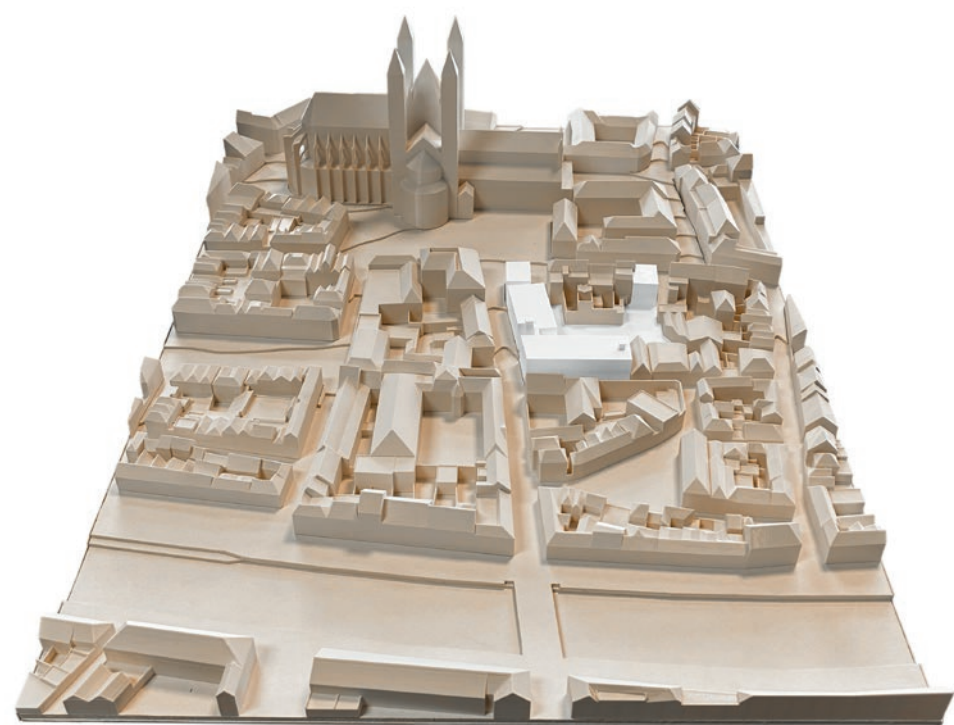


Figure 93 : La deuxième proposition en maquette

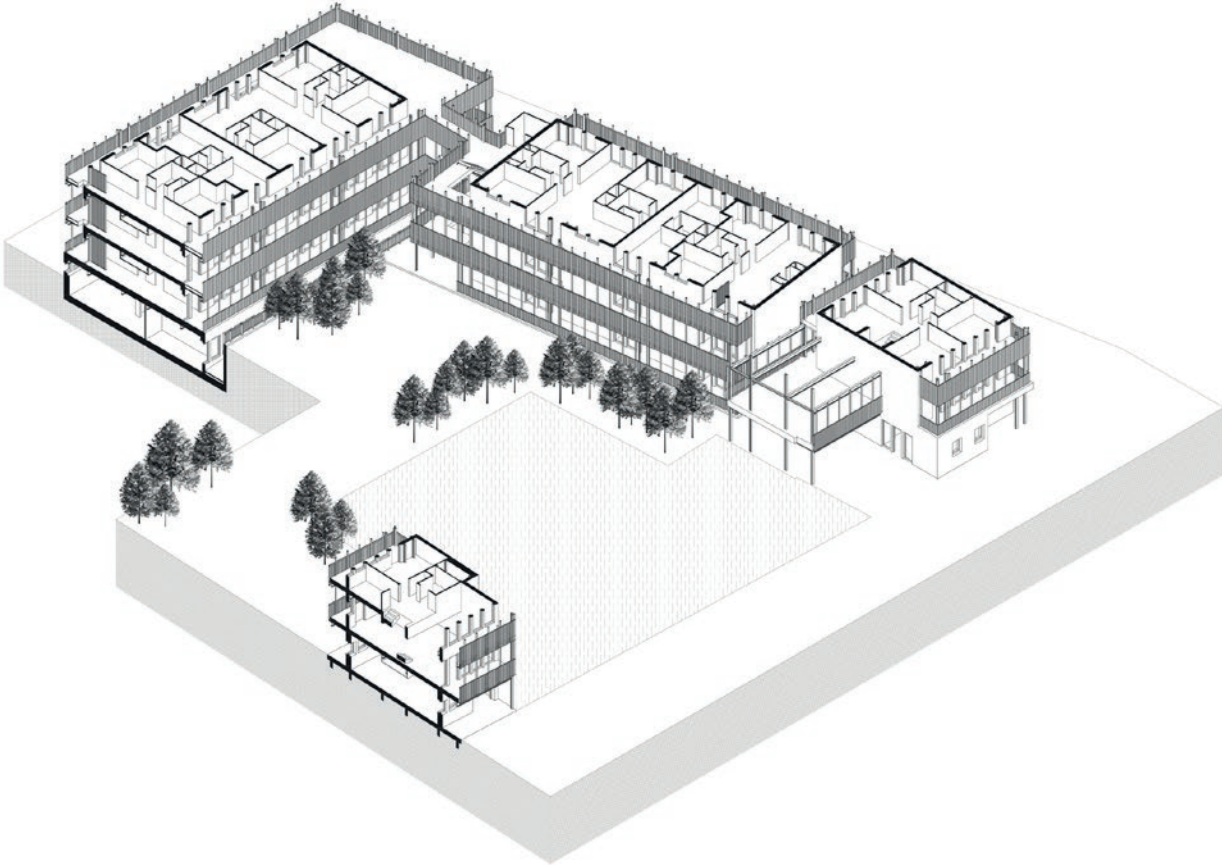


Figure 94 : Plan du RDC
du scénario "logements"

Figure 95 : Axonométrie
du scénario "logements"

Figure 96 : Plan du R+1 du
scénario "logements"

Figure 97 : Plan du R+2 du
scénario "logements"

