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 ; | | X |
| 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 ; | | X |
| 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. | | X |

Fait à Namur

Le 01 juin 2026

Signature de l'étudiant·e

**LOCI – Site Bruxelles Saint-Gilles**

Master en Architecture à finalité spécialisée

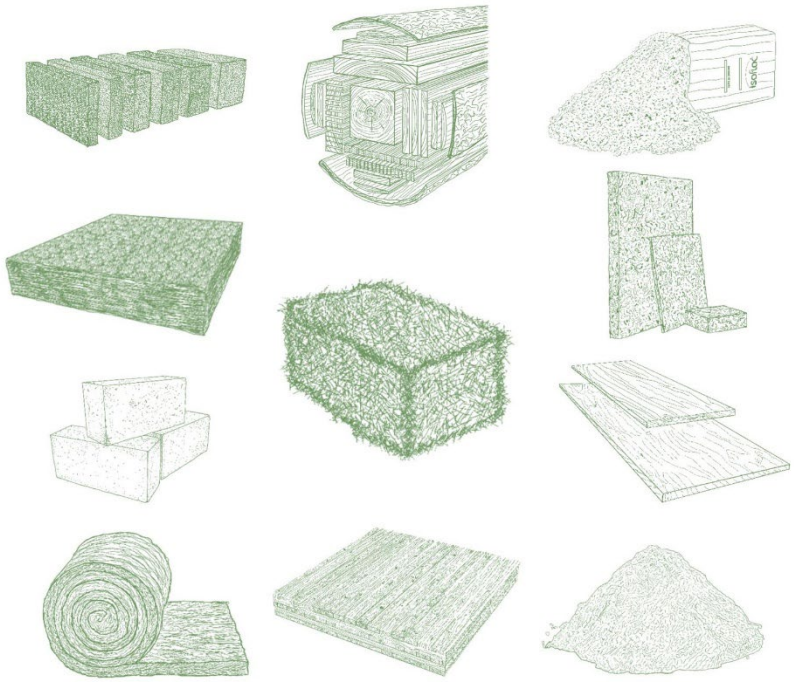
TFE « En et Sur L'architecture »

**Dimension : « Héritages »**

Dossier de recherche théorique

# L'intégration des matériaux biosourcés dans la pratique architecturale

## Stratégies constructives pour encourager la massification




JOYE Thomas

Expert : Mme Géraldine de NEUVILLE

Co-promoteurs: Mr Christophe GILLIS.

Mr David VANDENBROUCKE.

Mr Thomas MONTULET


Année académique 2025-2026

# ABSTRACT

Le secteur de la construction est aujourd'hui le plus gros émetteur de $CO_2$ au monde. Il représente près 40% des émissions globale alors que la planète s'essouffle et ses limites se rapproche dangereusement. Face à cette urgence climatique, les matériaux biosourcés émergent comme une solution clé : le bois, la paille, le chanvre, l'ouate de cellulose, etc. Ils ne sont pas qu'une simple alternative, mais une réponse performante et environnementale prometteuse. Malgré la capacité de la filière biosourcé de répondre à 85% des besoins de matériaux pour isoler le parc bâti, les matériaux biosourcés peinent à s'imposer sur le marché. L'objectif de ce travail est de développer des stratégies qui valorise les matériaux biosourcés afin d'encourager leur adoption massive. Grâce aux atouts environnementaux uniques des matériaux biosourcés, il est possible de transformer les bâtiments en puits de carbone, contribuant à la décarbonisation du secteur de la construction. Une transition urgente est nécessaire pour repenser notre manière de construire.

Mots-clés :

Architecture écologique - Matériaux biosourcés – Stratégie constructive – Impact environnemental – Bilan carbone – Ecomatériaux

# REMERCIEMENTS

À mon experte, Madame Géraldine de Neuville, pour avoir accepté de m'accompagné au long de ce travail et d'avoir pris du temps pour m'aiguiller et me conseiller.

Aux professeurs d'atelier TFE « Héritage » et co-promoteurs, Monsieur Christophe Gillis, Monsieur David Vandenbroucke et Monsieur Thomas Montulet, pour les échanges productifs et l'accompagnement hebdomadaire tout au long de ce travail.

À mes amis, pour leur soutien journalier, depuis le début de mes années à LOCI, sans qui arriver au bout de ce travail n'aurait probablement pas été aussi enrichissant.

À ma famille, qui m'a toujours soutenu et encouragé à poursuivre ce que j'entreprends. Votre présence et vos conseils m'ont permis d'arriver au bout de ce long cycle.

À toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à l'écriture de ce travail de fin d'études et à l'élaboration du projet.

Et enfin, j'adresse une pensée spéciale à mon grand-père, parti pendant cette dernière ligne droite, m'a transmis la discipline et la volonté de réussir.

# TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

ETAT DE L'ART

MÉTHODOLOGIE

PARTIE I : Les matériaux biosourcés dans la construction

Chapitre 1 : Définition, typologies et atouts

1.1 : Qu'est-ce qu'un matériau biosourcé
1.2 : Typologies et usage dans le bâtiment
1.3 : Atouts techniques
1.4 : Atouts environnementaux - ACV
1.5 : Synthèse chapitre 1

Chapitre 2 : Volet historique

2.1 : Savoir ancestral
2.2 : La révolution industrielle
2.3 : Les guerres et la reconstruction
2.4 : La prise de conscience écologique
2.5 : La raréfaction des ressources
2.6 : Synthèse chapitre 2

Chapitre 3 : Contexte actuel

3.1 : Enjeux environnementaux, territoriaux et sociétaux.
3.2 : Economie circulaire
3.3 : Panorama existant en belgique
3.4 : Matériaux biosourcés : production locale, régionale ou mondiale
3.5 : Synthèse chapitre 3

Chapitre 4 : Cadre réglementaire

4.1 : PEB
4.2 : Outil d'analyse conceptuel
4.3 : Analyse du Cycle de Vie (ACV)
4.4 : Freins techniques, économiques et assurantiels
4.5 : Leviers : filières locales, formation et expérimentation
4.6 : Synthèse chapitre 4

PARTIE II : Construire avec les matériaux biosourcés

Chapitre 5 : Eco construction et éco rénovation

5.1 : Définition écoconstruction et éco-rénovation
5.2 : L'éco-rénovation du bâti ancien
5.3 : Les besoins spécifiques de la gestion du patrimoine bâti en matériaux biosourcés

5.4 : Analyse d'étude de cas : le Costil
5.5 : Synthèse

PARTIE III : Stratégie pour encourager l'adoption des matériaux biosourcés

Chapitre 6 : Stratégies constructives pour valoriser les matériaux biosourcés

6.1 : Faiblesses
6.2 : Le meilleur matériau au meilleur endroit
6.3 : Minimiser l'impact environnemental
6.4 : L'ultra-local
6.4 : Synthèse chapitre 6

CONCLUSION

PARTIE IV : Contextualisation du cas d'étude

Chapitre 7 : La Ferme Don Juan

Chapitre 8 : Analyse programmatique

Chapitre 9 : Stratégies constructives et intentions spatiales

ANNEXE

ICONOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

# INTRODUCTION

Depuis des décennies, le secteur de la construction est dominé par un cocktail de matériaux conventionnels : béton, brique, acier et isolants synthétiques. Bien qu'ils aient été performants pour les standards industriels du XXe siècle, ils sont au cœur d'une crise environnementale majeure. Le secteur de la construction est responsable de 40% des émissions mondiales de $CO_2$, 35% de la consommation d'énergie et de 50% des ressources naturelles (Canopéa, 2024). Ce constat est alarmant, d'autant que le besoin de logements croit chaque année.

Dans ce contexte d'urgence climatique et d'épuisements des ressources, le secteur de la construction doit d'une part de réduire la consommation d'énergie du parc bâti, ce qui implique d'isoler une quantité un grand nombre de bâtiments. D'autre part, il doit réduire l'énergie grise, l'énergie consommée pour produire, transporter et recycler un matériau, qui a une part de plus en plus importante dans les bilans carbones.

Les matériaux biosourcés émergent comme une solution crédible. Issus de la biomasse, ils stockent du carbone et nécessitent peu de transformation et s'inscrivent dans l'économie circulaire. Au-delà de l'aspect environnemental, ils offrent une large plage de solutions et des qualités techniques supérieures comme la régulation hygrométrique naturelle et un bon déphasage thermique pour lutter contre la surchauffe estivale.

Pourtant, les matériaux biosourcés peinent à s'imposer. Bien que la filière tende à se structurer et à grandir, les matériaux biosourcés ne représentent que 6 à 10% du marché en Wallonie. Paradoxalement, l'offre est prête, mais la massification tarde, freinée par un cadre réglementaire inadapté et des obstacles culturels et politiques focalisées sur la conductivité thermique (lambda), plutôt que sur l'impact environnemental, à l'image de la norme PEB (Performance Energétique du Bâtiment) qui ne prend pas en compte l'impact environnemental du bâtiment.

Ce travail vise à identifier le potentiel des matériaux biosourcés face aux enjeux de décarbonisation et de rénovation de patrimoine bâti avec pour objectif de développer des stratégies pour encourager la massification de leur adoption.

# ETAT DE L'ART

Tout d'abord, le travail de définition les matériaux biosourcés est en évolution depuis une vingtaine d'année avec des approches variés que détaille le rapport *Review of Bio-based Materials in TOTEM* (Bos, Stiernon et Stephan, 2022). L'élaboration du label « Produit Biosourcé » se basant sur des critères de composition par le Kirabati et le Cluster Éco-construction a apporté une clarté et une transparence sur la définition de matériau biosourcé. Ensuite, les travaux de Juliette Le Tallec (2017) et Caroline Sesboüé (2022) ont permis de comprendre l'évolution des matériaux et les raisons pour lesquelles ils sont considérés à nouveau.

Le secteur de la construction a besoin de changement tant les chiffres d'émissions de $CO_2$ et de consommation de matière première et d'eau sont alarmants (Canopea, 2024). L'entrecroisement des enjeux actuels : la décarbonisation du secteur de la construction, isoler le parc bâti et dynamiser l'économie sont au cœur de l'actualité (SPW, 2021 et Cluster Eco-construction).

Ensuite, les matériaux biosourcés ont des atouts techniques et environnementaux importants mis en valeur par les travaux de Buildwise et la création de guides (Charon, Claude et Michaux, 2025), ainsi que par des études du Cluster Ecoconstruction sur la qualité de l'air intérieur et la thèse de Marina Malagoni de Almeida : « Etude de la rénovation hygrothermique de parois anciennes utilisant des matériaux biosourcés » (2022).

