UCLouvain

LOCI Bruxelles Louvain-la-Neuve Tournai Faculté d'architecture d'ingénierie architecturale d'urbanisme

TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES *EN* ET *SUR* L'ARCHITECTURE [LBARC2200]

DECLARATION DE DEONTOLOGIE à intégrer aux documents du TFÉ

Considérant que le plagiat est une faute inacceptable sur les plans juridique, éthique et intellectuel ;

Reconnaissant que le Règlement Général des Etudes et Examens de l'UCLouvain précise la notion de plagiat et décrit les procédures et sanctions liées à sa pratique : https://uclouvain.be/fr/etudier/reglement-general-desetudes-et-des-examens.html

Notant que les étudiant·e·s sont sensibilisé·e·s aux questions d'intégrité intellectuelle durant leur parcours académique et que le site web de l'UCLouvain met à disposition des ressources spécifiques sur le sujet : https://uclouvain.be/fr/etudier/lutter-contre-le-plagiat.html

Je déclare sur l'honneur que ce travail de fin d'étude a été écrit et dessiné de ma plume, sans avoir sollicité d'aide extérieure illicite, qu'il n'est pas la reprise d'un travail présenté dans une autre institution pour évaluation, et qu'il n'a jamais été publié, en tout ou en partie. Toutes les informations (dessins, maquettes, idées, phrases, graphes, tableaux, ...) empruntées ou faisant référence à des sources primaires ou secondaires sont référencées adéquatement selon la méthode universitaire en vigueur.

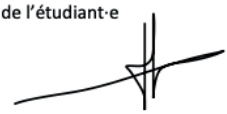
Notant qu'un travail universitaire est le fait d'une production personnelle, réflexive et critique, je déclare en outre avoir fait l'usage suivant des outils d'intelligence artificielle de type agent conversationnel et/ou de production graphique :

	Oui	Non
J'ai utilisé l'IA	X	
J'ai utilisé l'IA pour produire/retravailler des images, auquel cas une mention explicite est indiquée en légende desdites images ;		
J'ai utilisé l'IA pour retravailler/traduire mon texte, auquel cas une mention explicite est indiquée en préambule ;	X	
J'ai utilisé l'IA pour récolter/compiler des données, auquel cas une mention explicite des requêtes formulées et des réponses reçues de l'IA est indiquée dans la section présentant la méthode de recherche ;		
J'ai utilisé l'IA pour synthétiser/analyser de l'information, auquel cas la réponse produite par l'IA est utilisée comme source secondaire faisant l'objet d'une analyse critique personnelle explicite, impliquant que je reconnais comme miens les éléments présentés dans le travail et prends toute responsabilité à leur égard.		

Fait à Bruxelles

Le 01/06/2026

Signature de l'étudiant·e



DÉCOMPOSER POUR REEMPLOYER

La lecture en couche comme outils d'identification des potentiels de réemploi

Le cas de l'ancienne fonderie des ACEC

Marion Blayn

Université catholique de Louvain
Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme (LOCI Bruxelles)

DÉCOMPOSER POUR REEMPLOYER

La lecture en couche comme outils d'identification des potentiels de réemploi

Travail de fin d'étude
de Marion Blayn

Co-promoteurs :
Christophe Gillis
David VANDENBROUCKE
Thomas MONTULET

Expert :
Sébastien Dachy

Université catholique de Louvain
Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme
LOCI Bruxelles

2025 – 2026

RÉSUMÉ

Face à l'urgence environnementale et à l'épuisement des ressources, différentes solutions émergent dans le secteur de la construction. Parmi elles, le réemploi présente un intérêt particulier. Il permet de réduire l'impact carbone du secteur en évitant les émissions liées à la fabrication de nouveaux matériaux et au traitement des déchets. Pourtant, malgré un fort potentiel, elle reste aujourd'hui une pratique marginale.

Ce travail interroge le rôle que peut jouer la lecture en couches dans l'activation de potentiel de réemploi appliqué au bâti industriel. En décomposant le bâtiment en strates, cette grille permet d'identifier, hiérarchiser et activer différents degrés de réemploi. Le bâti industriel, conçu pour durer avec des matériaux robustes et standardisés, constitue à cet égard un terrain favorable.

MOTS-CLÉS

Réemploi des matériaux, Bâtiment industriel, Superposition de couches, Développement durable, Assemblage, Réemploi in situ, Réemploi ex situ, Déconstruction sélective, Diagnostic ressource, Réutilisation, Hiérarchie des déchets, Processus, Réversibilité.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier :

Mes professeurs, Monsieur Christophe GILLIS, Monsieur David VANDENBROUCKE et Monsieur Thomas MONTULET pour leurs conseils, leur écoute, leur investissement ainsi que leur accompagnement tout au long de ce travail de fin d'études.

Mon expert, Monsieur Sébastien DACHY, pour le temps accordé, ses remarques pertinentes, son soutien, son enthousiasme et son regard professionnel qui a grandement enrichi mon travail.

Tous les intervenants, pour leur temps, leur regard avisé et leurs réponses.

Les professeurs de LOCI pour les enseignements qui m'ont transmis au cours de ce cursus.

Mes amis, Guillaume, Maya, Marie-Amélie, Pacôme, Paul, Noémie , Fabrizio, Antoine, Sorenza, Eliott, Victor et Phoebe pour leur soutien, les échanges enrichissants, ces belles années et ces charrettes qui n'auraient pas été les mêmes sans leur joie de vivre.

Ma famille, pour leur soutien, leur présence et leurs encouragements tout au long de ces cinq années d'études.

PRÉFACE

Au cours de mon parcours universitaire, la question du réemploi des matériaux s'est toujours présentée comme une notion abstraite et lointaine. Souvent évoqué dans des discours entourés d'idées reçues. C'est lors de ma première année de master que j'ai réellement découvert la pratique du réemploi. Lors du projet d'architecture, il nous était demandé d'utiliser exclusivement des matériaux de réemploi. Face à cette contrainte initiale, j'ai entrepris des recherches afin de mieux comprendre les enjeux, les méthodes et les possibilités. Cette immersion m'a progressivement permis de dépasser les préjugés souvent associés au réemploi et d'en découvrir toute la richesse. Travailler avec cette matière existante qui nous raconte son histoire et de s'adapter au déjà là m'a tout de suite interpellé.

Sensibilisée aux questions liées aux ressources, aux enjeux environnementaux et curieuse de dépasser les idées reçues souvent associées au réemploi, j'ai choisi d'approfondir cette thématique dans le cadre de ce travail de fin d'études.

TABLES DES MATIÈRES

Introduction 17

Méthodologie 19

État de l'art 20

PARTIE 1 : RECHERCHE THEORIQUE

CHAPITRE 1 : COMPRENDRE LE REEMPLOI : CADRES, ENJEUX ET LIMITES 25

1. Évolution du réemploi dans la construction 27

    1.1 Une pratique millénaire
    1.2 Basculement des pratiques
    1.3 Réémergence contemporaine du réemploi

2. Les enjeux du réemploi dans le secteur de la construction 37

    2.2 Les enjeux financiers du réemploi des matériaux
    2.3 Leviers d'action politique favorisant le développement du secteur du réemploi
    2.4 Enjeux organisationnels et conséquences sur les responsabilités
    2.5 Enjeux techniques

3. Critères d'évaluation du potentiel de réemploi 45

    3.1 Critères d'influence positive
    3.2 Critères d'influence négative
    3.3 Critères techniques

4. Hiérarchie entre déchets et ressources : différents degrés de réemploi 49

    4.1 La hiérarchie des déchets Directive-Cadre (2008/98/CE) comme point de départ
    4.2 Hiérarchie des potentiels de réemploi

5. Processus et méthodologie en vue de réemployer 53

    5.1 Processus inventaire

5.2 Du démontage au reconditionnement

6. Synthèse 60

CHAPITRE 2 : LES COUCHES DU BATIMENT : UNE GRILLE DE LECTURE 63

1. Théorie des couches constructives 65

1.1 Concept de pace layering
1.2 Approche critique de la lecture en couches et adaptation au bâti industriel
1.3 Intérêt lecture décomposée

2. Caractéristiques de chaque couche 69

2.1 Enveloppe
2.2 Isolant
2.3 Structure
2.4 Structure secondaire
2.5 Technique
2.6 Revêtement intérieur

3. Synthèse 76

CHAPITRE 3 : LE BATI INDUSTRIEL COMME RESSOURCE 79

1. Comprendre le bâti industriel 81

1.1 Contexte historique en Belgique
1.2 Logiques constructives et fonctionnelles
1.3 Mutations et adaptations

2. Lecture en couche du bâti industriel : matériaux, assemblages, potentiel de réemploi et remise en œuvre 87

2.1 Enveloppe
2.2 Isolant

2.3 Structure
2.4 Structure secondaire
2.5 Techniques
2.6 Revêtement intérieur

3. Variables et interdépendances entre couches 100

3.1 Couches multifonctionnelles
3.2 Couches dissociées

4. Synthèse 102

CHAPITRE 4 : LE REEMPLOI COMME LEVIER DE PROJET 105

1. Le réemploi dans le processus de projet 107

1.1 Démarche dite « classique »
1.2 Démarche dite « ouverte »
1.3 L'impact de la ressource sur l'ouvrage

2. Adapter ou rénover le bâti existant 115

2.1 Transformer par couche
2.2 Hypothèses de projet (intervention minimale, permanence, réversibilité)

3. Intégrer le contemporain dans le bâti existant 119

3.1 Couche conserver et transformer
3.2 Hypothèse de projet (extension, surélévation, insertion)

4. Construction neuve 123

4.1 Mobilisation des couches
4.2 Hypothèses de projet (système ouvert, réversibilité, flexibilité)

5. Synthèse 125

CONCLUSION 127

PARTIE 2 : CAS D'ETUDE - L'ANCIENNE FONDERIE DES ACEC

1. Contexte historique, urbain et social 133

1.1 Contexte industriel de Charleroi
1.2 Les ACEC
1.3 La fonderie

2. Analyse patrimoniale et architecturale 143

2.1 Lecture en couches du bâtiment existant
2.2 Diagnostic sanitaire et identification des pathologies
2.3 Positionnement par entité de récupération
2.4 Inventaire des matériaux réemployés in situ

3. Programmation 153

3.1 Choix du programme
3.2 Composition du programme
3.3 Organisation et logistique

4. Démarche conceptuelle 161

BIBLIOGRAPHIE 173

ICONOGRAPHIE 179

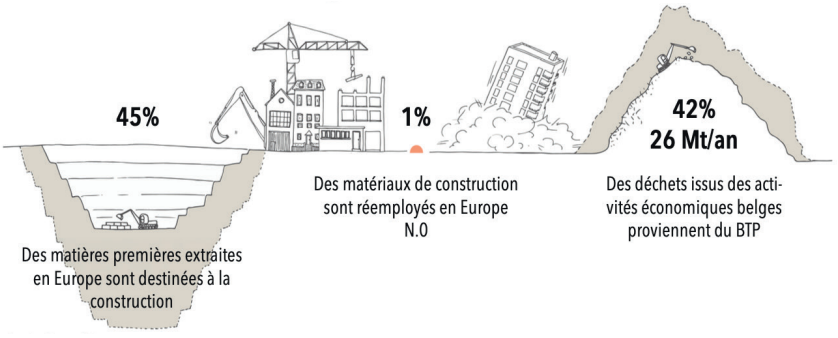

45%
Des matières premières extraites en Europe sont destinées à la construction
1%
Des matériaux de construction sont réemployés en Europe N.0
42%
26 Mt/an
Des déchets issus des activités économiques belges proviennent du BTP

Fig 1

INTRODUCTION

Aujourd'hui, nous vivons dans un monde de consommation dicté par un modèle linéaire : extraire, produire, consommer, jeter. Ce modèle conduit à une surexploitation des ressources et à une production massive de déchets. Le secteur du bâtiment n'y est pas épargné et contribue massivement. En effet, dans l'Union Européenne le secteur représente 40% de la consommation d'énergie, 36% des émissions de carbone et 50% de la consommation des ressources.[1] C'est notamment la critique qu'Ursula Kroeber Le Guin fait dans son ouvrage *Le nom du monde est forêt*, elle imagine une planète, Athshe, située à 27 années-lumière de la Terre.[2] Elle évoque une planète recouverte de forêts et d'un peuple vivant en symbiose avec elles. Cela jusqu'à l'arrivée de colons qui vont exploiter ces ressources jusqu'à épuisement rendant des zones de la planète inhabitables. Cette dystopie fait écho à notre rapport aux ressources : l'épuisement des ressources locales, l'érosion progressive des territoires et la destruction des conditions de vie.

De nombreuses solutions face à ces chiffres émergent notamment dans le secteur de la construction, telles que l'architecture durable, les matériaux biosourcés, l'architecture bioclimatique ou le réemploi. Parmi elles, le réemploi présente un intérêt particulier. Il permet de réduire l'impact carbone du secteur en évitant les émissions liées à la fabrication de nouveaux matériaux et au traitement des déchets. Il stimule l'économie locale en générant des activités de déconstruction, de tri, de nettoyage, de stockage et de revente qui mobilisent un réseau de savoir-faire et d'entreprises de proximité. Pourtant malgré les bénéfices à l'heure actuelle, seulement 1 % des matériaux de construction en Europe du Nord-Ouest sont réemployés, bien qu'un bon nombre d'entre eux soient récupérables.[3] Cette situation a manifestement un impact significatif sur l'environnement.

[1] PONCELET, Florence. ENGELBORGHS, Thieme. (2023). « Le réemploi en pratique : de la déconstruction à la remise en œuvre ». CSTC : Bruxelles. En ligne.
[2] SIMAY, Philippe. (2024). « Bâtir avec ce qui reste ». Terre Urbaine : Condé-en-Normandie.
[3] Bruxelles Environnement. (2023). « Le projet FCRBE : promotion du réemploi des matériaux de construction ». Bruxelles Environnement. En ligne.

C'est dans ce décalage entre potentiel et réalité que s'inscrit ce travail. Notamment à travers le bâti industriel qui constitue à cet égard un terrain d'exploration particulièrement riche. Ces bâtiments témoins d'une époque marquée par l'industrialisation sont souvent confrontés à la pression foncière et à l'obsolescence de leurs usages, les menant à leur démolition.

Construits pour durer avec des matériaux robustes et standards, ce travail de recherche interroge le potentiel des matériaux du bâti industriel à travers une lecture en couche pour en interroger chaque composant. Ainsi la question centrale de ce travail est comment l'analyse en couches d'un bâtiment industriel permet-elle d'identifier, hiérarchiser et activer différents potentiels de réemploi ?

Pour y répondre, ce travail s'organise en deux grandes parties. La première partie développe le cadre théorique. Elle explore dans un premier chapitre le réemploi afin d'en comprendre le cadre, les enjeux et sa pratique. Dans un second chapitre, la lecture en couche est présentée comme une grille de lecture. Dans le troisième chapitre, cette grille est ainsi appliquée pour identifier les matériaux, les assemblages et les potentiels de réemploi qui en découlent. Le quatrième chapitre explore comment le réemploi devient un levier de projet.
La seconde partie met en application la lecture en couche du cas de l'ancienne fonderie des ACEC à Charleroi. La lecture permet d'y identifier, hiérarchiser différents potentiels de réemploi et permet une expérimentation en projet.

MÉTHODOLOGIE

Ce travail s'appuie sur une démarche de recherche combinant deux approches complémentaires.

L'approche bibliographique constitue la base théorique. Elle s'appuie sur des ouvrages de référence, des guides de bonnes pratiques, etc.

L'approche empirique a permis quant à elle de confronter les constats théoriques à la réalité et d'en nuancer certaines analyses. Elle s'organise selon deux types de travaux. Des entretiens ont été menés avec des acteurs professionnels du secteur, notamment des spécialistes de chez BatiTerre et Rotor, deux structures importantes dans le réemploi en Belgique. Ces échanges ont permis de comprendre les freins, les savoir-faire et les logiques de mise en œuvre réelles. Un sondage a également été publié afin de recueillir un regard plus large sur les perceptions et les pratiques des acteurs de la construction vis-à-vis du réemploi. Enfin, la participation à des événements spécialisés dont le webinaire numéro 18 organisé par la Scop des 2 Rives, qui a permis des échanges avec des praticiens engagés sur ces questions.

La structuration de ce travail suit une logique progressive et cumulative. Le réemploi est ainsi abordé en premier lieu afin d'en comprendre le cadre, les enjeux et les conditions de mise en œuvre qui constituent les bases de l'évaluation du réemploi. Dans la même logique les bases de la grille de lecture sont définies. Ces deux outils sont ensuite croisés avec le bâti industriel. Pour finir, le réemploi traduit des leviers de projet. Chaque chapitre permet ainsi d'enrichir le suivant.

Dans le cadre de la rédaction de ce travail de fin d'études, des outils d'intelligence artificielle ont été utilisés comme assistance à la rédaction. Leur utilisation s'est limitée à la reformulation de textes initialement rédigés par moi-même. L'objectif étant d'améliorer la clarté, la fluidité et la qualité de l'expression écrite.
L'intelligence artificielle a également été mobilisée ponctuellement pour proposer une structuration de certaines parties du document, afin de faciliter l'organisation et la cohérence du contenu. Pour finir, elle a servi d'outil de correction linguistique pour la vérification de la grammaire et de l'orthographe.

ÉTAT DE L'ART

Le réemploi étant une pratique qui a été très largement documentée, ce travail s'appuie alors sur un corpus de références diversifié suivant les trois premières parties : le réemploi, le concept de lecture en couches et le bâti industriel.

Afin de rédiger le chapitre 1 sur la pratique du réemploi des matériaux de construction, je me suis appuyée sur l'ensemble de documentations publiées dans le cadre du projet FCRBE financé par le programme européen Interreg North-West Europe. Le projet FCRBE (Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Eléments) est une initiative qui a pour ambition d'augmenter de 50% la circulation des éléments de réemploi dans le secteur de la construction en Europe du Nord-Ouest.[4] Le projet se concentre sur la France, la Belgique, le Royaume-Uni, et couvre avec moins d'intensité les Pays-Bas, l'Irlande et le Luxembourg. Depuis janvier 2019, le projet est mené par Rotor en collaboration avec 11 partenaires dont Bruxelles Environnement, Buildwise, Embuild, CSTB, Bellastock et l'Université de Brighton.[5] Cette collaboration entre institutions publiques, centres de recherche et acteurs professionnels vise à développer des outils concrets pour faciliter l'intégration du réemploi dans les pratiques de la construction. Le projet a ainsi permis de produire un ensemble de ressources destinées aux professionnels de la construction. On y retrouve un ensemble de guides, de méthodes, de répertoires, de projets pilotes et de feuilles de route relayées par différentes plateformes comme le Guide Bâtiment Durable, Opalis, Rotor, Bruxelles Environnement. Parmi ces principaux outils, les ouvrages « Un guide pour l'identification du potentiel de réemploi des produits de construction avant la démolition », « Le réemploi en pratique : de la déconstruction à la mise en œuvre », « Atlas des centres de réemploi et des modalités de soutien public » et « Stratégies de prescription : intégrer le réemploi dans les projets de grande échelle et les marchés publics » ont permis d'enrichir ce travail.

[4] PONCELET, Florence. ENGELBORGHS, Thieme. (2023). « Le réemploi en pratique : de la déconstruction à la remise en œuvre ». CSTC : Bruxelles. En ligne

[5] Bruxelles Environnement. (2023). « Le projet FCRBE : promotion du réemploi des matériaux de construction ». Bruxelles Environnement. En ligne.

En parallèle de ces publications issues du projet FCRBE, on retrouve de nombreux documents qui ont été utiles pour comprendre la pratique du réemploi tels que « Objectif réemploi : Pistes d'action pour développer le secteur du réemploi des éléments de construction en Région de Bruxelles-Capitale », rédigé par Rotor.

Les ouvrages « Réemploi de matériaux et d'éléments de construction », « Recyclage des matériaux : une solution complémentaire au réemploi » et « Vade-mecum pour le réemploi hors-site : Comment extraire les matériaux réutilisables de bâtiments publics ? » ont également permis de compléter la base théorique.

Le concept de lecture en couche d'un bâtiment développé dans le chapitre 2 s'appuie sur l'ouvrage *How buildings learn : what happens after they're built* dans lequel Stewart Brand propose une réflexion sur la manière dont les bâtiments évoluent au cours du temps. Il explique que les bâtiments sont soumis à des transformations constantes liées à l'évolution des courants culturels, aux modes, la fluctuation de la valeur immobilière et les changements d'usage. Et que ces derniers sont composés de strates et dont le rythme d'évolution varie.

Il met en évidence un paradoxe entre la conception de l'architecture et la réalité de son évolution. D'après lui, nous imaginons l'architecture comme immuable bien que les bâtiments se transforment continuellement :

> « Presque aucun bâtiment ne s'adapte bien. Ils sont conçus pour ne pas s'adapter ; on ne les a pas budgétisés, financés, construits, administrés, entretenus, réglementés, taxés, ni même rénovés. Pourtant, tous les bâtiments (à l'exception des monuments) s'adaptent malgré tout, aussi mal soit-il, car leurs usages, à l'intérieur comme à l'extérieur, évoluent constamment ».[6]

Il développe que cette incapacité à intégrer le changement proviendrait du fait que les bâtiments sont conçus, financés et réglementés sans prendre en compte son évolution dans le temps. Et lorsque nous avons affaire à des bâtiments, nous avons affaire à des décisions prises il y a longtemps pour des raisons qui nous dépassent.

[6] BRAND, Stewart. (1995). How buildings learn : What happens after they're built. New York : Penguin books. Traduction personnelle.

Ainsi, l'architecture doit être comprise comme un processus évolutif dans lequel les bâtiments sont continuellement façonnés par leurs occupants et leurs usages. Il propose une lecture plus dynamique du rapport entre forme et fonction en s'appuyant notamment sur la citation de Winston Churchill selon laquelle « Nous façonnons nos bâtiments, et ensuite nos bâtiments nous façonnent ».[7] Il complète ce raisonnement en parlant d'un cycle continu où la fonction transforme la forme perpétuellement : « D'abord, nous façonnons nos bâtiments, puis ils nous façonnent, puis nous les façonnons à nouveau et ainsi de suite, à l'infini ».[8] Pour comprendre ses transformations, Brand se réfère à Frank Duffy qui est le principal théoricien du rythme d'évolution des bâtiments.

L'ouvrage *How buildings learn : what happens after they're built* propose une vision de l'architecture comme un processus évolutif, où les bâtiments doivent être pensés comme un assemblage de couches ayant des temporalités différentes. Cette approche me permet un cadre théorique pour identifier les couches et les potentiels de réemploi que cela engendrera.

Pour finir, les recherches concernant le bâti industriel, c'est enrichi de plusieurs lectures. Pour comprendre l'histoire l'ouvrage « Une brève histoire de la politique de valorisation du patrimoine industriel en Belgique » et le chapitre « la situation économique entre 1845 et 1865 » du tome 2 de *La bande noire* ont été des sources utiles pour regrouper l'ensemble de ces informations. Concernant les informations sur les typologies de bâti industriel je me suis appuyée sur la revue « Reconversions. L'architecture industrielle réinventée » et le travail de fin d'études « Résilience du bâti industriel : hypothèse de méthodologie d'intervention résiliente comme vecteur de réhabilitation du patrimoine ».

[7] Ibid. Traduction personnelle.
[8] Ibid. Traduction personnelle.

PARTIE 1

RECHERCHE THEORIQUE

CHAPITRE 1

COMPRENDRE LE REEMPLOI : CADRES, ENJEUX ET LIMITES

1. PERSPECTIVE HISTORIQUE DU REEMPLOI

1.1 Une pratique millénaire

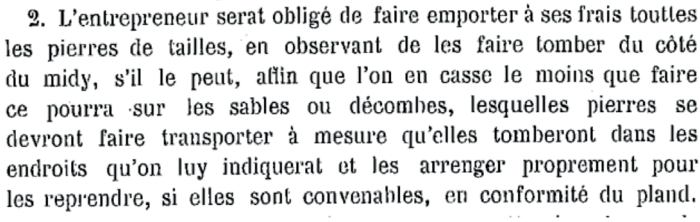
Le réemploi est une pratique qui a été très largement utilisée au cours de l'histoire. Elle constituait une manière courante de construire directement liées aux contraintes d'accès aux ressources, aux coûts des matériaux et aux moyens de transport limités. En effet, à l'époque où le transport prenait du temps et dépendait des sources d'énergie humaine et animale, tout ce qui était à portée de main était bienvenu.[9] Les ruines et bâtiments désaffectés servaient alors de carrières. Les démolitions étaient minutieuses pour permettre de réutiliser le plus de matériaux possibles.

À la fin de l'Empire Romain, le réemploi faisait même l'objet de cadres réglementaires. Des documents légaux témoignant d'une véritable éthique en matière de réemploi. Dans la section de *operibus publicis*, le code de Théodose II stipule que la démolition de ces édifices n'était permise qu'en cas de dommages irréparables et à condition qu'un maximum de composants soit démonté avec soin afin d'être employé plus tard.[10] Ces dispositions traduisent l'existence d'une véritable culture du réemploi, intégrée aux pratiques constructives de l'époque.

Plus récemment, on retrouve dans les archives de nombreuses traces d'une pratique du réemploi courante. Lors d'une démolition, le propriétaire d'un édifice mettait en vente son bien. Soit le bâtiment était intégralement mis en vente, soit il était divisé en somme de lots de matériaux attribués à l'acheteur le plus offrant.[11] D'ailleurs, le métier de démolisseur était pratiquement indissociable de celui de revendeur de matériaux. En effet, de nombreuses entreprises de démolitions disposaient de magasins afin de revendre les matériaux qu'ils récupéraient.[12] Cela représentait dès lors une source de revenus supplémentaires.

[9] GHYOOT, Michaël. DEVLIEGER, Lionel. BILIET, Lionel. WARNIER, André. ROTOR. (2018). Déconstruction et réemploi : Comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.
[10, 11] Ibid.
[12] Bruxelles Environnement. (2024). « Un peu d'histoire : raviver une pratique ancienne ». Guide Bâtiment Durable. Bruxelles Environnement.

Les archives témoignent de cette culture du réemploi. Loin d'être une pratique abstraite ou marginale, elle se retrouve consignée dans des documents ordinaires, tels que dans les cahiers des charges, sur des affichettes ou des annonces publiques. Cela révèle à quel point récupérer et réemployer les matériaux relevait d'un réflexe évident dans la manière de construire et de démolir.

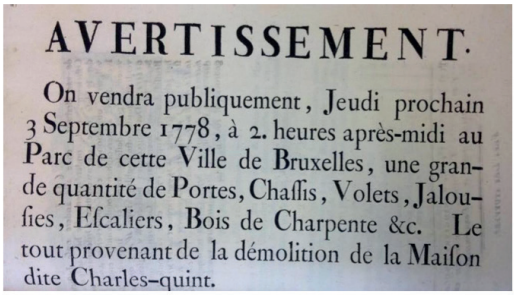


2. L'entrepreneur serat obligé de faire emporter à ses frais touttes les pierres de tailles, en observant de les faire tomber du côté du midy, s'il le peut, affin que l'on en casse le moins que faire ce pourra sur les sables ou décombes, lesquelles pierres se devront faire transporter à mesure qu'elles tomberont dans les endroits qu'on luy indiquerat et les arrenger proprement pour les reprendre, si elles sont convenables, en conformité du pland.

Fig 2 : Extrait du cahier des charges pour la rénovation de l'église de Chimay

Extrait du cahier des charges pour la rénovation de l'église de Chimay. La maîtrise d'ouvrage demande à l'entreprise de récupérer les pierres de taille et explique le procédé pour les démonter en les faisant tomber sur du sable pour ne pas les abîmer. Il est également explicité de les disposer proprement pour les réemployer « si elles sont convenables. » C'est-à-dire que la qualité et sa potentialité de réemploi sont laissées à l'appréciation de l'entreprise.
Cet extrait met en évidence la simplicité de la procédure, en quelques lignes il est expliqué la demande de conservation, sa dépose et le jugement de la qualité.[13]

[13] GHYOOT, Michaël. (2024). « Conférence de Michaël Ghyoot (ROTOR) ». Conférence donnée à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Lille. En ligne.


AVERTISSEMENT.

On vendra publiquement, Jeudi prochain 3 Septembre 1778, à 2. heures après-midi au Parc de cette Ville de Bruxelles, une grande quantité de Portes, Chaſſis, Volets, Jalouſies, Eſcaliers, Bois de Charpente &c. Le tout provenant de la démolition de la Maiſon dite Charles-quint.

Fig 3 : Affichette placardée dans la ville pour la vente de matériaux

En 1778, les autorités publiques décident de procéder à la démolition du palais du Coudenberg qui avait été incendié auparavant. Ainsi, ils placardent dans la ville des affichettes qui annoncent une vente publique des matériaux.[14]



Fig 4 : Chantier de démolition du palais de Granvelle

En 1928, la démolition du palais de Granvelle est annoncée pour laisser place à la jonction ferroviaire.[15] On remarque un panneau écrit « matériaux de façade à vendre », le chantier de démolition devient un magasin pour les acteurs qui veulent s'approvisionner en matériaux. On observe également la qualité du tri et le soin à garder les matériaux.

[14] GHYOOT, Michaël. DEVLIEGER, Lionel. BILIET, Lionel. WARNIER, André. ROTOR. (2018). Déconstruction et réemploi : Comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.
[15] GHYOOT, Michaël. (2024). « Conférence de Michaël Ghyoot (ROTOR) ». Conférence donnée à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Lille. En ligne.