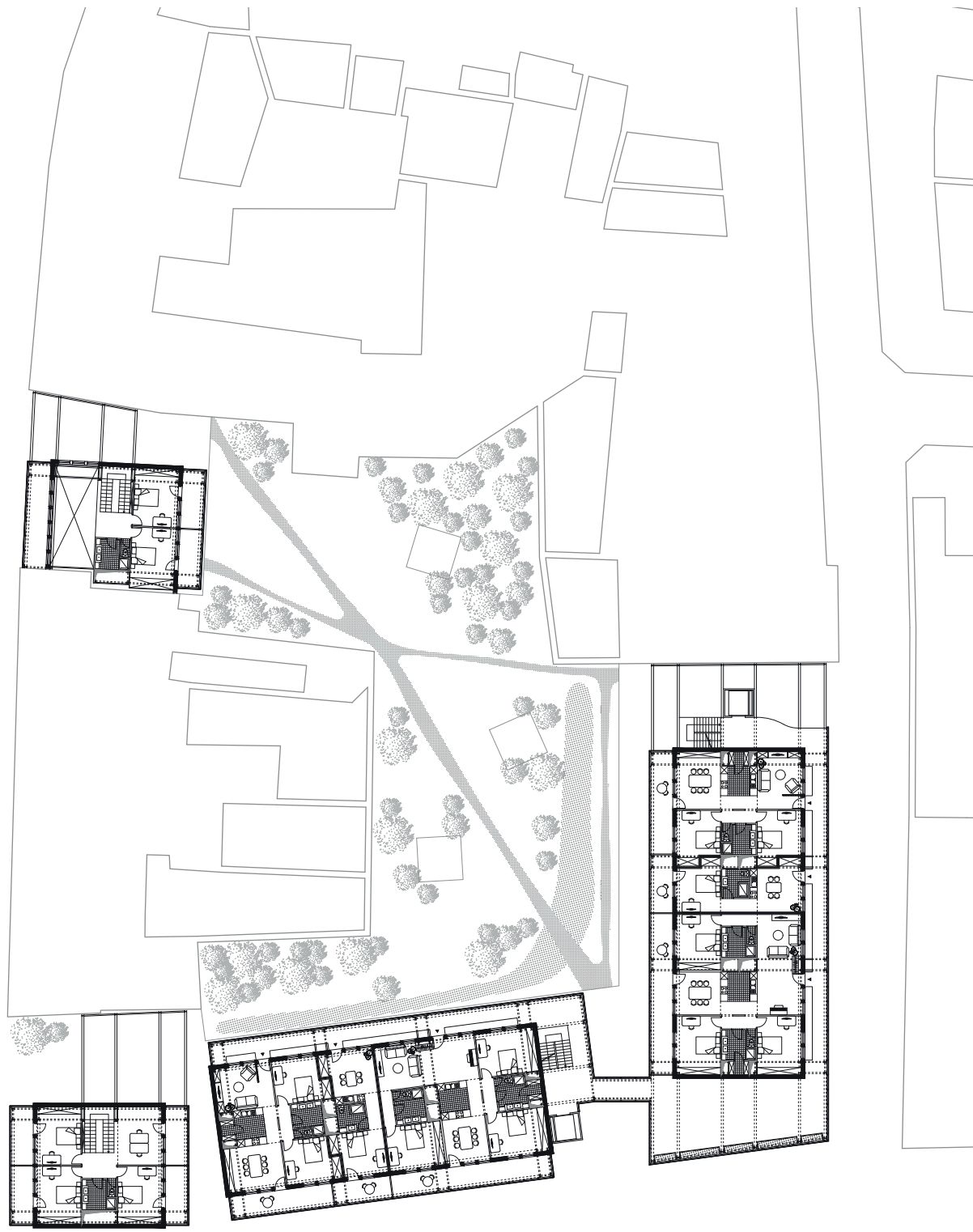


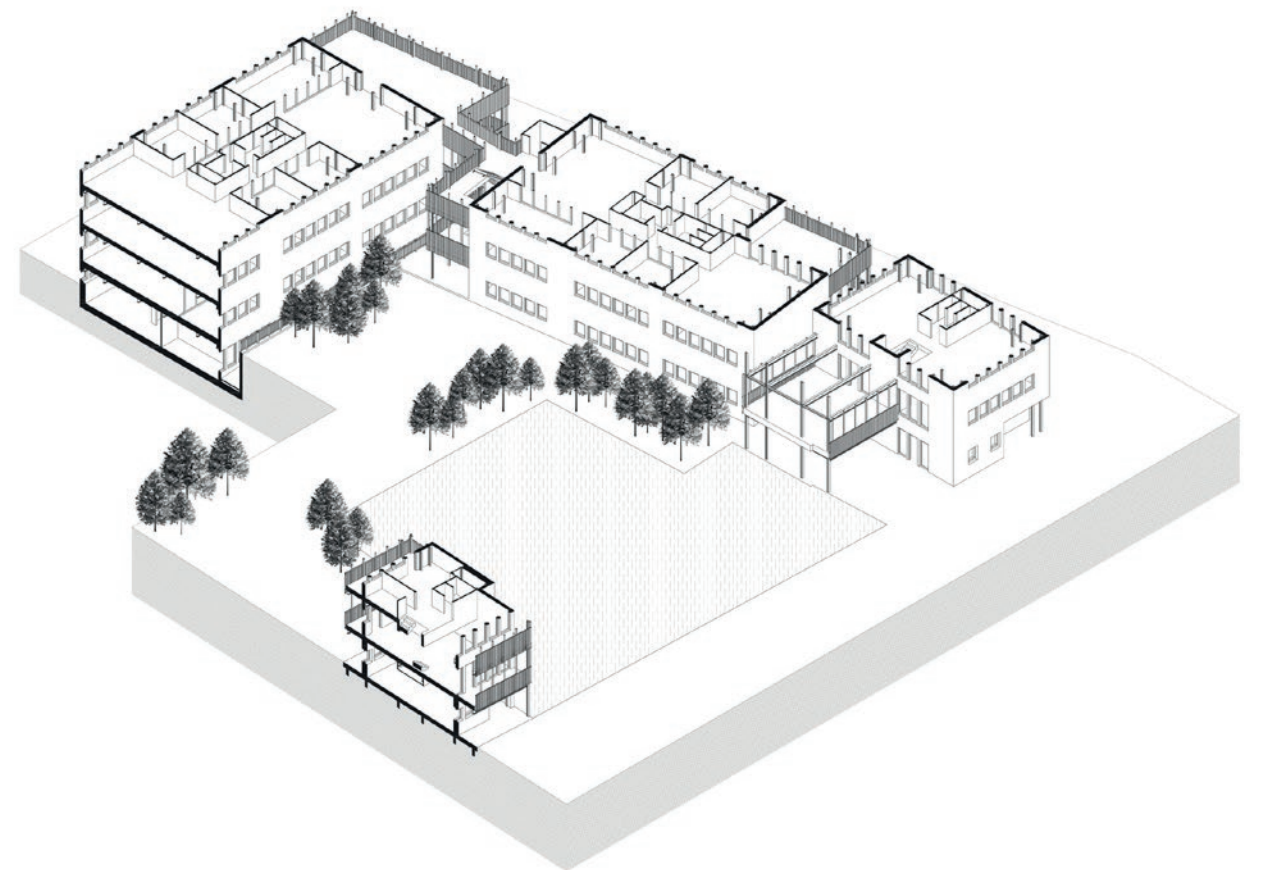


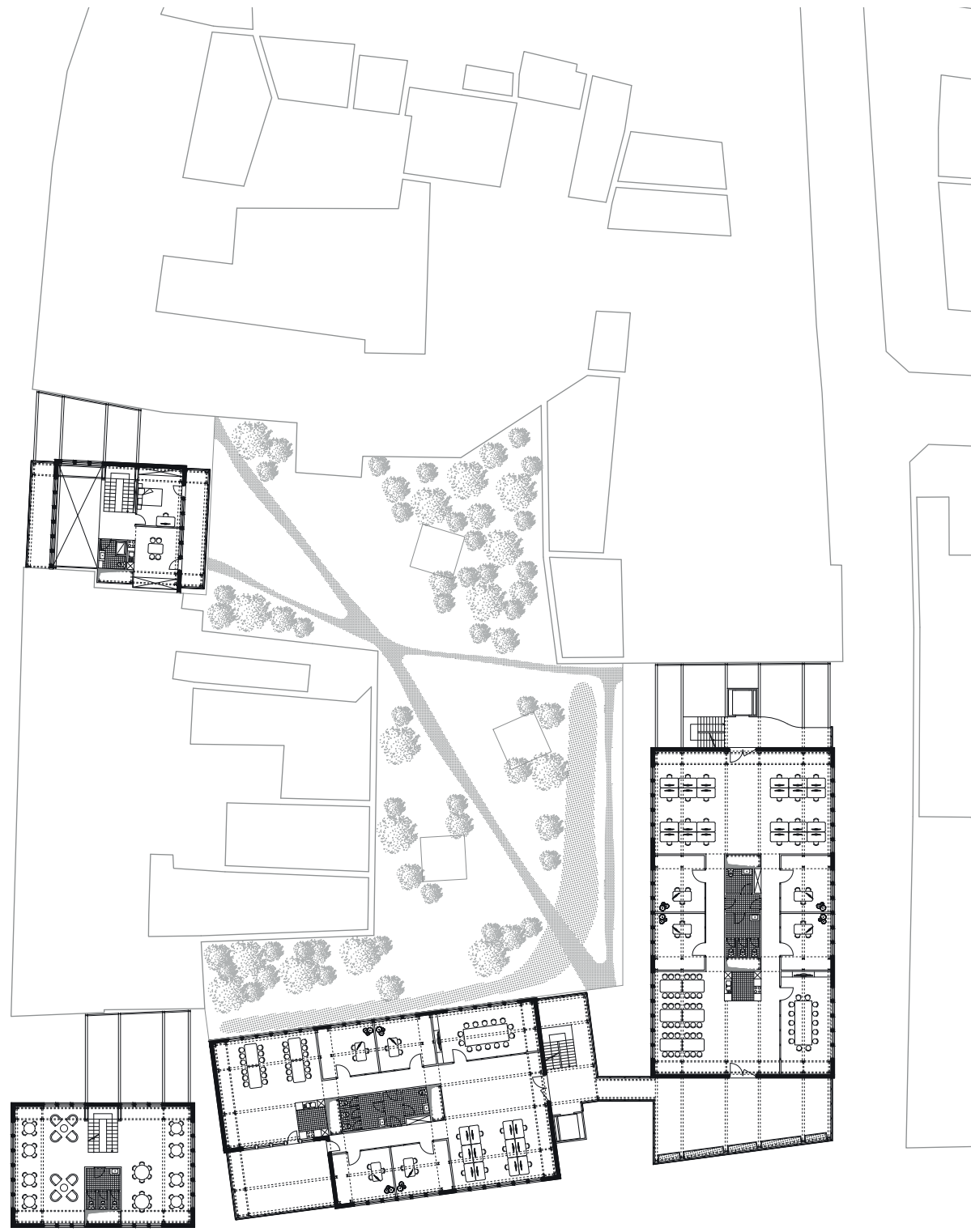
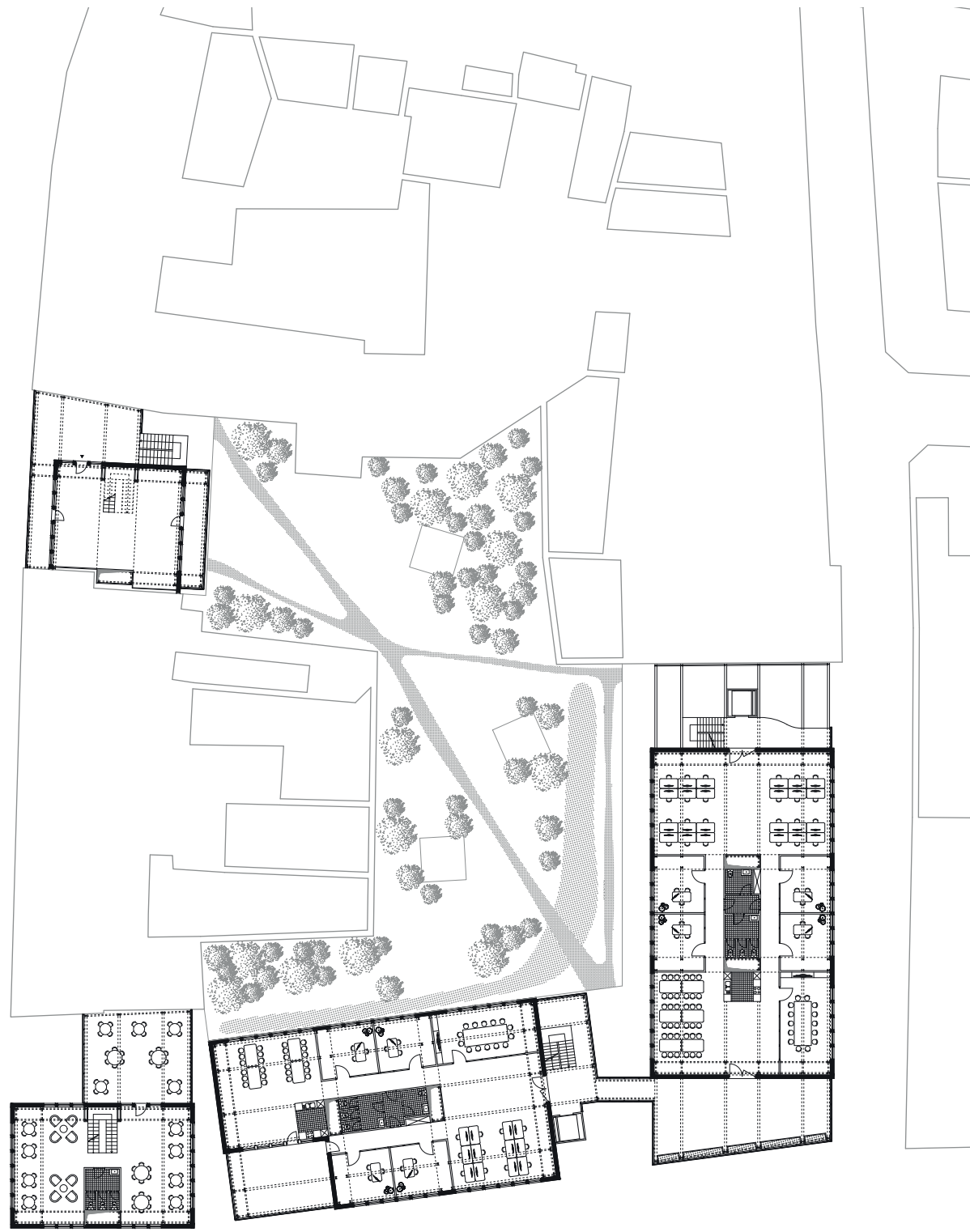
Figure 98 : Plan du RDC
du scénario "bureaux"

Figure 99 : Axonométrie
du scénario "bureaux"

Figure 100 : Plan du R+1
du scénario "bureaux"

Figure 101 : Plan du R+2
du scénario "bureaux"





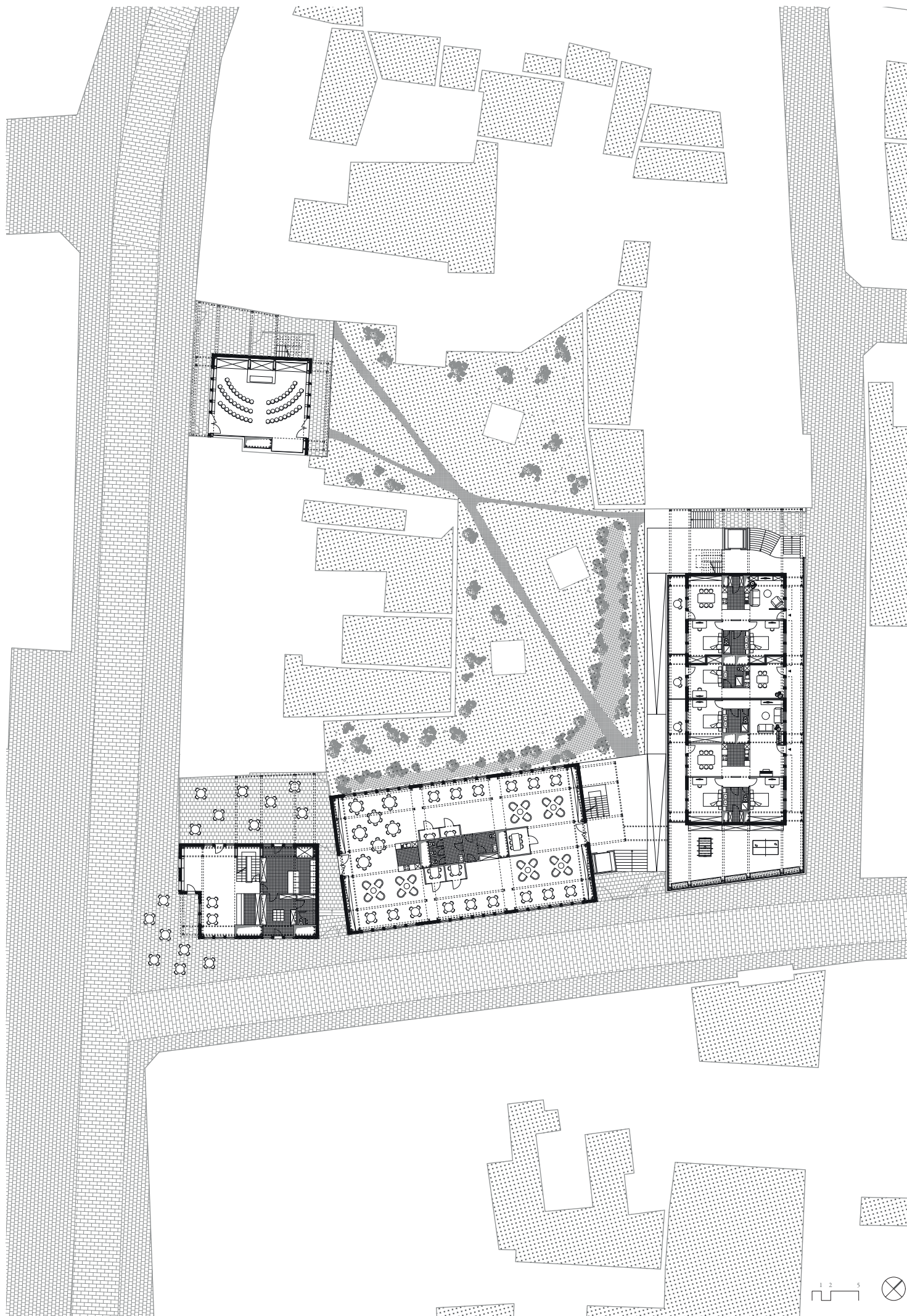
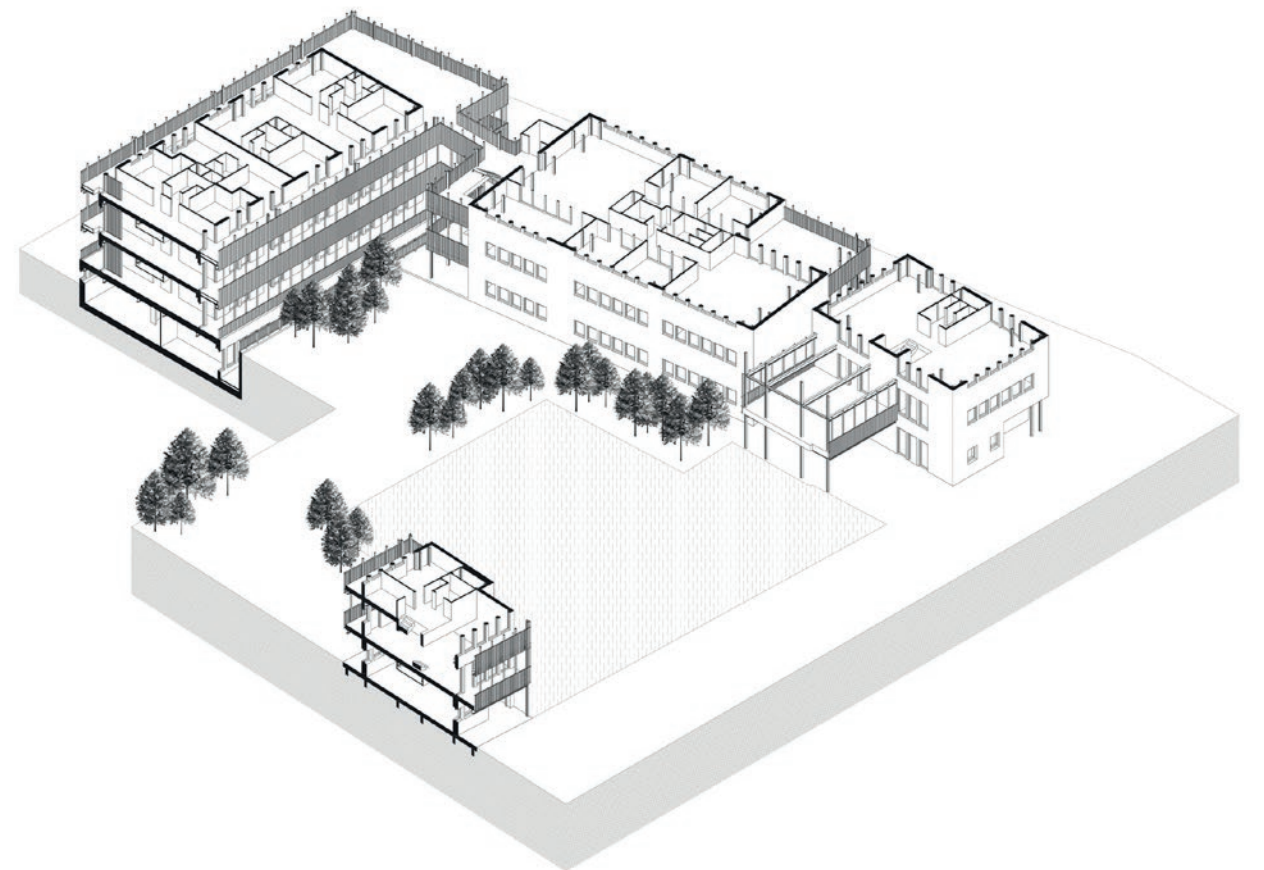