Les études de Valbiom et du Cluster Eco-construction mettent aussi en avant la capacité de production, tournant en sous-régime des PME en Wallonie (Gillet, 2024). Ainsi, le travail de fin d'études d'Alexandre de Reuck (2025) a dressé les freins et les leviers que rencontrent les PME.

De plus, les normes et outils actuels sont encore soumis à la pression des grosses industries pétrochimiques. La norme PEB (Performance Energétique du Bâtiment) visant à diminuer la consommation d'énergie des bâtiments ne prend pas du tout en compte l'énergie grise des matériaux (Chapurlat, Etienne et Vander Heyden, 2025). L'outil TOTEM, visant à objectiver l'impact environnemental d'un bâtiment, présente des lacunes : les matériaux biosourcés ne sont que peu représentés et parfois mal référencés (Bos, Stiernon et Stephan).

Enfin, Le Cluster Ecoconstruction a proposé une définition pour l'écoconstruction qui pose les bases d'une nouvelle attitude de conception et de construction et/ou rénovation plus vertueuse et en phase avec les enjeux environnementaux et sociaux actuels.

# MÉTHODOLOGIE

Ce travail de recherche en et sur l'architecture s'organise en 4 phases qui se complètent et visent à répondre à la problématique suivante : quelles sont les stratégies constructives et les méthodes de valorisation que l'architecte peut mettre en œuvre pour encourager la massification des matériaux biosourcés ?

La première partie est la phase de contextualisation qui se base sur une recherche documentaire et une analyse bibliographique. Dans un premier temps, la recherche a mené à définir les matériaux biosourcés et comprendre leur origine et leur perception actuelle. Ensuite, une analyse de ressources bibliographiques à permis de poser les bases des enjeux face auxquels ils se trouvent ainsi que le contexte actuel. Le dernier chapitre de cette première partie permet de clarifier le cadre règlementaire auquel ils sont confrontés : les normes, les outils, les freins et les leviers.

La deuxième partie est la phase d'application, elle met en relation les filières de matériaux biosourcés et les attitudes architecturales face à un patrimoine : conservation, restauration et réhabilitation. Elle permet de définir l'écoconstruction et elle met en relation les matériaux biosourcés et les attitudes patrimoniales. De plus, elle se penche sur une étude de cas pour appuyer les observations et s'intéresser à la stratégie mise en place.

Ensuite, la troisième partie, dernière partie du dossier de recherche est le développement de stratégies identifiées grâce à la première partie se basant sur les enjeux actuels de la construction et la deuxième partie, grâce notamment à l'étude de cas. Il s'agit d'une analyse comparative croisant d'une part une stratégie et une situation de construction. L'objectif est de faire émerger les matériaux les plus propices à répondre à la stratégie donnée face à une situation constructive.

Enfin la quatrième et dernière partie de ce travail est l'expérimentation en projet. Les enseignements de la première partie et les stratégies établies dans les parties II et II, ont nourri la réflexion constructive et l'application face à un cas d'étude analysé en parallèle.

# Partie I : Les matériaux biosourcés dans la construction

| Produits | | % massique min biosourcé |
|---|---|---|
| [02] Structure /maçonnerie / gros œuvre / charpente | | |
| | [02.03] Charpentes | 60 |
| | [02.04] Contreventements | 25 |
| | [02.06] Eléments porteurs horizontaux (poutres / poutrelles / entrevous/hourdis / linteaux) | 25 |
| | [02.07] Eléments porteurs verticaux (poteaux / colonnes / piliers) | 25 |
| | [02.08] Escaliers (intérieur et extérieur) | 25 |
| | [02.11] Planchers | 25 |
| | [02.12] Voiles en béton (éléments architecturaux) | 7 |
| | [03.01] Bardages (vêture / vêtage / parement) | 60 |
| | [03.02] Murs rideaux et verrières | 60 |
| | [03.03] Revêtements extérieurs des façades (compris ETICS) | |
| | [03.04] Lame de terrasse composite | 24 |
| | [04] Couverture / étanchéité | |
| | [04.02] Eléments de couverture en petits éléments | 25 |
| | [04.03] Membrane d'étanchéité | 10 |
| [05] Menuiseries intérieures et extérieures / fermetures | | |
| | [05.01] Clôtures | 60 (hors grillage) |
| | [05.02] Panneaux de clôture composites | 24 |
| | [05.03] Fenêtres / portes fenêtres / fenêtres de toit | 25 (hors vitrage) |
| | [05.04] Gardes corps | 25 |
| | [05.05] Portes (intérieur / extérieur / portail...) | 25 (hors vitrage) |
| | [05.06] Volets / volets roulants / persiennes / stores / brise-soleil | 25 |
| [06] Isolation | | |
| | [06.01] Caissons chevronnés / panneaux de toiture isolant | 90 |
| | [06.02] Complexes de doublage | 25 |
| | [06.05] Isolants thermiques et acoustiques en plaques rigides et panneaux souples | 70 |
| | [06.06] Isolants thermiques et acoustiques en rouleaux | 70 |
| | [06.07] Isolants thermiques et acoustiques en vrac | 70 |
| | [06.08] Isolants thermiques et acoustiques pour toitures terrasses | 70 |
| | [06.09] Isolants thermiques et acoustiques sous chape | 70 |
| | [06.10] Isolation répartie non porteuse | 5 |
| [07] Cloisonnement / plafonds-suspendus | | |
| | [07.01] Cloisonnement | 25 |
| [08] Revêtements des sols et murs / peintures / produits de décoration | | |
| | [08.01] Peintures, lasures et vernis, enduits de peintures | 20 |
| | [08.02] Plinthes | 25 |
| | [08.03] Revêtements pour murs et plafonds | 25 |
| | [08.04] Revêtements de sol durs | 25 |
| | [08.06] Produits acoustiques | 25 |
| | [08.07] Autres produits de décoration (profilés...) | 25 |
| [9] Equipements sanitaires et salle d'eau | | |
| [10] Autre produit absent des catégories précédentes | | |
| | [10.01] Bois composites | 30 |
| [11] Voirie | | |
| | [11.01] Enrobé bitumineux | 2 |
| | [11.02] Emulsion pour enrobé bitumineux | 50 |