1.2 BASCULEMENT DES PRATIQUES

L'industrialisation marque une rupture dans la manière d'appréhender la démolition et la construction. En effet, l'industrialisation fait émerger de nouvelles méthodes de production de masse permettant la production rapide de matériaux en grande quantité et à moindre coût.[16] Les matériaux de récupération perdent ainsi en valeur face aux matériaux neufs. Pourquoi prendre le temps de démonter soigneusement un bâtiment pour en extraire des ressources, quand celles-ci peuvent être produites industriellement à un prix équivalent, voire inférieur ? Cette logique de rentabilité fait émerger de nouvelles méthodes de démolition avec des engins plus puissants entraînant ainsi la mécanisation de la démolition. L'arrivée du marteau piqueur, du moteur diesel pour articuler les grues à grappin et bulldozer, accélère ainsi la vitesse des démolitions des chantiers au détriment de la récupération des matériaux.[17] Dans le même temps, la hausse du coût de la main-d'œuvre, portée par les mouvements de revendication sociale, rend le démontage économiquement peu viable face au prix de démolition et des matériaux neufs. Les bâtiments devenus obsolètes sont dès lors considérés comme un problème face à la spéculation foncière imposant de libérer les terrains le plus rapidement.

Au 20ème siècle, la pratique du réemploi disparaît ainsi progressivement au profit de nouvelles logiques de déconstruction. Les opérateurs de démolitions deviennent des postes coûteux et le bâtiment n'est plus considéré comme un ensemble de ressources, mais comme un tas de déchet à évacuer. Ce bouleversement se cristallise sous l'instauration d'un nouveau régime, celui du système des pénalités de retard et des bonus pour une démolition achevée avant le délai. Ces primes et pénalités élevées font émerger une nouvelle figure de démolisseur : les champions de la vitesse.[18] L'industrialisation offrant des matériaux à bas coût et la nécessité de rapidité développe ainsi un mode de vie basé sur le consumérisme de masse instaurant une culture du neuf.

[16] GHYOOT, Michaël. DEVLIEGER, Lionel. BILIET, Lionel. WARNIER, André. ROTOR. (2018). Déconstruction et réemploi : Comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.
[17] GHYOOT, Michaël. (2024). « Conférence de Michaël Ghyoot (ROTOR) ». Conférence donnée à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Lille. En ligne.
[18] GHYOOT, Michaël. DEVLIEGER, Lionel. BILIET, Lionel. WARNIER, André. ROTOR. (2018). Déconstruction et réemploi : Comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.

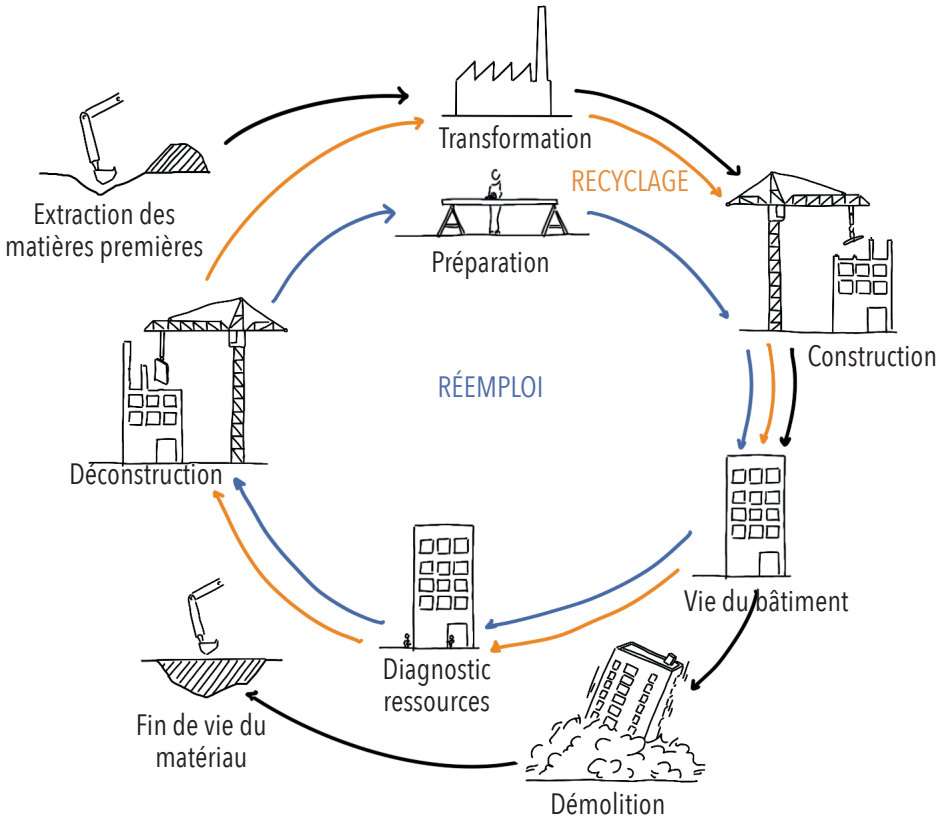


Fig 5 : Les étapes de la construction

1.3 RÉEMERGENCE CONTEMPORAINE DU RÉEMPLOI

La réémergence contemporaine du réemploi s'inscrit dans un contexte de remise en question suite à plusieurs crises économiques et environnementales. Menant à une prise de conscience de nos ressources limitées, des limites du modèles linéaire de production et de consommation développé au 20ème siècle. Les années 1970 sont marquées par les chocs pétroliers de 1973 et 1979 entraînant la hausse brutale du prix du pétrole influençant les coûts de production, de transport et des matériaux de construction. Cette crise énergétique met en évidence la dépendance des sociétés occidentales à un modèle de croissance fondé sur une consommation abondante d'énergies fossiles.[19] Ces crises énergétiques font émerger des réflexions autour de l'économie des ressources, de la réduction des déchets et de la valorisation de l'existant.[20]

En parallèle, en 1970, on assiste à la création des ministères de l'environnement dans certains pays. Ainsi, le réemploi refait son apparition dans les politiques publiques et les réglementations environnementales. En 1987, la notion de développement durable apparaît pour la première fois dans le rapport de Brundtland écrit par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement.[21] La commission définit le développement durable comme « le développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ».[22] Cette notion marque une prise de conscience. La notion de réemploi apparaîtra successivement selon deux optiques sensiblement différentes.[23] D'abord dans la gestion des déchets la directive européenne 2008/98/CE, qui place le réemploi au sommet de la hiérarchie des principes de traitement des déchets. Ensuite, il apparaît comme principe permettant de maintenir en circulation des ressources de valeur dans le plan d'action « Boucler la boucle - Un plan d'action de l'Union européenne en faveur de l'économie circulaire » présenté par la Commission européenne en 2015.

[19] GRENARD, Fabrice. (2005). « Les conséquences du premier choc pétrolier pour les automobilistes ». Lumni Enseignement. En ligne.
[20] Ecolopop. (2004). « 1973-2007 : comment l'architecture encaisse les chocs pétroliers ». Ecolopop.
[21] « Le développement durable en 12 dates clés ». Pacte Mondial.
[22] Ibid.
[23] DEWEERDT, Morgane. MERTENS, Marilyn. (2020). Un guide pour l'identification du potentiel de réemploi des produits de construction. Version préliminaire. Bruxelles : Interreg North-West Europe FCRBE.

Les politiques de gestion de déchets permettent ainsi le développement de filières de collecte, de tri et de traitement des déchets de construction afin de limiter l'enfouissement et valoriser les déchets. Cette évolution s'accompagne d'une transformation progressive des pratiques de démolition. Alors que, durant la seconde moitié du 20ème siècle, les démolitions étaient souvent rapides et radicales. Parfois avec l'utilisation de la dynamite et une évacuation immédiate des gravats vers des décharges ou des sites d'enfouissement. Les méthodes actuelles tendent à devenir plus nuancées. Notamment avec le principe de « stripping », consistant à enlever tout ce qui concerne les finitions intérieures et le second œuvre afin d'isoler la structure en vue de produire des gravats pour le recyclage.[24]

Toutefois, malgré que ces nouvelles pratiques soient orientées vers le recyclage, elles ouvrent également des perspectives pour le réemploi. Les enjeux environnementaux actuels encouragent une réintroduction progressive du réemploi dans le secteur de la construction. Il fait notamment l'objet d'un intérêt croissant dans les politiques publiques et les initiatives européennes. Des projets comme le programme FCRBE (Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements), financé par Interreg North-West Europe, visent à structurer et développer ces pratiques à travers la production de guides, d'outils méthodologiques et de projets pilotes.

Malgré ces avancées et la multiplication des ressources disponibles, le réemploi reste aujourd'hui une pratique marginale et demeure confronté à de nombreux freins, qu'ils soient économiques, politiques, organisationnels ou techniques.

[24] GHYOOT, Michaël. (2024). « Conférence de Michaël Ghyoot (ROTOR) ». Conférence donnée à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Lille. En ligne.



ENJEUX FINANCIERS



ENJEUX POLITIQUES



ENJEUX ORGANISATIONNELS



ENJEUX TECHNIQUES

2. LES ENJEUX DU REEMPLOI DANS LE SECTEUR DE LA CONSTRUCTION

2.1 LES ENJEUX FINANCIERS DU REEMPLOI DES MATERIAUX

Au fil de discussions avec des professionnels de la construction, de sondages et de lectures, il a été possible d'établir un ensemble de freins liés au réemploi. Parmi ceux-ci, les enjeux financiers semblent conditionner largement la mise en œuvre de la pratique du réemploi et empêchant son développement à grande échelle. En effet, pour que le modèle de consommation basé sur les matériaux de réemploi fonctionne, celui-ci doit posséder un prix inférieur au prix du marché des matériaux neufs. Or, cette compétitivité reste difficilement atteignable pour différentes raisons.

Coût du travail

Le coût du travail va intrinsèquement influencer le prix final de la matière. Contrairement aux produits issus de la production industrielle standardisée, les matériaux de réemploi nécessitent une série d'opérations difficilement délocalisable et demandant une main d'œuvre supplémentaire : démonter soigneusement, transporter, stocker, trier, nettoyer, reconditionner, documenter et remettre en vente. En Belgique, le travail salarié étant particulièrement onéreux et le prix de revente reflète cette réalité. Afin qu'une opération de réemploi soit économiquement viable, le prix de revente final doit couvrir l'ensemble des coûts ayant permis de remettre en circulation le matériau.

Pression foncière

À cela s'ajoute la pression foncière qui pèse sur les rythmes de démolition. La logique économique du secteur tend à accélérer ces processus sous l'effet des systèmes de pénalités de retard et de primes pour les démolitions anticipées.[25] Ce système réduit ainsi les fenêtres d'opportunité pour récupérer et valoriser les matériaux de construction. Le prix du foncier rend également difficile l'implantation d'entrepôts de stockage en ville. Pourtant nécessaires pour accueillir les opérations de manutention, de remise en état et pour présenter les produits aux acheteurs potentiels.

[25] GHYOOT, Michaël. DEVLIEGER, Lionel. BILIET, Lionel. WARNIER, André. ROTOR. (2018). Déconstruction et réemploi : Comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.

Ces entrepôts ont alors tout intérêt à être intégrés dans la ville pour faciliter et raccourcir les déplacements entre sites de construction, dépôts et chantier de remise en œuvre. En pratique, ces installations sont soumises au prix du foncier et se retrouvent ainsi dans l'hinterland des villes, allongeant les distances de transport et alourdissant les coûts logistiques.[26]

L'instabilité de l'offre

Contrairement aux matériaux de construction standards issus d'une production en série qui garantit leur disponibilité continue sur le marché, les produits de réemploi proviennent de sources irrégulières et hétérogènes.[27] Cette ressource est difficilement prévisible rendant impossible d'estimer en avance les quantités disponibles, les dimensions et l'état des matériaux qui vont rentrer sur le marché. L'instabilité de l'offre complexifie l'intégration sereine du réemploi dans les projets en raison du décalage temporel entre les phases de conception et de réalisation. En effet, les projets sont généralement conçus plusieurs mois ou plusieurs années avant la mise en œuvre. En revanche les matériaux de réemploi sont disponibles de manière imprévisible et durant une fenêtre d'opportunité parfois courte. Un lot disponible à un moment peut ne plus l'être lors de la mise en œuvre rendant ainsi son intégration délicate. Face à cette instabilité de l'offre des solutions comme des stockages temporaires sont expérimentées, alourdissant davantage le prix de revente des matériaux.[28]

Développement d'un secteur économique du réemploi

Le développement du réemploi nécessite le développement d'une série de filières de réemploi capables d'optimiser les différentes étapes permettant de réemployer un matériau. Ce réseau structure progressivement un véritable secteur économique. Une grande partie des initiatives liées au réemploi se sont développées sous forme associative, portée par des ASBL, des coopératives ou des structures d'économie sociale.[29] Cette phase a contribué à professionnaliser le secteur, a créé de l'emploi et a transformé les métiers de la construction.[30]

[26, 27, 28] Ibid.

[29] GIELEN, Maarten. DEVLIEGER, Lionel. GHYOOT, Michael. (2009). « Pré-étude en vue de la création d'une filière de matériaux de déconstruction en économie sociale ». Rotor DC.

[30] GHYOOT, Michaël. DEVLIEGER, Lionel. BILIET, Lionel. WARNIER, André. ROTOR. (2018). Déconstruction et réemploi : Comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.

En effet, de nouvelles compétences apparaissent autour du diagnostic, de la traçabilité et de la gestion logistique. Les filières de réemploi demeurent largement dépendantes des politiques publiques, des aides financières et de la volonté des différents acteurs de la construction, les rendant parfois à la limite de la rentabilité. Le secteur reste dès lors encore fragile et confronté à plusieurs difficultés économiques.

Face à ces obstacles plusieurs jalons ont été développés dans l'ouvrage *Déconstruction et réemploi. Comment faire circuler les éléments de construction* rédigé par l'équipe de Rotor. Ils soulignent un ensemble de jalons pour aider au développement de la pratique : [31]

- Adapter la fiscalité pour les activités liées au réemploi des éléments de construction en créant un basculement de la taxation importante sur la main-d'œuvre vers une taxation de la matière première pour offrir un avantage compétitif au réemploi.
- Offrir une prime aux projets qui mettent en œuvre des matériaux de réemploi pour encourager et équilibrer la dépense des matériaux, de la main d'œuvre parfois plus élevée.
- Imposer un niveau minimal d'intégration de matériaux de réemploi dans les nouveaux projets : Pour garantir une certaine constance dans la demande pour des éléments de réemploi.
- Soutenir la création d'entreprises de réemploi qui va entraîner le lancement de nouvelles activités économiques et réguler le marché.
- Les sociétés à finalités sociales pourraient jouer un rôle structurant en prenant en charge certaines étapes de la chaîne opératoire (nettoyage, reconditionnement, tri) grâce aux avantages fiscaux et aux subsides dont elles bénéficient, permettant ainsi de rendre économiquement viable ce que le marché classique ne peut assumer seul.

[31] Ibid.

2.2 LEVIERS D'ACTION POLITIQUE FAVORISANT LE DEVELOPPEMENT DU SECTEUR DU REEMPLOI

Au même titre que les enjeux financiers, les enjeux politiques constituent un frein au développement du réemploi. Mais peuvent être également un réel levier d'action. La publication du Programme Régional en Économie Circulaire (PREC) en avril 2016 mené par Bruxelles Environnement est un témoin éloquent de la volonté politique de s'engager autour de ces questions. Elle marque une prise de conscience et témoigne d'une ambition de développer le cadre de l'économie circulaire dans lequel s'inscrit la pratique du réemploi.

Le vide juridique

Le vide juridique qui entoure le réemploi des matériaux de construction constitue l'un des obstacles les plus significatifs à son développement. En l'absence de procédures claires, de responsabilités définies et de normes établies, les acteurs du secteur évoluent dans une zone d'incertitude qui freine les initiatives et décourage les investissements.

Contradiction

Les demandes et les ambitions des politiques à l'égard de la pratique du réemploi rentrent en contradiction avec le système actuel. Le régime des pénalités de retard et des primes accordées pour les démolitions achevées avant délai va à l'encontre de toute logique de déconstruction sélective et soigneuse, pourtant indispensable à la pratique du réemploi. La demande de délais courts est en inéquation avec la pratique du réemploi qui demande davantage de temps pour le reconditionnement et la dépose minutieuse des matériaux.

Efforts parfois contre-productifs

Les pouvoirs publics disposent d'un grand nombre de leviers susceptibles d'être activés : subsides, fiscalité adaptée, édition de guides, distribution de primes, investissement, soutien à la recherche, documentation et sensibilisation. Bien que certains commencent à être mis en place notamment l'édition de guide par le projet FCRBE, le dosage entre ces différents instruments doit être soigneux. Les exemples du Royaume-Uni et des États-Unis illustrent en effet que des cadres réglementaires, fiscaux et politiques mal calibrés peuvent tout autant freiner les pratiques, voire engendrer des effets contre-productifs.[32]

[32] Ibid.

De nouveaux faces à ses obstacles, on retrouve un ensemble de jalons pour les surmonter : [33]

- Fédérer le secteur du réemploi : Mettre en place des avantages fiscaux, des principes de normalisation. Mettre en place des formes de financement comme des cotisations versées par les membres, les subsides des pouvoirs publics ou financement sur fonds propres.
- Mettre en place un label réemploi : pour rassurer les acheteurs sur la qualité des matériaux de réemploi, les labels reposent sur des procédures et des critères bien définis (cahier des charges fixant des performances couvertes par le label) amenant une précision au réemploi.
- Utiliser les marchés publics pour favoriser le réemploi : forme de soutien pour privilégier les opérateurs qui utilisent des filières de réemploi.

2.3 ENJEUX ORGANISATIONNELS ET CONSEQUENCES SUR LES RESPONSABILITES

Organisation des chantiers et logistique du réemploi

La pratique du réemploi sur un chantier implique de prévoir en amont l'organisation du chantier. Contrairement à une démolition habituelle, le réemploi demande des opérations de démontage sélectif et minutieux. Ces opérations nécessitent alors davantage de temps, de coordination, d'espace et de main d'œuvre.[34] Les matériaux pouvant être réemployés doivent pouvoir être séparés, nettoyés, conditionnés et stockés en attente de leur transport ou de leur remise en œuvre. Ces espaces logistiques définis en amont sont alors essentiels et peuvent représenter une contrainte en milieu urbain dense où l'espace disponible est limité.

Temporalité et planification

À cela s'ajoutent des enjeux de temporalité et de planification. La disponibilité des matériaux de réemploi ne correspond pas toujours aux rythmes de conception et de réalisation d'un projet. Les fenêtres d'opportunité sont courtes et imprévisibles, tandis que les plannings de chantier exigent une organisation rigoureuse et anticipée. Cette désynchronisation entre l'offre et les besoins du projet demande une organisation, des espaces de stockage temporaires ou la transition par des filières de réemploi.

[33, 34] Ibid.

Responsabilité floue

Le réemploi se heurte également à une réalité organisationnelle d'un secteur de la construction structuré autour de produits neufs. Intégrer des matériaux de réemploi dans ce schéma suppose de répondre à des exigences pour lesquelles il n'a pas été conçu. Cette organisation repose sur une forte distinction contractuelle, juridique et professionnelle entre les différents acteurs impliqués dans un projet de construction, où chacun tient un rôle clairement délimité. Or, introduire des matériaux de réemploi dans ce schéma soulève immédiatement la question de la garantie et de la responsabilité.[35] Si un problème constructif survient, les propriétés techniques certifiées des produits neufs permettent d'établir une base objective, afin de vérifier que chaque acteur a assumé ses responsabilités.[36] Les matériaux de réemploi, hétérogènes et issus de contextes variés s'inscrivent difficilement dans ce cadre. De plus, ces matériaux ont été exposés à l'humidité, aux variations thermiques, aux charges mécaniques pouvant avoir modifié leurs caractéristiques initiales. Ces incertitudes peuvent faire hésiter les différents acteurs à utiliser des matériaux de réemploi. Le manque ainsi de certification ou de garanties peut générer une méfiance mutuelle entre les acteurs.

Transmission de l'information et confiance entre acteurs

Afin qu'un matériau puisse être réemployé dans de bonnes conditions, il est nécessaire de disposer d'un ensemble de données fiables sur ses propriétés, son histoire et ses performances. Au cours des discussions menées avec différents acteurs du secteur, il est apparu que cette préoccupation n'était pas partagée par tous les acteurs. Ce sont principalement les entrepreneurs et les clients qui expriment une crainte face au manque d'informations et aux incertitudes quant aux performances des matériaux de réemploi. En revanche, les acteurs spécialisés dans le réemploi et la déconstruction estiment être en mesure de garantir l'état des matériaux qu'ils proposent, précisément parce qu'ils maîtrisent et contrôlent les conditions dans lesquelles ceux-ci ont été démontés et stockés. La qualité du démontage devient alors un gage de confiance. Cette asymétrie de perception entre les différents acteurs révèle avant tout un déficit de communication et de connaissance mutuelle.

[35, 36] Ibid.

Ainsi plusieurs réponses se dessinent pour surmonter ces obstacles : [37]

- Recenser les projets réussis : afin de montrer que des projets de construction ou de déconstruction ont eu lieu, se sont bien passés et ont mené à des résultats concrets.
- Développer des formations sur la pratique du réemploi : pour sensibiliser et donner tes outils pour agir.
- Imposer un inventaire des réutilisables avant démolition : assurer une reprise effective par les filières de réemploi et d'établir la collection d'un inventaire d'outils utiles pour l'établissement des statistiques sectorielles.
- Développement de méthodes d'évaluation et de protocoles propres aux éléments de réemploi. Cela permettrait d'objectiver leurs caractéristiques techniques et fournir aux acteurs des bases objectives pour prescrire, garantir et mettre en œuvre ces éléments en toute confiance.

2.4 ENJEUX TECHNIQUES

Enjeux liés à la conception

Dans un processus classique, le projet est généralement conçu en premier et les matériaux sont ainsi choisis pour répondre aux dimensions, aux performances et aux caractéristiques du projet. L'intégration du réemploi demande une identification des ressources en amont et d'une souplesse impliquant souvent des mises au point en cours de chantier, une fois les matériaux à disposition. La pratique du réemploi peut alors conditionner certains choix architecturaux et constructifs. Afin d'assurer la faisabilité de la pratique plus tard, le réemploi implique de repenser les principes constructifs utilisés aujourd'hui. De développer une démarche prospective en favorisant des systèmes réversibles, démontables et adaptables en vue d'anticiper les futurs démontages.

Enjeux techniques liés à la mise en œuvre

L'intégration de matériaux de réemploi sur chantier demande une coordination et une adaptation entre les différents corps de métier. Les variations dimensionnelles et les quantités disponibles limitées demandent une flexibilité dans les méthodes de mise en œuvre. La pratique demande ainsi de s'écarter des pratiques constructives traditionnelles et standardisées pour adopter davantage des méthodes spécifiques à chaque cas.

[37] Ibid.

Face à ces obstacles, on peut imaginer deux solutions pour aider la mise en place du réemploi :

- Travail d'analyse et d'identification des matériaux présents sur site et des ressources disponibles en amont de la conception.
- Changement de perspective d'un modèle standardisé à un modèle plus flexible qui s'adapte à chaque cas.

3. CRITERES D'EVALUATION DU POTENTIEL DE REEMPLOI

Pour qu'un matériau ou un élément de construction puisse être réemployé, il ne suffit pas qu'il soit physiquement récupérable. Il doit répondre à un ensemble de critères qui conditionnent à la fois sa faisabilité technique, sa pertinence économique et sa compatibilité de remise en œuvre.[38] Ces critères permettent d'évaluer dans quelle mesure un élément est réemployable, c'est-à-dire capable de quitter son contexte d'origine pour être intégré dans un nouveau projet sans perdre ses qualités. Ces caractéristiques sont importantes à établir puisqu'elles orientent les décisions de déconstruction, de stockage et de remise en œuvre.

L'évaluation du potentiel de réemploi d'un matériau s'effectue de deux manières complémentaires. D'une part, par analogie avec des matériaux fréquemment utilisés. Un matériau dont le réemploi est courant offre davantage de garanties quant à la faisabilité et sous-entend l'existence d'un marché stable.[39] Les matériaux moins fréquents ne sont pas pour autant exclus du réemploi mais résultent davantage d'opportunités de projet ou n'existent que dans des marchés spécialisés ou locaux. [40]

D'autre part, cette évaluation repose également sur l'appui de critères objectifs. Ces critères peuvent alors être regroupés en deux grandes catégories, ceux qui exercent une influence positive sur le potentiel de réemploi et ceux qui exercent une influence négative.[41] En effet, les matériaux potentiellement réemployable doivent répondre à une série de critères afin d'assurer la faisabilité du démontage et de l'état général du produit.

Il convient toutefois de souligner qu'aucune règle n'est à proprement définit et qu'un critère n'est à lui seul pas totalement déterminant, mais oriente les possibilités. [42]

[38] Ibid.
[39] DEWEERDT, Morgane. MERTENS, Marilyn. (2020). « Un guide pour l'identification du potentiel de réemploi des produits de construction ». Nweurope. En ligne.
[40, 41, 42] Ibid.

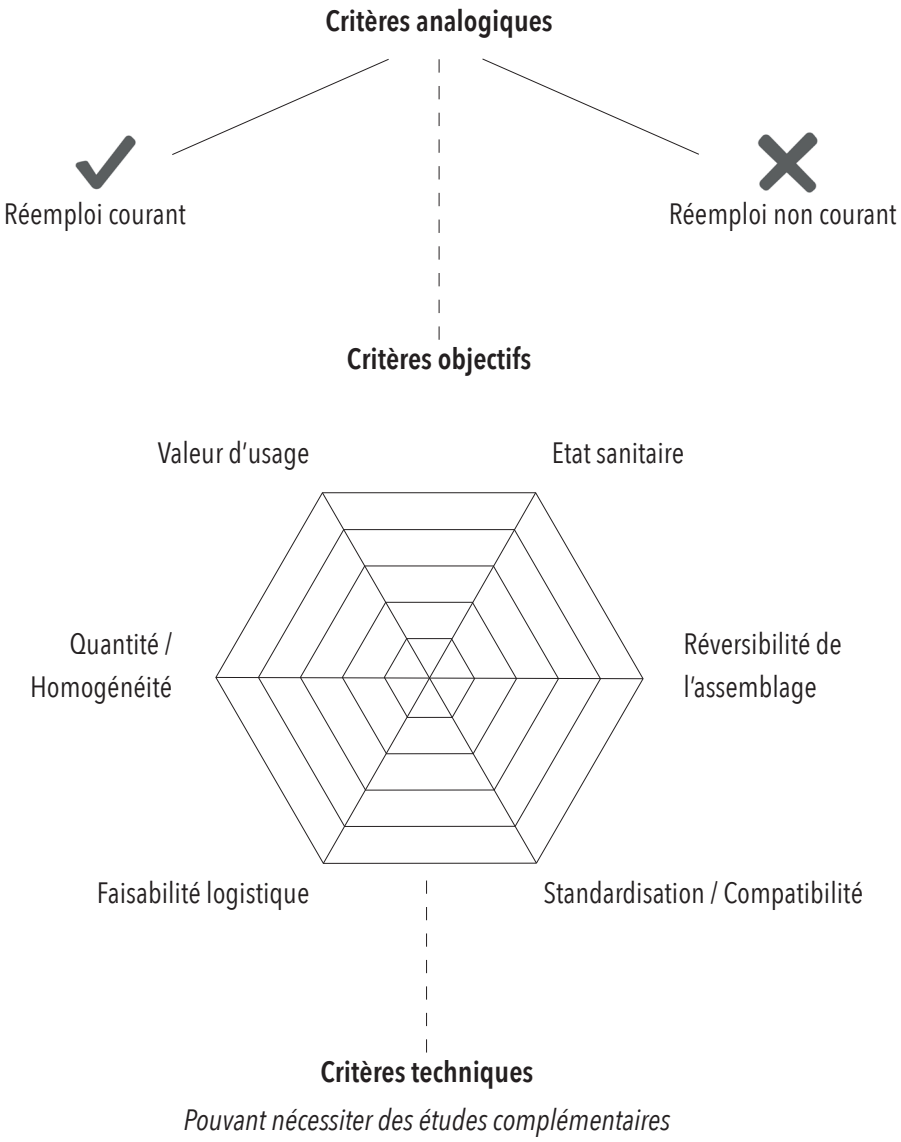


Fig 6 : Schéma synthétique des critères de réemploi

3.1 CRITERES D'INFLUENCE POSITIVE

Parmi les critères d'influence positive, on retrouve l'état satisfaisant du matériau, sa quantité suffisante, son homogénéité ou ses dimensions standards, sa valeur (authenticité, historique), la facilité de déconstruction, la logique réalisable, la maîtrise des risques et le bénéfice environnemental conséquent.[43] Un matériau facile à démonter, à transporter et à stocker présente en effet un potentiel de réemploi nettement plus élevé qu'un élément dont la récupération suppose des opérations complexes et coûteuses.

3.2 CRITERES D'INFLUENCE NEGATIVE

A l'inverse, certains critères exercent une influence négative, voire rédhibitoire comme un risque en matière de santé et de sécurité : contamination au plomb ou à l'amiante. De mauvaises performances techniques, un mauvais état, des altérations importantes, un caractère obsolète ou démodé constitue des facteurs qui réduisent le potentiel de réemploi d'un matériau. [44]

3.3 CRITERES TECHNIQUES

Au-delà de cette première grille de lecture qui permet de discerner les matériaux ayant un fort ou faible potentiel de réemploi, le potentiel de réemploi repose sur une série de critères techniques plus fins.[45] Il est essentiel de se poser une série de questions notamment sur la conservation des propriétés et sur le démontage. La conservation des propriétés est centrale : comment l'élément va-t-il se comporter lors du démontage ? Restera-t-il fiable une fois extrait de l'assemblage ? L'usure peut-elle être perçue comme une qualité ? La question du démontage est déterminante à la faisabilité de l'opération : comment l'élément est-il fixé dans le bâtiment d'origine ? Les attaches sont-elles réversibles et accessibles ? Les éléments peuvent-ils être déplacés facilement au sein du bâtiment ? Est-il possible d'acheminer les éléments depuis leur point d'origine jusqu'à un camion ? Quelle est la charge utile du plancher ?