Figure 102 : Plan du RDC
du scénario "mixte"

Figure 103 : Axonométrie
du scénario "mixte"

Figure 104 : Plan du R+1
du scénario "mixte"

Figure 105 : Plan du R+2
du scénario "mixte"





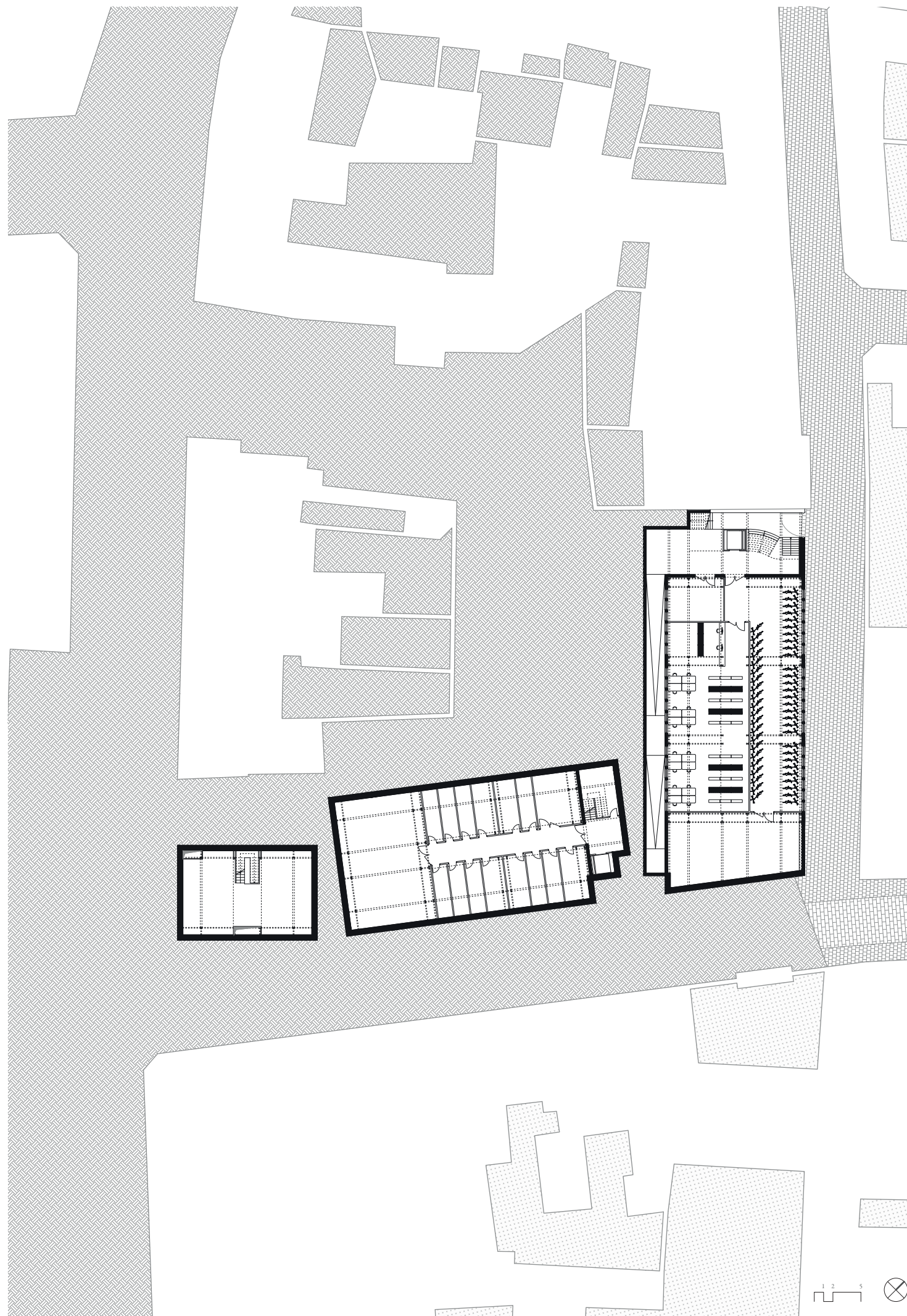


Figure 106 : Plan du R-1 du scénario "mixte"

Les niveaux enterrés sont complexes à concevoir de manière réversible. En effet, ceux-ci sont exposés à plusieurs contraintes qui les obligent à être construits de manière plus robuste. Les charges exercées sur les murs et l'humidité sont deux facteurs importants auxquels doivent faire face les murs et planchers situés sous le niveau du jardin et de la rue.

Le choix a été fait d'installer un sous-sol aux trois des quatre bâtiments du projet. Ces niveaux souterrains accueillent les locaux techniques, les locaux poubelles, des espaces de stockage, ou encore un garage à vélo accessible à tous depuis la rue de l'Hôpital Notre-Dame. Enfin, une salle polyvalente, imaginée ici comme une médiathèque offerte au quartier, est située dans le niveau semi-enterré du bâtiment nord. Grâce à la déclivité du terrain, le sous-sol de ce dernier bâtiment peut profiter d'une prise de lumière du côté de la rue de l'Arbalète. Et grâce à la rampe pour vélos installée au sud, une prise de lumière est aussi possible du côté du jardin.

Ces caves sont construites en béton pour ce qui est des murs et des planchers en relation avec la terre. Cela permet de résister aux contraintes citées précédemment et de garantir une stabilité des fondations dans le temps. Les murs en béton sont prolongés des modules préfabriqués qui composent la façade dans les niveaux supérieurs.

Les murs en béton sont donc construits en périphérie, et une structure métallique se charge de soutenir le plancher à l'intérieur de cette enceinte. Cela permet d'apporter de la réversibilité à l'intérieur des espaces enterrés, permettant un aménagement différent en fonction des futurs scénarios d'occupation.

Comparaisons - Scénarios 1 & 2

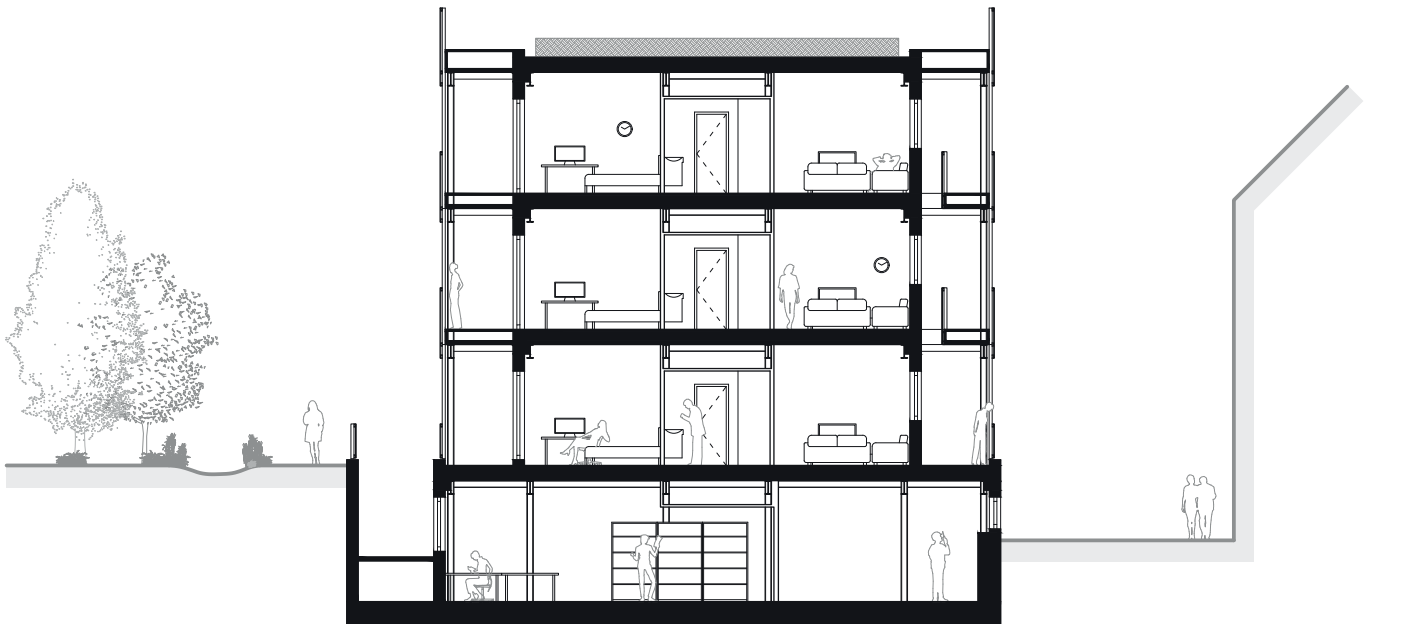


Figure 107 : Coupe en scénario "logements"

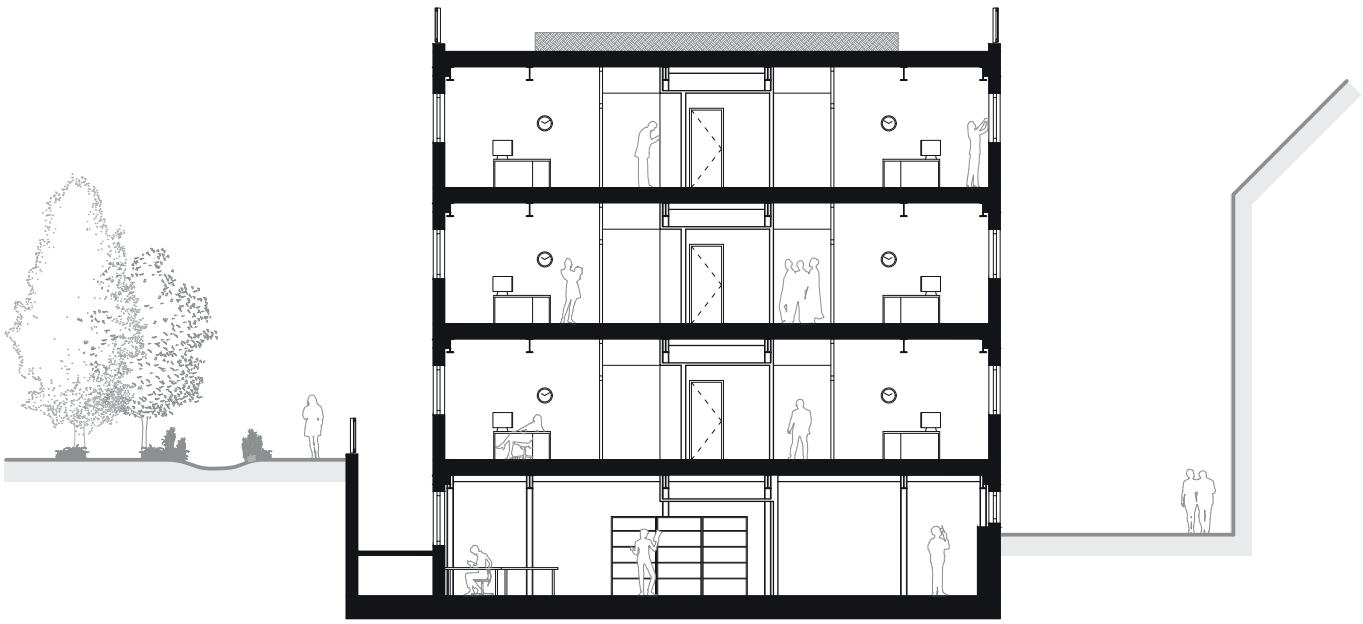


Figure 108 : Coupe en scénario "bureaux"