*Figure 1 : Kirabati, teneur massique en biosourcé*

# Chapitre 1 : définition et typologies des matériaux biosourcés

## 1.1 : Qu'est-ce qu'un matériau biosourcé ?

***Définition actuelle***

Un matériau biosourcé est « un matériau entièrement ou partiellement issus de la biomasse végétale ou animale, à l'exclusion des matières intégrées dans des formations géologiques et/ou fossilisées. » (Claude et Nguyen, 2025). La biomasse est la matière d'origine naturelle produite de manière continue par des végétaux, des animaux ou des champignons. Les matériaux biosourcés sont catégorisés dans les éco-matériaux, au même titre que les matériaux géosourcés, les matériaux recyclés et de réemploi. Les éco-matériaux sont « des matériaux à faible impact énergétique et environnemental, tant au niveau de la composition que de la fabrication jusqu'à la fin de vie » (Buildwise, 2025). Cependant la définition énoncée ci-dessus n'atteste en aucun cas que les matériaux biosourcés sont plus performants d'un point de vue écologique et l'impact environnemental d'un matériau doit être évalué par l'analyse de son cycle de vie (voir chapitre 4.2 « Analyse du cycle de vie » (Bos, Stiernon, 2022)).

***Critères de composition***

Bien que la définition théorique soit large, les matériaux biosourcés pour la construction sont soumis à des minima de teneur réelle en biomasse. La mise en place d'un label « Biosourcé » en Wallonie permet de fixer des exigences afin de clarifier la composition des matériaux dit biosourcés en réponse à la norme européenne en vigueur NF-EN 16575 définissant un produit biosourcé comme entièrement ou partiellement issu de bioressource, intégrant un matériau composé de 1% de matière biosourcée dans sa définition (Karibati, 2025).

Le label vise d'une part l'exigence d'un minima de pourcentage massique de matière issue de la biomasse par famille de produits et d'autre part la transparence sur la composition et l'origine des produits. Cependant, les minima exigés du label restent timides et ne permettent pas aux matériaux naturels d'être mis en valeur.

Par exemple, le minimum pour les éléments de contreventements, porteurs horizontaux et porteurs verticaux sont soumis à un pourcentage massique minimum biosourcé de 25% seulement. Pourtant, ces éléments peuvent être construit en bois, soit 100% biosourcés. Cet exemple témoigne de la mainmise des industries conventionnelles, point développé dans le chapitre 4.4 « Freins ».