[43, 44] Ibid.
[45] GHYOOT, Michaël. DEVLIEGER, Lionel. BILIET, Lionel. WARNIER, André. ROTOR. (2018). Déconstruction et réemploi : Comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.

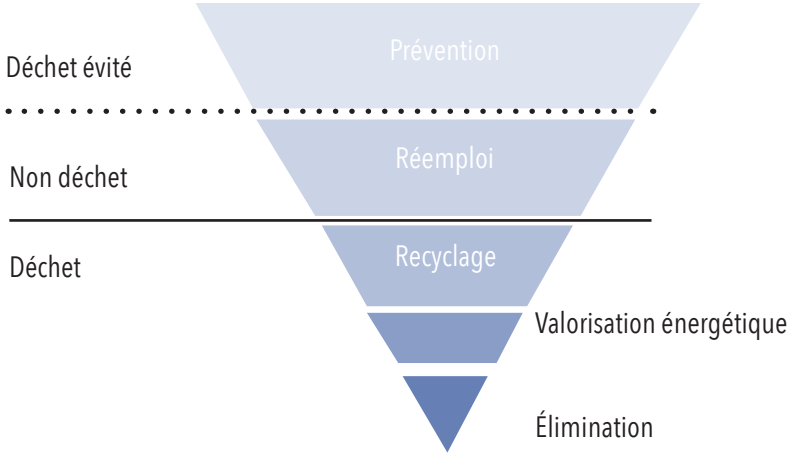


Fig 7 : Hiérarchie des déchets Directive-Cadre

4. HIERARCHIE ENTRE DECHETS ET RESSOURCES : DIFFERENTS DEGRES DE REEMPLOI

4.1 LA HIERARCHIE DES DECHETS DIRECTIVE-CADRE (2008/98/CE) COMME POINT DE DEPART

Pour aborder la question du réemploi de manière structurée, il convient de revenir sur le cadre de référence pour la gestion des déchets en Europe. La Directive-Cadre a établi en 2008 une hiérarchie de cinq niveaux ordonnant les modes de traitement des déchets du plus vertueux au moins vertueux. Elle s'organise selon plusieurs niveaux : la prévention, le réemploi, le recyclage, toute autre valorisation (notamment énergétique) et l'élimination en dernier recours. Cette hiérarchie repose sur un principe simple, plus on conserve la valeur intrinsèque d'un matériau, plus le traitement est considéré comme favorable sur le plan environnemental.

La directive définit ainsi le déchet comme « toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire »[46]. Contrairement au réemploi qu'elle définit comme « toute opération par laquelle des produits ou des composants qui ne sont pas des déchets sont utilisés de nouveau pour un usage identique à celui pour lequel ils avaient été conçus ».[47] Et le recyclage comme « toute opération de valorisation par laquelle les déchets sont retraités en produits, matières ou substances aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins ».[48]

[46] Eur-Lex. (2008). « Directive 2008/98/CE du parlement européen et du conseil ». Eur-Lex. En ligne.
[47,48] Ibid.

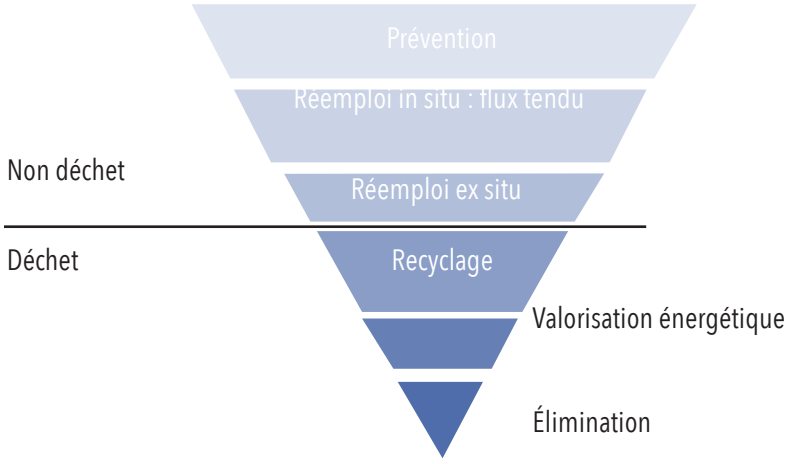


Fig 8 : Hiérarchie des potentiels de réemploi

4.2 HIERARCHIE DES POTENTIELS DE REEMPLOI

Dans l'optique de valoriser davantage le réemploi, cette hiérarchie peut être affinée afin de mieux refléter les différentes formes de réemploi. Il est ainsi possible de distinguer plusieurs niveaux suivant une logique de priorité claire. D'abord la conservation est ici le degré le plus élevé de la hiérarchie, on ne parle pas d'un réemploi de la matière elle-même mais de son ensemble, le réemploi de l'espace pour un autre usage. Le réemploi in situ lorsque les matériaux ne nécessitent pas d'avoir recours à des traitements, ou des transformations importantes permettant aux matériaux d'être réemployés sur le même site. Puis le réemploi en flux tendu permettant le réemploi des matériaux démontés directement sur un autre site sans passer par une filière de réemploi. Et pour finir, le réemploi ex situ dans le cas où il est nécessaire de faire transiter les matériaux par une filière ou un atelier avant d'être réinjecté dans le marché. Ces trois trajectoires ne dépendent pas uniquement de la nécessité de traitement, de remise en état ou de nettoyage, mais aussi de l'opportunité et de la disponibilité en temps réel. Il est nécessaire d'établir en amont le choix du degré de réemploi, puisqu'il conditionne la nécessité de transport et de stockage.

Afin d'évaluer les possibilités de valorisation d'un bâtiment ou de ses composants, plusieurs critères peuvent être mobilisés afin de déterminer le degré de la hiérarchie le plus adapté. La conservation de l'existant repose notamment sur des critères de valeur historique, en particulier pour les bâtiments classés ou inscrits qui présentent un intérêt public, mais aussi sur des critères de sécurité et de facilité de restauration. Le recyclage dépend quant à lui de la capacité des matériaux à être réintroduits dans un cycle de production, ce qui implique de prendre en compte leur nature ou la qualité du tri lors de la déconstruction. La valorisation énergétique concerne les matériaux pouvant être utilisés comme combustible, à condition que leur composition ne présente pas de risques en termes d'émissions toxiques. Enfin, lorsque aucune forme de valorisation n'est possible, les matériaux sont orientés vers la mise en décharge représentant le dernier niveau de la hiérarchie.

Audit réemploi: évaluation visuelle préliminaire uniquement	Contrôle de la présence de substances dangereuses (audit amiante, plomb, etc.)	**Audit réemploi**	Temps consacré à l'identification d' opportunités concrètes de réemploi ou de professionnels du réemploi	Spécifications relatives à la déconstruction sélective et à la démolition (ou à la rénovation)	**Opération de récupération**	
Audit pré-démolition					Travaux de démolition (ou de rénovation)	

TEMPS

Fig 9 : Etapes prévues lors de la réalisation d'un audit de réemploi

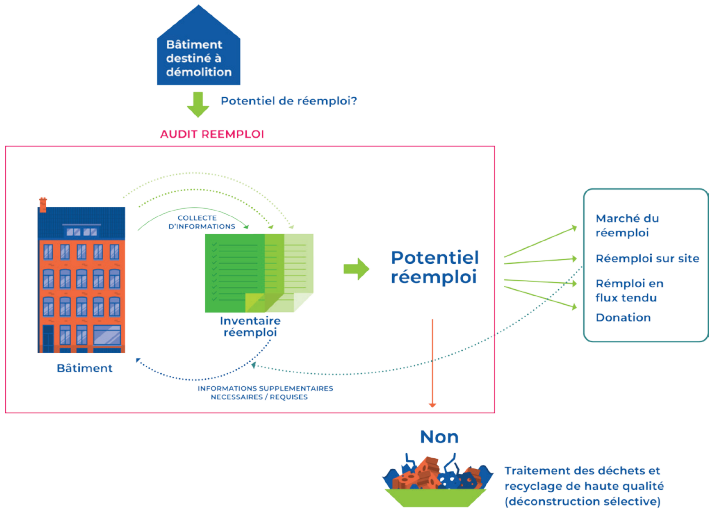


Fig 10 : Inventaire d'un audit de réemploi

5. PROCESSUS ET METHODOLOGIE EN VUE DE REEMPLOYER

5.1 PROCESSUS INVENTAIRE

Les différents critères d'évaluation du potentiel de réemploi sont analysés lors de la phase d'inventaire avant la déconstruction d'un bâtiment. Cet inventaire est important pour identifier les matériaux qui vont pouvoir être récupérés et permet également d'anticiper et de préparer la suite des opérations (démontage, conditionnement, transport).

Avant toute opération de démolition, un bâtiment fait généralement l'objet de différentes études : évaluation immobilière, inventaire de substances dangereuses, audit de déchets, etc.[49] L'audit de réemploi constitue un autre type d'analyse, encore trop peu systématisé aujourd'hui. En Belgique, aucune législation n'oblige à réaliser un inventaire réemploi, bien que des guides de bonnes pratiques, comme celui rédigé dans le cadre du projet FCBRE tendent à structurer et encourager cette démarche.

Dans le cas où l'on réalise un audit de réemploi, il est important de le réaliser après le diagnostic amiante ou autres substances dangereuses qui lui est obligatoire. Cela permet de disposer d'une vision claire des éléments éligibles.[50] Cette logique rejoint d'ailleurs les lignes directrices européennes qui proposent explicitement de combiner l'audit de déchets avec celui de réemploi.

L'inventaire de réemploi aussi appelé diagnostic-ressources se déroule en deux phases de diagnostic.[51] La première est le diagnostic sommaire qui à l'issue d'une visite permet d'estimer, d'identifier les types d'éléments et l'ordre de grandeur des quantités disponibles des éléments jugés intéressants pour le réemploi. La seconde est le diagnostic approfondi qui établit des fiches détaillées sur les éléments sélectionnés répertoriant dimensions, quantités, état, remarques, etc. À l'issue de ce diagnostic, il est important de disposer d'une base de données avec les informations sur le bâtiment, le propriétaire, l'auditeur, la date de l'inventaire et les informations minimales à avoir sur chaque lot de produit identifié.

[49] DEWEERDT, Morgane. MERTENS, Marilyn. (2020). « Un guide pour l'identification du potentiel de réemploi des produits de construction ». Nweurope. En ligne.
[50] Ibid.
[51] BELLI-RIZ, Pierre. (2022). Réemploi, architecture et construction : Méthodes, ressources, conception, mise en œuvre. Moniteur : France.

DONNEES DE BASE

Identification		Photo	Quantité		Dimensions		Masse			Localisation sur site	Etat	Remarque(s)
n°	nom lot		unité	nbre	unité	dim	unité	nbre	total lot			

Fig 11 : Template guidant l'audit de réemploi

Identification

n°	nom ensemble/ lot

DONNEES COMPLEMENTAIRES

Photos complémentaires

Ensemble/ lot

Text box to unhide

Contexte

Text box to unhide

Assemblage

Text box to unhide

Bénéfices environmentaux

Text box to unhide

Substances dangereuses

la cellule peut contenir : un avertissement explicite sur le produit/ un code couleur

Vert : l'élément a été testé et ne contient pas de substance dangereuse	Gris : l'élément n'a pas été testé mais l'auditeur veut mettre en évidence un danger potentiel	*l'élément n'a pas été testé et l'auditeur ne souhaite pas mettre en évidence un danger potentiel (réglage par défaut)*
Rouge : l'élément a été testé et contient une substance dangereuse mais peut éventuellement être réutilisé après traitement	Blanc : l'élément n'a pas été testé et l'auditeur ne souhaite pas mettre en évidence un danger potentiel	*l'élément n'a pas été testé et l'auditeur ne souhaite pas mettre en évidence un danger potentiel (réglage par défaut)* *l'élément n'a pas été testé et l'auditeur ne souhaite pas mettre en évidence un danger potentiel (réglage par défaut)*

Documents supplémentaires

Text box to unhide

Applications suggérées

Text box to unhide

Autres

Text box to unhide

Potentiel réemploi identifié: conclusion provisoire

Fig 12 : Template guidant l'audit de réemploi

Dans l'optique d'encourager le développement du réemploi, le projet FCBRE a publié une template permettant aux acteurs qui réalisent un audit de réemploi de rassembler ces informations nécessaires.

Le diagnostic-ressources s'appuie sur une méthode analytique, et dans certains cas, l'inventaire ne suffit pas à évaluer avec précision le potentiel de réemploi et des études complémentaires sont réalisées : [52]

- Tests de démontage pour vérifier si les éléments peuvent être facilement retirés, les moyens et endroits le permettant et le taux de perte concerné. Il peut s'avérer également utile afin de vérifier que leur état n'a pas été altéré pendant le processus.
- Analyses de composition chimique ou de toxicité en complément des informations fournies par les experts dans le cadre d'autres évaluations (inventaire amiante, par exemple), pour détecter la présence de goudron dans la colle d'un parquet ou de peinture au plomb par exemple.
- Études techniques pour démontrer que ces produits remplissent effectivement les critères nécessaires du nouvel usage et éliminer certaines incertitudes autour des performances des produits récupérés. Ces tests sont souvent pratiqués sur un échantillon en laboratoire.
- Analyses économiques permettent d'exercer une influence sur la décision de récupérer certains éléments, notamment lorsque le coût du réemploi, essais inclus, s'avère inférieur ou équivalent aux alternatives neuves.

Ces études complémentaires permettent d'avoir accès à des informations précisant le potentiel de réemploi et de confirmer l'intérêt d'une demande potentielle.

[52] DEWEERDT, Morgane. MERTENS, Marilyn. (2020). « Un guide pour l'identification du potentiel de réemploi des produits de construction ». Nweurope. En ligne.



Fig 13 : Démontage de panneaux de revêtement



Fig 14 : Dépose soigneuse de carreaux de ciment

5.3 DU DEMONTAGE AU RECONDITIONNEMENT

Le réemploi des matériaux de construction repose sur une succession d'étapes préparées au préalable impliquant des opérations spécifiques qui peuvent varier en fonction de la nature des matériaux et de leur état.

Démonter

Contrairement à une démolition classique, le réemploi nécessite plus de main-d'œuvre et un démontage soigné afin de récupérer les matériaux identifiés au préalable dans le diagnostic ressource. Les méthodes de démontage dépendent de la nature des matériaux.

Par exemple, les éléments maçonnés comme les briques ou les pierres, sont démontés manuellement afin de limiter les casses. Les structures métalliques sont généralement démontées par dévissage ou découpe contrôlée. Les éléments en bois, tels que les poutres ou les planchers, nécessitent un démontage précis afin d'éviter les fissures ou déformations. Enfin, les éléments de second œuvre (portes, châssis, luminaires, sanitaires) peuvent être déposés relativement facilement.

Déplacer, transporter

Le transport constitue une étape clé du processus qui peut rapidement devenir un facteur limitant. L'idéal est de limiter au maximum les déplacements et les coûts associés, en privilégiant le réemploi in situ ou en flux tendu.[53] Lorsque le transport est inévitable, on cherchera à en limiter le nombre de rotations grâce à un conditionnement adapté et optimisé tant aux moyens de transport qu'aux conditions de stockage. De plus, la destination des matériaux varie selon leur nature et leur valeur.

[53] BELLI-RIZ, Pierre. (2022). Réemploi, architecture et construction : Méthodes, ressources, conception, mise en œuvre. Moniteur : France.



Fig 15 : Photo stockage de brique chez Rotor



Fig 16 : Photo première nettoyage de wc de réemploi

Stocker

Le stockage constitue un enjeu logistique et économique important dans le processus de réemploi, dans une époque où l'on cherche précisément à minimiser les stocks et à répondre aux besoins en flux tendu.[54] Le choix du mode de stockage résulte toujours d'un compromis entre l'espace et le temps. Un volume important engendre un coût élevé et oblige à s'éloigner des centres urbains où le foncier est accessible, ce qui allonge les distances de transport.[55] Les espaces de stockage doivent être adaptés aux types de matériaux, certains nécessitent des conditions spécifiques (protection contre l'humidité et stockage à plat pour le bois, stockage sur une palette à plat pour les briques…). Des approches alternatives émergent pour contourner ces contraintes liées au stockage, comme l'architecture de stock qui permet de stocker les matériaux directement sur le lieu de démolition ou de construction. Toutefois, cette solution implique une occupation du foncier sur une période donnée parfois difficile à prévoir.[56]

Préparer au réemploi

Avant d'être remis en circulation, certains éléments nécessitent des opérations de nettoyage, de dépollution et/ou de remise en état. Les opérations de préparation permettent de rétablir et de garantir la fonctionnalité d'un élément.[57] Ces interventions varient selon les matériaux : les briques peuvent être nettoyées avec des scies pour enlever le mortier, les éléments métalliques peuvent être sablés et traités, le bois raboté, etc. Cette étape est essentielle pour permettre à certains matériaux une seconde vie et d'assurer leur compatibilité avec les exigences des projets contemporains.

Commercialiser

Les filières de réemploi établissent un catalogue des produits disponibles avec leur caractéristique afin de proposer à la vente. La commercialisation des matériaux s'inscrit dans un marché qui émerge, les rapports entre offre et demande y sont complexes et loin d'être réguliers et homogènes.[58] Contrairement au marché des matériaux neufs où la demande oriente la production, le réemploi fonctionne souvent dans le sens inverse. C'est la disponibilité d'une ressource qui génère une opportunité. Cette logique inversée invite à repenser les modes de conception et à intégrer une capacité d'adaptation.

[54, 55, 56, 57, 58] Ibid.

6. SYNTHESE

Ce chapitre a permis de construire un cadre de compréhension du réemploi, non pas comme une pratique émergente, mais comme une pratique ancienne dont les conditions ont évolué aujourd'hui. Plusieurs enseignements se dégagent de cette exploration.

En effet, le réemploi a longtemps été une manière courante et pragmatique de construire. Sa disparition n'est pas le fruit d'une obsolescence technique, mais d'un basculement économique et culturel lié à l'industrialisation. Ce constat est important, puisqu'il signifie que les obstacles au réemploi ne sont pas intrinsèques à la pratique elle-même. Mais plutôt au système qui s'est organisé autour d'une autre logique : les matériaux neufs. Réactiver le réemploi ne suppose pas d'inventer quelque chose de nouveau mais de recréer les conditions favorables à cette pratique. Ce que de nombreux projets comme le programme FBRCE cherchent à concevoir. De plus, les freins identifiés ne fonctionnent pas de manière isolée, ils s'alimentent mutuellement. Cette interdépendance est essentielle à comprendre puisqu'agir sur un seul levier ne suffit pas.

Pour finir, on comprend ici que le réemploi ne s'improvise pas, il repose sur une chaîne d'opérations rigoureuse. L'inventaire en amont est déterminant, c'est lui qui rend visibles les ressources disponibles et qui permet d'anticiper les opérations. Sans cette étape, le potentiel d'un bâtiment reste invisible et inexploité. Cette observation soulève une question centrale pour la suite de ce travail : comment structurer la lecture d'un bâtiment de manière à en révéler systématiquement les potentiels de réemploi ?

CHAPITRE 2

LES COUCHES DU BATIMENT : UNE GRILLE DE LECTURE

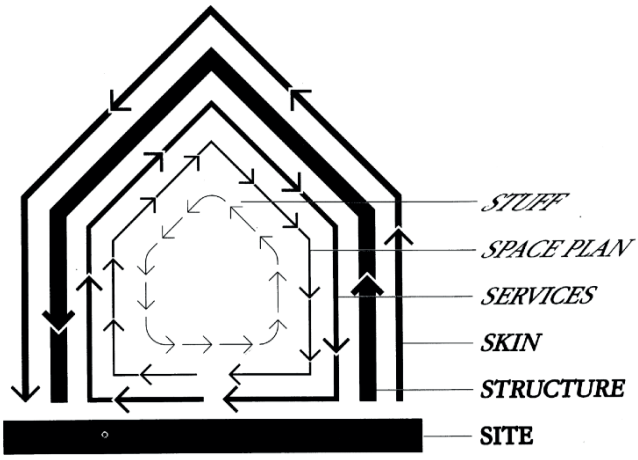


Fig 17 : Les couches de durabilité variable selon Stewart Brand

1. THEORIE DES COUCHES CONSTRUCTIVES

1.1 CONCEPT DE PACE LAYERING

Pour comprendre comment un bâtiment peut être lu à travers ses différentes couches, il convient de revenir sur l'ouvrage qui structure cette approche. Dans son ouvrage *How buildings learn : what happens after they're built*,[59] Stewart Brand explique la théorie de Frank Duffy qui pose les bases de cette réflexion en distinguant quatre strates d'éléments constitutifs à longévité variable : la structure (Shell), les services (Services), le décor (Scenery) et l'aménagement (Set). Stewart Brand développe une lecture plus fine de cette approche et distingue « six S » ayant des rythmes d'évolution différents : [60]

- Site : c'est-à-dire le cadre géographique, le terrain cadastral où le contexte perdure bien au-delà des constructions. Duffy affirme lui aussi : « le site est éternel ».
- Structure : les fondations et les éléments porteurs ont une durée de vie structurelle variant de 30 à 300 ans.
- Emballage (Skin) : l'enveloppe extérieure est modifiée environ tous les 20 ans, pour suivre la mode, la technologie, ou pour des réparations complètes.
- Services : système technique (câblage de communication, câblage électrique, plomberie, système d'extinction automatique, chauffage, ventilation et climatisation) et éléments mobiles comme les ascenseurs et les escaliers mécaniques. Ils s'usent ou deviennent obsolètes tous les 7 à 15 ans. De nombreux bâtiments sont démolis prématurément si leurs systèmes obsolètes sont trop profondément ancrés pour être facilement remplacés.
- Plan d'espace (Space plan) : organisation intérieure souvent modifiée en fonction des usages.
- Mobilier (Stuff) : mobilier et objets du quotidien régulièrement changés.

[59] BRAND, Stewart. (1995). How buildings learn : What happens after they're built. New York : Penguin books.
[60] Ibid.

De plus, selon Brand les bâtiments peuvent être compris comme des systèmes dynamiques où chaque couche évolue à un rythme différent entrainant un phénomène de « cisaillement des couches » où certaines parties sont changées de manière plus régulière.[61] Et les éléments les plus durables comme le site ou la structure contraignent les transformations des couches plus rapides. Il rapproche cette logique de celle des écosystèmes étudiés par O'Neill dans son ouvrage « A Hierarchical Concept of Ecosystems » où O'Neill constate que

> « Les colibris et les fleurs sont rapides, les séquoias lents, et les forêts de séquoias entières encore plus. […] La dynamique du système sera dominée par les composantes lentes, les composantes rapides ne faisant que suivre. […] La lenteur contraint la rapidité ; la lenteur contrôle la rapidité. »[62]

Dans un bâtiment, les parties les plus durables (site et structure) déterminent alors en grande partie les possibilités d'évolution des éléments plus temporaires.

1.2 APPROCHE CRITIQUE DE LA LECTURE EN COUCHES ET ADAPTATION AU BATI INDUSTRIEL

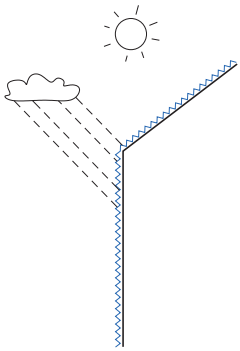
La théorie des couches de Brand offre un cadre de lecture complet, mais son application au réemploi révèle certaines limites qu'il convient d'interroger. Dans un premier temps, la théorie tient sur une condition implicite, pour qu'un bâtiment puisse être lu en couche afin d'y changer les composants devenus obsolètes avec le temps, encore faut-il qu'il ait été conçu avec une certaine réversibilité. S'il est relativement aisé de visualiser les différentes strates d'un bâtiment existant, les démonter selon cette logique suppose que les assemblages entre les couches le permettent. Or, dans de nombreux bâtiments, certaines couches sont collées, noyées ou superposées, au point de ne pouvoir les extraire individuellement. Dans ces cas, la lecture en couches reste pertinente comme outil d'analyse, et le démontage peut s'opérer par ensemble de couches n'excluant pas le potentiel du reste du bâtiment. La théorie doit alors être nuancée. La séparabilité des couches est une qualité que certains bâtiments possèdent et d'autres non et c'est précisément cette qualité qui conditionne le potentiel de réemploi.

[61, 62] Ibid.

La nomenclature proposée par Brand est ici légèrement adaptée pour mieux correspondre au cadre du bâti industriel et aux enjeux du réemploi. La couche « isolation » est ainsi intégrée au schéma initial. Par ailleurs, le « plan d'espace » est remplacé par la structure secondaire qu'on nommera ainsi. La couche « services » est également renommée « technique ». Enfin, la couche « mobilier » définie par Brand est remplacée par la notion de revêtement intérieur. Ces ajustements affinent la théorie de Brand pour en faire un outil plus opérationnel au service de l'analyse du potentiel de réemploi.

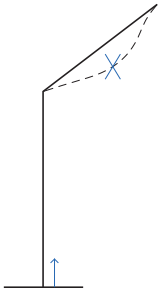
1.3 INTERET D'UNE LECTURE DECOMPOSÉE

Si la théorie des couches a été développée pour comprendre comment les bâtiments évoluent dans le temps, elle offre ici un cadre pour penser le réemploi. En décomposant un bâtiment en strates distinctes, elle permet de sortir d'une lecture ciblée pour adopter une approche sélective et hiérarchisée. Plutôt que de considérer un bâtiment comme un tout homogène à démolir ou à conserver. Cette décomposition présente plusieurs intérêts. Dans un premier temps, elle permet d'interroger l'ensemble des composants d'un bâtiment. Ainsi, d'identifier et d'orienter les décisions en conséquence. Toutes les couches ne présentent pas le même potentiel de réemploi, ni les mêmes contraintes de démontage. Certaines sont facilement accessibles et démontables, d'autres sont solidaires d'éléments qu'on ne peut extraire sans risque. Dans un second temps, cette approche invite à repenser le rapport entre conception et déconstruction. Un bâtiment pensé en couches indépendantes est non seulement plus adaptable dans le temps, mais aussi plus favorable au réemploi en fin de vie. En intégrant cette logique dès la phase de conception, c'est-à-dire en anticipant la séparabilité des couches, la réversibilité des assemblages et la durabilité différenciée des matériaux. On pose alors les bases d'une architecture véritablement circulaire, capable de restituer ses ressources plutôt que de les enfouir.



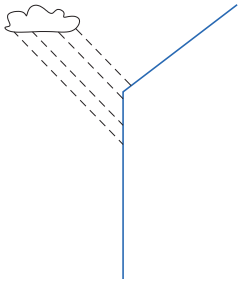
PROPRIÉTÉS CHIMIQUES

Résistance aux effets du climat et environnementaux : corrosion, érosion, rayonnements ultraviolets.



PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES

Résistance aux intempéries, aux impacts et aux charges auxquelles elle est soumise (vent, neige, chocs).



PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

Capacité à assurer l'étanchéité à l'air et à l'eau.

Fig 18 : Propriétés de l'enveloppe

2. CARACTERISTIQUES DE CHAQUE COUCHE

2.1 ENVELOPPE

L'enveloppe constitue l'interface entre l'espace qui doit satisfaire aux besoins de confort et de protection et un environnement extérieur qui présente de l'inconfort et des risques.[63] Elle doit alors posséder différentes propriétés afin d'assurer son rôle de protection des autres couches face au climat extérieur.

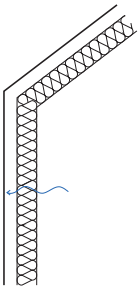
Sur le plan chimique, l'enveloppe doit résister aux effets du climat et environnementaux : corrosion, érosion, rayonnements ultraviolets. Ces phénomènes varient selon la nature des matériaux, le métal se corrode, la pierre s'érode et le béton se carbonate.[64]

Sur le plan mécanique, l'enveloppe doit résister aux intempéries, aux impacts et aux charges auxquelles elle est soumise (vent, neige, chocs). Sa durabilité dans le temps dépend de la qualité des matériaux mis en œuvre et des conditions d'entretien dont elle a bénéficié.

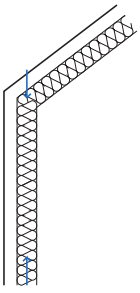
Sur le plan physique, ses propriétés jouent un rôle central dans sa capacité à assurer l'étanchéité à l'air et à l'eau.[65] De plus, elle fait partie d'un ensemble de couches qui a pour objectif d'assurer une inertie thermique et sa régulation, une capacité de stockage et d'éviter la conductivité thermique.

[63] HEGGER, Manfred. DREXLER, Hans. ZEUMER, Martin. (2007). Basics matérialité. Bâle : Birkhaüser.
[64,65] Ibid.

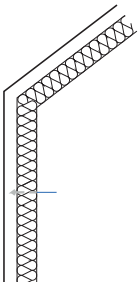
②



Limiter les échanges thermiques et acoustiques entre l'intérieur et l'extérieur.



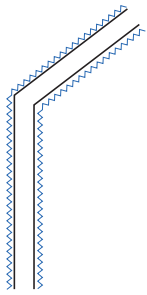
Varient selon le type d'isolant. Résistance à la compression, aspect de finition.