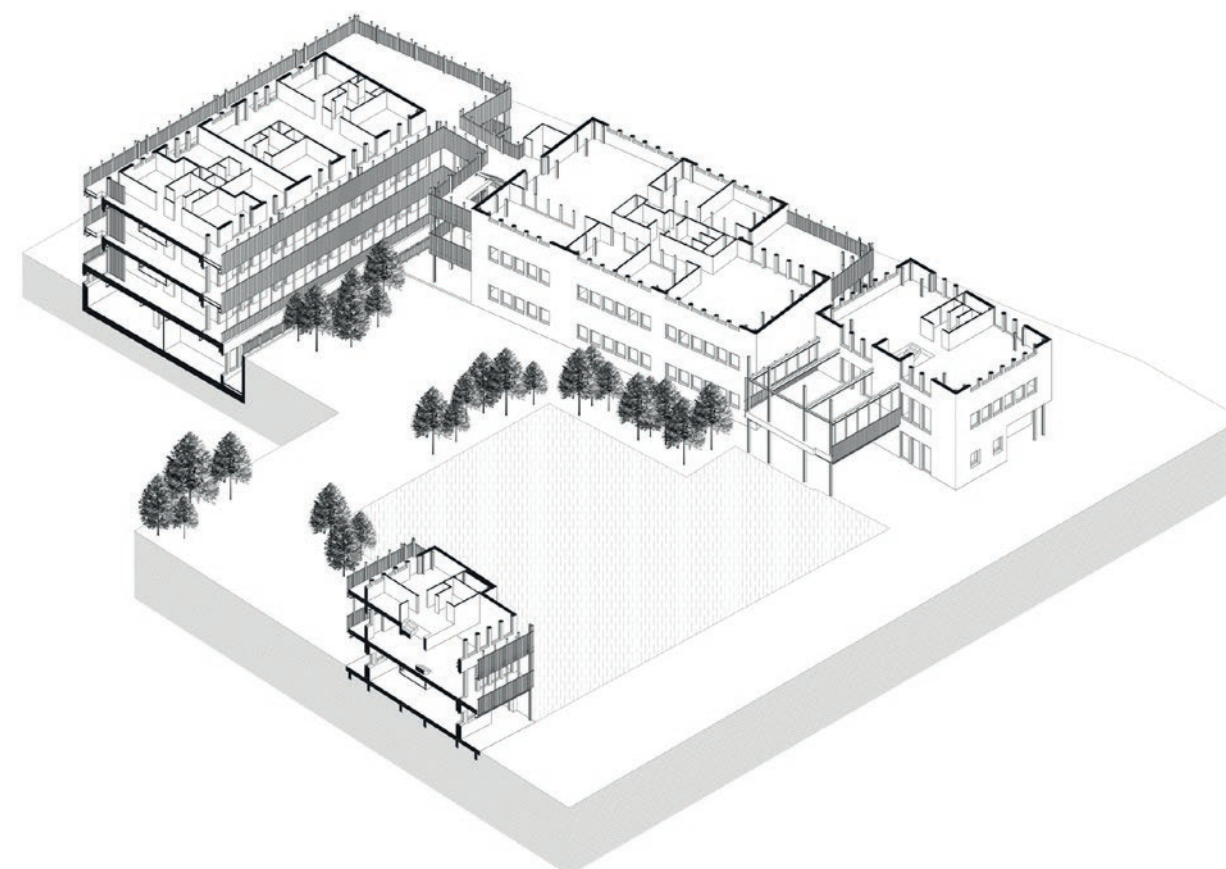
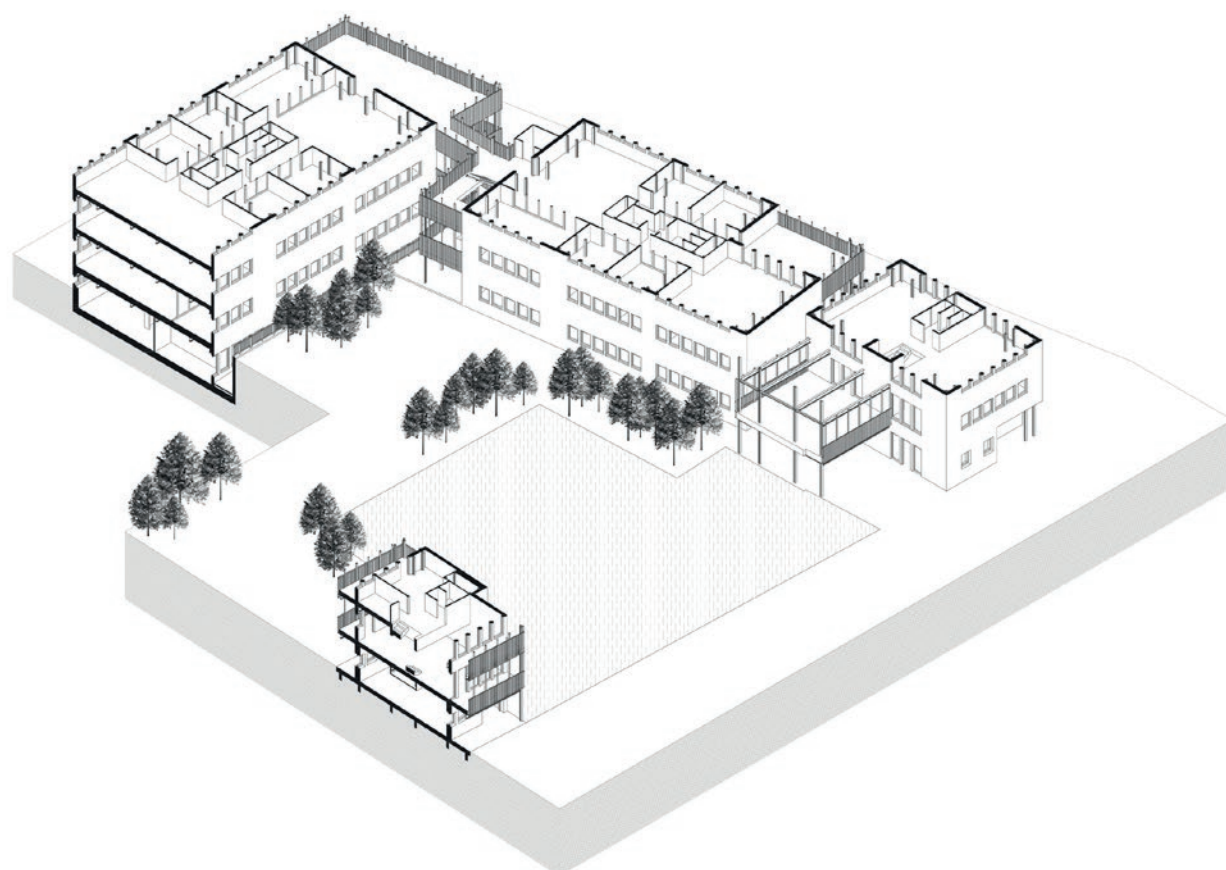
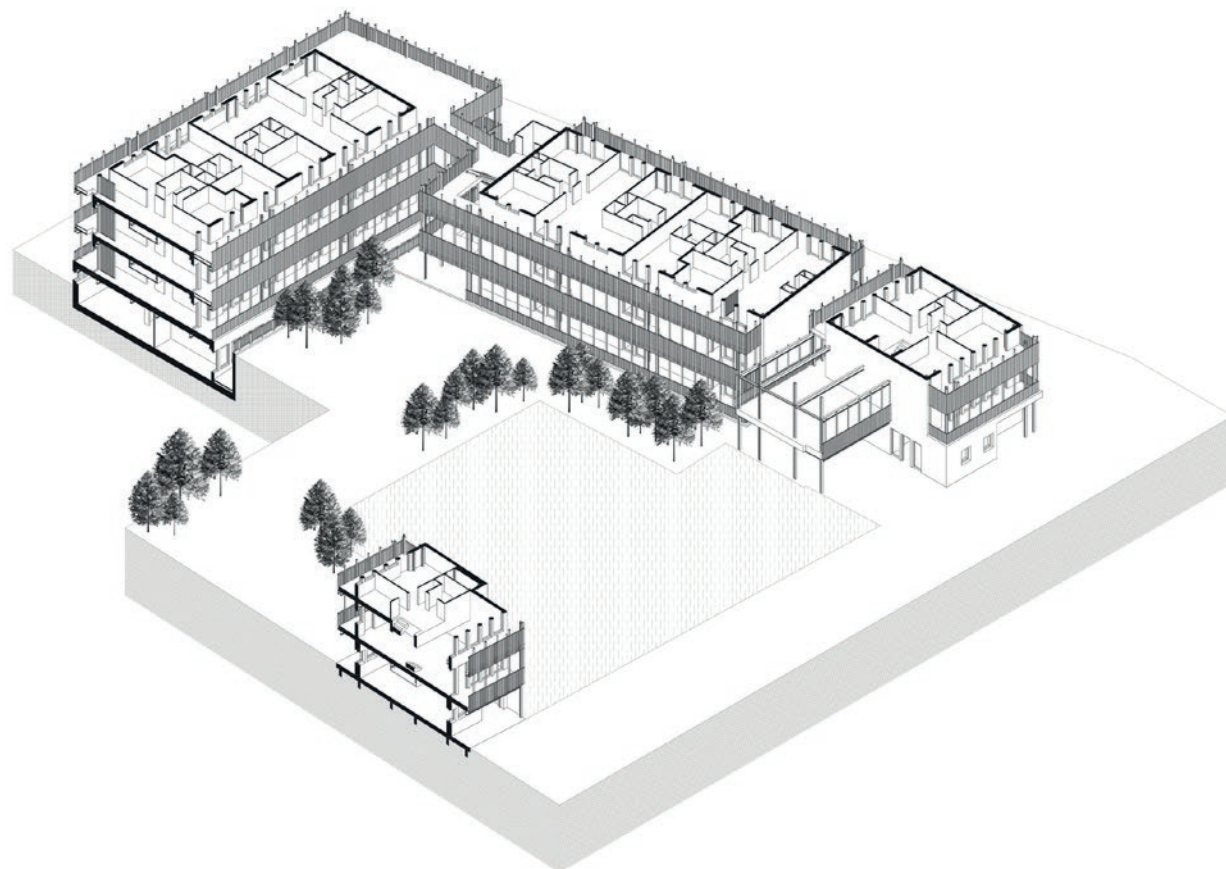