*Figure 2 : ressource locale*

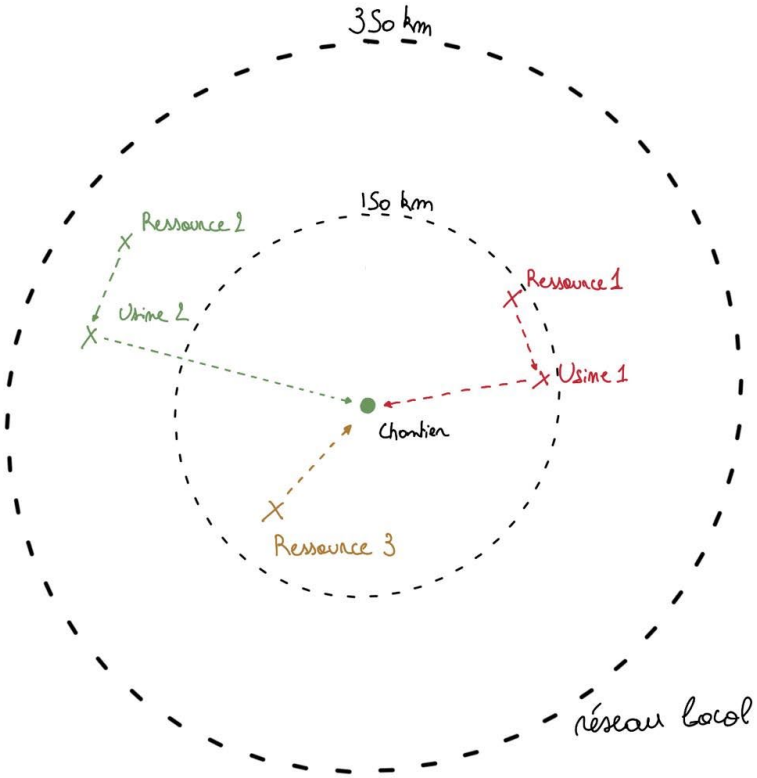



*Figure 4 : ressource locale*

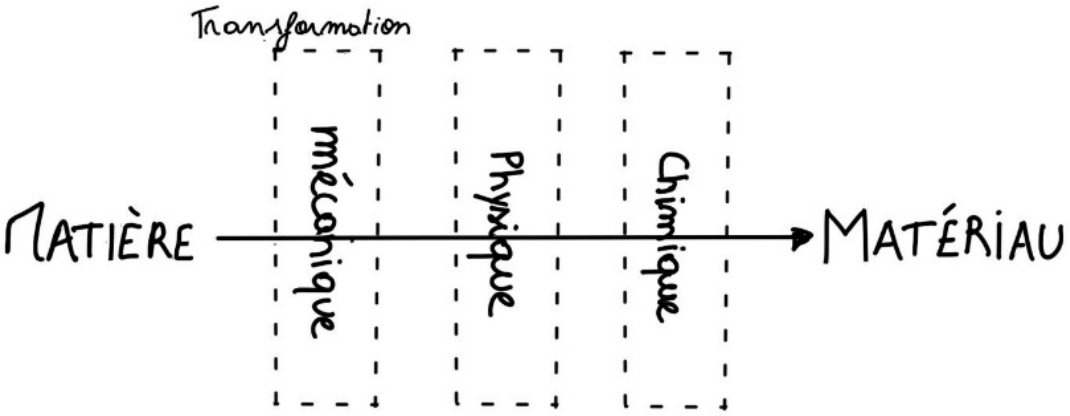



*Figure 3 : de la ressource au matériau*

***Le caractère local, implicitement nécessaire***

L'attribut local des matériaux biosourcés est nécessaire pour conserver la pertinence écologique. Les experts s'accordent sur une distance d'un rayon de 350km au-delà duquel l'impact carbone lié au transport annule les bienfaits de la matière naturelle. (Benoit Michaux, 2026)

***Matériaux naturels vs matériaux transformés***

Les matériaux biosourcés s'éloignent plus ou moins de leur aspect naturel. En effet, ils sont souvent associés à des matières synthétiques dans le but d'améliorer leurs performances et leur durabilité. (Bos, Stiernon, 2022). Les matériaux naturels comme le bois ou la paille sont exploités par des transformations mécaniques, et ils sont utilisés sous leur forme naturel tandis que les laines végétales comme la laine d'herbe ou les blocs monolithiques comme les blocs végétaux sont composés de fibre végétale extraite, puis physiquement et chimiquement associés à d'autres matières comme des liants synthétiques.

***Nouvelle définition***

Un matériau biosourcé pour la construction est un matériau entièrement ou ***principalement*** issu de la biomasse ***locale*** végétale ou animale, à l'exception des matières intégrées dans des formations géologiques et/ou fossilisées. Ce sont des matériaux qui ont *des cycles de vie courts* à l'échelle de la vie humaine et qui sont *renouvelables*. Ils sont *naturels ou obtenus après faible transformation*.

Cette nouvelle définition permet d'inclure les matériaux biosourcés sous la définition d'éco-matériaux et d'associer des matériaux géosourcés, « [des] matériaux issus de ressources d'origine minérale qui demandent peu de transformation avant leur utilisation » (Claude et Nguyen, 2025) tel que la terre crue, l'argile ou la pierre.

| | Structure | Isolation | Couverture de toit | Parachèvement | Finition int. | Finition ext. | Mobilier |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bois | ☺ | ☺ | ☺ | ☺ | ☺ | ☺ | ☺ |
| Terre crue | ☺ | | | ☺ | ☺ | ☺ | ☺ |
| Bambou | ☺ | ☺ | ☺ | ☺ | ☺ | ☺ | ☺ |
| Pierre massive | ☺ | | ☺ | | ☺ | ☺ | |
| Paille | ☺ | ☺ | ☺ | | | | |
| Autres fibres végétales | | ☺ | ☺ | ☺ | | | |
| Liège | | ☺ | | ☺ | ☺ | ☺ | |