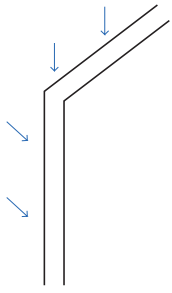
Résistance thermique et perméabilité à la vapeur d'eau

Fig 19 : Propriétés de l'isolant

③



Résistance au contact de produits chimiques ou l'effet du climat.



Résistance aux charges permanentes et variables auxquelles elle peut être soumise.

Fig 20 : Propriétés de la structure

2.2 ISOLATION

L'isolation est la couche dont le rôle est de limiter les échanges thermiques et acoustiques entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment.[66] Elle se caractérise par une forte sensibilité à son environnement, ce qui conditionne directement sa durabilité.

Sur le plan chimique, cette couche est particulièrement vulnérable. Elle peut être affectée par l'humidité, le vieillissement et le développement de micro-organismes qui peuvent altérer ses propriétés. Il est donc essentiel qu'elle soit considérée dans un ensemble de couches permettant d'assurer les propriétés qu'elle ne possède pas.

Sur le plan mécanique, les propriétés varient selon le type d'isolant et son usage. Certains isolants comme les matériaux composites constitués de plaques juxtaposées possèdent une résistance à la compression, un comportement au feu, à l'humidité ou un aspect de finition.[67] Sa tenue dans le temps dépend de sa capacité à conserver ses propriétés malgré les contraintes auxquelles il est soumis, notamment la compression pour les isolants de sol.

Sur le plan physique, ses propriétés essentielles sont sa résistance thermique et sa perméabilité à la vapeur d'eau. Ces caractéristiques déterminent son efficacité mais également son état après plusieurs années d'usage. Une isolation dont la résistance thermique ou dont la perméabilité à la vapeur a été compromise perd ses performances.

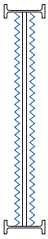
2.3 STRUCTURE

La structure est l'élément qui assure la stabilité et la résistance d'un ouvrage. C'est la couche fondamentale du bâtiment qui détermine en grande partie les possibilités d'intervention sur les couches supérieures.

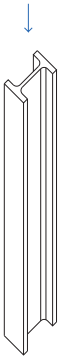
Sur le plan chimique, les propriétés varient selon les matériaux. Les matériaux doivent avoir une résistance au contact de produits chimiques ou à l'effet du climat pour éviter la corrosion, l'érosion et la carbonisation.[68]

[66] « Guide des matériaux isolants ». Grand Besancon. En ligne.
[67] Ibid.
[68] HEGGER, Manfred. DREXLER, Hans. ZEUMER, Martin. (2007). Basics matérialité. Bâle : Birkhaüser.

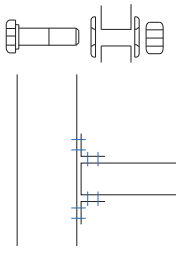
④



Résistance au contact de produits chimiques ou l'effet du climat.



Résistance aux sollicitations spécifiques auxquelles elle est soumise.



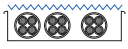
Légèreté et une facilité d'assemblage.

Fig 21 : Propriétés de la structure secondaire

⑤



Résistance à l'usure et aux vibrations.



Aspects de performances énergétiques, de conductivité et d'étanchéité.

Fig 22 : Propriétés des techniques

Sur le plan mécanique, la structure doit résister aux charges permanentes et variables auxquelles elle peut être soumise.

2.4 STRUCTURE SECONDAIRE

La structure secondaire regroupe l'ensemble des éléments qui complètent la structure primaire et participent à l'organisation du bâtiment servant de support à d'autres composants (poutre de plancher, éléments de contreventement, escalier, charpente secondaire…). Ces éléments jouent un rôle intermédiaire entre la structure et les couches de finition.

Comme pour la structure, ses propriétés chimiques concernent sa sensibilité aux conditions environnementales, notamment à la corrosion ou à l'humidité pour certains matériaux. [69]

Sur le plan mécanique, elle doit assurer une résistance aux sollicitations spécifiques auxquelles elle est soumise.

Sur le plan physique, ses éléments sont généralement d'une légèreté et d'une facilité d'assemblage.

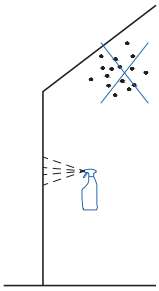
2.5 TECHNIQUE

La couche technique regroupe l'ensemble des réseaux et équipements nécessaires au fonctionnement du bâtiment : ventilation, chauffage, plomberie, électricité, chemin de câbles. C'est la couche au cycle de vie le plus court, soumise à une obsolescence rapide liée à l'évolution des technologies et des normes.

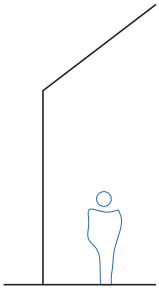
Sur le plan mécanique, ses éléments doivent posséder une bonne résistance à l'usure et aux vibrations.

Sur le plan physique, leurs propriétés incluent des aspects de performances énergétiques, de conductivité et d'étanchéité.

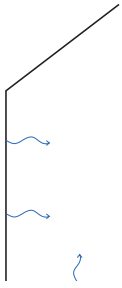
[69] Ibid.



Résistance aux produits d'entretien, évite les émissions éventuelles de composés volatils.



Résistance à l'usure, aux chocs et aux sollicitations liées à l'usage quotidien.



Propriétés variant selon l'usage qui lui est destiné (sensation thermique, aspects visuels).

Fig 23 : Propriétés du revêtement intérieur

2.6 REVETEMENT INTERIEUR

Le revêtement intérieur constitue la couche en contact direct avec les usagers. Ils jouent un rôle à la fois fonctionnel, esthétique et sanitaire.

Leurs propriétés chimiques concernent notamment leur résistance aux produits d'entretien, leur vieillissement ainsi que les émissions éventuelles de composés volatils.

Sur le plan mécanique, ils doivent résister à l'usure, aux chocs et aux sollicitations liées à l'usage quotidien. [70]

Sur le plan physique, les propriétés sont variées selon les matériaux et l'usage qui lui est destiné (mur, sol, plafond). Mais ces matériaux possèdent des sensations thermiques, des aspects visuels.

[70] Ibid.

3. SYNTHÈSE

Ce chapitre permet de poser la lecture en couches comme une grille d'analyse au service du réemploi. Le concept de pace layering de Stewart Brand constitue un outil pertinent pour penser le réemploi. En distinguant les couches à longévité variable, elle permet d'identifier les couches pérennes structurant le bâtiment et les couches davantage temporaires qui peuvent être remplacées, déposées sans compromettre l'ensemble.

Les caractéristiques propres de chaque couche conditionnent sa durabilité et son comportement dans le temps. Ces propriétés ne sont pas uniformes, justifiant ainsi une lecture différenciée plutôt qu'une approche globale.

CHAPITRE 3

LE BATI INDUSTRIEL COMME RESSOURCE

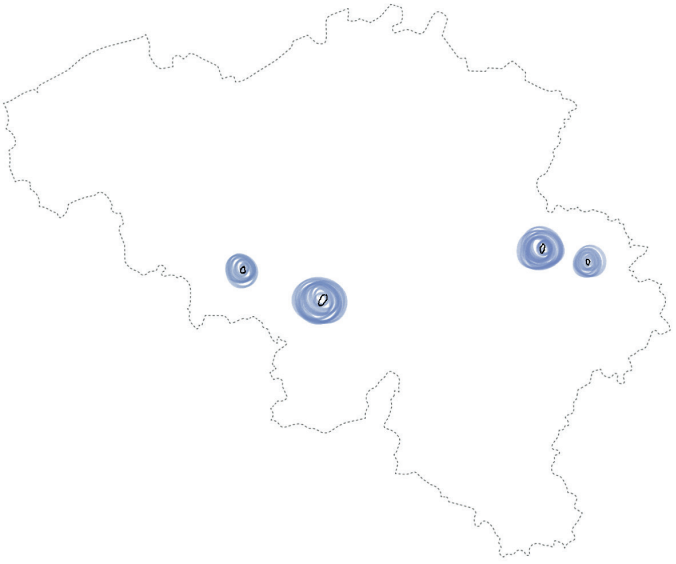


Fig 24 : Axe industriel de Mons à Verviers

1. COMPRENDRE LE BATI INDUSTRIEL

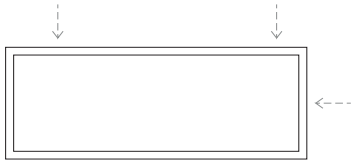
1.1 CONTEXTE HISTORIQUE EN BELGIQUE

La Belgique ayant été l'un des premiers pays d'Europe avec l'Angleterre à connaître une industrialisation massive, on y retrouve aujourd'hui un patrimoine industriel important. [71] Au 19ème siècle, la Belgique s'industrialise progressivement, notamment grâce à l'industrie charbonnière qui s'affirme suite à des progrès techniques décisifs. Dès 1830, un axe d'industrie se dessine de Mons à Verviers en passant par Charleroi et Liège. [72]

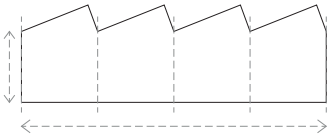
En trente ans, la production houillère a augmenté de plus de 300% sur l'ensemble du territoire belge. [73] Ce progrès repose à la fois sur l'amélioration des méthodes d'extraction et sur des investissements financiers considérables. Face à cette nouvelle dynamique, l'État met en œuvre d'importants travaux visant à développer les moyens de communication. [74] La priorité est d'abord accordée au développement du réseau routier, puis un grand nombre de voies fluviales sont améliorées et rendues navigables, comme notamment le canal reliant le Centre avec Bruxelles-Charleroi pour y acheminer le charbon vers Bruxelles puis le port d'Anvers. [75] Toutefois l'avancée la plus fulgurante concerne le réseau ferroviaire, symbole de la révolution industrielle belge. Le déploiement ferroviaire s'organise selon quatre axes autour de Malines constituant un nœud central : connectant le pays à la Prusse par Louvain et Liège, au Nord par Anvers, à l'Ouest vers la mer du Nord par Gand et au Sud vers Bruxelles et la France. [76] Commencé en Flandre, il faudra attendre les années 1850 pour développer les axes ferroviaires en Wallonie.[77]

À partir de la seconde moitié du 20ème siècle, les mutations économiques et la désindustrialisation progressive ont conduit certains de ces complexes industriels à l'abandon, à la démolition ou à la reconversion.

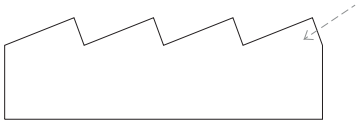
[71] VIAENE, Patrick. (2020). « Une brève histoire de la politique de valorisation du patrimoine industriel en Belgique ». Ethnologies : Patrimoine industriel. Volume 42 : 187–201.
[72] DIDIER, Laure. (2013). La bande noire (1855 – 1862). Louvain-la-Neuve : Presses universitaires de Louvain
[73, 74, 75, 76, 77] Ibid.



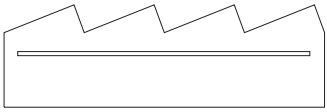
Simplicité des matériaux, seul objectif de protection



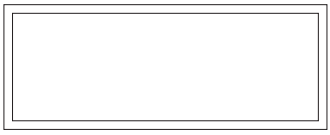
Grande portée, trâme répétitive, plan libre



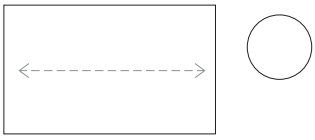
Lumière optimisée



Simplicité, réseaux apparents



Simplicité, objectif fonctionnel



Forme conditionnée par la production

Fig 25 : Les logiques constructives et fonctionnelles des bâtiments industriels

1.2 LOGIQUES CONSTRUCTIVES ET FONCTIONNELLES

Dans son ouvrage *Dictionnaire d'architecture*, Quatremère de Quincy déclare que l'usine est un bâtiment « dont la condition première est l'utilité ». Il explique alors que l'architecture industrielle repose sur des principes utilitaires où les exigences techniques et économiques priment sur les considérations esthétiques.[78] On retrouve une grande diversité de typologies architecturales variant selon le type d'activité industrielle et des besoins spécifiques liés aux différents processus de production.

Parmi ceux-ci, les bâtiments techniques dont la fonction induit la forme atteignent leur paroxysme. En effet, ce type de bâtiment est conçu davantage comme une usine-machine où il devient un objet technique. [79] On les retrouve notamment dans les industries du feu (hauts fourneaux) et les sites d'extraction. Les bâtiments industriels rationnels, c'est-à-dire les halles et les sheds ont une forme davantage simplifiée et une structure répétitive permettant d'accueillir différents types de production. [80] Bien que la théorie industrielle privilégie plutôt des principes utilitaires et de rentabilité, les bâtiments industriels de prestige sont davantage ostentatoires. Dans ce cas, l'usine n'est plus seulement un outil de production et devient dès lors un symbole de pouvoir politique et économique dans une ère industrielle qui triomphe et prospère. [81]

Pourtant, malgré cette diversité apparente, les bâtiments industriels partagent un socle de logiques constructives communes : construire vite, construire solide, construire pour produire. En effet, tous sont pensés pour maximiser l'efficacité productive avec de grandes portées pour libérer l'espace au sol, des hauteurs généreuses pour accueillir des machines ou faciliter la circulation des marchandises et des structures robustes capables de supporter des charges importantes. [82] Les matériaux utilisés ont pour objectif d'être robustes, durables et faciles d'entretien c'est notamment le cas de la brique, du métal, du verre et du béton qui allient efficacité et économie.

[78] REAL, Emmanuelle. (2015). « Reconversions. L'architecture industrielle réinventée ». Open Edition Journal : Revue des patrimoines. N°26.
[79, 80, 81, 82] Ibid.

De plus, ces bâtiments sont construits suivant une logique d'efficacité d'utilisation. Les circulations, les accès et les quais de déchargement sont généralement rationalisés suivant le type de production que le bâtiment accueille. L'apport en lumière naturelle assuré par de grandes ouvertures, de sheds et de lanterneaux permet d'assurer les besoins de confort de travail et d'efficacité énergétique. Ces logiques constructives produisent des qualités spatiales et architecturales permettant un fort potentiel de transformation. En effet, les grandes hauteurs, les vastes plateaux, les trames structurelles régulières permettent de s'adapter à différents usages.

1.3 MUTATIONS ET ADAPTATIONS

Au cours du temps, il arrive que ces bâtiments changent de fonction pour laquelle ils ont été conçus pour différentes raisons, notamment l'évolution des marchés, la mutation économique et la modernisation des technologies, des équipements et des processus de production et le changement de propriétaire. Certains sites sont alors abandonnés, démolis, reconvertis en une autre fonction ou accueillent une fonction toujours industrielle mais différente de celle initiale. Un tel changement de fonction est susceptible d'entrainer des modifications importantes du bâti, notamment lorsque les activités industrielles cessent. Les bâtiments sont parfois en partie éventrés pour y extraire les machines. C'est pourquoi la lecture en couches suppose une lecture singulière de chaque bâtiment, attentive à son histoire et à ses transformations successives.

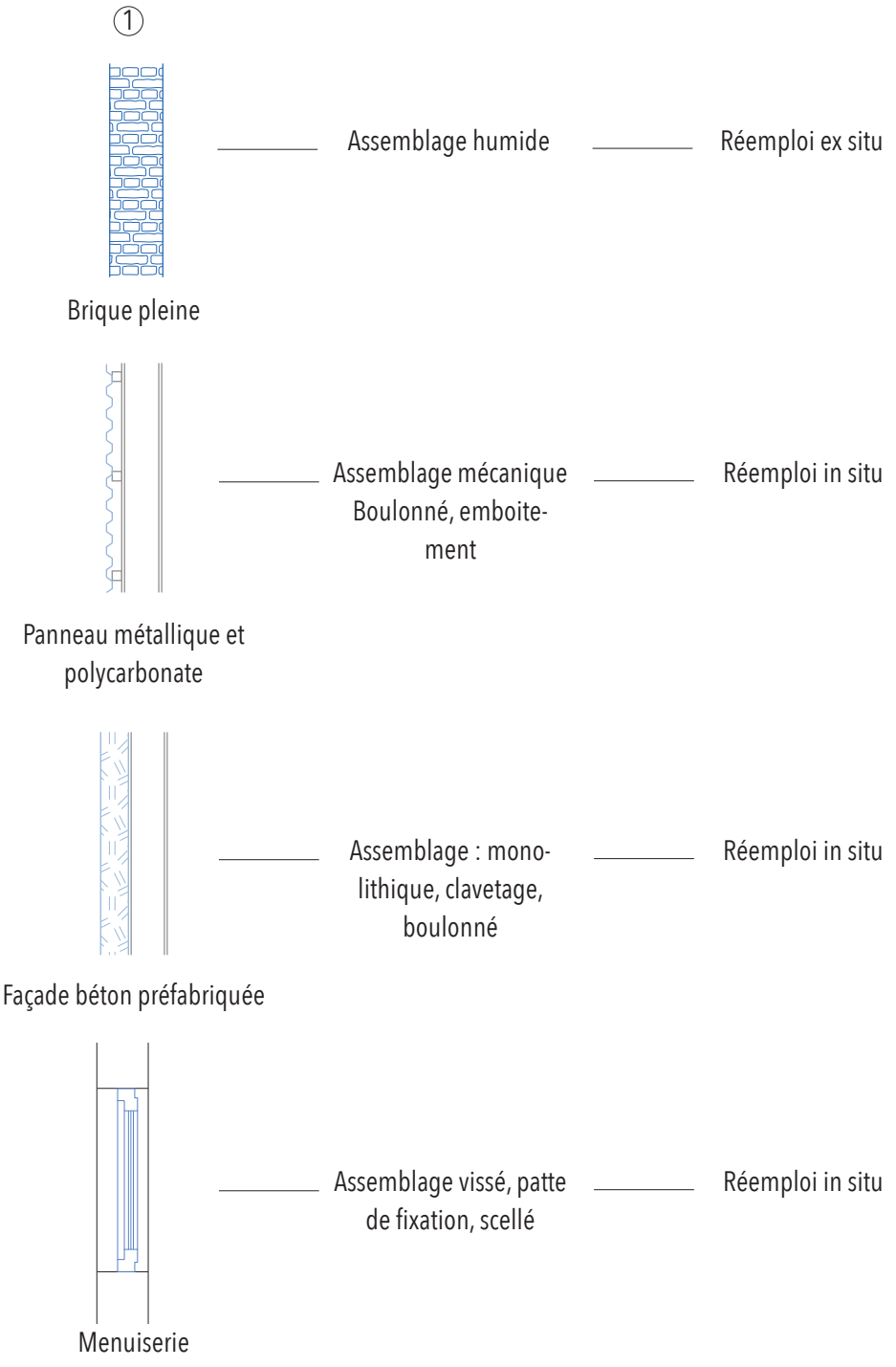


Fig 26 : Lecture des matériaux d'enveloppe des bâtiments industriels

2. LECTURE EN COUCHE DU BATI INDUSTRIEL : MATERIAUX, ASSEMBLAGES, POTENTIEL DE REEMPLOI ET REMISE EN ŒUVRE

L'identification du potentiel de réemploi ne dépend pas uniquement de la position du matériau dans le bâtiment mais principalement de sa nature et de son type d'assemblages qui conditionnent sa démontabilité. Le bâti industriel présente des matériaux robustes, durables et souvent standardisés constituant un atout majeur pour le réemploi. En revanche, ses assemblages varient considérablement d'une époque à l'autre et d'un bâtiment à l'autre, imposant une lecture attentive à chaque bâtiment. L'objectif ici est de faire une analyse globale des différents cas qu'on retrouve pour chaque couche, articulant quatre dimensions : les matériaux, les assemblages, le potentiel de réemploi qui en découle et leur condition de remise en œuvre.

2.1 ENVELOPPE

Dans les bâtiments industriels, l'enveloppe pensée pour protéger le processus de production plutôt que pour satisfaire des critères esthétiques est réalisée avec des matériaux durables et robustes. L'enveloppe se caractérise par divers matériaux choisis en fonction de leur résistance, de leur coût et de leur rapidité de mise en œuvre.

Brique pleine

Les façades peuvent être réalisées en brique pleine, un matériau robuste, durable possédant de faibles transformations au cours du temps. La réemployabilité dépend directement du mortier utilisé pour les assembler. [83] En effet, le réemploi va être plus aisé avec un mortier de chaux ou de chaux-ciment. Assez compliqué si le mortier est composé que de ciment et quasiment impossible dans le cas de mortier à base de colle, qui va augmenter le risque de casse lors de la dépose. Lorsqu'il est possible de les démonter, la dépose demande des précautions et du temps afin de maximiser le nombre de briques en bon état et d'éviter d'endommager les briques.

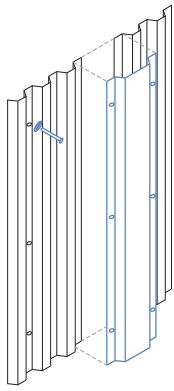
Toutefois, dans le cas de briques cassées, cela n'empêche pas leur réemploi puisqu'elles peuvent être recoupées pour faire des demi-briques ou des trois-quart de brique. [84]

[83] CDR Construction. « Manuel de démontage avec une finalité de réemploi ». Guide Bâtiment Durable.
[84] Ibid.

La dépose se réalise du haut du mur vers le bas avec une méthode de déjointement. Les briques sont réemployées ex situ puisqu'elles demandent des opérations de nettoyage importantes, de tri et de contrôle. Elles sont nettoyées à l'aide de brosses ou de scies pour enlever les derniers résidus de mortier. [85] L'étape de tri est impérative pour contrôler une à une leur état et leur capacité à être à nouveau utilisées dans des usages variés (porteuse, revêtement de sol, muret, parement…).

Panneau métallique

Les panneaux métalliques (tôle ondulée, bac acier, panneau sandwich) sont davantage utilisés aujourd'hui dans les bâtiments industriels. Ils sont fixés par vissage, boulonnage ou emboîtement sur une ossature secondaire. Ces systèmes d'assemblage permettent ainsi le démontage des éléments de manière rapide sans détérioration. [86] Cependant, il est nécessaire d'effectuer des opérations de découpe pour supprimer les éléments détériorés, de les décaper et de les nettoyer. [87] Pour la remise en œuvre en extérieur, il est important d'assurer l'étanchéité du panneau. Celui-ci ayant été percé pour être vissé, il est utile d'ajouter une rondelle d'EPDM lors de la fixation et d'ajouter une cassette supérieure fixée aux panneaux.



Rondelle EPDM et
cassette supérieur

Fig 27 : Précaution de remise en oeuvre

[85] Ibid.
[86] ECCS. (2025). « Guides de bonnes pratiques pour le réemploi des éléments en acier ». ECCS : Volume 2.
[87] Ibid.

Panneau polycarbonate

Comme les panneaux métalliques, les panneaux en polycarbonate peuvent être démontés facilement et rapidement s'ils sont fixés mécaniquement par boulonnage ou vissage. Ils nécessitent également des opérations de découpe et de nettoyage pour les rendre réemployables. Étant généralement plus fragiles et plus détériorés au cours du temps, des opérations de découpe et de nettoyage sont nécessaires pour contrôler leur état afin de s'assurer de leur potentiel de réemploi. La remise en œuvre nécessite d'ajouter des rondelles d'EPDM lors de la fixation en cas d'utilisation en enveloppe.

Façade préfabriquée en béton

Les panneaux de façade préfabriqués assemblés par clavettage ou boulonnage peuvent être réemployés in situ. Le réemploi de ces éléments nécessite alors des opérations de sciage, de meulage et de nettoyage. Concernant sa remise en œuvre, ces panneaux peuvent tout à fait être remis en œuvre de la même manière que sa mise en œuvre initiale.

Menuiserie

Les éléments fixés mécaniquement par vissage ou sur équerres permettent un démontage facilement et ainsi leur réemploi. Cependant, les fenêtres fixées dans du béton coulé est très difficilement récupérable sans dégradation majeure. Le réemploi nécessite une dépose soigneuse, un nettoyage et le remplacement ponctuel de certaines pièces, tels que les joints ou les fixations peuvent être nécessaire.

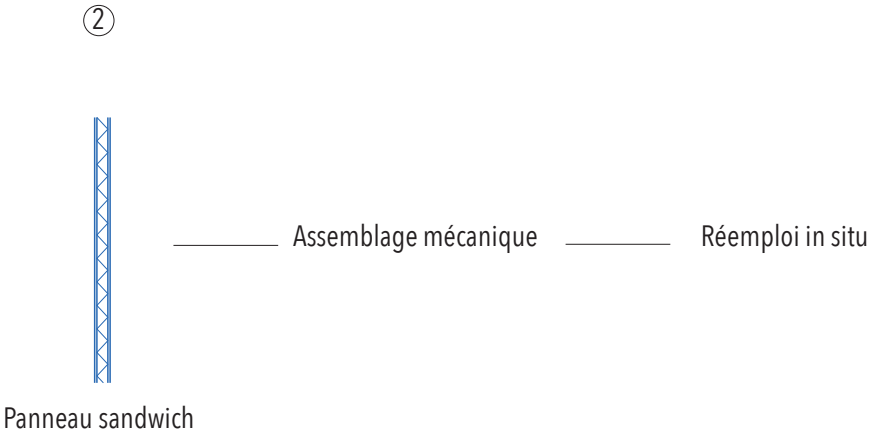


Fig 28 : Lecture des isolants des bâtiments industriels

2.2 ISOLATION

La couche isolante, historiquement absente dans le bâti industriel pour des raisons de coût jugé inutile, ces bâtiments sont conçus pour la production et non le confort thermique du faible taux d'occupants. Toutefois, on peut retrouver cette couche couplée à l'enveloppe dans le cas d'utilisation de panneaux sandwich, notamment pour les entrepôts logistiques plus récents.

Panneau sandwich

Les panneaux sandwichs sont généralement fixés mécaniquement avec des vis permettant ainsi leur démontage et réemploi in situ. Pour que la remise en œuvre soit effectuée en contact avec l'extérieur, il est important d'assurer l'étanchéité du panneau. Celui-ci ayant été percé pour être vissé, il est utile d'ajouter une rondelle d'EPDM lors de la fixation et/ou d'ajouter localement du ruban bitumineux.

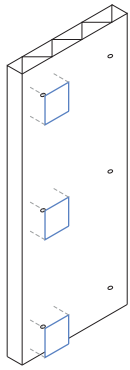


Fig 29 : Précaution de remise en oeuvre

2.3 STRUCTURE

La structure des bâtiments industriels est souvent surdimensionnée pour répondre aux charges dynamiques des machines. Elle est composée de grandes portées et d'une trame répétitive. On retrouve ainsi différents types de structures comme le système de poteau-poutre en acier, béton armé, maçonnerie porteuse ou dans de rares cas plus anciens avec des charpentes en bois.

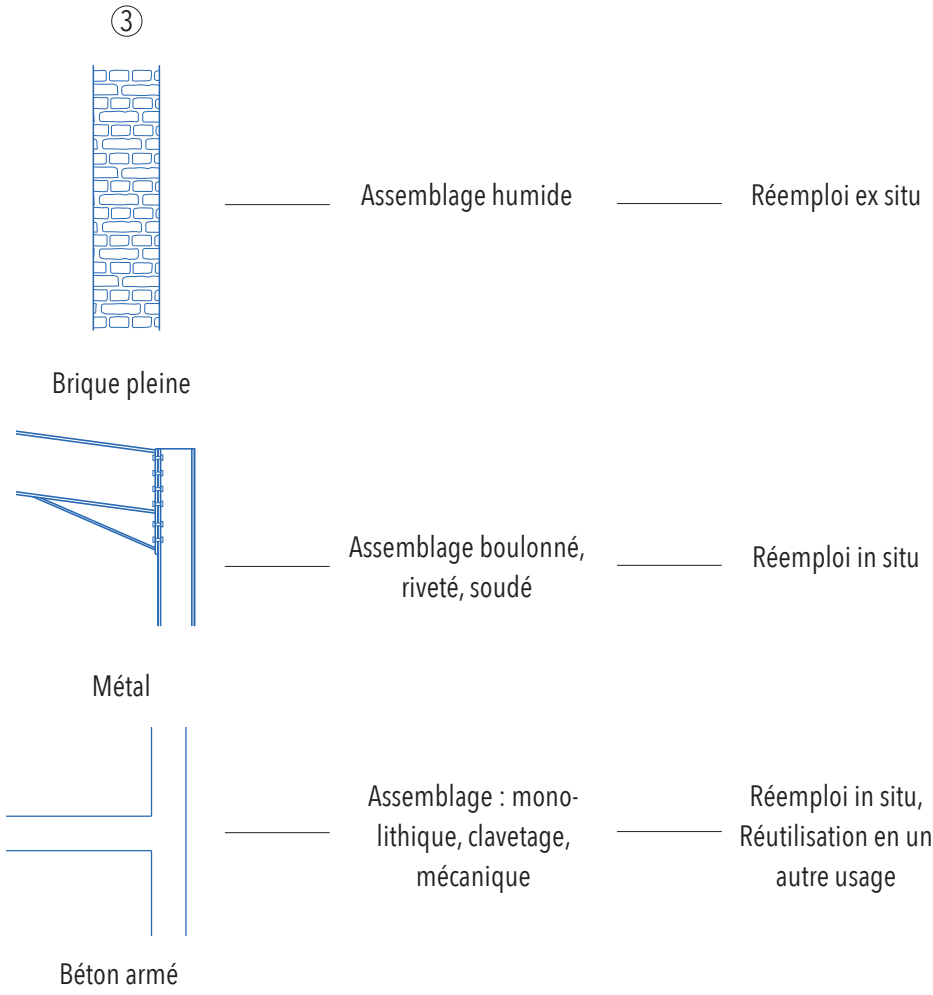


Fig 30 : Lecture des structures des bâtiments industriels

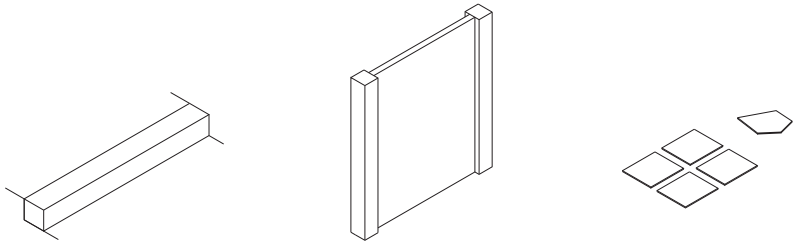


Fig 31 : Réutilisation des éléments en béton comme mobilier, façade non porteuse, revêtement de sol.