Figure 109 : Comparaison
des axonométries

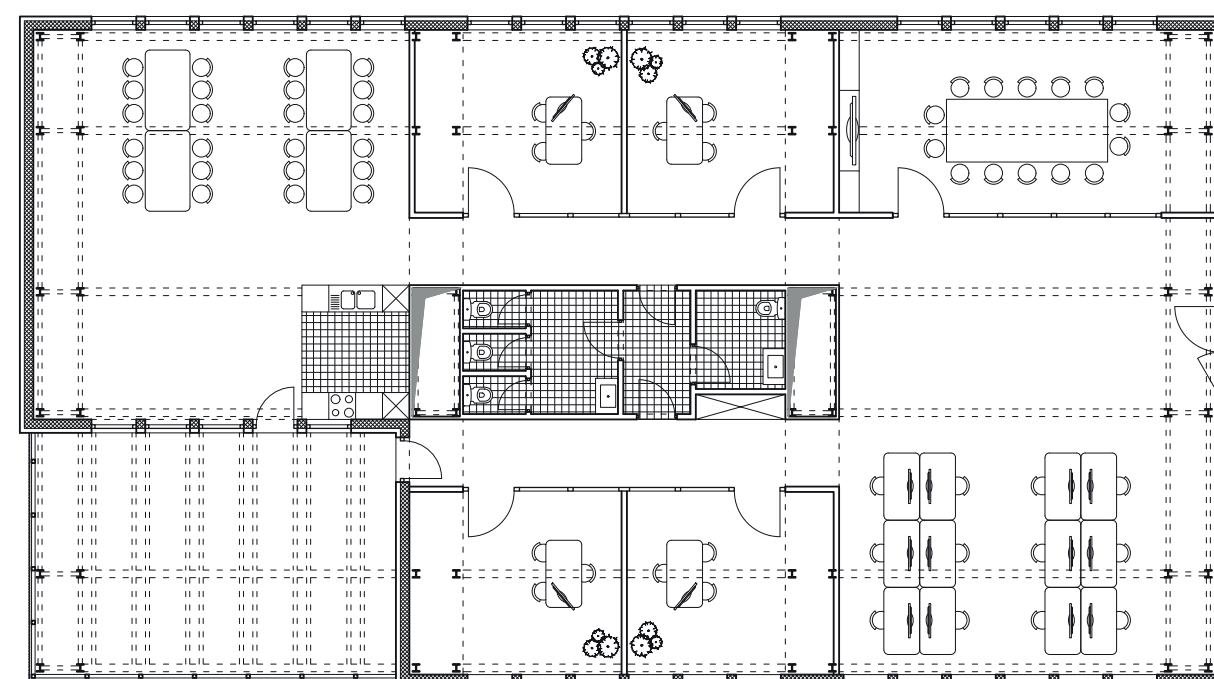
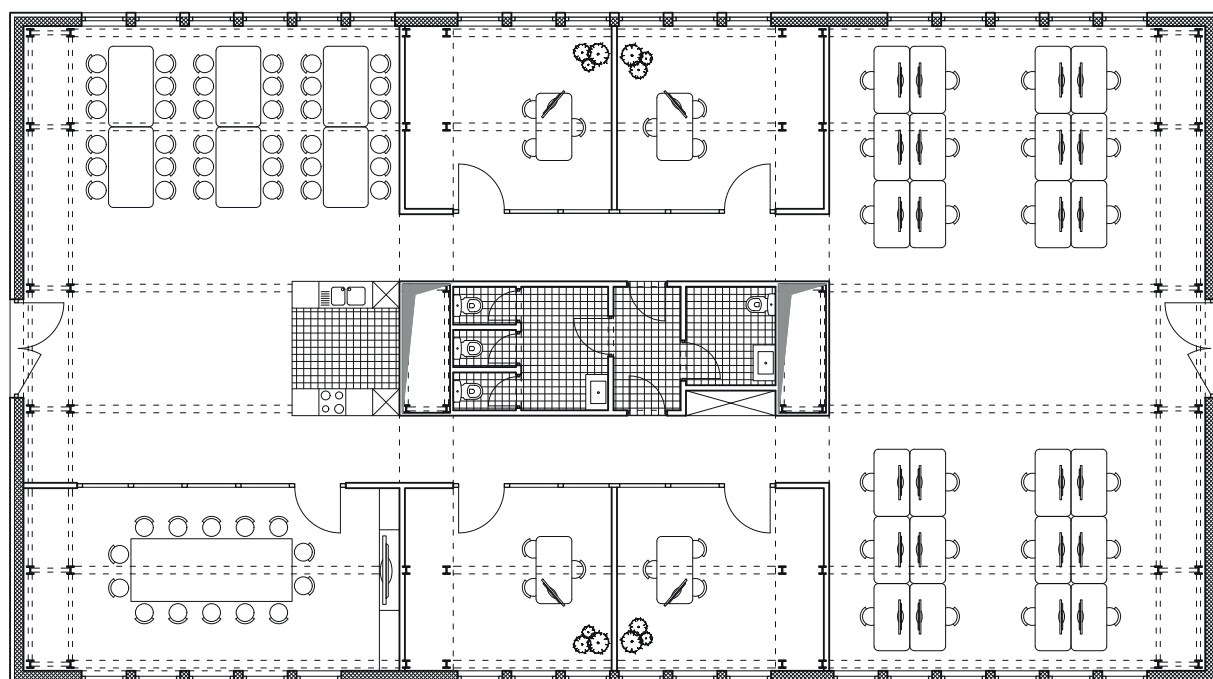
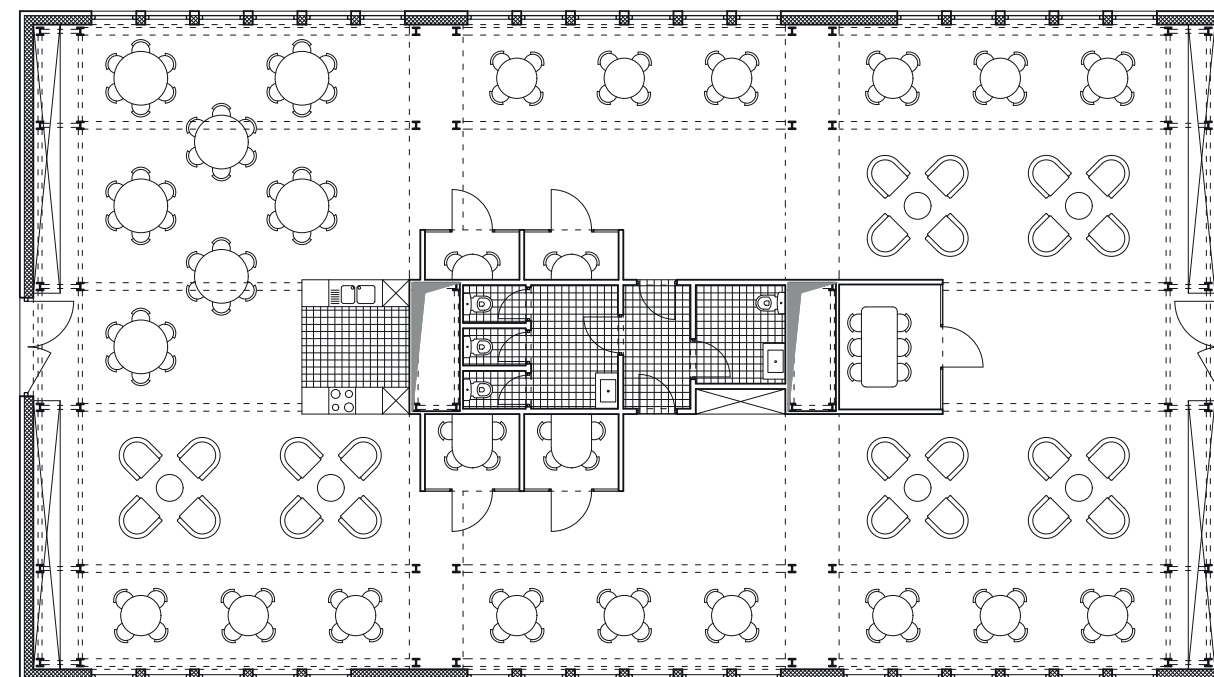
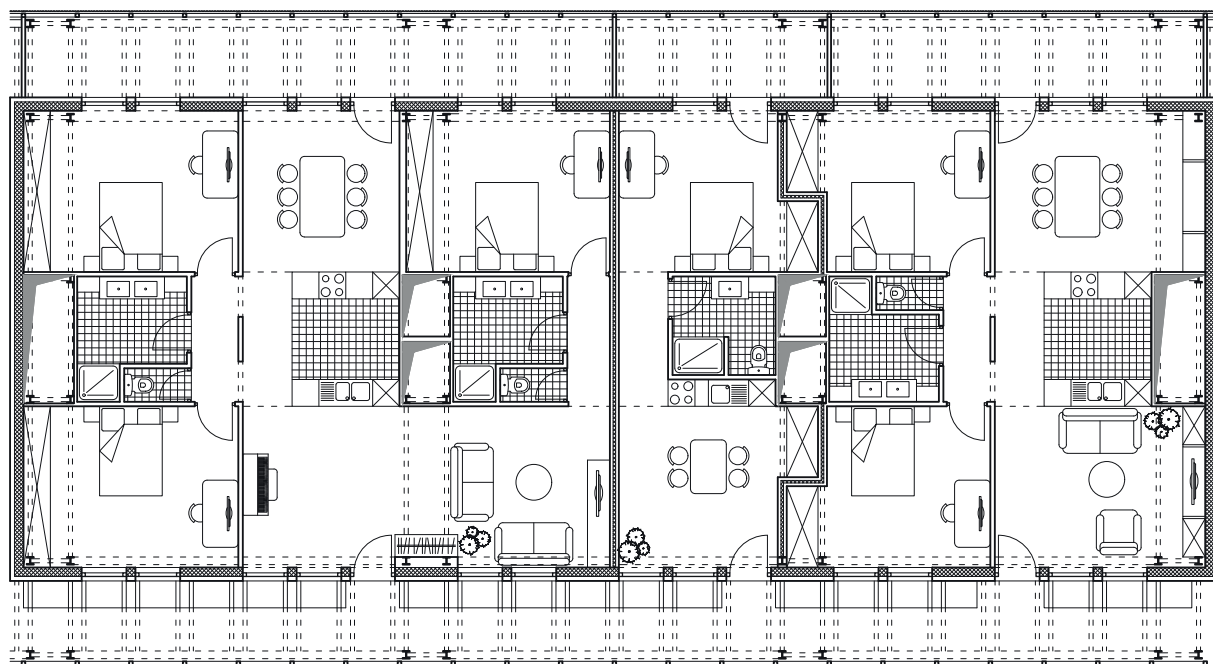


Figure 110 : Comparaison
des plans de 3 modules

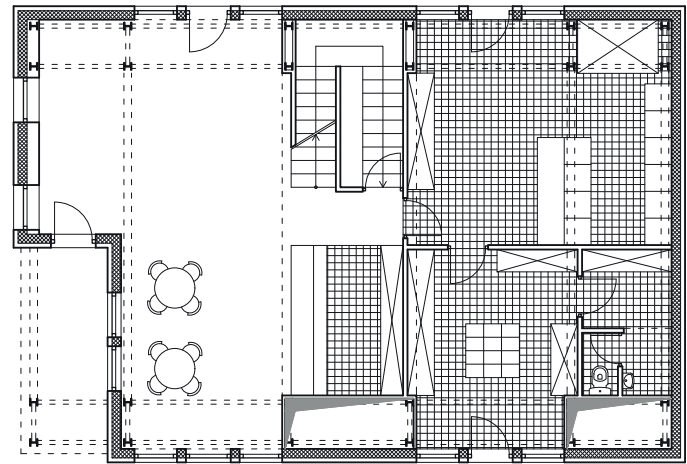
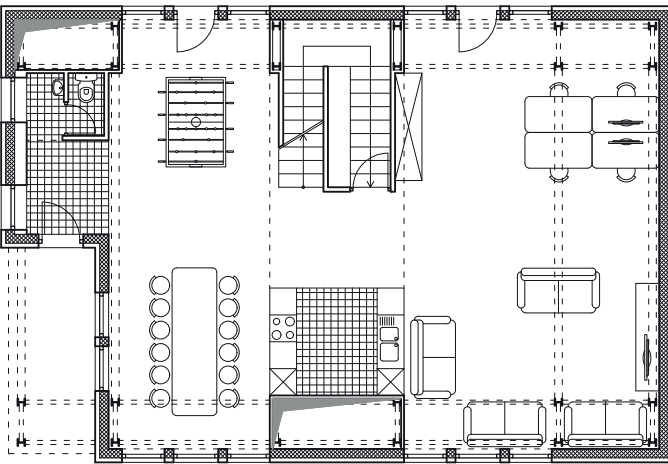
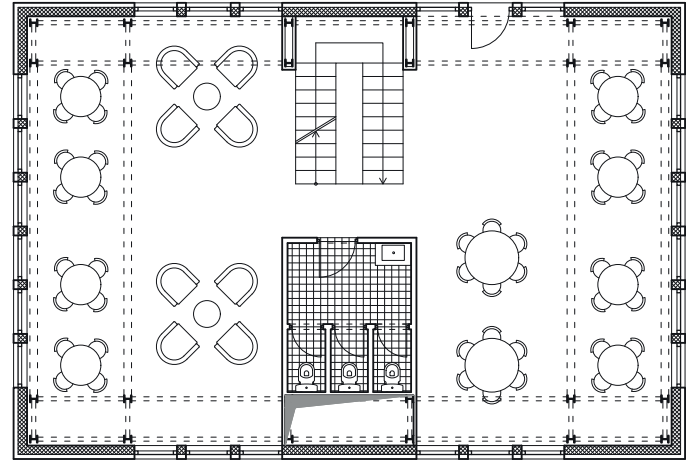
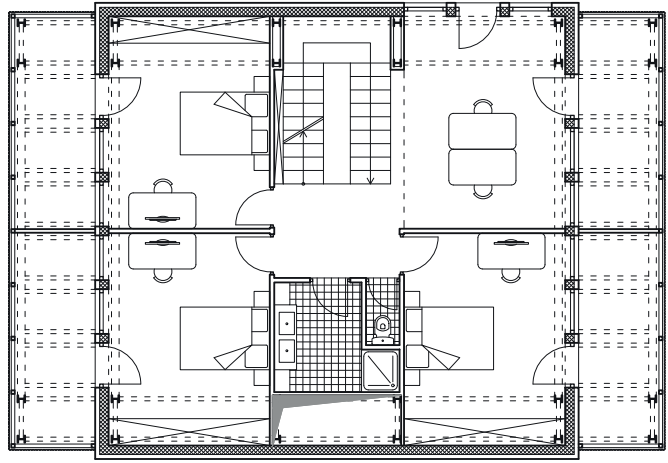
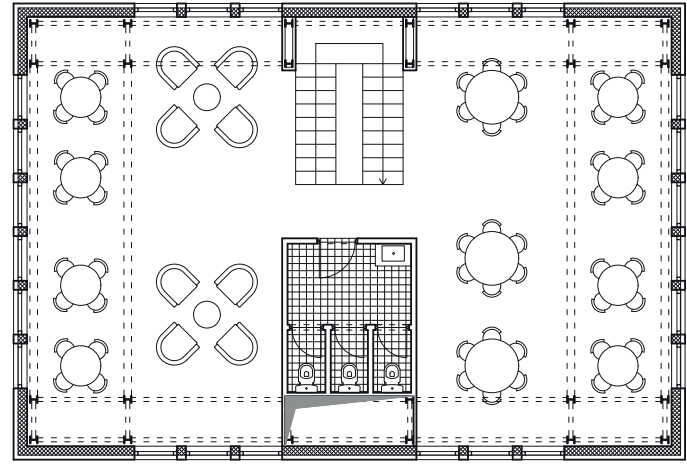
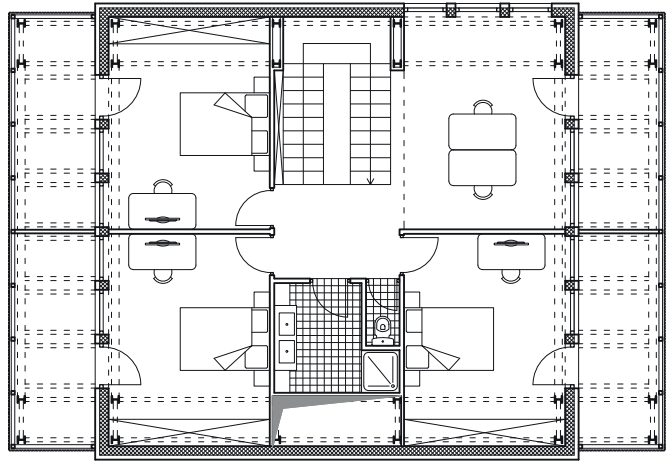
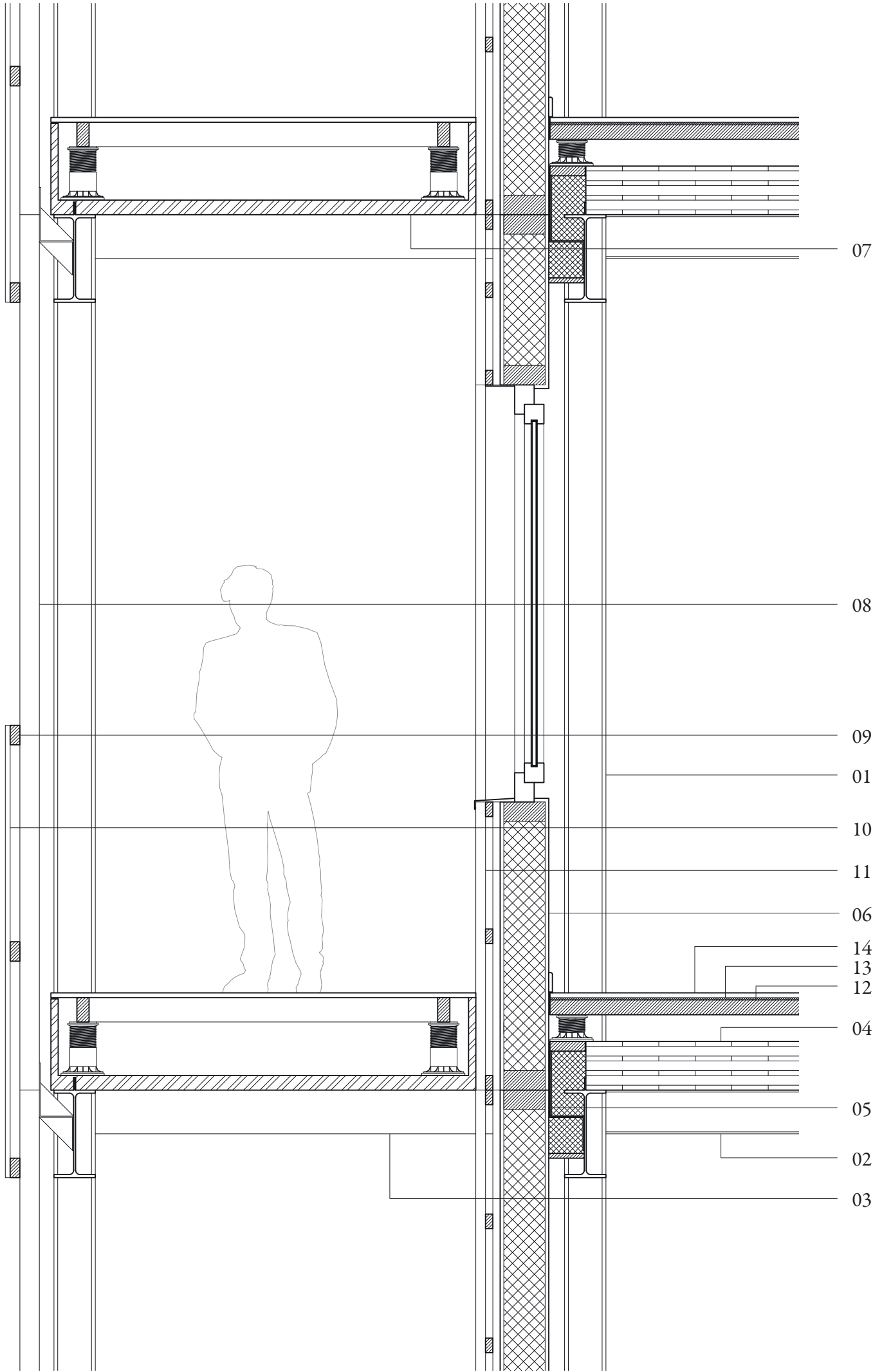