*Figure 6 : Trachte, S, Usage et application*

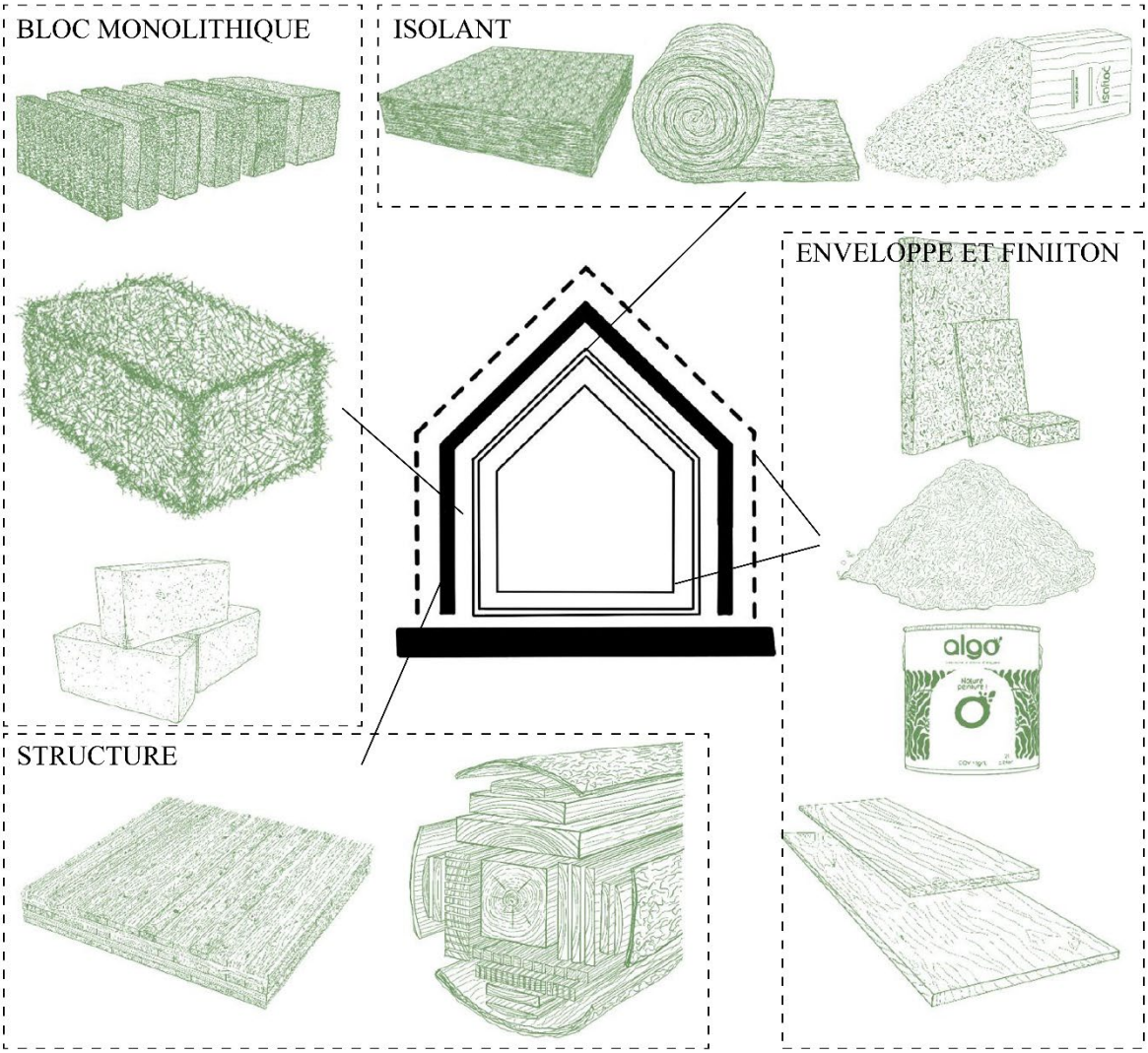



*Figure 5 : Typologies des matériaux biosourcés*

## 1.2 : Typologies et usage dans le bâtiment

Les matériaux biosourcés sont principalement utilisés pour l'isolation bien qu'ils puissent servir dans toutes les couches du bâtiment notamment en structure et fondation, en enveloppe et en parachèvement, ainsi qu'en aménagement mobilier grâce à la diversité des matières disponibles.

### *Structure*

Pour la structure, le bois s'impose comme matériau biosourcé de référence. Il permet de varier les systèmes constructifs et de limiter les ponts thermiques. Les essences de classe 3 et 4 sont privilégiées pour leurs densités et leurs résistances.

Le bois convient pour l'ossature principale ou secondaire et peut aussi s'inscrire dans des systèmes mixtes. Le bois d'ingénierie permet des constructions multi-étages et des grandes portées grâce à sa grande stabilité dimensionnelle. Le système ossature bois, le plus utilisé, consiste en une trame montant léger. Le système poteau-poutre permet de libérer la façade de sa fonction porteuse. Le madrier est un empilement de pièces de bois ou de troncs les uns sur les autres ressemblant à un puzzle et rendant la construction facile.

### *Bloc monolithique*

Les blocs monolithiques permettent un système autoportant de remplissage et apportent de la masse au bâtiment. La terre crue, banchée ou sous forme de bloc compact (BTC), la pierre massive ainsi que la botte de paille permettent des solutions porteuses. Les blocs de bétons végétaux sont également autoportants, mais ont besoin de renforcements structurels pour soutenir un ensemble de toiture.

### *Enveloppe*

L'enveloppe doit résister aux intempéries en permettant aussi à la vapeur d'eau mur de s'évaporer. Elle est une couche très importante pour la durabilité du bâtiment et des matériaux qu'elle protège. Les enduits à la chaux pour compléter les blocs végétaux, les bardages en bois ventilé pour évacuer l'humidité, ou les panneaux imputrescibles de liège expansé constituent les principales solutions.

### *Isolation*

Pour l'isolation, les fibres végétales permettent d'atteindre des valeurs d'isolation thermique concurrentielles avec les matériaux conventionnels. Elles proviennent de production directe comme le chanvre, le lin, le miscanthus ou le liège. Elles sont aussi des coproduits tel que la paille, ou elles sont issues de la valorisation de déchets comme les vêtements usagés, le bois de déconstruction, le carton ou le papier.

Ces produits sont utilisés sous forme de panneaux rigides comme le liège expansé, la fibre de bois ou les blocs végétaux, de panneaux semi-rigides comme les laines de bois, de chanvre, de mouton, à base de fibres végétales ou encore en vrac pour les matériaux granuleux, à épandre, souffler ou insuffler comme l'ouate de cellulose, le chènevotte de chanvre ou les granulats de liège (Cluster Eco-construction, 2025).