Brique pleine

La brique peut être utilisée en tant qu'élément porteur, son assemblage et son réemploi dépendent des mêmes critères que les briques de parement explicitées plus haut.

Profil en acier

Les charpentes métalliques sont généralement constituées d'éléments assemblés par boulonnage, rivetage et parfois localement par soudure.[88] Les structures métalliques présentent souvent un fort potentiel de réemploi notamment grâce à leurs dimensions standard et leurs assemblages généralement réversibles. Le boulonnage présente un avantage majeur en termes de démontabilité et de réemploi permettant un démontage aisé sans dégradation importante.

A l'inverse les structures assemblées par soudage nécessitent des opérations de découpe, de meulage pouvant davantage dégrader le matériau. Les opérations préalables comme le décapage, le sablage ou la découpe des éléments peuvent être nécessaires. [89] Dans le cas des profils en acier, on favorisera le réemploi in situ afin d'éviter le transport de ces éléments encombrants. Pour la remise en œuvre, les éléments peuvent être fixé de même manière qu'origine mais dépend de facteurs techniques et structurels. La section peut être redécoupée pour s'adapter au projet ou être réemployé tel quel.

Élément en béton

Aujourd'hui, on retrouve peu d'éléments en béton sur le marché du réemploi. Certaines filières proposent des pavés, des dalles ou des tuiles de toiture en béton manufacturées, mais pas d'éléments issus de la structure. [90] Cependant, son réemploi se fait dans certains cas à l'initiative du commanditaire ou du concepteur. Ainsi, différentes expériences ont pu être réalisées. [91] Le réemploi plus limité en fonction de l'élément et de son assemblage. Les éléments monolithiques sont plus difficilement réemployables. Des opérations de découpe peuvent le permettre afin de réutiliser les colonnes en tant que colonnes, de murets et de mobilier en général. Les dalles de sol et les murs coulés sur place peuvent également être découpés pour servir d'élément de revêtement de sol. [92] Le réemploi de ces éléments nécessite alors des opérations de sciage, de meulage et de nettoyage.

[88] Ibid.

[89] PONCELET, ENGELBORGHS, Thieme. (2023). « Le réemploi en pratique : de la déconstruction à la remise en œuvre ». CSTB : Bruxelles.

[90] Interreg NWEurope. (2021). « Introduction au réemploi des éléments en béton de ciment ». Interreg NWEurope.

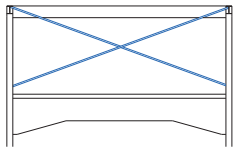
[91, 92] Ibid.

2.4 STRUCTURE SECONDAIRE

La structure secondaire regroupe les éléments de support intermédiaires, tels que les pannes, les lisses ou les ossatures de cloison. Leur logique constructive les rend particulièrement intéressants dans une perspective de réemploi, car ils sont souvent démontables sans dégradation. Et leurs systèmes standardisés facilitent également leur réutilisation dans d'autres contextes.

Profil en acier et élément en béton

Ces éléments sont généralement assemblés de la même manière que les éléments structuraux de même nature. Ainsi leur potentiel de réemploi est inchangé à ces éléments et nécessite les mêmes opérations de remise en œuvre.



Profil métallique — Assemblage boulonné, riveté, soudé — Réemploi in situ

Section béton — Assemblage : monolithique, clavetage, mécanique — Réemploi in situ, Réutilisation en un autre usage

Fig 32 : Lecture des structures secondaires des bâtiments industriels

2.5 TECHNIQUES

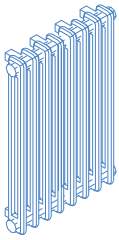
Dans les bâtiments industriels, les réseaux sont dimensionnés pour des usages intensifs et sont généralement laissés apparents pour des raisons d'efficacité et de maintenance. Cette couche regroupe l'ensemble des réseaux (ventilation, électricité, chauffage, plomberie), mais également les systèmes de support permettant leur maintien. Ils sont rendus apparents et suspendus à la structure à l'aide de rails, de chemins de câbles, de supports métalliques ou de tiges filetées. Cette couche se distingue par sa forte démontabilité, bien que le réemploi soit souvent limité par l'évolution des normes, l'usure des équipements et des marchés peu existants.

Équipement technique (radiateur, système de ventilation, luminaire…)

Les équipements techniques comme les radiateurs, systèmes de ventilation etc peuvent être réemployés facilement puisque le démontage est facile pour permettre la maintenance. Cependant, ces éléments sont souvent garantis et lorsqu'ils sont démontés ils ne le sont plus et rendent les acheteurs frileux alors qu'ils fonctionnent. Leur réemploi ex-situ nécessite des opérations dépendant du type d'équipement, mais généralement un nettoyage des éléments, un changement de certaines pièces, un contrôle du bon fonctionnement sont procédés sur ces éléments.[93] Par exemple, pour les radiateurs en fonte on retrouve une série de traitements comme le décapage, le désembouage, le nettoyage haute pression, le sablage, le changement des certaines pièces, le primaire antirouille, la peinture de finition et pour finir l'élément est mis sous pression pour le tester et vérifier l'étanchéité. [94]

[93] PONCELET, ENGELBORGHS, Thieme. (2023). « Le réemploi en pratique : de la déconstruction à la remise en œuvre ». CSTB : Bruxelles.
[94] Interreg NWEurope. « Boîte à outils de réutilisation : 36 fiches de matériaux ». Interreg NWEurope. Radiateur en fonte.

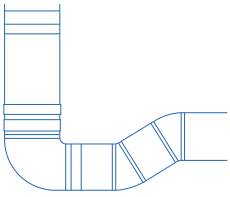
⑤



Equipement

Spécifique à chaque équipement

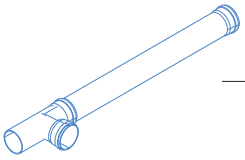
Spécifique à chaque équipement



Gaine de ventilation

Assemblage par emboîtement, brides, vissé

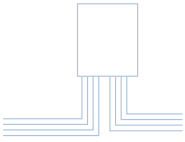
Réemploi ex situ



Tuyauterie PVC

Assemblage fileté, vissé, sertissage, emboîtement, collé

Réemploi ex situ



Réseau éléctrique

Assemblage vissé, par borne à vis, bornier tableau

Recyclage

Fig 33 : Lecture des techniques des bâtiments industriels

Gaines de ventilation, rails de suspension et chemins de câbles

Les éléments techniques secondaires comme les gaines de ventilation, les chemins de câbles ou les rails de suspension possèdent des assemblages mécaniques : colliers de serrage, emboîtement, clips, vissage, boulonnage ou systèmes modulaires. Ces éléments possèdent des dimensions standards augmentant le potentiel de réemploi. Pour réemployer ces éléments des opérations de nettoyage afin de dépoussiérer, dégraissé et contrôlé pour s'assurer qu'il n'y est pas de détérioration ou de fuite pour les gaines.

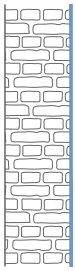
Tuyauterie PVC

Les tuyauteries en PVC peuvent dans certains cas être facilement démontées et réemployées si elles sont assemblées par vissage ou filetage. Dans le cas d'emboîtement collé et de sertissage cela est impossible sans dégradation et rend l'élément plus réemployable. Ces éléments peuvent alors théoriquement être réemployés même si cela est peu réalisé pour des raisons d'exigences sanitaires, de contraintes réglementaires et d'évolutions rapides des systèmes techniques contemporains. Avant la remise en œuvre potentielle, ces éléments doivent être nettoyés, détartrés, désinfectés et faire l'objet d'une opération de contrôle pour assurer de leur état général et leur étanchéité. Enfin, certaines pièces devraient être remplacées notamment les joints.

Réseaux techniques autres (plomberie, électricité)

Les réseaux techniques sont difficilement réemployables pour des raisons sanitaires, des contraintes réglementaires ou des questions de sécurité. Les câbles électriques, par exemple, ne peuvent pas être réemployés dans un système complet pour des raisons de sécurité et sont davantage valorisables en séparant les matériaux comme le cuivre, l'aluminium ou le plastique pour en refaire de la matière première. Ces éléments sont alors recyclés.

⑥



Adhérent, non dissociable

Peinture industriel



Assemblage vissé, emboitement, cloué, collé

Réemploi in situ

Panneau métallique ou composite

Fig 34 : Lecture des revêtements intérieur des bâtiments industriels

2.6 REVETEMENT INTERIEUR

Les revêtements intérieurs, souvent réduits dans le bâti industriel, peuvent inclure des sols en béton lissé, des résines, de la peinture sur les briques. Le béton est généralement coulé en place, constituant une surface monolithique difficilement démontable. Les résines sont appliquées en couches adhérentes, ce qui rend leur réemploi impossible. Les cloisons sont composées de panneaux (panneaux métalliques ou composites) qui sont généralement fixés sur ossature par vissage, ce qui facilite leur démontage. Dans certains cas, les matériaux structurels ou d'enveloppe (béton brut, brique) font office de revêtement intérieur, supprimant ainsi une couche supplémentaire et simplifiant la composition du bâtiment.

Panneau métallique ou composite

Ces éléments étant fixés par vissage à une structure secondaire permettent le démontage et le réemploi de ces éléments. Comme pour les panneaux métalliques utilisés en enveloppe ces éléments nécessitent un nettoyage, un décapage et une découpe des parties détériorées.[95] Si ces matériaux sont réemployés pour le même usage soit à l'abri des intempéries ils peuvent être fixé au même endroit que d'origine ou à de nouveau endroit. Les trous peuvent soit être tout à fait assumé ou les panneaux peuvent être recoupé pour en faire plusieurs de plus petite taille dépourvue de signe de la fixation d'origine.

[95] PONCELET, ENGELBORGHS, Thieme. (2023). « Le réemploi en pratique : de la déconstruction à la remise en œuvre ». CSTB : Bruxelles.

3. VARIABLES ET INTERDEPENDANCES ENTRE COUCHES

3.1 COUCHES MULTIFONCTIONNELLES

La lecture en couches suppose que chaque strate soit distincte et remplisse une fonction unique. Cependant, dans le cadre du bâti industriel, certains éléments assument simultanément les fonctions de plusieurs couches. Ce n'est pas une question de solidarité ou de fusion irréversible de plusieurs couches, mais d'une couche qui répond à plusieurs fonctions. Ce système est davantage répandu dans le bâti industriel pour des raisons économiques et de simplicité. Un seul élément remplit alors ce que d'autres bâtiments répartissent en deux ou trois couches séparées. On retrouve alors différentes variables.

(1=3) L'enveloppe assume également le rôle de structure. C'est le cas des façades en maçonnerie porteuse ou de panneaux en béton préfabriqué porteur. La structure n'est pas recouverte par une autre couche pour assurer l'étanchéité et la protection aux intempéries. À elle seule, elle assure la protection extérieure et la résistance mécanique.

(1=3=6) Dans le même schéma, l'enveloppe peut remplir à la fois la fonction de structure et de revêtement intérieur. C'est notamment le cas des murs en brique ou en béton laissés apparents des deux côtés, où un seul matériau assure la stabilité de l'ouvrage, la fermeture extérieure et la finition intérieure.

(1=6) L'enveloppe peut également assumer un rôle de revêtement intérieur. Lorsque l'enveloppe est détachée de la structure, elle fait généralement l'interface des deux. C'est le cas des tôles métalliques ou des panneaux sandwich légers, posés indépendamment de la structure et assurant simultanément la fermeture extérieure et la finition intérieure.

(1=2=6) Enfin, l'enveloppe peut être composée de la couche isolante dans le cas d'utilisation de panneaux sandwich. Fait donc revêtement intérieur également.

Comprendre ces configurations multifonctionnelles est essentiel dans la lecture en couches : elles ne compliquent pas le démontage, mais elles influencent directement la manière dont on évalue et on exploite le potentiel de réemploi d'un élément récupéré.

3.2 COUCHES DISSOCIEES

Certains bâtiments industriels présentent des couches clairement dissociées, où chaque strate remplit une fonction unique et distincte. Dans cette configuration, chaque couche peut être démontée et évaluée indépendamment des autres. Elle offre la liberté d'agir couche par couche, d'extraire ou de conserver certaines couches sans contrainte d'interdépendance.

4. SYNTHESE

Ce chapitre permet d'appliquer la lecture en couches au bâti industriel et d'en faire un outil d'identification du potentiel de réemploi. Plusieurs enseignements en ressortent. On comprend que le bâti industriel constitue un terrain favorable au réemploi par ces matériaux robustes et standards conçus pour durer. Ses logiques constructives spatiales permettent une adaptation des espaces dans le temps.

Le deuxième enseignement qu'on peut tirer de ce chapitre est que le potentiel de réemploi d'un élément ne dépend pas uniquement de sa position dans le bâtiment mais davantage de sa nature et de ses assemblages. C'est ainsi le mode d'assemblage qui conditionne la démontabilité et la possibilité d'être réemployé. De plus, la nature du matériau et sa dépose conditionnent les opérations à effectuer afin de pouvoir le remettre en œuvre. Le type d'opération engendre à son tour le degré de réemploi (in situ, ex situ ou recyclage).

À cela s'ajoute la question de la remise en œuvre qui varie elle aussi selon les matériaux. Certains peuvent être réemployés dans un usage identique et sans modification technique. D'autres nécessitent d'être réemployés dans un autre usage qu'on définit comme réutilisation. Et pour finir, certains peuvent être réemployés dans un usage similaire mais demandent l'ajout d'éléments complémentaires pour assurer leurs caractéristiques.

Ces enseignements constituent le socle à partir duquel le réemploi peut être activé concrètement. Cette lecture permet d'identifier la nature des matériaux, les assemblages et d'anticiper les conditions de remise en œuvre, formant un inventaire qui va servir les stratégies de projet. Le chapitre 4 explore ainsi comment le réemploi oriente les choix architecturaux selon le type d'intervention envisagé.

CHAPITRE 4

LE REEMPLOI COMME LEVIER DE PROJET

« Le futur n'est que le présent à mettre en ordre.
Tu n'as pas à le prévoir, mais à le permettre » [96]

1. LE REEMPLOI DANS LE PROCESSUS DE PROJET

On distingue deux grandes démarches de conception lorsqu'on intègre des matériaux de réemploi : la démarche dite « classique » et celle dite « ouverte ». [97]

1.1 DÉMARCHE DITE « CLASSIQUE »

Dans la démarche classique, on connaît la ressource dès le début de la conception. De plus, le niveau de connaissance des caractéristiques des matériaux peut être tellement important que ces ressources peuvent être assimilées à des matériaux neufs. Cette démarche permet ainsi de se rapprocher d'un processus de conception conventionnel où on s'adapte à une ressource donnée au départ, mais ne demande pas un processus de conception au cours du chantier. [98] Pour mettre en place cette démarche, il est nécessaire d'avoir une phase d'identification des ressources en amont de la conception (in situ ou ex situ). Cette démarche dite « classique » implique ainsi un travail d'anticipation, de coordination et de stockage non négligeable. Le réemploi étant une ressource aléatoire et souvent imprévisible. Cette approche peut limiter la capacité du projet à intégrer les opportunités apparaissant en cours de conception ou de chantier. Elle se limite aux ressources disponibles à un temps donné précis, la phase d'avant-conception.

[96] SAINT-EXUPERY, Antoine. Cité dans Belli-Riz, Pierre. Benoit, Julie. Fabiani, Sébstien. Ghyoot, Michaël. Guichard, Cécile. Huygen, Jean-Marc. de Guillebon, Marie. Topalov, Hugo. (2022). Réemploi, Architecture et construction : Méthodes, ressources, conception, mise en œuvre. Le Moniteur.
[97] Belli-Riz, Pierre. Benoit, Julie. Fabiani, Sébstien. Ghyoot, Michaël. Guichard, Cécile. Huygen, Jean-Marc. de Guillebon, Marie. Topalov, Hugo. (2022). Réemploi, Architecture et construction : Méthodes, ressources, conception, mise en œuvre. Le Moniteur.
[98] Ibid.

1.2 DÉMARCHE DITE « OUVERTE »

À l'inverse, la démarche dite « ouverte » accepte une plus grande part d'incertitude dans le processus de conception. Il est volontairement choisi de retarder la phase de recherche des ressources pour intégrer les opportunités de ressources au cours de la conception ou même du chantier. [99] Cela implique une certaine souplesse et des mises au point en cours de chantier, une fois les matériaux à disposition. Deux situations se distinguent. Dans la première, les ressources sont identifiées au cours des phases de conception pouvant progressivement être intégrées dans le projet. Elles permettent d'ajuster certaines dimensions, détails constructifs et les choix de matérialité. Dans la seconde situation, les ressources sont identifiées au départ du chantier et durant celui-ci. [100] Le projet doit ainsi être capable d'évoluer en fonction des matériaux disponibles à ce moment-là. Cette démarche dite « ouverte » demande davantage de flexibilité avec des systèmes constructifs plus ouverts, des assemblages réversibles et une capacité d'adaptation. La deuxième situation se limite également aux ressources disponibles à un temps donné précis, pouvant allonger le temps de la phase de chantier. Cependant, cette démarche peut être utile dans le cas où la possibilité de stocker des matériaux en attente est impossible.

[99, 100] Ibid.



Fig 35 : Toilettes pour le Chiro d'Etterbeek



Fig 36 : Façade modulée selon les menuiseries de réemploi trouvées durant la phase de chantier

1.3 L'IMPACT DE LA RESSOURCE SUR L'OUVRAGE

L'intégration de matériaux de réemploi influence plus ou moins la forme de l'ouvrage selon la place accordée à celle-ci, pouvant jusqu'à influencer la forme de l'ouvrage. On retrouve ainsi quatre cas de figure.

Dans le premier cas, la ressource s'adapte à la forme du projet. Les matériaux réemployés ne sont pas déterminants dans l'ouvrage mais se plient au projet. [101] Comme notamment le projet de toilettes pour le Chiro d'Etterbeek réalisé par Rotor à Dilbeek en 2019.

Dans le second cas, la ressource guide la forme du projet. Elle commence à influencer l'ouvrage en participant aux réglages du projet par ses dimensions, formes, modes d'assemblage, couleurs… [102] On peut observer cette influence dans le projet de rénovation Zinneke à Bruxelles par Ouest Architecture et Rotor en 2016.

[101, 102] Ibid.



Fig 37 : Charpente de réemploi pour le projet Recypark à Anderlecht



Fig 38 : Portiques de réemploi datant de 1942, réassemblés avec ses écrous et boulons d'origine

Dans le troisième cas, la ressource génère la forme. L'influence de la ressource devient structurante et détermine la volumétrie et ses dimensions. Elle est donc le point de départ de la conception. [103] C'est notamment le cas du projet Recypark à Anderlecht réalisé par 51N4E, Witteveen & Bos et Rotor en 2016.

Pour finir, la ressource est la forme. Elle est si importante qu'elle constitue l'essentiel voire la totalité du projet. Les éléments réemployés définissent l'identité de l'ouvrage, l'objectif est de révéler les ressources plus que d'imposer une forme extérieure à quoi ils doivent s'adapter.[104] C'est notamment le cas du projet de la gare routière réalisé par Claessens Erdmann à Amsterdam en 2015.

Ces différents cas de figure montrent que le réemploi des matériaux peut devenir un véritable moteur de conception. Dans le processus de réemploi il est nécessaire d'intégrer la notion de réemploi futur et d'en prendre conscience dès le début de la conception afin d'intégrer des attitudes le permettant.

[103, 104] Ibid.

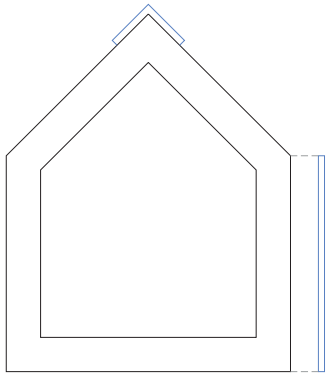


Fig 39 : Intervention minimale, permanence et réversibilité

2. ADAPTER OU RENOVER LE BATI EXISTANT

2.1 TRANSFORMER PAR COUCHE

Contrairement à une logique de démolition et de reconstruction, cette approche considère le bâtiment comme une ressource déjà disponible dont les différentes couches peuvent être conservées, transformées ou réemployées selon leurs caractéristiques et leur état. La lecture en couche permet ainsi de distinguer les éléments pérennes et ceux plus facilement transformables ou devant être modifiés. Dans cette logique, le projet ne consiste pas à intervenir sur l'ensemble du bâtiment mais à cibler les couches nécessaires. L'adaptation du bâti existant conduit à développer des hypothèses de projet fondées sur la continuité plutôt que sur la rupture.

2.2 HYPOTHESES DE PROJET (INTERVENTION MINIMALE, PERMANENCE, REVERSIBILITE)

Intervention minimale

Cette hypothèse cherche à préserver un maximum de matière déjà présente et à limiter les transformations aux éléments réellement nécessaires. Cette approche implique une lecture attentive du bâtiment afin d'identifier les couches encore capables d'assurer leur fonction et celles nécessitant une adaptation. Lorsqu'on intervient, il est important de se demander si l'élément qu'on extrait peut-être réemployé ailleurs. Et peut-on utiliser un matériau de réemploi pour intervenir ? En effet intégrer un matériau de réemploi à une construction déjà existante demande de la souplesse et de pouvoir adapter les deux pour les lier.

Permanence

Certaines couches comme la structure possèdent une durée de vie largement supérieure aux usages qu'elles accueillent. Le projet peut dès lors s'appuyer sur cette permanence pour permettre de nouvelles occupations sans remettre en cause les éléments pérennes du bâtiment. Dans le cas du bâti industriel, les grandes portées, les trames régulières ou les volumes généreux offrent souvent une capacité d'adaptation importante à de nouveaux programmes.

Cette permanence libère les couches à durée de vie plus courte permettant de dissocier couche pérenne et évolutive. Ainsi, les interventions se mobilisent davantage sur les couches évolutives comme le revêtement intérieur, les techniques et le second œuvre pour s'adapter aux nouveaux usages.

Réversibilité

Concevoir une intervention réversible consiste à permettre l'évolution future du bâtiment sans destruction majeure. Les nouvelles interventions peuvent ainsi être pensées comme des couches supplémentaires venant s'ajouter à l'existant tout en restant dissociables. Cette logique favorise des transformations progressives et permet au bâtiment d'évoluer dans le temps selon de nouveaux usages ou de nouvelles contraintes.

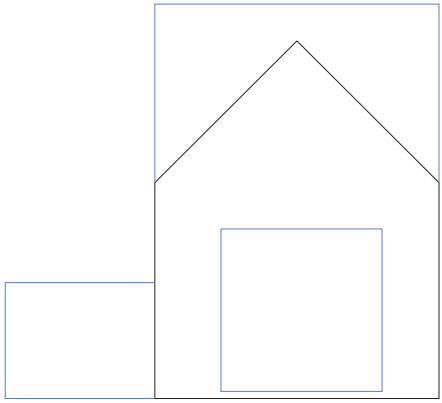


Fig 40 : Extension, surélévation et insertion

3. INTEGRER LE CONTEMPORAIN DANS LE BATI EXISTANT

3.1 COUCHE CONSERVER ET TRANSFORMER

Contrairement à une rénovation visant principalement la continuité ou la conservation, cette approche cherche à faire coexister des éléments existants avec de nouvelles interventions. Cette intervention ne vient pas transformer les couches du bâti existant mais rentre en dialogue.

« Qu'est-ce que signifie "apprivoiser" ? […] Cela signifie : créer des liens… ». [105] Le réemploi consiste précisément à créer de nouveaux liens entre des ressources existantes, des usages futurs et de nouvelles interventions.

3.2 HYPOTHESE DE PROJET (EXTENSION, SURELEVATION, INSERTION)

L'extension

La structure, la couche pérenne sert de point d'appui à l'ajout de nouvelles couches. L'extension peut prolonger les logiques constructives existantes ou, au contraire, affirmer une écriture contemporaine distincte. Le réemploi intervient alors dans les nouvelles parties construites.

Surélévation

Les structures existantes présentent parfois des capacités portantes suffisantes pour accueillir de nouveaux niveaux ou des dispositifs légers. Cette approche permet de densifier un site tout en limitant l'emprise au sol et la démolition de l'existant. Elle nécessite toutefois une lecture attentive des couches structurelles et de leur capacité d'adaptation.

[105] Saint-Exupéry, Antoine. (1946). Le petit prince. Paris : Gallimard.

Insertion

L'insertion architecturale repose quant à elle sur l'introduction de nouveaux volumes autonomes à l'intérieur d'un système de couche existante sans le modifier. Dans le cas des halles industrielles, les grands volumes libres permettent souvent l'intégration de nouvelles constructions autonomes venant coexister avec le bâtiment d'origine. Cette stratégie met particulièrement en évidence les différences de temporalité entre les couches conservées et les nouvelles interventions. Les nouvelles couches sont alors ajustées selon la nécessité en regard des couches déjà existantes, c'est notamment le cas d'une intégration dans un bâtiment. Dans ce cas, l'étanchéité à la pluie n'est pas utile puisqu'elle y est déjà assurée par l'existant.

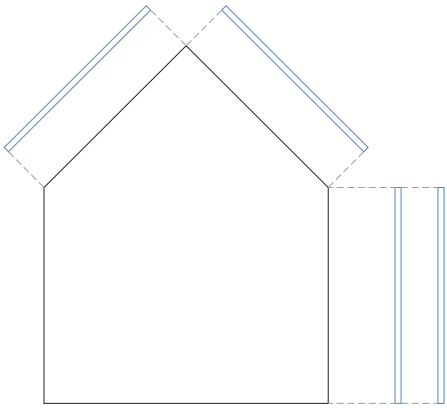


Fig 41 : Système ouvert, réversibilité et flexibilité

4. CONSTRUCTION NEUVE

4.1 MOBILISATION DES COUCHES

Dans une logique de construction neuve intégrant du réemploi, le réemploi structure fortement le projet comme la trame, les dimensions. Il oriente ainsi les choix de conception. Concevoir du neuf avec du réemploi c'est également concevoir pour le réemploi futur. Chaque couche doit être pensée pour sa capacité à être démontée et réemployée plus tard.

4.2 HYPOTHESES DE PROJET (SYSTEME OUVERT, REVERSIBILITE, FLEXIBILITE)

Système ouvert

Pour permettre la pratique du réemploi on peut imaginer le bâtiment comme un système ouvert plutôt qu'un objet figé. Le bâtiment doit pouvoir accepter des variations, intégrer des ressources différentes et pouvoir évoluer dans le temps. C'est notamment le concept que John Habraken développe, un système d'open building. Il décrit le système ouvert comme un système qui permet de prendre en compte le besoin permanent du bâtiment de changer et de s'adapter au cours de sa vie. [106]

Ce système dépend directement de la lecture en couche d'un bâtiment, de la possibilité d'avoir des couches réversibles pouvant être interchangées.

[106] MAAS, G-J. GASSEL, F-J-M. (2003). The future site : proceedings of the 20th international symposium on automation and robotics in construction. Eindhoven université de technologie. Page 50

Réversibilité

La réversibilité consiste à concevoir un bâtiment capable d'être transformé, démonté, adapté sans déconstruction majeure. [107] Les connexions sont alors accessibles. La réversibilité dans la conception du bâtiment fait référence à la conception de systèmes et de sous-systèmes structurels qui peuvent être facilement démontés ou déconstruits, et dont les pièces peuvent être ajoutées et supprimées sans endommager le bâtiment et ses composants[1]. Ce principe de réversibilité est directement conditionné par les types d'assemblages utilisés entre les systèmes, les sous-systèmes et les composants. On retrouve ainsi un ensemble d'assemblages réversibles que ce soit par des systèmes boulonnés pour l'acier et le bois. Des systèmes réversibles pour les structures en béton ont également été développé. Notamment Kozma et al ont proposé un nouveau connecteur de cisaillement pour les poutres composites démontables. La solution utilise des boulons M20 standard, des plaques d'acier et des poutres en acier en forme de L coulées dans le béton. [108] Pour un montage et un démontage facile, les boulons sont accessibles par des poches en béton depuis le haut de la dalle. Une solution parmi beaucoup qui ont été développées.

Flexibilité

La flexibilité désigne la capacité du bâtiment à accueillir différents usages au cours du temps sans nécessiter de transformations lourdes. Dans une logique de réemploi, les structures ouvertes, les plateaux libres, les techniques accessibles, les assemblages démontables favorisent cette capacité d'adaptation.

[107] Estrella. Muresan. Brütting. Redaelli. Fivet. (2024). RE:SLAB - un système de support de charge pour la réutilisation de composants à extrémité ouverte dans les structures de construction. Frontières.
[108] Ibid.