Figure 111 : Comparaison
des plans de 1 module



- 01. Poteau UC 152x152 mm
- 02. Poutre IPE360
- 03. Poutre en bois 9x18 cm
- 04. Plancher CLT 20cm
- 05. Connecteur indépendant
- 06. Module préfabriqué de façade
 - Bardage extérieur
 - Isolation
 - Structure du module
 - Finition intérieure
- 07. Bac acier
- 08. Support bardage 8x8 cm
- 09. Latte 4x8 cm
- 10. Bardage en bois 2x10 cm
- 11. Bardage en bois 4x10 cm
- 12. Plancher bois 120x120 cm
- 13. Isolation acoustique
- 14. Plancher flottant

Pour respecter les différents critères favorisant la réversibilité, le projet est imaginé de manière à favoriser l’indépendance des différentes couches fonctionnelles.

La structure est composée de poteaux et de poutres métalliques assemblés à l’aide de boulons. Cette connexion permet de démonter et de modifier certaines parties de la structure lorsque cela est nécessaire.

Un plancher CLT composé d’éléments de 120 cm de largeur et au maximum de 360 cm de longueur est installé sur les poutres métalliques. Ce plancher est coupé en petits modules pour favoriser leur maniabilité et les possibilités d’aménagement des espaces en enlevant certains. Cela peut permettre d’ouvrir des espaces sur plusieurs niveaux si cela est nécessaire.

Par-dessus ce plancher CLT est installé sur des plots un second plancher composé de panneaux de 120 par 120 cm. Ce second plancher permet de faire passer des techniques légères en-dessous, comme des câbles électriques par exemple, et d’y installer un revêtement de finition sans risquer d’endommager les panneaux de CLT.

La façade est composée de modules de façades de 120 par 360 cm, fixés à la structure à l’aide d’un connecteur indépendant. Ces modules sont auto-portants, et contiennent l’isolation, et les étanchéités à l’eau et à l’air.

Enfin, lorsque le scénario le requiert, des bacs en acier sont installés sur la structure pour y placer les coursives et les balcons. Ces bacs permettent de récupérer l’eau et d’éviter que des objets traversent le plancher et se retrouvent à l’étage du dessous. Les garde-corps sont réalisés à l’aide d’un bardage fixé à la structure grâce aux connecteurs.

Figure 112 : Détail d'une façade avec balcon

6.2.7 Analyse

Cette deuxième proposition offre moins de logements que le projet des résidences actuellement construit, mais elle s’ouvre plus sur le quartier dans lequel elle s’implante. Les logements imaginés peuvent être transformés et accueillir d’autres scénarios d’occupation, ce qui difficilement envisageable au regard de notre analyse de réversibilité (cfr. chap. 6.1) Cette réversibilité permettra de prolonger la durée de vie du bâtiment construit en cas de changement de scénario d’occupations. Pour ce qui est de la réversibilité spatiale, l'application de la grille d'analyse au projet proposé et le travail de trame et d'itération confirme les possibles scénarios d'usage. Dans le cas présent, le module de trame imaginé permet d’y installer des scénarios variés établis avant la conception, et certainement d’autres qui n’ont pas encore été pensés.

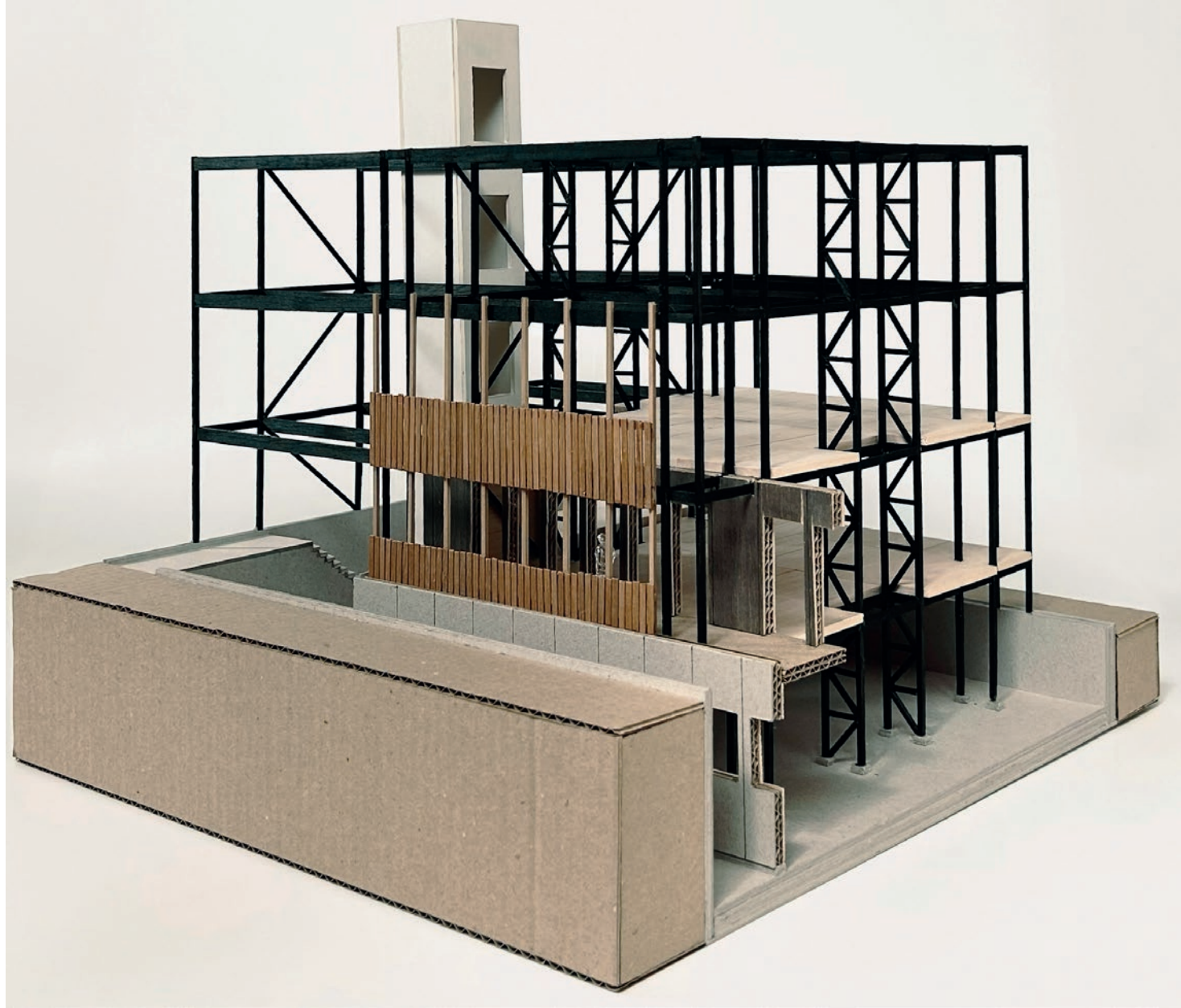
Par contre, en ce qui concerne la réversibilité technique, il est plus compliqué de vérifier que cela fonctionne vraiment tant que le projet n’est pas construit à échelle réelle. En effet, malgré le fait que la plupart des principes utilisés soient issus de solutions déjà mises en œuvre, la réalité du chantier pourrait amener certaines solutions réversibles techniquement lors de la conception à ne plus l’être lors de la construction.

La transmission des données qui concernent la réversibilité de la construction dans le temps est aussi un défi. Dans les Marelles de Georges Maurios, les gens se sont habitués à leur logement, et ils n’ont jamais franchi le pas de le réaménager ou de l’étendre. Il y a donc là-aussi un challenge à relever, pour garantir que lors d’une transformation future, tout ne soit pas simplement démoli.

Tableau 4 : Analyse de l'alternative proposée selon les critères réversibles
Réalisé par l'auteur

		Projet		Alternative
		Années de construction		/
		Type de construction		Nouveau
Critères	Réversibilité spatiale	Scénarios d'utilisation envisagés		Logements, Bureaux
		Dimensions compatibles avec les différents scénarios envisagés		✓
		Les éléments fixes sont regroupés sur les bases d'une trame	Structure	✓
			Techniques	✓
			Circulations	✓
		Les éléments fixes sont capables de s'adapter à un changement d'usage du bâtiment	Structure	✓
			Techniques	✓
			Circulations	✓
	Réversibilité technique	Indépendance fonctionnelle	Peau	✓
			Aménagement intérieur	✓
			Techniques	✓
			Circulations	✓
		La construction anticipe la déconstruction et permet un désassemblage des éléments	Structure	?
			Peau	?
			Aménagement intérieur	?
			Techniques	?
			Circulations	?





Comme énoncé dans l'introduction, l'économie linéaire consistant à extraire - produire - consommer - jeter n'est plus un modèle viable. Le secteur de la construction n'échappe pas à ce modèle. Dans ce contexte, l'architecte, de par sa position centrale dans les projets, a un rôle à jouer et une responsabilité à assurer pour développer les pratiques vers des modèles plus respectueux de l'environnement : consommer moins et produire moins de déchets.

Plusieurs solutions sont déjà mises en place pour tenter d'inverser la tendance, dans tous les domaines. Dans le secteur de la construction, on parle principalement du réemploi que ce soit de matières ou bien d'espaces avec la rénovation et la réhabilitation par exemple. Une autre solution est le recyclage, qui consiste à récupérer des déchets pour produire de nouveaux éléments. Ces solutions font partie d'une économie dite circulaire, qui est l'inverse de la linéaire. L'économie circulaire a pour objectif de fermer le cycle de consommation de la matière, en éliminant les déchets inutilisés et en arrêtant l'extraction de matières premières et l'utilisation de ressources dites vierges. Une dernière solution qui fait partie d'une réflexion circulaire de la manière de consommer et de produire est la réversibilité. Plusieurs personnes ont tenté de proposer une définition pour la réversibilité appliquée à l'architecture. Entre autres, Patrick Rubin considère la réversibilité comme la capacité d'une construction à s'adapter à différentes occupations. Cette capacité est prévue dès le départ, et est réfléchie pour diminuer les coûts de transformation et faciliter les modifications. Le Dr. Elma Durmisevic divise quant à elle la réversibilité de deux manières : la réversibilité

spatiale et la réversibilité technique. Pour résumer, la réversibilité doit être anticipée dès la conception, et elle doit être intégrée aussi bien dans la capacité des espaces à changer facilement de fonction, que dans la capacité des matériaux et autres éléments mis en œuvre de s'adapter à différents scénarios.