### *Finition*

Pour la couche esthétique, les enduits de terre et d'argile agissent comme un tampon hydrique de qualité. Les panneaux de finition soit en bois soit en Fermacell laissent passer l'humidité sans se dégrader (Le Tallec, 2017). Ou encore les peintures biosourcées, à base de chaux ou de résines végétales, garantissent l'absence d'émissions de COV (composés organiques volatils) (Buildwise, 2025).

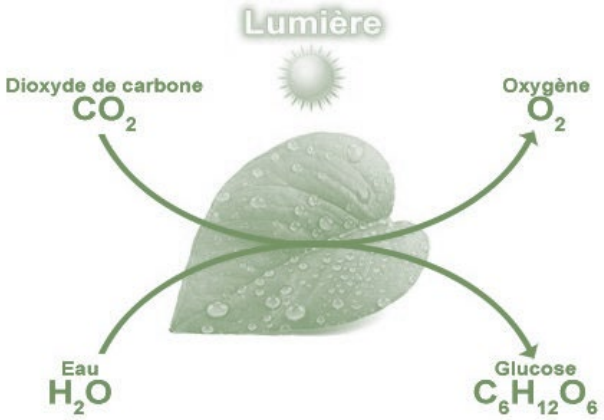



*Figure 10 : Captation de carbone*

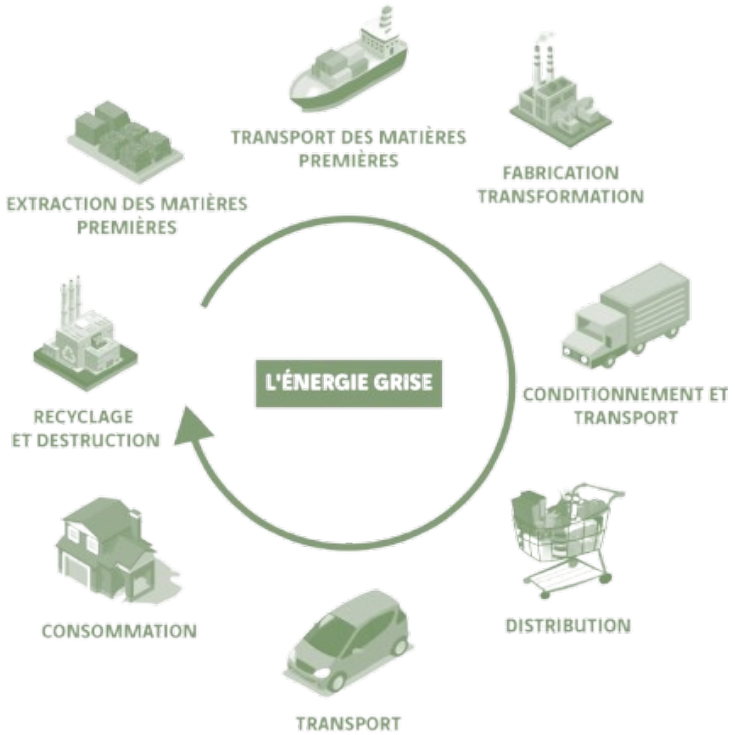



*Figure 9 : Source d'énergie grise*

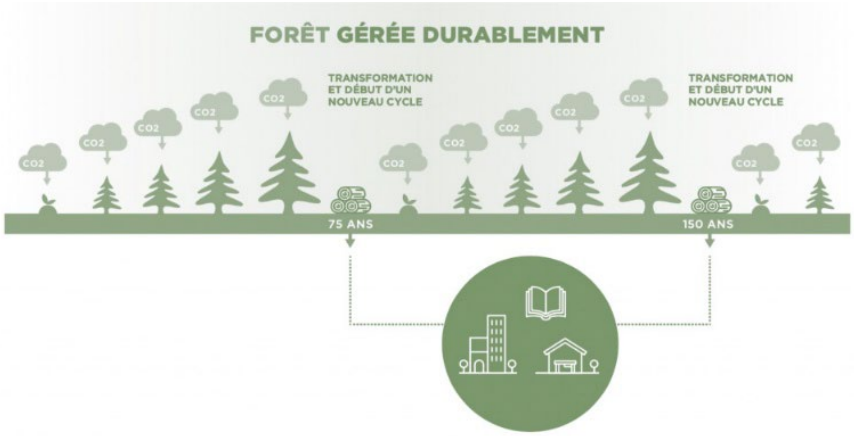



*Figure 11 : Ressource durable*

## 1.3 : Atouts environnementaux

Les matériaux biosourcés font partie des leviers de décarbonisation du secteur de la construction. Ils présentent des qualités environnementales importantes tels que la captation de carbone, une faible énergie grise, la circularité et la renouvelabilité.

***Captation de carbone***

L'atout indéniable des matériaux biosourcés végétaux est leur capacité à absorber du $CO_2$ grâce à la photosynthèse. En effet, lors de leur croissance, les matériaux biosourcés d'origine végétale captent du $CO_2$ pour se « nourrir » et stockent le carbone, appelé carbone biogénique, et relâchent le dioxygène. Par exemple, 1 $m^3$ de bois capture en moyenne 1 tonne de $CO_2$. C'est en fin de vie que le carbone capté sera libéré. Pour les matériaux recyclés, le cycle de vie est allongé et le stockage s'étend sur une plus longue durée (Eco-construction, 2025). Certains matériaux sont caractérisés par des bilans carbones négatifs, compensant les émissions d'exploitation et de construction par le stockage de $CO_2$. Cependant, l'impact environnemental réel d'un matériau et/ou d'un bâtiment doit être vérifié à travers son analyse de cycle de vie, développé au point 4.2. « Analyse du cycle de vie (ACV) ».