5. SYNTHESE

Le premier enseignement qu'on peut tirer de ce chapitre est que le réemploi implique de se soucier de la ressource dès le début de la conception. Qu'il s'agisse d'une démarche classique ou ouverte, il est important d'accepter l'incertitude et d'avoir une certaine souplesse pour accueillir les opportunités en cours de conception ou du chantier. Pour finir, selon la place accordée à la ressource, elle peut s'adapter au projet, le guider, le générer ou même en devenir l'identité.

Dans la rénovation du bâti existant, la lecture en couches devient un outil de décision. Elle permet d'identifier les couches pérennes qui constituent un cadre pour intervenir. Dans une logique de lecture en couche et de réemploi ces interventions doivent être réversibles.
Dans l'intégration du contemporain dans le bâti existant, cette approche ne transforme pas les couches existantes mais entre en dialogue avec les nouvelles. Enfin, dans le cas de construction neuve avec des matériaux de réemploi, la ressource influence la trame, les dimensions, les assemblages. Cette démarche, c'est aussi concevoir pour le réemploi futur en impliquant la réversibilité et la flexibilité des espaces.

Ces enseignements montrent que le réemploi n'est pas qu'une ressource mais permet de concevoir des leviers de projet.

CONCLUSION

Ce travail a cherché à montrer comment la lecture en couches peut devenir un outil au service du réemploi dans le bâti industriel. Plusieurs éléments ressortent de cette expérimentation. Premièrement, le réemploi est une pratique aux bénéfices importants mais dont le développement se heurte à des freins structurels importants. La lecture en couches offre un cadre pour identifier les potentiels de réemploi afin de s'y positionner. Le cadre du bâti industriel offre des matériaux robustes et standardisés un potentiel non négligeable à la pratique du réemploi. Pour finir, il montre que le réemploi oriente les choix dès la conception et structure la nécessité d'intervenir avec des méthodes pour faciliter la pratique.

La lecture en couche présente certaines limites. Elle ne peut rendre compte de la singularité de chaque bâtiment et doit s'adapter pour s'appliquer à chaque cas. Les potentiels de réemploi identifiés couche par couche restent des tendances globales, la réalité impose toujours une lecture au cas par cas. Car le potentiel de réemploi dépend de plusieurs critères plus complexes comme l'état des matériaux, sa quantité, la faisabilité logistique, etc.

Ce travail s'est construit autour du bâti industriel comme terrain d'application de la lecture en couches qui a ainsi défini la grille. Le bâti industriel présente des caractéristiques particulièrement favorables en raison des matériaux standardisés, des assemblages, des couches peu nombreuses et clairement dissociées. Dans un objectif de continuité, étendre cette grille de lecture à d'autres typologies comme le tertiaire ou le logement supposerait de la repenser. En effet, dans ces contextes, les couches sont souvent davantage collées, imbriquées ou superposées. Sachant qu'aujourd'hui dans ces bâtiments ce sont davantage les éléments de second œuvre et de revêtement intérieur comme les dalles de faux plafond, moquettes, cloisons légères, menuiseries intérieures qui sont réemployés. Contrairement, au bâti industriel où la notion de revêtement intérieur est davantage limitée. Cette lecture pourrait ainsi être un outil adaptable selon les typologies à condition d'en redéfinir les priorités et les critères à chaque fois.

PARTIE 2
CAS D'ETUDE - L'ANCIENNE FONDERIE DES ACEC



Fig 42 : Implantation selon Charleroi et ses 23 communes

Le cas d'étude choisi est l'ancienne fonderie des ACEC située à Marchienne-au-Pont sur l'ancien site industriel nommé Marcinelle-Charleroi. Situé rue Thomas Bonehill 30, le long du chemin de fer, à la frontière entre site industriel et quartiers résidentiels.

Le choix de ce cas d'étude c'est fait sur base d'un critère. Il fallait un site ayant accueillis une production industrielle. La région de Charleroi s'est imposée comme un terrain évident, ancien berceau industriel, elle concentre un patrimoine industriel abandonné ou menacé de démolition. De nombreux bâtiments sont démolis, offrant un territoire pertinent au sujet. Par ailleurs, la question de recherche n'impliquant pas de programme architectural prédéfini, le choix du site n'a pas été contraint par des exigences programmatiques particulières.

Le choix s'est finalement arrêté sur ce site parce qu'il s'inscrit dans une dynamique territoriale plus large. Signalé sur WalonMap comme un site à potentiel de réaménagement, il fait partie d'un ensemble industriel appelé à être redynamisé.

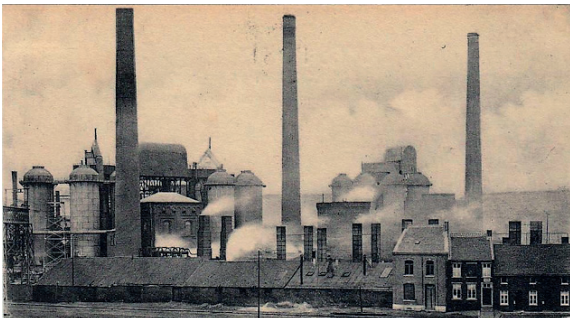


Fig 43 : Carte postale de Marchienne-au-Pont



Fig 44 : Carte postale de Charleroi



Fig 45 : Gare de Jumet-Brûlotte

1. CONTEXTE HISTORIQUE, URBAIN ET SOCIAL

1.1 CONTEXTE INDUSTRIEL DE CHARLEROI

Au 19ème siècle, Charleroi se transforme en un centre industriel majeur grâce au charbon, au verre, à la métallurgie et à la sidérurgie. [109] Grâce à l'exploitation intensive des ressources Charleroi et son agglomération produisent la richesse de la Belgique. Cela participera à placer la Belgique au rang de deuxième puissance industrielle mondiale. [110] La richesse du pays lui permet ainsi d'entamer de vastes travaux de modernisation notamment avec le développement de routes, de chemin de fer, de voies fluviales, d'équipements, de bâtiments, ect. [111]

A cette période, Charleroi est la ville européenne typique du 19ème siècle triomphant, la ville connaît ainsi une croissance démographique et un développement soutenu de ses infrastructures. [112]

En 1972, le projet du « Grand-Charleroi » vise à unifier vingt-trois localités notamment Marchienne-au-Pont. [113] Marchienne-au-Pont occupera une place particulière dans l'histoire industrielle carolorégienne. En effet, elle connaît un fort développement lié à l'implantation des industries métallurgiques et charbonnières. Marchienne-au-Pont fait face à une croissance démographique importante passant de 1 140 habitants en 1801 à 21 350 habitants au pic de son essor industriel en 1947. [114]

[109] DIDIER, Laure. (2013). La bande noire (1855 – 1862). Louvain-la-Neuve : Presses universitaires de Louvain
[110] « Wallonie industrielle ». Wallonie.be
[111] DIDIER, Laure. (2013). La bande noire (1855 – 1862). Louvain-la-Neuve : Presses universitaires de Louvain
[112] Ibid.
[113] (2020). De la confusion à la fusion des communes. CPAS Charleroi. N°6
[114] Michel Poulain. (2001). Ville de Charleroi : Atlas géostatistique des quartiers, Charleroi, 2001, p. 55.

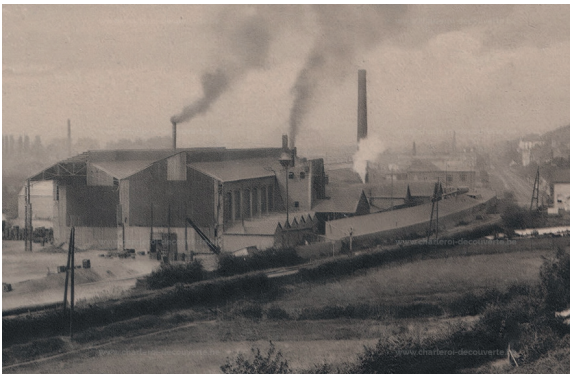


Fig 46 : La providence, Charleroi



Fig 47 : Pont de la rue Neuve, Marchienne-au-Pont

A partir, des années 1950, Charleroi subit le déclin progressif des charbonnages entraînant la fermeture des charbonnages les uns après les autres et la sidérurgie peinant à rester concurrentielle face aux pays émergents. Comme toutes les régions ayant construit leur richesse à partir de l'industrie lourde, Charleroi connaît un lent déclin économique. En quelques décennies, les centaines d'hectares, desquelles on tirait une part essentielle de la richesse d'un des pays d'Europe les plus riches, se sont transformées en une terre de misère et de désolation. [115] On retrouve aujourd'hui des centaines d'hectares pollués et de bâtiments industriels à l'abandon.

Depuis plusieurs années, la ville a résolument entrepris une politique de redéploiement économique et de reconstruction urbaine. Grâce au soutien des fonds européens et de la région wallonne, Charleroi a entrepris depuis 2015 une reconfiguration de son centre-ville. Le 2ème axe de ce plan stratégique consiste précisément à développer chacun de ces districts qui entourent le centre-ville. [116]

[115] Benjamin Assouad. (2014). Marchienne-au-Pont, chronique d'une descente aux enfers. Canopea.
[116] Paul Magnette. Georgios Maillis. (2014). CHARLEROI METROPOLE : Un schéma stratégique 2015-2025.Charleroi Bouwmeester.



Fig 48



Fig 49 : Photo aérienne du site des ACEC de Marcinelle-Charleroi à Marchienne-au-Pont

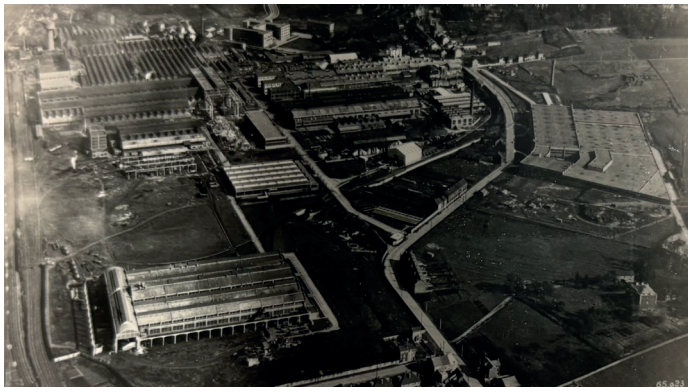


Fig 50 : Photo aérienne du site des ACEC de Marcinelle-Charleroi à Marchienne-au-Pont

1.2 LES ACEC

Les Ateliers de Construction Électrique de Charleroi (ACEC) sont fondés en 1904. Cependant, ses origines dates de 1886 sous le nom de « société d'électricité et d'hydraulique ». Cette société a grandement contribué au début du développement de l'industrie électrique en Belgique. En effet, elle équipera la première centrale électrique industrielle de Belgique en 1888 et participera notamment à l'électrification dans les charbonnages. [117]

Les ACEC produisaient toutes sortes d'équipements destiné à la production d'électricité. A cette époque, les industries produisaient leur électricité eux même. Ils achetaient de l'électricité sous forme de courant à haute tension aux grandes centrales. Et avaient besoin par la suite, de transformateurs de grande puissance pour obtenir l'énergie sous une forme utilisable par leurs moteurs. [118]

En 1904, les ACEC s'installent à Marcinelle-Charleroi. Les ACEC en forte croissance vont développer rapidement de nouvelles infrastructures. En 1906, de nouvelles usines sont construites sur un terrain de 49 hectares longeant le chemin de fer à Marcinelle-Villette. Le chemin de fer est un accélérateur, facilite l'approvisionnement en matières premières et l'exportation des productions par la suite. [119] Ce site abrite ainsi la câblerie, les ateliers de construction de grosses machines et engin de levage, les ateliers de construction des transformateurs et une importante fonderie desservant toutes les usines de la société. Le site se densifie progressivement avec la construction de nouveaux complexes notamment l'édification d'une nouvelle fonderie en 1950. [120]

[117] TELEZ, Oscar. (1929). « 1904-1929 ». Revue trimestrielle, numéro 123 juillet-septembre
[118, 119] Ibid.
[120] (1958). ACEC. Archives Bois du Cazier, Charleroi.



Fig 51 : Photo de la fonderie de Marcinnelle-Villette

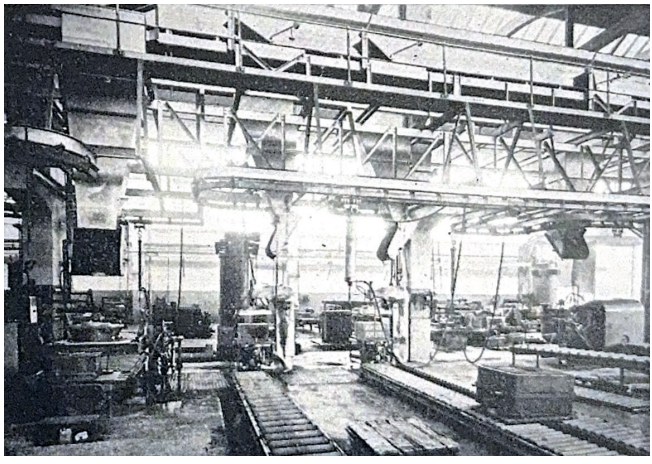


Fig 52 : Photo intérieure de la fonderie

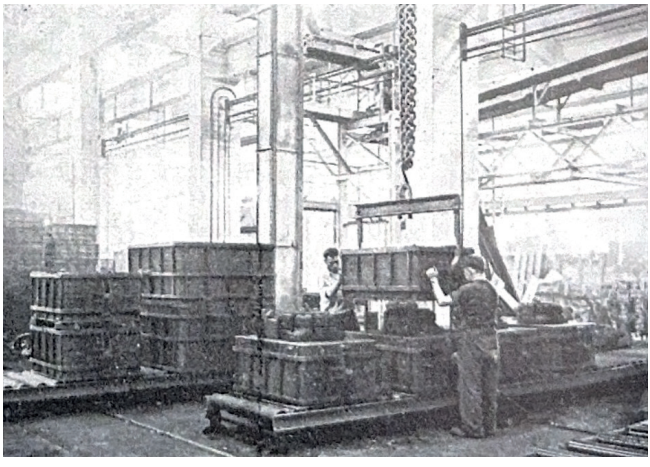


Fig 53 : Photo intérieure de la fonderie

En parallèle, les ACEC continuent de se développer et s'étend en 1920 à Ruysbroeck-Bruxelles sur un terrain de 14 hectares pour la production en grande série de petits moteurs et la manufacture de l'appareillage de signalisation. De plus, à partir de 1951, elle commencera à s'étendre à l'étranger. [121] Jusqu'à son démantèlement en 1989. L'entreprise est ainsi rachetée par différents groupes. Les bâtiments quant à eux sont progressivement rachetés pour certains par différentes entreprises et laissés à l'abandon pour d'autres.

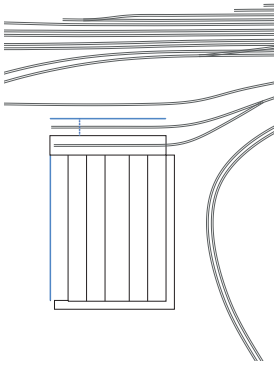
1.3 LA FONDERIE

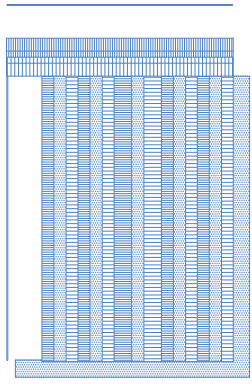
La fonderie est conçue en 1950, une période d'expansion importante pour la société. Située sur le site de Marcinelle-Charleroi, un site déjà en pleine activité et qui constitue l'un des principaux pôles industriels des ACEC. Le site sera renommé plus tard « Technopôle de la Villette » témoignant de la volonté de reconversion de ce territoire industriel.

Ce bâtiment accueillait les différentes activités relatives à la fonte : le moulage, le noyautage, la fusion, le grenaillage, l'ébarbage et la peinture. [122] Afin d'assurer ces différentes opérations, le bâtiment accueillait une série d'équipements lourds nécessitant des espaces de grande dimension et une structure capable de supporter ces charges.

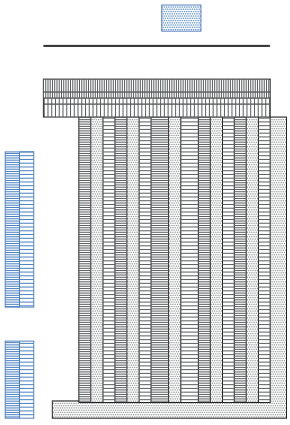
L'organisation spatiale et l'implantation des différents bâtiments reflète les besoins fonctionnels de l'activité industrielle. Le bâtiment était composé de cinq halles principales où se déroulait les activités de fonte. Une halle perpendiculaire à celles-ci au nord servait d'espace de chargement et déchargement des trains. Enfin un ensemble de bâtiments administratifs le couronnait. Au fil des années, le site accueillera de nouveaux complexes et d'autres seront démolis. D'après les visites et les photos historiques aériennes, on remarque que des rénovations ont été localement entreprises sur le bâtiment. En effet, on remarque un nettoyage de la façade sud et les bâtiments administratifs, la pose de nouveaux châssis dans les bâtiments administratifs et le changement des lanterneaux de deux halles.

[121] ACEC : historique de la société et quelques étapes de son existence. Archives Bois du Cazier, Charleroi.
[122] (1959). La fonderie. Revue des jeunes. ACEC N°4 juillet-aout. .

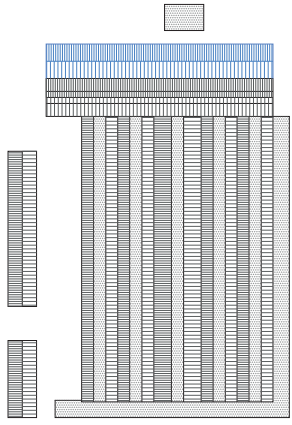




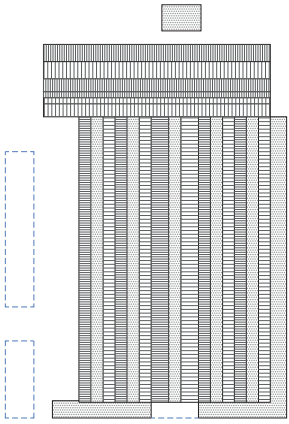
1950



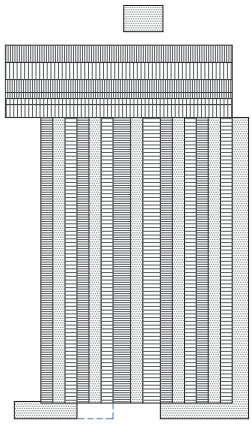
1971



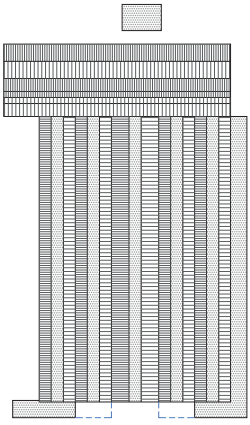
1978 - 1990



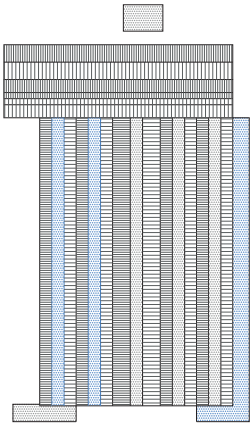
1994 - 2000



2004



2015



2022

Fig 54 : Evolution du bâti de la fonderie

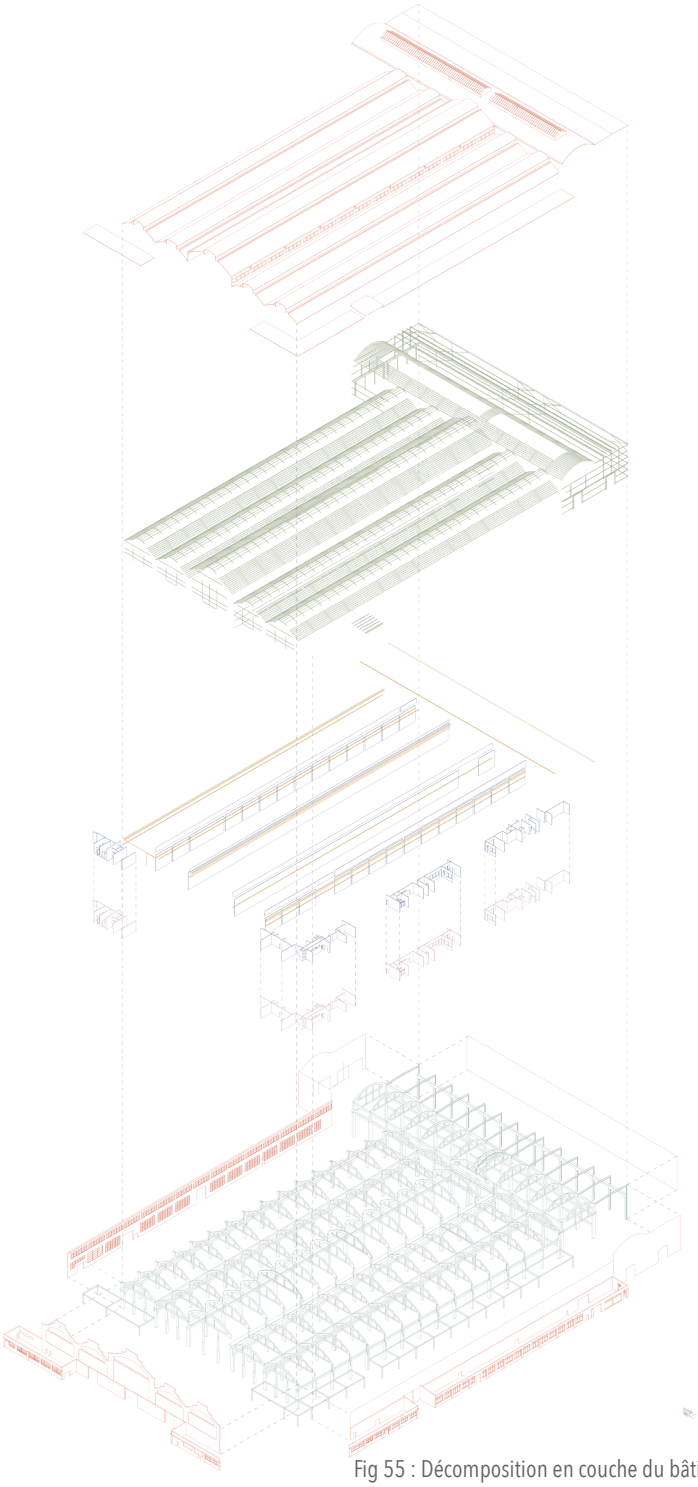


Fig 55 : Décomposition en couche du bâti existant

2. ANALYSE PATRIMONIALE ET ARCHITECTURALE

2.1 LECTURE EN COUCHES DU BATIMENT EXISTANT

L'enveloppe

L'enveloppe est composée de différentes matérialités témoignant de leur date de mise en œuvre et de son histoire. Les cinq halles principales et les bâtiments administratifs attenants sont construits avec des murs de brique d'une épaisseur de trente centimètres. Les deux halles nord sont construites en partie à la même époque. Leur structure est construite en même temps, mais leur fermeture est assurée plus tard avec des panneaux métalliques. De plus, les rénovations ont créé une rupture dans le schéma d'origine, la partie haute de la façade Est est revêtue de panneaux métalliques la rendant aveugle. Originairement cette partie possédait des fenêtres suivant le même langage que la façade ouest. En toiture, la halle B présente également des panneaux métalliques, tandis que le reste présente seulement la membrane bitumineuse. Les vitrages des cinq halles sont directement fixés dans des châssis en béton. Tandis que les bâtiments administratifs rénovés après possèdent dorénavant des châssis en aluminium. En partie haute de la toiture, les cinq lanterneaux sont fermés par des panneaux en plexiglas.

L'isolation

Le bâtiment ne disposant pas d'isolant à l'origine. Les rénovations sur les bâtiments administratifs, notamment le remplacement des châssis et les travaux réalisés à l'intérieur, laissent supposer que ces bâtiments ont été isolés depuis l'intérieur.

Structure

Les cinq halles, la halle A et les bâtiments administratifs sont composés d'une structure poteau-poutre en béton coulé sur place. Les halles se distinguent par la présence de poutres bow-string, conférant sa qualité spatiale particulière. Elles sont également dotées de poutres en T permettant d'accueillir des systèmes de pont roulant. La halle B quant à elle possède des poteaux et une poutre en béton en partie basse de sa hauteur. À cela s'ajoutent des poteaux et poutres métalliques ajoutés plus tard venant soutenir le reste des couches.

Structure secondaire

Les cinq halles possèdent un système de solives en béton reprenant la toiture, et des profils métalliques pour maintenir les panneaux qui compartimentent les halles et maintiennent les panneaux polycarbonate de la façade sud. Les bâtiments administratifs étant rénovés depuis l'intérieur, sa composition reste alors incertaine. Cependant, construits avec les mêmes matériaux et selon la même logique que les cinq halles, on peut raisonnablement supposer que la toiture y est également reprise par des solives en béton, et que des rails métalliques ont été installés lors de la rénovation pour recevoir les cloisons. La halle A suit le même schéma que le corps du bâtiment avec des solives en béton en toiture et des profils métalliques pour soutenir l'enveloppe métallique.

Techniques

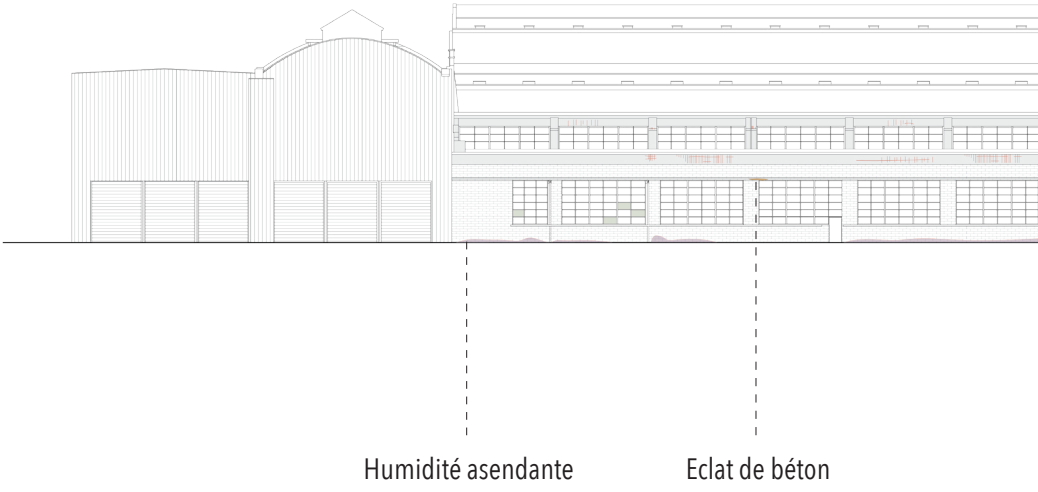
Les halles conservent des réseaux électriques et hydrauliques apparents, maintenus en hauteur par des chemins de câbles, bien que les réseaux d'eau ne soient aujourd'hui plus en service.

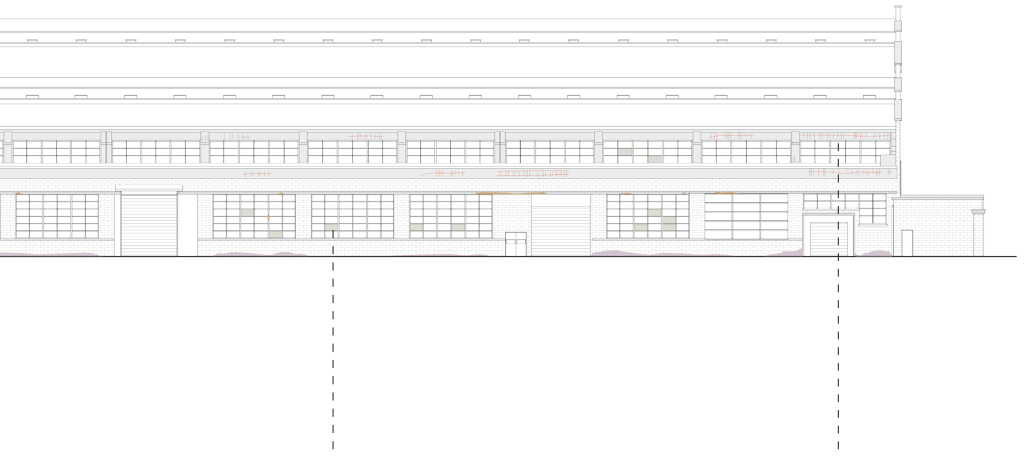
Revêtement intérieur

Les cinq halles sont en partie cloisonnées par des panneaux en PVC. Le revêtement intérieur se résume à une peinture blanche appliquée sur la brique d'enveloppe visible depuis l'intérieur. Cette peinture permettait d'améliorer la luminosité au sein du bâtiment. Les bâtiments administratifs sont eux revêtus à l'intérieur de plaques de plâtre puis d'une couche de peinture de finition. Les deux halles A et B ne présentent pas à proprement parler de revêtement intérieur, c'est l'enveloppe qui fait office de revêtement intérieur.

2.2 DIAGNOSTIC SANITAIRE ET IDENTIFICATION DES PATHOLOGIES

Le bâtiment ayant fait l'objet de rénovations et de nettoyages ponctuels, son état sanitaire est hétérogène. La façade sud et les bâtiments administratifs ayant été ravalés et rejointés, tranchent avec la façade ouest en mauvais état. Davantage exposée aux intempéries venant majoritairement de l'Ouest, différentes pathologies sont relevées. Le béton possède des éclats exposant les armatures à la corrosion, les châssis en béton possèdent également des éclats, certains vitrages étant remplacés de manière ponctuelle. Certaines briques possèdent des éclats et de l'usure. Les halles A et B étant plus récentes ne possèdent pas de pathologies particulières. À l'intérieur des cinq halles, on retrouve quelques endroits de corrosion des armatures et des éclats de béton, au point que des filets de protection ont dû être tendus sous les poutres bow-string pour prévenir la chute d'éclats sur les usagers.