La question soulevée par ce travail concerne la mise en évidence des critères et des principes que l'architecte pourrait utiliser afin de concevoir un projet de manière réversible. Dans un premier temps, des critères sont identifiés en étudiant trois théories issues de recherches menées par différents acteurs. Tout d'abord, le travail s'intéresse au système de couches du bâtiment présenté par différents chercheurs comme Stewart Brand, Frank Duffy ou encore Bernard Leupen. Une seconde théorie est le résultat du travail de recherche mené par le projet européen BAMB et continué par Bruxelles Environnement, qui a mené à la publication d'un "guide de conception réversible" et d'une "checklist réversibilité". Ces deux outils présentent différents principes pour une conception réversible. Enfin, Canal Architecture a également présenté des principes pour une conception réversible qui s'inscrivent dans la lignée de la définition proposée par Patrick Rubin, qu'ils appliquent eux-mêmes lors de la conception de projets.

À la suite de l'étude de ces trois théories, plusieurs critères favorisant la réversibilité sont mis en évidence et regroupés dans un tableau. Ce tableau sert ensuite à évaluer la capacité de différents projets qui sont présentés comme réversibles leur potentiel de réaménagements futurs. Ces projets permettent à leur tour d'identifier différents

principes utilisés pour favoriser la réversibilité. Ces principes, comme la trame, les éléments modulaires, la structure technique, ... sont ensuite utilisés pour proposer une alternative à un projet existant.

Ce projet est composé de deux résidences qui abritent des appartements dans le centre-ville de Tournai. Ces résidences sont pensées selon une logique linéaire. Tout ce qui est sur le site est rasé, pour construire à neuf des bâtiments mono-fonctionnels qui nécessiteront de gros travaux pour un changement de scénario d'occupation futur. Ces constructions sont également issues de la promotion immobilière, et répondent plus à une logique de rentabilité que de durabilité.

L'alternative proposée, composée de modules installés selon une trame sur le site, rencontre tout de même un obstacle majeur, qui est le contexte existant. En effet, le site sur lequel s'implante le projet se situe dans un centre urbain et est mitoyen avec des constructions déjà existantes, ce qui est rarement le cas dans les autres projets réversibles étudiés. Les principes et les critères identifiés devront donc être modifiés pour répondre au mieux au programme et au contexte existant. Ce programme évolue également, pour passer d'une conception uniquement de logements en une conception d'espaces plus variés, comme des bureaux ou de l'Horeca, permettant de tester par la même occasion la capacité spatiale et technique du modèle mis en place pour le projet.

Le projet rencontre différentes difficultés, principalement dû au fait qu'il reste exclusivement théorique. Il est en effet difficile d'évaluer la capacité des différentes couches à être effectivement démontable, la réalité du

chantier pouvant altérer certains éléments, mais n'est pas vérifiable tant que le projet n'est pas construit. Il reste néanmoins que l'étape de contrôle de la bonne mise en œuvre des différents principes mis en place pour garantir un changement de scénario d'occupation lorsque cela sera nécessaire.

Une autre difficulté qui pourrait advenir lors d'un changement de scénario d'occupation est la transmission des données. En effet, bien que le projet ait été conçu pour pouvoir accueillir différentes fonctions, rien ne garantit que lorsque ce changement sera nécessaire, celui-ci soit fait en se servant de la réversibilité du bâtiment, qui pourrait avoir été oubliée avec le temps, comme c'est le cas dans le projet des Marelles de Georges Maurios.

Enfin, une dernière difficulté, et pas des moindres, est le coût financier supplémentaire causé par la mise en place de principes réversibles. En effet, au vu de la question de la rentabilité posée par les promoteurs immobiliers, il est important de se demander comment ces derniers pourraient passer d'une réflexion portée sur la rentabilité à une réflexion qui prendrait plus en compte des critères de durabilité. Bien que certains promoteurs, peu nombreux, intègrent cette réflexion, un changement de modèle est nécessaire pour permettre de voir apparaître des constructions réversibles issues de la promotion immobilière. Ceci pourrait par exemple se faire en considérant le bâtiment comme un stock de matériaux qui pourraient être revendus lorsqu'ils ne sont plus utilisés, mais il existe sûrement beaucoup d'autres pistes. On ne peut pas prédire l'avenir, mais on peut anticiper les changements en les intégrant dès la conception.

Figures

Figure 1 : Consommation intérieure de matières en Belgique (en tonnes/habitant) Schéma réalisé par l'auteur, à partir des données d'Indicators - indicators.be

Figure 2 : Production de déchets en Belgique Schéma réalisé par l'auteur, à partir des données de Statbel - statbel.fgov.be

Figure 3 : L'échelle de Lansink economiecirculaire.wallonie.be

Figure 4 : Comment concevoir l'intervention sur l'existant ? Emilie Gobbo, 2023

Figure 5 : Les couches d'un bâtiment Brand, S. (1994). How buildings learn : what happens after they're built. New York : Penguin books.

Figure 6 : Logo de BAMB bamb2020.eu

Figure 7 : Couverture du du livre *Construire Réversible* Architecture C. (2017). Construire Réversible. Paris : Canal architecture.

Figure 8 : Les couches d'un bâtiment Brand, S. (1994). How buildings learn : what happens after they're built. New York : Penguin books.

Figure 9 : Formes d'indépendance fonctionnelles Schéma réalisé par l'auteur - Inspiré par Bruxelles Environnement

Figure 10 : Connexions des groupes d'éléments Schéma réalisé par l'auteur - Inspiré par Bruxelles Environnement

Figure 11 : Les 7 principes de Canal Architecture Architecture C. (2017). Construire Réversible.

Paris : Canal architecture.

Figure 12 : Vue du projet depuis l'espace public annedemians.com

Figure 13 : Distribution du programme annedemians.com

Figure 14 : Vue depuis la terrasse d'un logement annedemians.com

Figure 15 : Focus sur la façade et sa double peau annedemians.com

Figure 16 : Trame et répartition dans les espaces annedemians.com

Figure 17 : Assemblage des blocs de façade bamb2020.eu

Figure 18 : Raccord entre un poteau et une poutre bamb2020.eu

Figure 19 : BRIC1 en cours de chantier bamb2020.eu

Figure 20 : BRIC1 à l'étape finale bamb2020.eu

Figure 21 : Démontage de l'enduit des murs intérieurs bamb2020.eu

Figure 22 : Vue d'ensemble du projet lan-paris.com

Figure 23 : Axonométrie des modules de façade lan-paris.com

Figure 24 : Vue d'un espace intérieur vers un extérieur lan-paris.com

Figure 25 : Maquette de recherche lan-paris.com

Figure 26 : Dessins des modules de façade lan-paris.com

Figure 27 : Elévation de la façade en 2015 lan-paris.com

Figure 28 : Elévation de la façade en 2030 lan-paris.com

Figure 29 : Le CRL pendant l'intervention kaderstudio.eu

Figure 30 : Le CRL après l'intervention kaderstudio.eu

Figure 31 : Essai des différentes cloisons bamb2020.eu

Figure 32 : Le CRL avant l'intervention bamb2020.eu

Figure 33 : Mise en place des plinthes techniques bamb2020.eu

Figure 34 : Installation des cloisons avec gaines bamb2020.eu

Figure 35 : Mise en place des cloisons démontables bamb2020.eu

Figure 36 : Les différents scénarios envisagés bamb2020.eu

Figure 37 : Vue d'ensemble du projet archipelago.be

Figure 38 : Coupe perspective dans le patio environnement.brussels

Figure 39 : Les différents scénarios envisagés environnement.brussels

Figure 40 : Trémies techniques dans la dalle environnement.brussels

Figure 41 : Construction de la dalle

champignon environnement.brussels

Figure 42 : Module de façade avec techniques intégrées environnement.brussels

Figure 43 : Vue du projet depuis l'espace public vergelyarchitectes.com

Figure 44 : Vue du projet depuis l'intérieur d'ilot vergelyarchitectes.com

Figure 45 : Plan aménagé pour des bureaux vergelyarchitectes.com

Figure 46 : Plan aménagé pour du logement vergelyarchitectes.com

Figure 47 : Plan aménagé par les futurs habitants Perianez M., L'habitat évolutif : du mythe aux réalités, 2013.

Figure 48 : Principe de la structure creuse Perianez M., L'habitat évolutif : du mythe aux réalités, 2013.

Figure 49 : Vue du projet Perianez M., L'habitat évolutif : du mythe aux réalités, 2013.

Figure 50 : Recherche en maquette par les habitants Archives Maurios

Figure 51 : Photo de la maquette d'un logement Archives Maurios

Figure 52 : OXY avant la rénovation dds.plus

Figure 53 : OXY après la rénovation dds.plus

Figure 54 : Déconstruction de la façade dds.plus

Figure 55 : Plans aménagés en différentes fonctions
dds.plus

Figure 56 : Vue projetée de l'immeuble
canal-architecture.com

Figure 57 : Les 7 principes appliqués au projet
canal-architecture.com

Figure 58 : Etage aménagé en logements
canal-architecture.com

Figure 59 : Etage aménagé en bureaux
canal-architecture.com

Figure 60 : Etage partagé entre bureaux et logements
canal-architecture.com

Figure 61 : Vue du projet construit
sophie-delhay-architecte.fr

Figure 62 : Plan aménagé du R+2
sophie-delhay-architecte.fr

Figure 63 : Conversion du programme en pièces
sophie-delhay-architecte.fr

Figure 64 : Exemples d'aménagement de cellules
sophie-delhay-architecte.fr

Figure 65 : Tournai en 2024
Réalisé par l'auteur

Figure 66 : Les résidences à Tournai depuis 2015
Réalisé par l'auteur

Figure 67 : Photo du chantier de la Résidence "Les Terrasses de la Renaissance"
Réalisée par l'auteur

Figure 68 : Photo du chantier de la Résidence "Ronda"
Réalisée par l'auteur

Figure 69 : Photo du chantier de la Résidence "7^e Art"
Réalisée par l'auteur

Figure 70 : Photo de la Résidence "Poissonsceaux"
Réalisée par l'auteur

Figure 71 : Le site d'étude, au croisement de deux axes, au pied de la cathédrale
Réalisé par l'auteur

Figure 72 : Plan masse des Résidences et du quartier
Réalisé par l'auteur

Figure 73 : Photo du chantier de la Résidence "7^e Art"
Réalisée par l'auteur

Figure 74 : Photo du site avant 2008
cinematreasures.org

Figure 75 : Photo du site en 2009
google.fr/maps

Figure 76 : Photo du site en 2013
google.fr/maps

Figure 77 : Plan type d'un étage, en rouge les murs porteurs
Réalisé par l'auteur

Figure 78 : Evolution du projet en maquette

Figure 79 : Plan masse du site avant intervention

Figure 80 : Recherches de trame sur le site

Figure 81 : Module pour concevoir le projet

Figure 82 : Comparaison du module avec la structure creuse de Georges Maurios

Figure 83 : Disposition des modules sur le site

Figure 84 : Plans du module aménagé en logements

Figure 85 : Répartition du programme de logement dans les étages

Figure 86 : Plan du rez-de-chaussée avec des logements

Figure 87 : Plan-type d'un étage avec des logements

Figure 88 : Transformation de logements vers des bureaux

Figure 89 : La première proposition en maquette

Figure 90 : Espaces verts publics au centre-ville de Tournai
Réalisé par l'auteur

Figure 91 : Plusieurs dispositions de gaines techniques

Figure 92 : Assemblage des modules entre eux

Figure 93 : La deuxième proposition en maquette

Figure 94 : Plan du RDC du scénario "logements"

Figure 95 : Axonométrie du scénario "logements"

Figure 96 : Plan du R+1 du scénario "logements"

Figure 97 : Plan du R+2 du scénario "logements"

Figure 98 : Plan du RDC du scénario "bureaux"

Figure 99 : Axonométrie du scénario "bureaux"

Figure 100 : Plan du R+1 du scénario "bureaux"

Figure 101 : Plan du R+2 du scénario "bureaux"

Figure 102 : Plan du RDC du scénario "mixte"

Figure 103 : Axonométrie du scénario " mixte"

Figure 104 : Plan du R+1 du scénario " mixte"

Figure 105 : Plan du R+2 du scénario " mixte"

Figure 106 : Plan du R-1 du scénario "mixte"

Figure 107 : Coupe en scénario "logements"

Figure 108 : Coupe en scénario "bureaux"

Figure 109 : Comparaison des axonométries

Figure 110 : Comparaison des plans de 3 modules

Figure 111 : Comparaison des plans de 1 module

Figure 112 : Détail d'une façade avec balcon

Tableaux

Tableau 1 : Critères réversibles
Réalisé par l'auteur

Tableau 2 : Analyse de projets selon les critères réversibles
Réalisé par l'auteur

Tableau 3 Analyse des Résidences "7e Art" et "Courrier de l'Escaut" selon les critères réversibles
Réalisé par l'auteur

Tableau 4 : Analyse de l'alternative proposée selon les critères réversibles
Réalisé par l'auteur

Bibliographie

Architecture, C. (2017). Construire Réversible. Paris: Canal architecture.