Humidité asendante
Eclat de béton



Vitrage ponctuellement réparé par des panneaux occultants

Eclat du béton et armatures exposées à la corrosion

Fig 56 : Relevé pathologique de la façade Ouest

2.3 POSITIONNEMENT PAR ENTITE DE RECUPERATION

On distingue 4 typologies de bâtiments : les cinq halles, les bâtiments administratifs, la halle A suivant le système structurel des cinq halles et la halle B assemblée plus tard. Leur typologie révèle des matériaux et des types d'assemblages différents, définissant ainsi leur possible réemploi.

Les cinq halles et la halle A

Leur structure en béton monolithique coulé sur place la rend difficilement démontable. Sa robustesse lui confère cependant une temporalité longue, lui permettant ainsi de continuer dans le temps comme une base. L'enveloppe et la structure secondaire sont également conservées. Cependant, des interventions de remplacement peuvent être envisagées pour remplacer les trois lanterneaux défectueux. Et les systèmes de tuyauterie d'eau n'étant plus acheminés peuvent être démontés. Selon leur état, ces éléments pourront être réemployés ex situ après un processus de traitement. Les chemins de câbles et les systèmes de suspension de ces éléments peuvent eux être réemployé directement sur le site pour accueillir les nouveaux réseaux.

Halle B

Son enveloppe, sa structure et sa structure secondaire sont composées de profilés métalliques et de panneaux métalliques assemblés mécaniquement avec des boulons et possédant un bon état général. Cette logique d'assemblage en fait une entité facilement démontable et pouvant être réemployée in situ.

Les bâtiments administratifs

Ces bâtiments possèdent davantage de couches que le reste du bâtiment. Les briques étant en bon état, celles-ci peuvent être déposées soigneusement à condition que le mortier soit un mortier de chaux ou de ciment. Les menuiseries surement fixées dans la maçonnerie mécaniquement peuvent ainsi être déposées et réemployées in situ après changement des joints et des fixations si nécessaire. Concernant les parois intérieures, si leur composition s'avère conforme à l'hypothèse que celles-ci sont composées de rails métalliques, d'isolant et de plaques de plâtre fixés par vissage. Les rails et l'isolant peuvent réemployés in situ. Les plaques de plâtres souvent trop fragiles, sont difficilement réemployables sans détérioration.

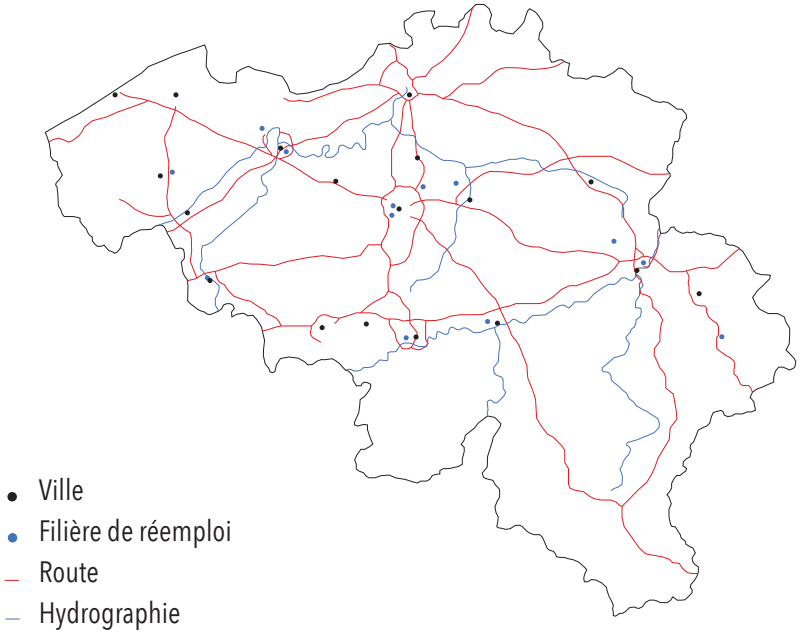


Fig 58 : Carthographie des filières de réemploi existantes en Belgique

3. PROGRAMMATION

3.1 CHOIX DU PROGRAMME

Le travail de recherche ne s'attachant pas à un programme précis mais à la manière de concevoir. Le bâtiment aurait pu accueillir n'importe quelle fonction. C'est la convergence de plusieurs facteurs qui a orienté la programmation vers une filière de réemploi.

Premièrement, dans une optique d'approfondissement de la compréhension des matériaux de réemploi, il me semblait intéressant de comprendre comment fonctionne une filière de réemploi : les espaces, les flux, les outils, les conditions nécessaires à la remise en œuvre de ces matériaux.

De plus, Charleroi accueille déjà une autre petite filière de réemploi offrant l'opportunité de consolider le réseau qui se tisse en Bétique. Par ailleurs, la ville est en perpétuel mouvement de déconstruction et construction, rendant d'autant plus judicieux d'implanter une filière de réemploi proche des chantiers ressources.

Enfin, une filière de réemploi est une activité demandant beaucoup de main-d'œuvre. Charleroi affichant le taux de chômage le plus élevé de Belgique atteignant 21,3 %,[123] en partie dû à une faible demande d'emploi local, ce qui en fait un contexte particulièrement propice à ce type d'implantation.

FILIÈRES DE MATÉRIAUX

FILIÈRE BOIS

Bois de construction, panneaux, finition, parquet, lames de terrasse

FILIÈRE MATÉIRAUX INERTES

Pavé, brique, béton, gabion, céramique, pierre

FILIÈRE ÉQUIPEMENT

Sanitaire, porte, fenêtre, quincaillerie

PÔLE GESTION

ESPACE PUBLIC
Zone de vente
Accueil

ESPACE PERSONNEL
Vestiaires
Lieu de restauration
Locaux sociaux

ESPACE ADMINISTRATIF
Bureaux
Gestion

BUREAUX D'ÉTUDES / RECHERCHE

ESPACE DE TRAVAIL
Bureaux
Ateliers

ESPACE PERSONNEL
Vestiaires
Lieu de restauration
Locaux sociaux

ÉCOLE TECHNIQUE

ESPACE DE TRAVAIL
Atelier
Salle de classe

ESPACE ETUDIANT
Vestiaires
Lieu de restauration
Locaux sociaux

ESPACE ADMINISTRATIF
Bureaux

3.2 COMPOSITION DU PROGRAMME

Le programme se structure autour de plusieurs pôles permettant de s'alimenter mutuellement. On y retrouve trois filières de réemploi distinctes (bois, matériaux inertes et équipement), un pôle gestion, des espaces de bureaux d'études et de recherche et une école technique.

L'analyse de différentes filières de réemploi a permis de distinguer trois dimensions structurantes :

- L'accessibilité et flux : organisation et lisibilité des flux de matériaux, de personnes et de véhicules par des parcours clairs des zones identifiables et hiérarchie des espaces entre public et privé et techniques.
- Social : espace dédié à l'insertion, à la formation et à la transmission des savoir-faire support pour créer de l'activité, valoriser le travail manuel et favoriser le lien social.
- Synergie : s'inscrit dans un réseau d'acteurs tels que des équipes de déconstruction, d'artisans, d'associations et de collectivités. Alimentant d'autres structures implantées sur le site ou à proximité. Mutualisation des espaces, des flux et des outils.

3.3 ORGANISATION ET LOGISTIQUE

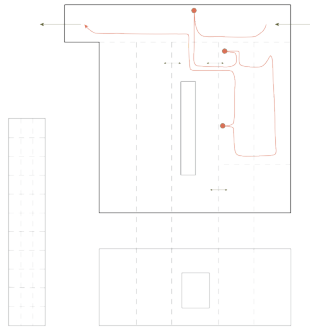
Ces différentes fonctions génèrent des usagers et des flux distincts ayant des besoins spécifiques.

Matériaux

BESOINS

Atelier de tri, traitement et découpe
Espace de stockage
Accessibilité
Espace de chargement et déchargement
Espace de déchets

PARCOURS

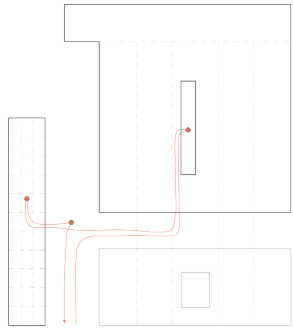


Travailleur

BESOINS

Espace de restauration
Espaces sociaux
Espace de travail
Espace de service
Espace de réunion

PARCOURS

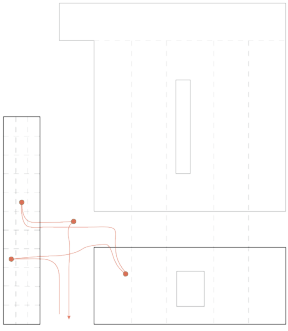


Étudiant

BESOINS

Atelier
Salle de classe
Espace de restauration
Espaces sociaux
Espace administratif

PARCOURS



Visiteur

BESOINS

Lieu d'informations
Atelier pédagogique
Espace de réunion
Espace de service
Showroom

PARCOURS

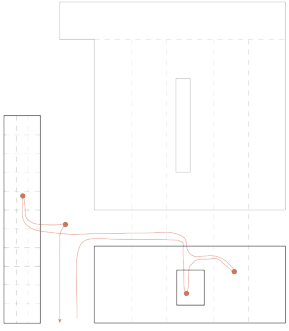


Fig 59 : Parcours type des différents flux et usagers

Ainsi, le bâtiment doit être structuré de manière claire et efficace pour satisfaire les besoins d'efficacité des filières et à la fois avoir des espaces ouverts au public avec des ateliers de formation et de découverte. Le schéma logistique des flux a ainsi permis de structurer différents espaces. Pour établir celui-ci, je me suis intéressée au schéma logistique du site à plus grande échelle. J'ai choisi de prolonger cette logique en créant une nouvelle entrée logistique permettant de dissocier le côté logistique des filières et le côté visiteur, étudiant.

Enfin, dans une logique de réversibilité, le bâtiment peut être redivisé ou mutualisé pour créer des schémas locatifs selon la demande.

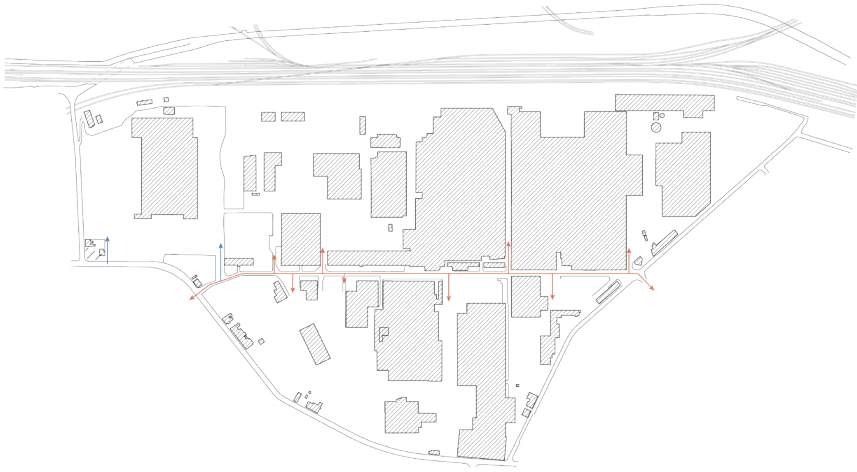


Fig 60 : Schéma logistique du Technopôle

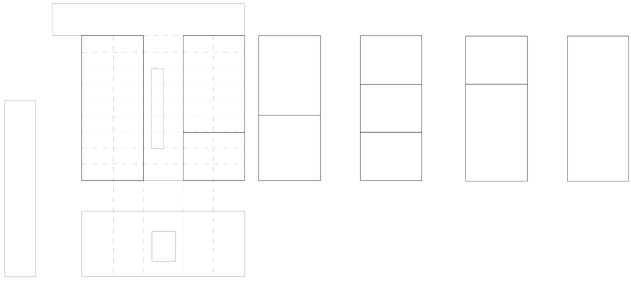
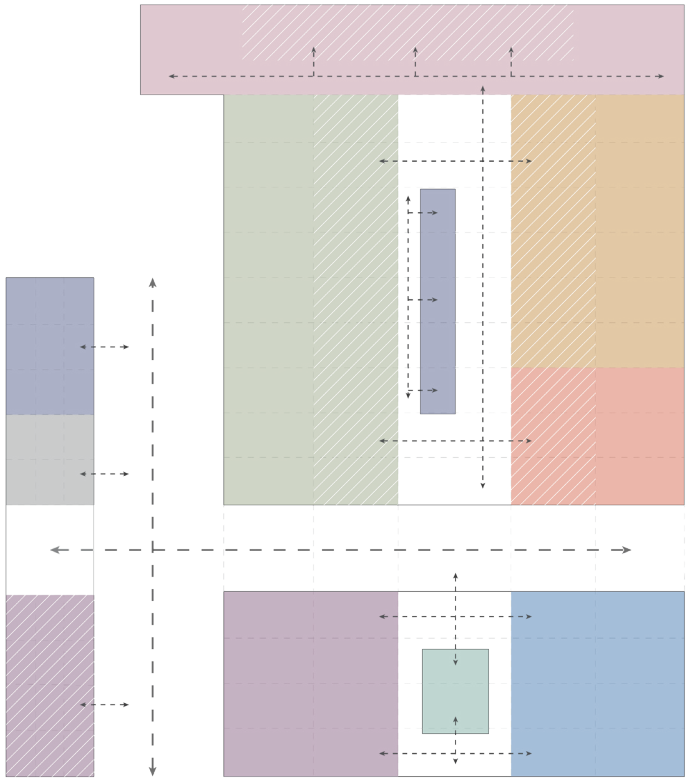


Fig 61 : Multiple configuration locative



Filière matériaux inertes

Ateliers

Espace de stockage

Filière équipement

Ateliers

Espace de stockage

Filière bois

Ateliers

Espace de stockage

Ecole technique

Ateliers

Espace de stockage

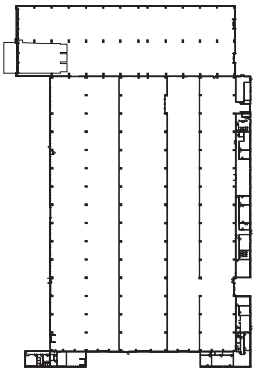
Showroom, espace de vente

Showroom, espace de vente

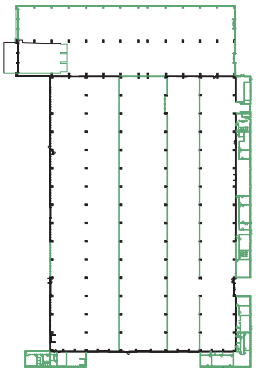
Bureau d' étude / recherche

Foyer commun

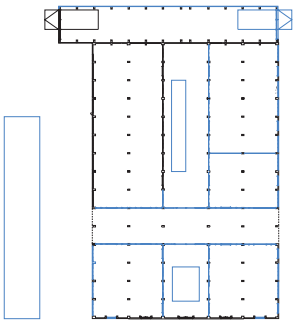
Fig 62 : Organigramme implanté



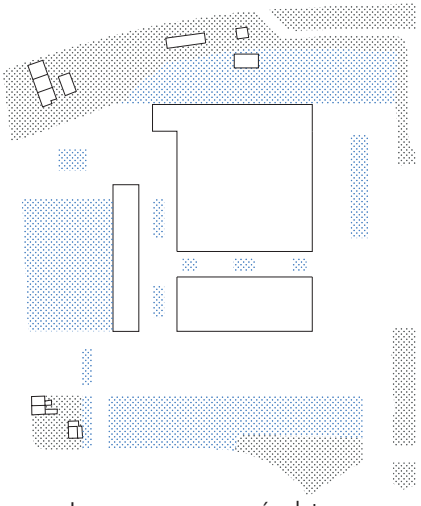
Existant



Déconstruit



Nouveaux volumes



Le paysage comme régulateur des nuisances d'exploitation, de circulation et de la gestion des eaux

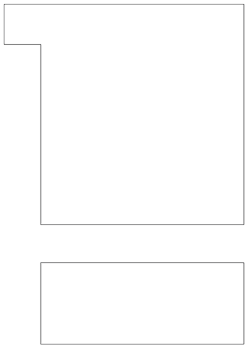
Fig 63 : Interventions

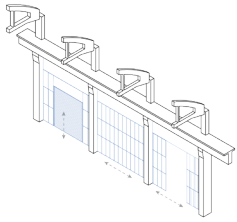
4. DÉMARCHE CONCEPTUELLE

Le bâtiment existant possède différentes qualités spatiales valorisables : grande hauteur sous plafond, poutres bow-string caractéristiques, maximisation de l'apport de lumière par les lanterneaux, trame structurelle régulière et grande portée permettant d'accueillir différents usages.

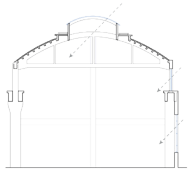
Le bâtiment n'étant pas isolé à l'origine, les halles sont réaffectées pour les ateliers et des fonctions ne nécessitant pas d'ambiance thermique haute. Le programme exigeant des espaces chauffés pour les bureaux et les salles de formation, ceux-ci sont logés dans des modules insérés au sein du bâtiment existant et pour finir, un bâtiment neuf destiné à accueillir l'école technique permet d'atteindre des performances énergétiques plus élevées.

Rénovation de l'existant





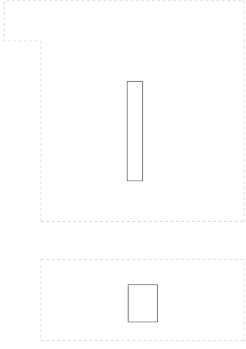
Système de fermeture

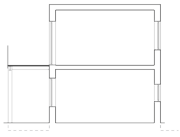


Changement de lanterneaux,
apport en lumière

Fig 64 : Rénovation de l'existant

Module dans l'existant





Espace isolé et chauffé
ponctuel

Fig 65 : Module dans l'existant

On distingue trois types d'interventions :

Rénovation de l'existant
Remplacement des lanterneaux défectueux, la recomposition de la façade Est aujourd'hui aveugle, et la mise en place de systèmes de fermeture adaptés.

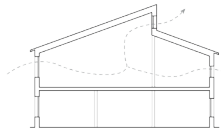
Module dans l'existant
Des modules isolés sont insérés dans les halles pour abriter les bureaux attenants aux ateliers. Leur structure est en acier, avec une structure secondaire en bois comprenant l'isolant, un système léger, démontable et réemployable.

Intervention neuve
Ce nouveau bâtiment, conçu majoritairement à partir de matériaux de réemploi, vise des performances énergétiques élevées pour accueillir l'école technique. Sa toiture est travaillée pour créer des spatialités différenciées, permettant également la mise en place d'un système de ventilation naturelle. La structure est de type poteau-poutre en acier avec un plancher sec, léger et démontable.

L'ensemble de ces interventions est pensé selon un principe de réversibilité : chaque ajout est conçu pour pouvoir être démonté, et les matériaux mis en œuvre pour être réemployés dans un futur usage.

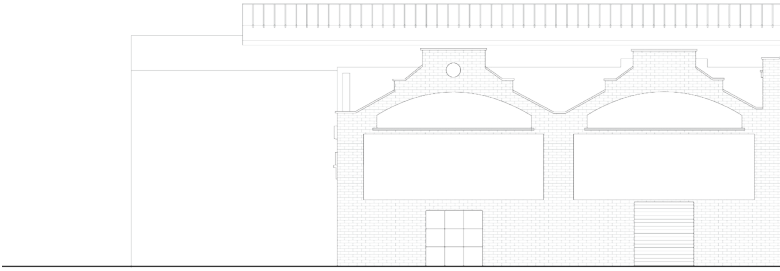
Intervention neuve



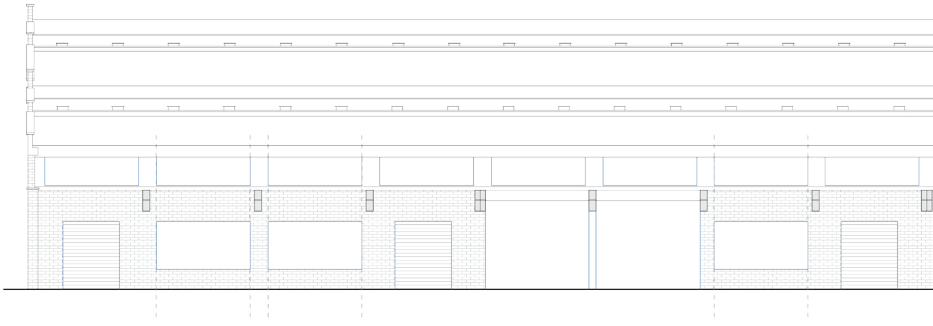


Trâme et structure adaptée à la ressource. Ventilation naturelle

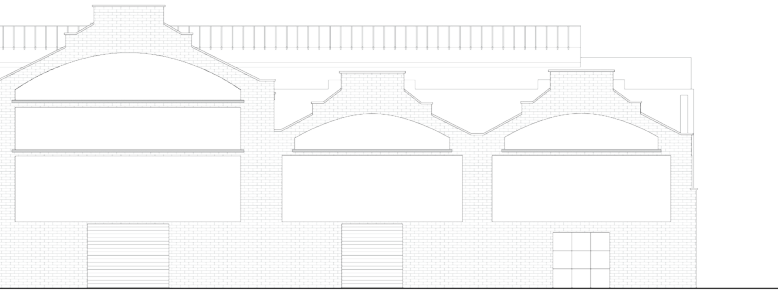
Fig 66 : Intervention neuve



Révéler la façade Sud



Recomposer la façade Est



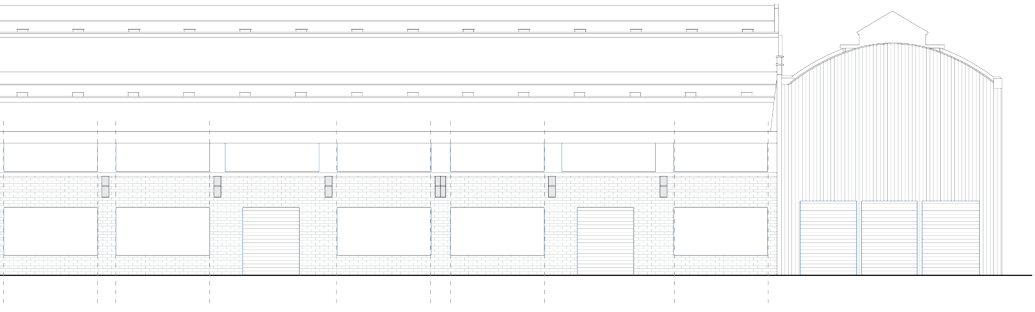
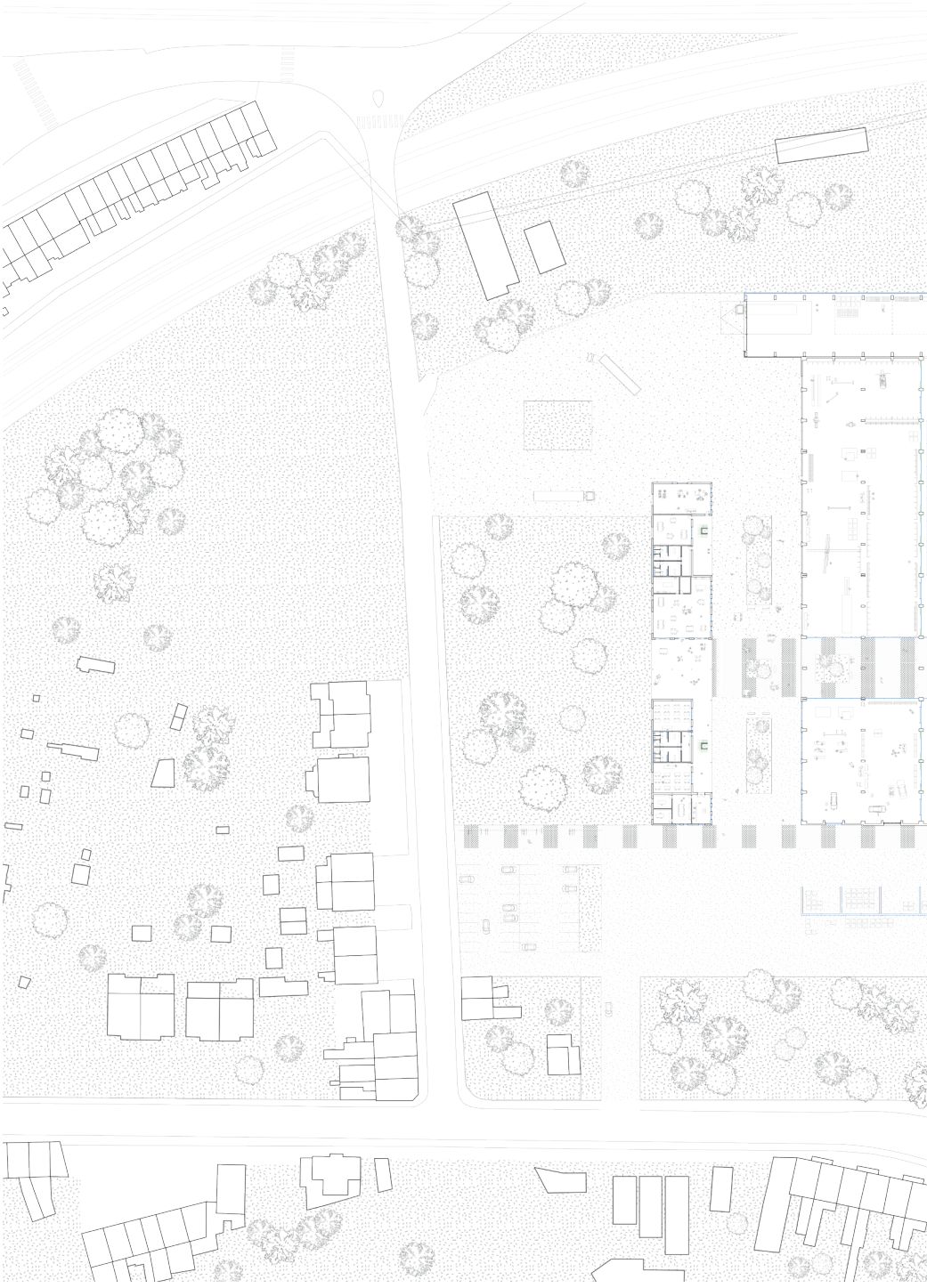


Fig 67 : Intervention en élévation



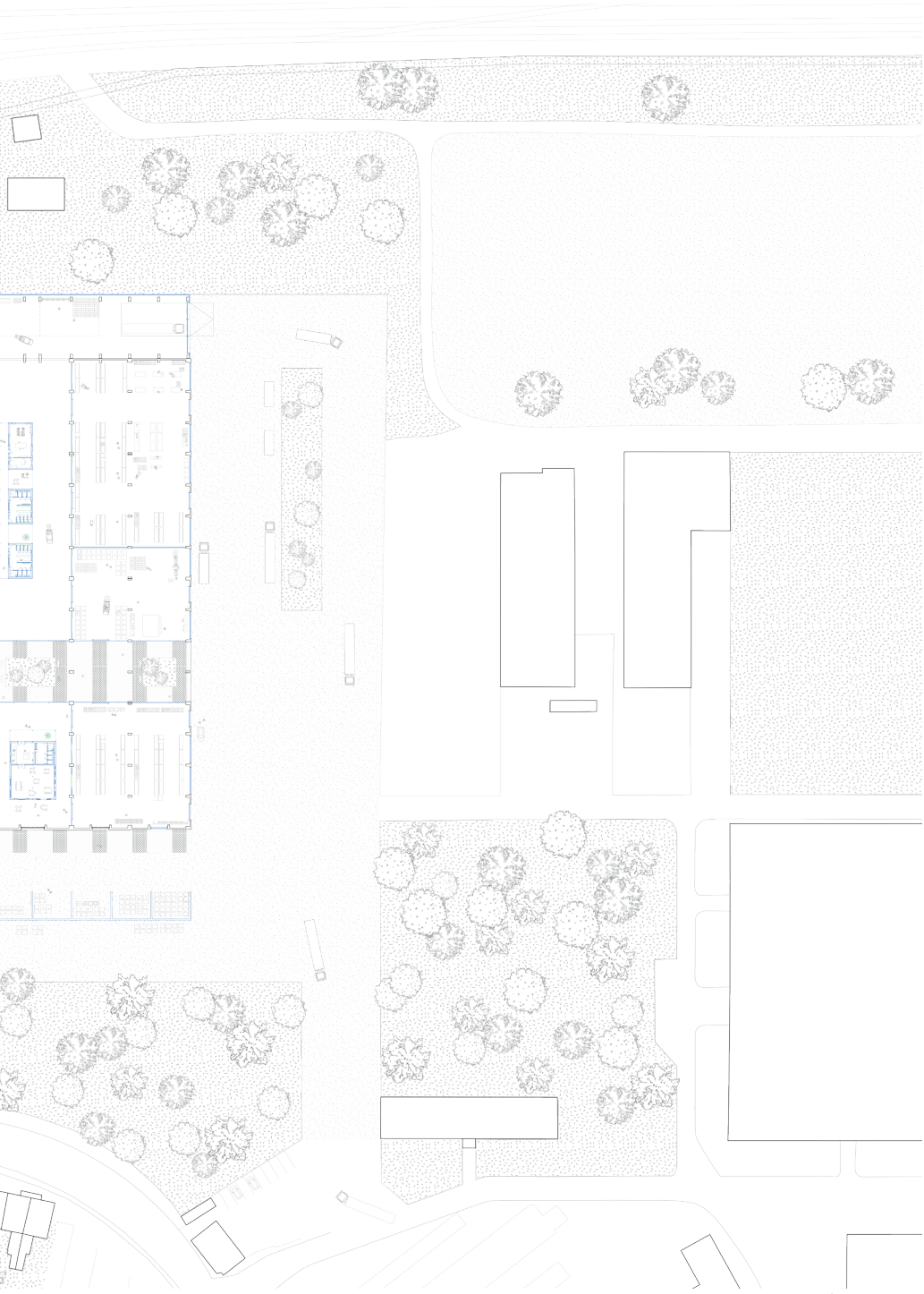
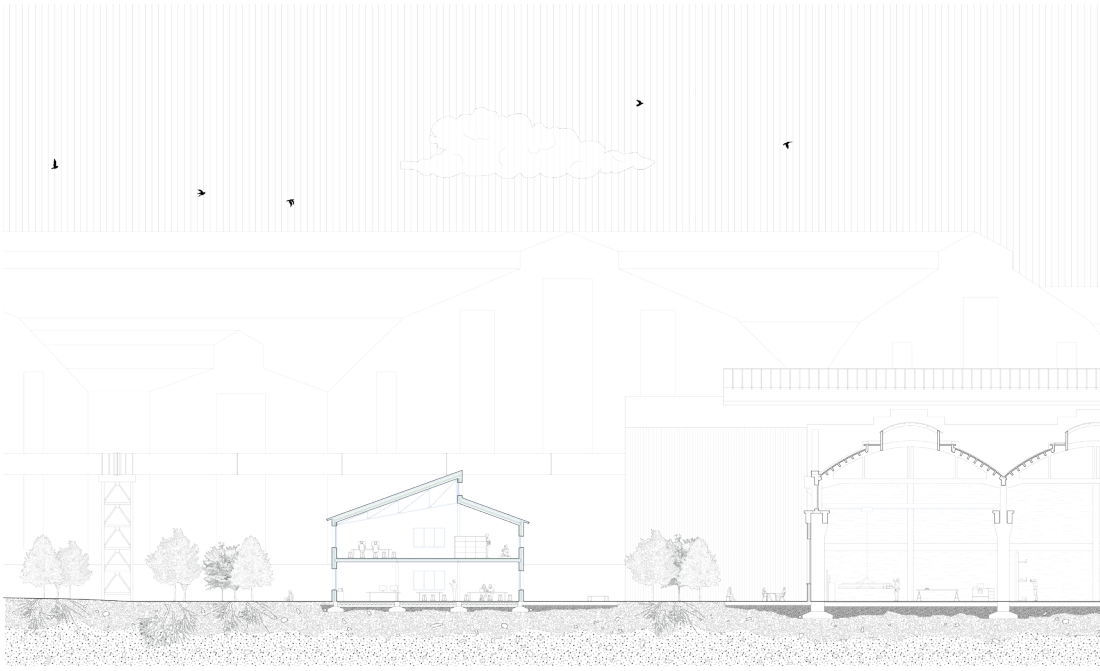
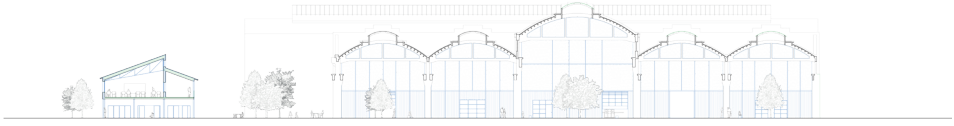


Fig 68 : Plan terrier





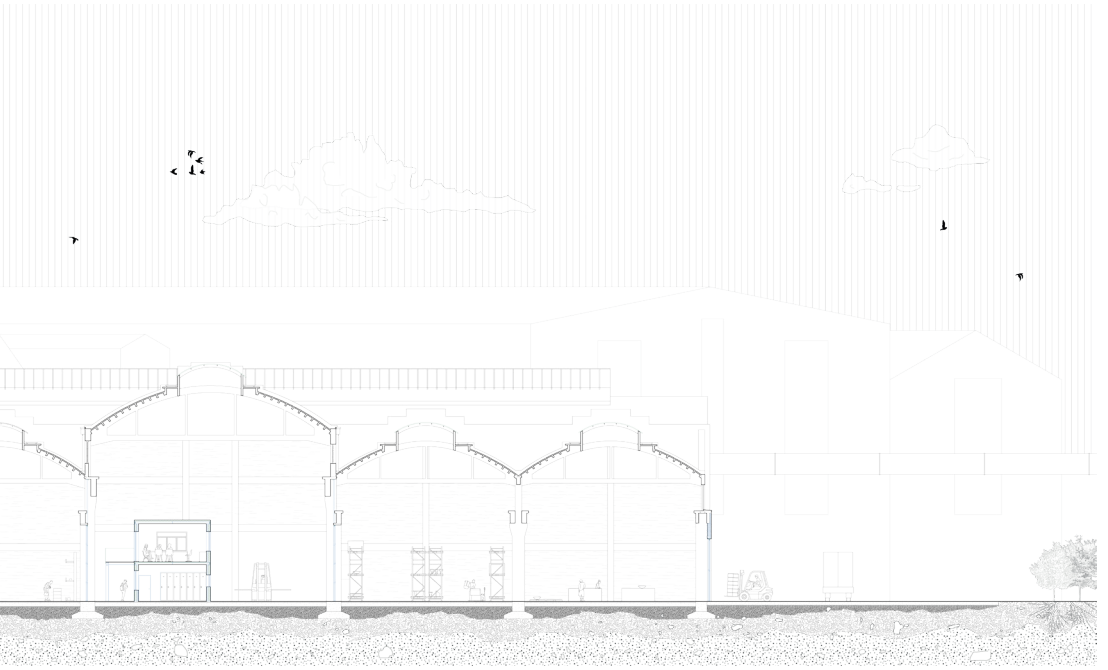
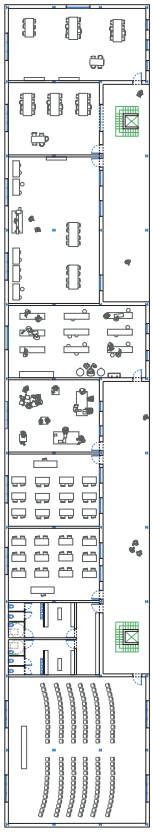
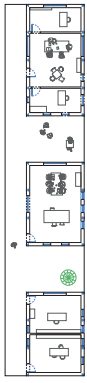




Fig 69 : Coupes





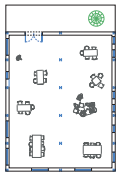


Fig 70 : Plan de l'étage

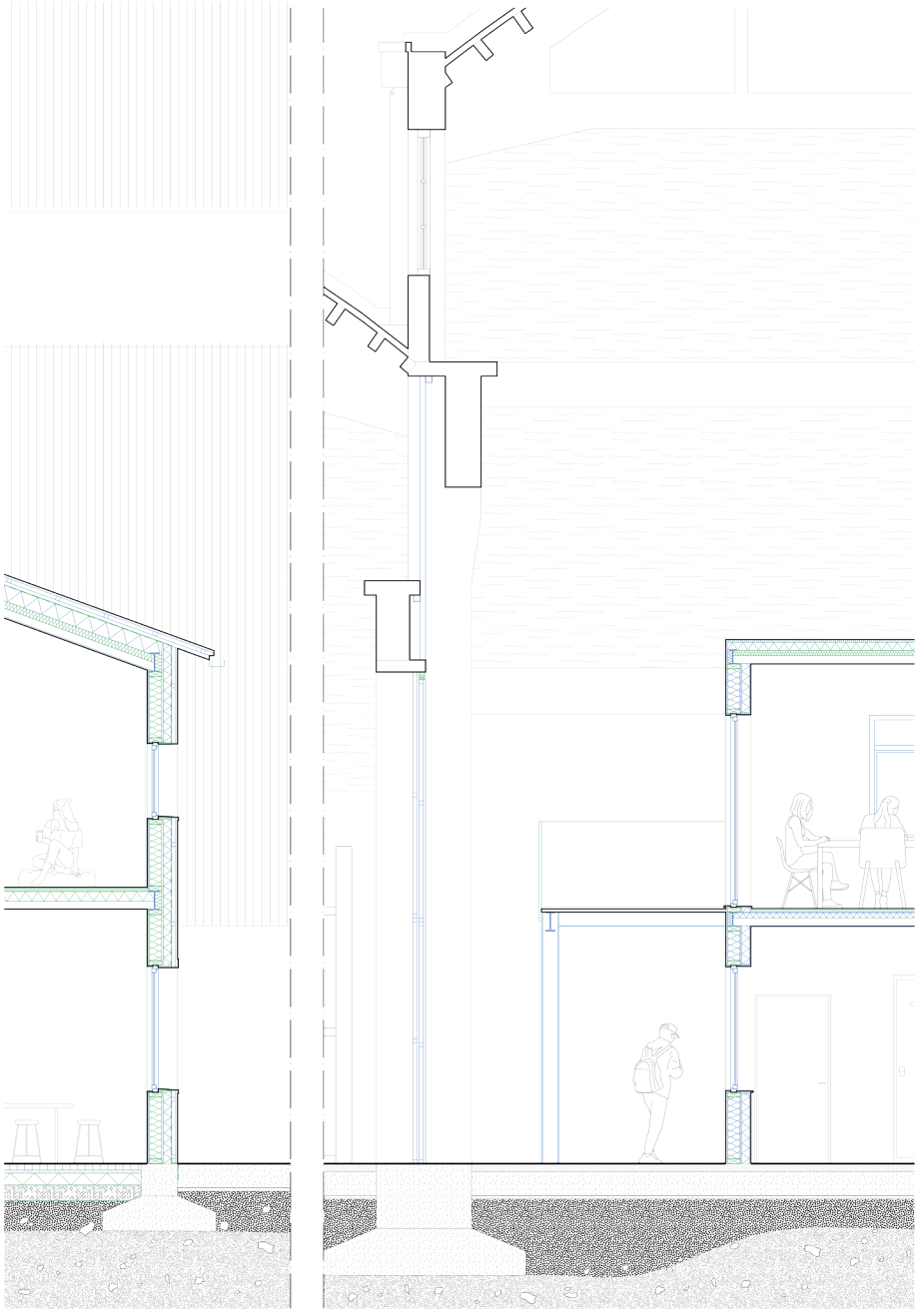


Fig 71 : Coupe technique

BIBLIOGRAPHIE

ADAM, Salomé. (2025). L.A.M.A.L. : La mixité comme vecteur de reconversion et de pérennisation d'un patrimoine industriel : Le cas de l'ancienne manufacture de plomb Lamal à Anderlecht. Travail de fin d'études de master en architecture. Saint-Gilles : Université Catholique de Louvain.

ASSOUAD, Benjamin. (2014). Marchienne-au-Pont, chronique d'une descente aux enfers. Canopea. URL : https://www.canopea.be/marchienne-au-pont-chronique-d-une-descente-aux-enfers/

BELLI-RIZ, Pierre. BENOIT, Julie. FABIANI, Sébstien. GHYOOT, Michaël. GUICHARD, Cécile. HUYGEN, Jean-Marc. DE GUILLEBON, Marie. TOPALOV, Hugo. (2022). Réemploi, Architecture et construction : Méthodes, ressources, conception, mise en œuvre. Le Moniteur.

BILLIET, Lionel. DEVLIEGER, Lionel. GHYOOT, Michaël. SEYS, Sophie. WARNIER, André. (2017). « Objectif réemploi : Pistes d'action pour développer le secteur du réemploi des éléments de construction en Région de Bruxelles-Capitale ». Rotor. URL : https://rotordb.org/sites/default/files/2019-10/OBJECTIF_REEMPLOI.pdf

BRAND, Stewart. (1995). How buildings learn : What happens after they're built. New York : Penguin books.

Brussels Environnement. (2023). « Le projet FCRBE : promotion du réemploi des matériaux de construction ». Brussels Environnement. URL : https://environnement.brussels/pro/news/2023/le-projet-fcrbe-promotion-du-reemploi-des-materiaux-de-construction?utm

Bruxelles Environnement. (2024). « Un peu d'histoire : raviver une pratique ancienne », Guide Bâtiment Durable, Bruxelles Environnement. URL : https://guidebatimentdurable.brussels/recuperation-reemploi-materiaux-construction/dhistoire-raviver-pratique-ancienne

CDR Construction. « Manuel de démontage avec une finalité de réemploi ». Guide Bâtiment Durable. URL : https://guidebatimentdurable.brussels/sites/default/files/documents/2016-09/27092-manuel-briques.pdf

CPAS. (2020). De la confusion à la fusion des communes. CPAS Charleroi. N°6. URL : https://www.cpascharleroi.be/sites/default/files/users/user1424/Archives6-fusion-des-communes%20(2).pdf

DEWEERDT, Morgane. MERTENS, Marilyn. (2020). Un guide pour l'identification du potentiel de réemploi des produits de construction. Version préliminaire. Bruxelles : Interreg North-West Europe

FCRBE. URL : https://www.ekopolis.fr/sites/default/files/2023-04/2020-FCRBE_identificationpotentiedereemploi-vpreliminaire%20%281%29.pdf

DIDIER, Laure. (2017). La bande noire (1855-1862). « La situation économique entre 1845 et 1865 ». Louvain-la-Neuve : Presses universitaires de Louvain. URL : https://books.openedition.org/pucl/2455

ECCS. (2025). « Guides de bonnes pratiques pour le réemploi des éléments en acier ». ECCS : Volume 2. URL : https://www.steelconstruct.com/wp-content/uploads/Recommendations_for_reuse_FR_Vol2-fusionne.pdf

Ecolopop. (2004). « 1973-2007 : comment l'architecture encaisse les chocs pétroliers ». Ecolopop. URL : https://www.ecolopop.info/2008/06/1973-2007-comment-larchitecture-encaisse-les-chocs-petroliers/2754

ESTRELLA. MURESAN. BRÜTTING. REDAELLI. FIVET. (2024). RE:SLAB - un système de support de charge pour la réutilisation de composants à extrémité ouverte dans les structures de construction. Frontières. URL : https://www.frontiersin.org/journals/built-environment/articles/10.3389/fbuil.2024.1355445/full#B43

Eur-Lex. (2008). « Directive 2008/98/CE du parlement européen et du conseil ». Eur-Lex. URL : https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0098-20180705

GEERTS, Gaspard. GHYOOT, Michaël. HABRAN, Alice. MEESTERS, Victor. NADEAU, Alix. REIN, Emma. SHOONJANS, Tom. THIBAULT, Fanny. (2025). « Atlas des centres de réemploi et des modalités de soutien public ». Bellastock. URL : https://www.bellastock.com/wp-content/uploads/2025/11/PREUSE_FR_Atlas-des-centres-de-reemploi-et-des-modalites-de-soutien-public_V250910_compressed.pdf

GEERTS, Gaspard. GHYOOT, Michaël. NAVAL, Susie. TOPALOV, Thibaut. « Stratégies de prescription : intégrer le réemploi dans les projets de grande échelle et les marchés publics ». Interreg North-West Europe FCRBE. URL : https://vb.nweurope.eu/media/16915/wpt3_d_2_2_strategies-de-prescription_20220209.pdf

GHYOOT, Michaël. DEVLIEGER, Lionel. BILIET, Lionel. WARNIER, André. ROTOR. (2018). Déconstruction et réemploi : Comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.

GHYOOT, Michaël. (2017). « Objectif réemploi : Pistes d'action pour développer le secteur du réemploi des éléments de construction en Région de Bruxelles-Capitale ». Rotor. URL : https://rotordb.org/sites/default/files/2019-10/OBJECTIF_REEMPLOI.pdf

GHYOOT, Michaël. (2024). « Conférence de Michaël Ghyoot (ROTOR) ». Conférence donnée à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Lille. YouTube. URL : https://www.youtube.com/watch?v=LtIgC883yi8

GIELEN, Maarten. DEVLIEGER, Lionel. GHYOOT, Michael. (2009). « Pré-étude en vue de la création d'une filière de matériaux de déconstruction en économie sociale ». Rotor DC. URL : https://rotordb.org/sites/default/files/2019-06/01_body.pdf

GRENARD, Fabrice. (2005). « Les conséquences du premier choc pétrolier pour les automobilistes ». Lumni Enseignement. URL : https://enseignants.lumni.fr/fiche-media/00000000423/les-consequences-du-premier-choc-petrolier-pour-les-automobilistes.html

Interreg North-West Europe. « FCRBE : Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Eléments in Northwestern Europe ». Interreg North-West Europe. URL : https://vb.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe/

Interreg North-West Europe. « 36 fiches de matériaux ». Interreg North-West Europe FCRBE. URL : https://vb.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe/news/reuse-toolkit-material-sheets/

Interreg NWEurope. « Boîte à outils de réutilisation : 36 fiches de matériaux ». Interreg NWEurope. URL : https://www.architectes.org/actualites/36-fiches-pratiques-pour-le-reemploi-des-materiaux-92436

Interreg NWEurope. (2021). .« Introduction au réemploi des éléments en béton de ciment ». Interreg NWEurope. URL : https://vb.nweurope.eu/media/16624/011-fr-introduction-au-réemploi-des-éléments-en-béton-de-ciment_v01.pdf

KOZYREFF, Basile. (2023). Résilience du bâti industriel : hypothèse de méthodologie d'intervention résiliente comme vecteur de réhabilitation du patrimoine. Travail de fin d'études de master en architecture. Saint-Gilles : Université Catholique de Louvain. URL : https://thesis.dial.uclouvain.be/server/api/core/bitstreams/a9f4aa0f-c2da-4fe0-9ded-0d208b8c7144/content

MAAS, G-J. GASSEL, F-J-M. (2003). The future site : proceedings of the 20th international symposium on automation and robotics in construction. Eindhoven université de technologie. URL : https://pure.tue.nl/ws/files/2466647/570755.pdf#page=50

MAERCKX, Anne-Laure. (2019). « Réemploi de matériaux et d'éléments de construction ». Bruxelles Environnement. URL : https://leefmilieu.brussels/sites/default/files/user_files/pres-190930-reem-1-4-cc-fr.pdf

PONCELET, Florence. ENGELBORGHS, Thieme. (2023). Le réemploi en pratique : de la déconstruction à la mise en œuvre. Bruxelles : CSTC. URL : https://www.cstb.fr/getmedia/64eb57ea-03e6-4de8-a07f-e0d6d538d9b1/Guide-pour-demolisseurs-et-deconstructeurs.pdf

POULAIN, Michel. (2001). Ville de Charleroi : Atlas géostatistique des quartiers, Charleroi

REAL, Emmanuelle. (2015). « Reconversions. L'architecture industrielle réinventée ». Open Edition Journal : Revue des patrimoines. N°26. URL : https://journals.openedition.org/insitu/11745#tocto3n5

Rotor. (2015). « Vade-mecum pour le réemploi hors-site : Comment extraire les matériaux réutilisables de bâtiments publics ? ». Rotor. URL : https://rotordb.org/sites/default/files/2019-06/Vademecum_extraire_les_materiaux_reutilisables-Rotor.pdf

SMEYERS, Tijl. DEWEERDT, Morgane. MERTENS, Marilyn. (2022). Un guide pour l'identification du potentiel de réemploi des produits de construction avant la démolition. Bruxelles : Interreg North-West Europe FCRBE. URL : https://vb.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe/news/fcrbe-guides-extraction/

Statbel. (2025). Situation sur le marché du travail : emploi et chômage. Statbel. URL : https://statbel.fgov.be/fr/themes/census/marche-du-travail/situation-sur-le-marche-du-travail-emploi-et-chomage#:~:text=En%20général%2C%20on%20constate%20un,élevés%20de%20leur%20province%20respective.

TRACHTE, Sophie. (2023). « Recyclage des matériaux : une solution complémentaire au réemploi ». Bruxelles Environnement. URL : https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/308503/1/SEM22_Matériaux%20et%20Recyclage_définition%20et%20mise%20en%20contexte_Presentation%20STrachte.pdf

VIAENE, Patrick. (2020). « Une brève histoire de la politique de valorisation du patrimoine industriel en Belgique ». Ethnologies : Patrimoine industriel. Volume 42 : 187–201. URL : https://www.erudit.org/fr/revues/ethno/2020-v42-n1-2-ethno05809/1074942ar/

(1959). La fonderie. Revue des jeunes. ACEC N°4 juillet-aout.

(1959). La fonderie. Revue des jeunes. ACEC N°5 septembre-octobre.

(2020). De la confusion à la fusion des communes. CPAS Charleroi. N°6

« Guide des matériaux isolants ». Grand Besancon. URL : https://www.grandbesancon.fr/wp-content/uploads/sites/2/2021/01/guide-materiaux-isolants.pdf

Le développement durable en 12 dates clés ». Pacte Mondial. URL : https://pactemondial.org/rse-mode-d-emploi/le-developpement-durable-en-12-dates-cles/#:~:text=1987%20%3A%20Publication%20du%20rapport%20Brundtland&text=Ce%20rapport%20est%20à%20l,futures%20à%20répondre%20aux%20leurs".

ICONOGRAPHIE

Fig 1 : Schéma extrait de Matière grise. « Le réemploi pourquoi ? ». Données chiffrées adaptées, provenance. PONCELET, Florence. ENGELBORGHS, Thieme. (2023). « Le réemploi en pratique : de la déconstruction à la remise en œuvre ». CSTC : Bruxelles. En ligne.

Fig 2 : Extrait cahier des charges pour la rénovation de l'église de Chimay. 1732. Extrait du Tome XXXIe des documents et rapports de la societe Archéologique et paléontologique de l'arrondissement juridique de Charleroi. 1909. Extrait GHYOOT, Michaël. (2024). « Conférence de Michaël Ghyoot (ROTOR) ». Conférence donnée à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Lille.

Fig 3 : Affichette placardée dans la ville pour la vente de matériaux. Extrait Extrait GHYOOT, Michaël. (2024). « Conférence de Michaël Ghyoot (ROTOR) ». Conférence donnée à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Lille.

Fig 4 : Chantier de démolition du palais de Granvelle. Extrait GHYOOT, Michaël. DEVLIEGER, Lionel. BILIET, Lionel. WARNIER, André. ROTOR. (2018). Déconstruction et réemploi : Comment faire circuler les éléments de construction. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.

Fig 5 : Les étapes de la construction. Production personnelle.

Fig 6 : Schéma synthétique des critères de réemploi. Production personnelle.

Fig 7 : Hiérarchie des déchets Directive-Cadre. Reproduction sur base de celle représentée par l'Union Européenne. Production personnelle.

Fig 8 : Hiérarchie des potentiels de réemploi. Production personnelle.

Fig 9 : Étapes prévues lors de la réalisation d'un audit de réemploi. DEWEERDT, Morgane. MERTENS, Marilyn. (2020). Un guide pour l'identification du potentiel de réemploi des produits de construction. Version préliminaire. Bruxelles : Interreg North-West Europe FCRBE.

Fig 10 : Inventaire d'un audit de réemploi. DEWEERDT, Morgane. MERTENS, Marilyn. (2020). Un guide pour l'identification du potentiel de réemploi des produits de construction. Version préliminaire. Bruxelles : Interreg North-West Europe FCRBE.

Fig 11 : Template guidant l'audit de réemploi. Morgane. MERTENS, Marilyn. (2020). Un guide pour l'identification du potentiel de réemploi des produits de construction. Version préliminaire. Bruxelles : Interreg North-West Europe FCRBE.

Fig 12 : Template guidant l'audit de réemploi. Morgane. MERTENS, Marilyn. (2020). Un guide pour l'identification du potentiel de réemploi des produits de construction. Version préliminaire. Bruxelles : Interreg North-West Europe FCRBE.

Fig 13 : Photo démontage de panneaux de revêtement. (2022). « Reuse toolkit. Stratégies de prescription. Intégrer le réemploi dans les projets de grande échelle et les marchés publics ». Bellastock. Rotor.

Fig 14 : Photo dépose soigneuse de carreaux de ciment. (2022). « Reuse toolkit. Stratégies de prescription. Intégrer le réemploi dans les projets de grande échelle et les marchés publics ». Bellastock. Rotor.

Fig 15 : Photo stockage de brique chez Rotor. Photo personnelle.

Fig 16 : Photo première nettoyage de wc de réemploi. (2022). « Réemploi et économie circulaire ». Les cahiers d'Espace Suisse- Section romande.

Fig 17 : Les couches de durabilité variable selon Stewart Brand. BRAND, Stewart. (1995). How buildings learn : What happens after they're built. New York : Penguin books.

Fig 18 : Propriétés de l'enveloppe. Production personnelle.

Fig 19 : Propriétés de l'isolant. Production personnelle.

Fig 20 : Propriétés de la structure. Production personnelle.

Fig 21 : Propriétés de la structure secondaire. Production personnelle.

Fig 22 : Propriétés des techniques. Production personnelle.

Fig 23 : Propriétés du revêtement intérieur. Production personnelle.

Fig 24 : Axe industriel de Mons à Verviers. Production personnelle.

Fig 25 : Les logiques constructives et fonctionnelles des bâtiments industriels. Production personnelle.

Fig 26 : Lecture des matériaux d'enveloppe des bâtiments industriels. Production personnelle.

Fig 27 : Précaution de remise en œuvre. Production personnelle.

Fig 28 : Lecture des isolants des bâtiments industriels. Production personnelle.

Fig 29 : Précaution de remise en œuvre. Production personnelle.

Fig 30 : Lecture des structures des bâtiments industriels. Production personnelle.

Fig 31 : Réutilisation des éléments en béton comme mobilier, façade non porteuse, revêtement de sol. Production personnelle.

Fig 32 : Lecture des structures secondaires des bâtiments industriels. Production personnelle.

Fig 33 : Lecture des techniques des bâtiments industriels. Production personnelle.

Fig 34 : Lecture des revêtements intérieur des bâtiments industriels. Production personnelle.

Fig 35 : Photo toilettes pour le Chiro d'Etterbeek. Opalis.

Fig 36 : Photo façade modulée selon les menuiseries de réemploi trouvées durant la phase de chantier. MATHY, Delphine. Rotor.

Fig 37 : Photo charpente de réemploi pour le projet Recypark à Anderlecht. Rotor.

Fig 38 : Photo portiques de réemploi datant de 1942, réassemblés avec ses écrous et boulons d'origine. MONTEIRO, Luis. Opalis.

Fig 39 : Intervention minimale, permanence et réversibilité. Production personnelle.

Fig 40 : Extension, surélévation et insertion. Production personnelle.

Fig 41 : Système ouvert, réversibilité et flexibilité. Production personnelle.

Fig 42 : Implantation selon Charleroi et ses 23 communes. Production personnelle.

Fig 43 : Carte postale de Marchienne-au-Pont. Charleroi Découverte.

Fig 44 : Carte postale de Charleroi. Charleroi Découverte.

Fig 45 : Carte postale de la gare de Jumet-Brûlotte. Charleroi Découverte.

Fig 46 : Photo la providence, Charleroi. Charleroi Découverte.

Fig 47 : Pont de la rue Neuve, Marchienne-au-Pont. Charleroi Découverte.

Fig 48 : Logo des ACEC. (1959). La fonderie. Revue des jeunes. ACEC N°4 juillet-aout.

Fig 49 : Photo aérienne du site des ACEC de Marcinelle-Charleroi à Marchienne-au-Pont. Archives du Bois du Cazier, Charleroi.

Fig 50 : Photo aérienne du site des ACEC de Marcinelle-Charleroi à Marchienne-au-Pont. Archives du Bois du Cazier, Charleroi.

Fig 51 : Photo de la fonderie de Marcinnelle-Villette. Archives du Bois du Cazier, Charleroi.

Fig 52 : Photo intérieure de la fonderie. (1959). La fonderie. Revue des jeunes. ACEC N°4 juillet-aout. Archives du Bois du Cazier, Charleroi.

Fig 53 : Photo intérieure de la fonderie. (1959). La fonderie. Revue des jeunes. ACEC N°4 juillet-aout. Archives du Bois du Cazier, Charleroi.

Fig 54 : Plan de toiture de l'évolution du bâti de la fonderie. Sur base de photo aérienne et du plan actuel. Production personnelle.

Fig 55 : Décomposition en couche du bâti existant. Production personnelle.

Fig 56 : Relevé pathologique de la façade Ouest. Production personnelle.

Fig 57 : Inventaire des matériaux réemployés in situ. Production personnelle.

Fig 58 : Carthographie des filières de réemploi existantes en Belgique. Production personnelle.

Fig 59 : Parcours type des différents flux et usagers. Production personnelle.

Fig 60 : Schéma logistique du Technopôle. Production personnelle.

Fig 61 : Multiple configuration locative. Production personnelle.

Fig 62 : Organigramme implanté. Production personnelle.

Fig 63 : Interventions. Production personnelle.

Fig 64 : Rénovation de l'existant. Production personnelle.

Fig 65 : Module dans l'existant. Production personnelle.

Fig 66 : Intervention neuve. Production personnelle.

Fig 67 : Intervention en élévation. Production personnelle.

Fig 68 : Plan terrier. Production personnelle.

Fig 69 : Coupes. Production personnelle.

Fig 70 : Plan de l'étage. Production personnelle.

Fig 71 : Coupe technique. Production personnelle.

Les productions à partir de plans et de coupes ont été réalisé sur base des données graphiques fournis par Warehouses Estates Belgium.