Architecture, C. (2022). Construire Réversible à Bordeaux. Paris: Canal architecture.

Brand, S. (1994). How buildings learn : what happens after they're built. New York: Penguin books.

Durmisevic E. (2019). Circular Economy in Construction, Design Strategies for Reversible Buildings, Netherlands

Ellen MacArthur Foundation (2016), Vers une économie circulaire : arguments économiques pour une transition accélérée

Fivet, C. (2021). Déconstruction Sélective - Construction Réversible : recueil pour diminuer les déchets et favoriser le réemploi dans la construction. EPFL.

Galle, W. (BBSM) (2019). Des critères de conception pour guider et inspirer tous les acteurs de la construction. Bruxelles.

Galle, W. (BBSM) (2019). Le bâti, un environnement dynamique. Bruxelles.

Ghyoot, M. (BBSM) (2018). Déconstruction et réemploi : comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.

Henrotay, C. (2023). La Conception Réversible : Guide Pratique. Bruxelles.

Leupen, B. (2006). Frame and generic space : [a study into the changeable dwelling proceeding from the permanent]. Rotterdam: 010 publishers.

Perianez M. (2013). L’habitat évolutif : du mythe aux réalités

Sitographie

Anne Démians : <https://www.annedemians.com>

Archipelago : <https://archipelago.be/fr/>

Buildings As Material Banks : <https://www.bamb2020.eu>

Bruxelles Environnement : <https://environnement.brussels>

Canal Architecture : <https://canal-architecture.com>

Cinema Treasures : <https://cinematreasures.org>

Circular Wallonia : <https://economiecirculaire.wallonie.be/fr>

Clément Vergély : <http://www.vergelyarchitectes.com>

DDS+ : <https://www.dds.plus/fr/>

Earth Overshoot Day : <https://overshoot.footprintnetwork.org>

Guide Bâtiment Durable : <https://guidebatimentdurable.brussels>

Indicators : <https://indicators.be>

Kaderstudio : <http://kaderstudio.eu>

LAN : <https://www.lan-paris.com>

Maps : <https://www.google.fr/maps>

OXY : <https://www.oxybrussels.eu/nl/home/>

Roadrunner : <https://www.roadrunnerwm.com>

Sophie Delhay : <http://sophie-delhay-architecte.fr>

Statbel : <https://statbel.fgov.be/fr>

Tournai : <https://www.tournai.be>

Vie Publique : <https://www.vie-publique.fr>

Wikipedia : <https://fr.wikipedia.org>



Fig. 1 : Plan masse du site d'implantation

Fig. 2 : Principe et assemblage des modules

Fig. 3 : Variation de la disposition des gaines techniques dans le module

Aujourd'hui, nous faisons face à une surconsommation de ressources et à une surproduction de déchets, principalement causées par une économie linéaire qui suit le schéma : extraire - produire - consommer - jeter. Le secteur de la construction n'échappe pas à cette dynamique. Les exemples les plus flagrants sont les logements collectifs issus de la promotion immobilière, qui répondent davantage à des critères de rentabilité qu'à des critères de durabilité. Ces constructions remplacent souvent les bâtiments existants par de nouveaux bâtiments monofonctionnels, ce qui contribue à une utilisation

inefficace des ressources.

La réversibilité propose une approche différente et plus durable. Elle anticipe, dès la conception, les divers scénarios d'occupation des bâtiments nouvellement construits. La conception réversible donne aux espaces des dimensions suffisantes, ils peuvent accueillir diverses fonctions au fil du temps, répondant ainsi aux besoins changeants des occupants et de la société. Par ailleurs, la réversibilité implique une réflexion approfondie sur la construction, en adoptant le principe de séparation des couches

fonctionnelles. Cela permet de modifier les éléments structurels, techniques et d'aménagement indépendamment les uns des autres, facilitant ainsi les adaptations futures sans démolition complète.

En s'appuyant sur différents critères et principes issus des théories et projets de référence étudiés dans la première partie du travail, une seconde partie propose une alternative réversible pour deux logements collectifs issus de la promotion immobilière, construits côte à côte au centre-ville de Tournai.

Concevoir Réversible

Promoteurs & Experte : Emilie Gobbo, Luca Sgambi & Anne-Laure Maerckx

Atelier TEP : Martin Outers, Eric Van Overstraeten

LOUIS CRÉPIN

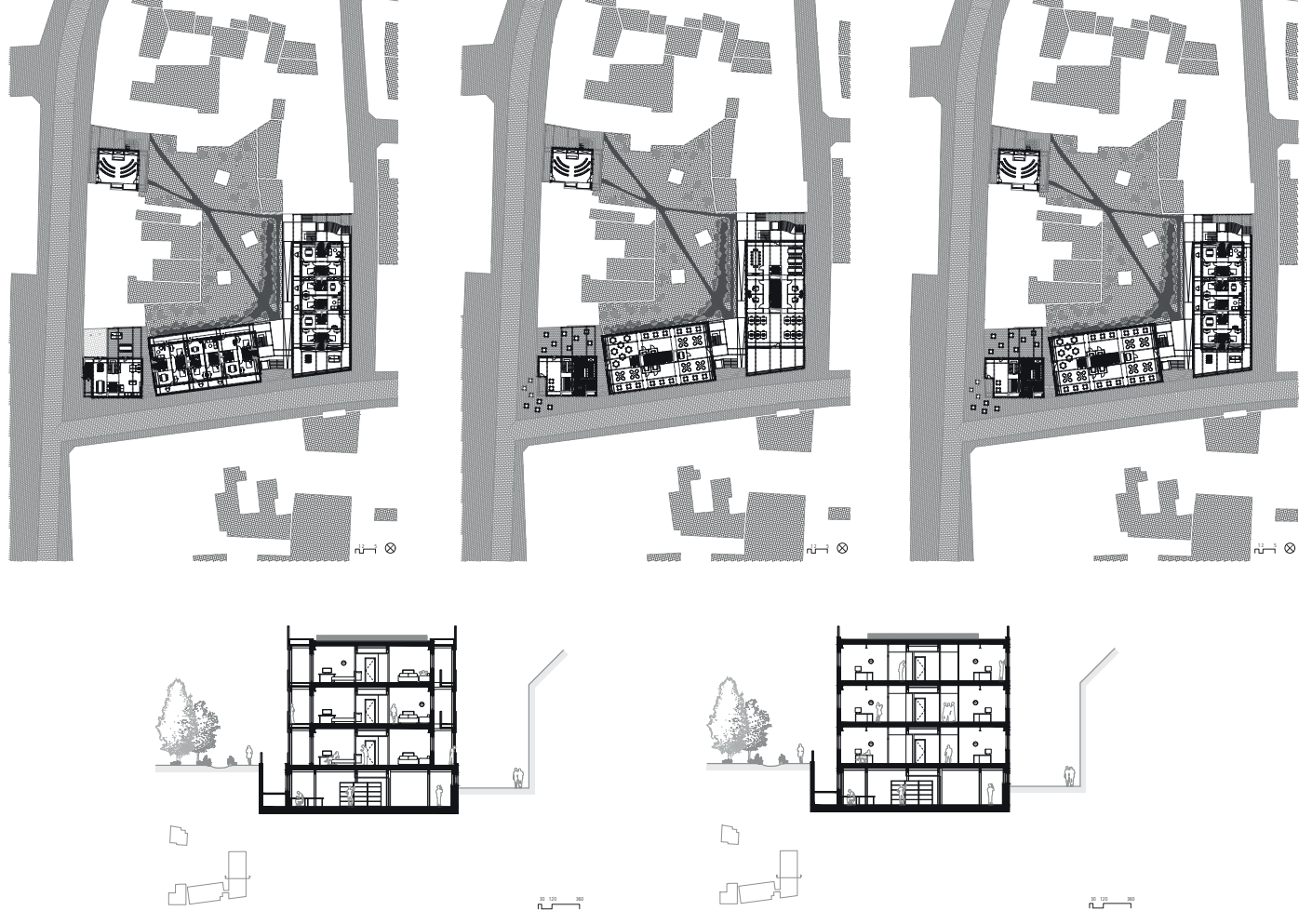


Fig. 4 : Plans du RDC de 3 scénarios : Logements, Bureaux et Mixte

Fig. 5 : Coupe de 2 scénarios : Logements et Mixte

Fig. 6 : Plans des modules aménagés en différents scénarios

Concevoir Réversible

Promoteurs & Experte : Emilie Gobbo, Luca Sgambi & Anne-Laure Maerckx

Atelier Tep : Martin Outers, Eric Van Overstraeten

LOUIS CRÉPIN

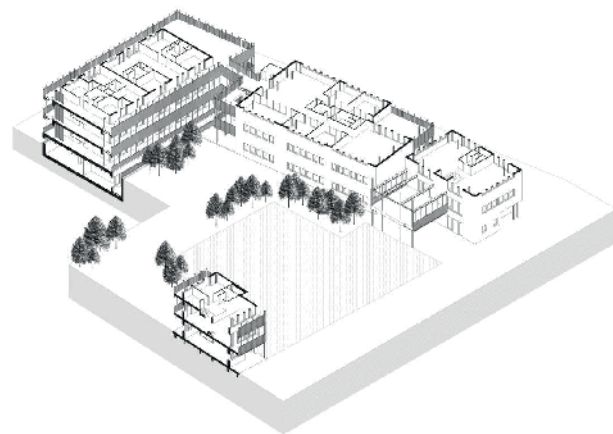
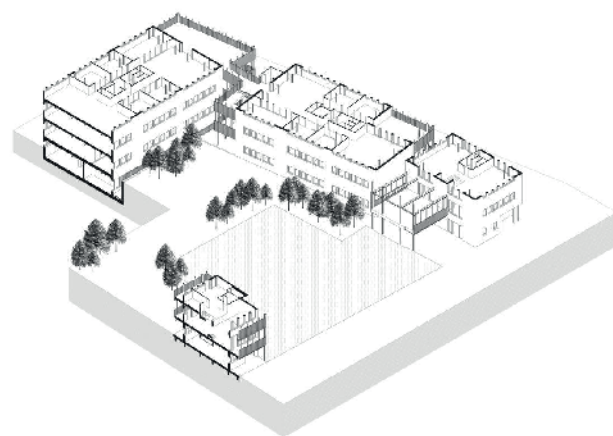
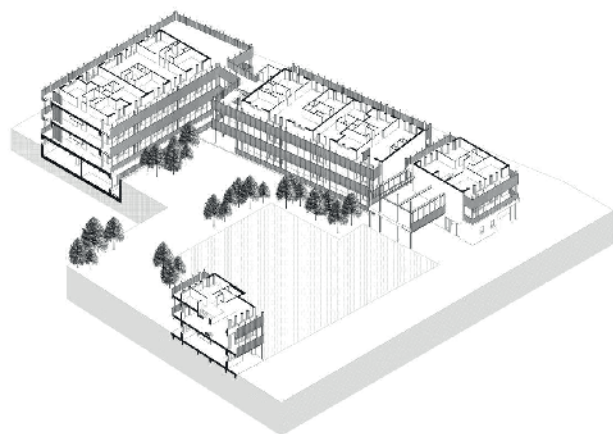


Fig. 7 : Axométrie de trois scénarios
d'occupation : Logements, Bureaux et
Mixte

Concevoir Réversible

Promoteurs & Experte : Emilie Gobbo, Luca Sgambi & Anne-Laure Maerckx

Atelier Tep : Martin Outers, Eric Van Overstraeten

LOUIS CRÉPIN

The background of the entire page is an abstract geometric pattern. It consists of a grid of thin, light gray lines that intersect at various angles, creating a series of small, irregular polygons. Overlaid on this grid are several solid black rectangles of varying sizes and orientations. Some rectangles are aligned with the grid lines, while others are rotated, creating a dynamic and complex visual texture.

Concevoir Réversible

Aujourd'hui, nous faisons face à une surconsommation de ressources et à une surproduction de déchets, principalement causées par une économie linéaire qui suit le schéma : extraire - produire - consommer - jeter. Le secteur de la construction n'échappe pas à cette dynamique. Les exemples les plus flagrants sont les logements collectifs issus de la promotion immobilière, qui répondent davantage à des critères de rentabilité qu'à des critères de durabilité. Ces constructions remplacent souvent les bâtiments existants par de nouveaux bâtiments monofonctionnels, qui contribuent à une utilisation inefficace des ressources.

La réversibilité propose une approche différente et plus durable. Elle anticipe, dès la conception, les divers scénarios d'occupation des bâtiments nouvellement construits. La conception réversible donne aux espaces des dimensions suffisantes pour accueillir diverses fonctions au fil du temps, répondant ainsi aux besoins changeants des occupants et de la société. Par ailleurs, la réversibilité implique une réflexion approfondie sur la construction, en adoptant le principe de séparation des couches fonctionnelles. Cela permet de modifier les éléments structurels, techniques et d'aménagement indépendamment les uns des autres, facilitant ainsi les adaptations futures sans démolition complète.

En s'appuyant sur différents critères et principes issus des théories et projets de référence étudiés dans la première partie du travail, une seconde partie propose une alternative réversible pour deux logements collectifs issus de la promotion immobilière, construits côte à côte au centre-ville de Tournai.