***Faible énergie grise***

Les matériaux biosourcés sont des matériaux naturels peu transformés et leur production ne demande que peu d'énergie. L'énergie grise qui leur est associée est très faible par rapport au matériaux pétrosourcés. L'énergie grise est l'énergie associée à l'extraction, la transformation, le transport et l'élimination des matériaux.

Ces matériaux présentent sur leurs cycles de vie des bilans carbone nuls ou proches de zéro, ou au moins nettement inférieurs aux matériaux conventionnels issus de la pétrochimie. A consommation de chauffage équivalente, les matériaux naturels permettent de réduire de 42 à 43% l'énergie grise globale d'un bâtiment (Regout, 2020).

***Économie circulaire***

L'utilisation de matériaux issus de la biomasse s'inscrit dans une démarche d'économie circulaire, concept développé dans le point 3.2. « Economie circulaire ». Ils sont souvent issus de valorisation de coproduits de l'agriculture et de la sylviculture qui ne rentrent pas en concurrence avec la production de nourriture, comme la paille céréalière ou les chutes de bois (Buildwise, 2025). Ils peuvent aussi être issus du recyclage valorisant des déchets tel que les journaux en ouate de cellulose. De plus, les matériaux biosourcés naturels sont biodégradables. Ils peuvent retourner au sol, être réemployés ou recyclés et réintroduits dans un cycle de production.

***Ressource renouvelable***

Enfin, les matériaux biosourcés proviennent de ressources renouvelables. Contrairement aux matériaux minéraux et pétrosourcés, ils sont issus de ressources au cycle de vie court à l'échelle de vie humaine allant de quelques mois à quelques années. Avec une gestion raisonnée (*figure 7*) et une exploitation qui ne dépasse pas le seuil de renouvellement, les matériaux biosourcés sont des ressources durables (Delem, Wastiel, 2020).

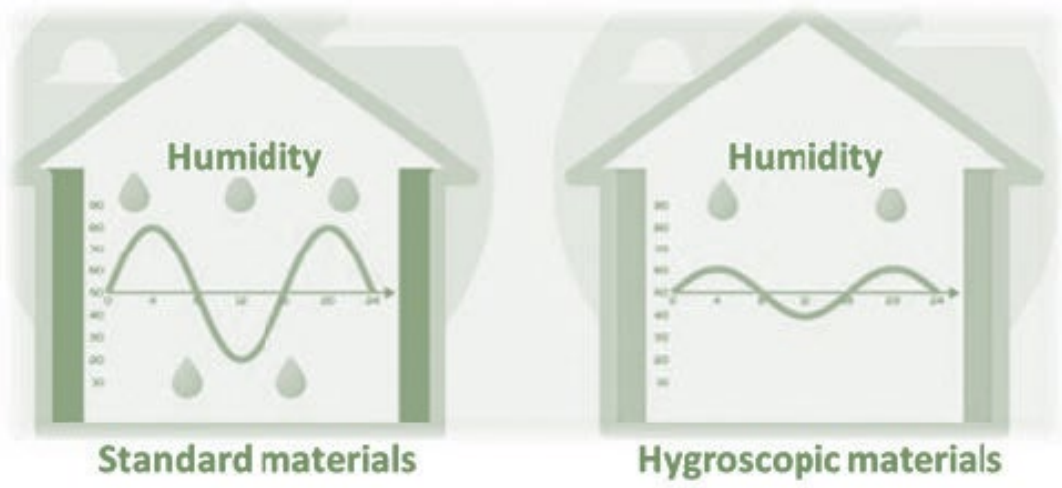



*Figure 13 : Buildwise, Régulation de l'humidité*

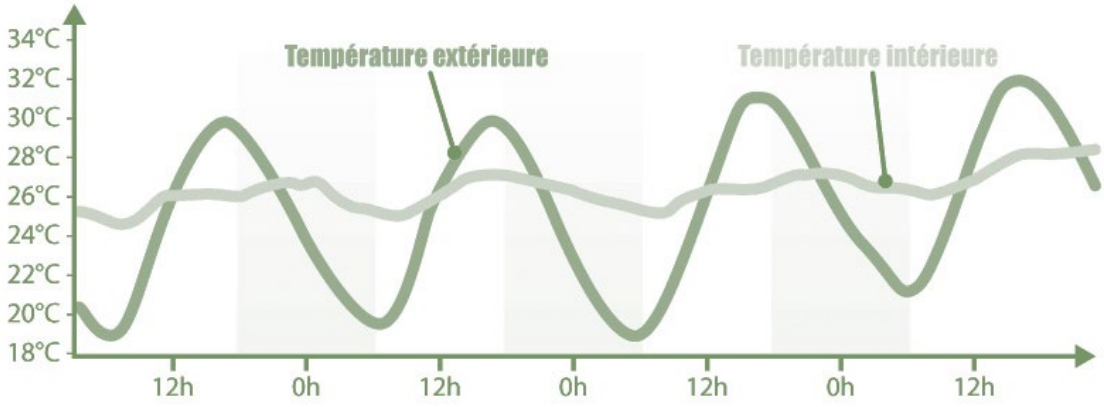



*Figure 12 : Homyos, Déphasage thermique*

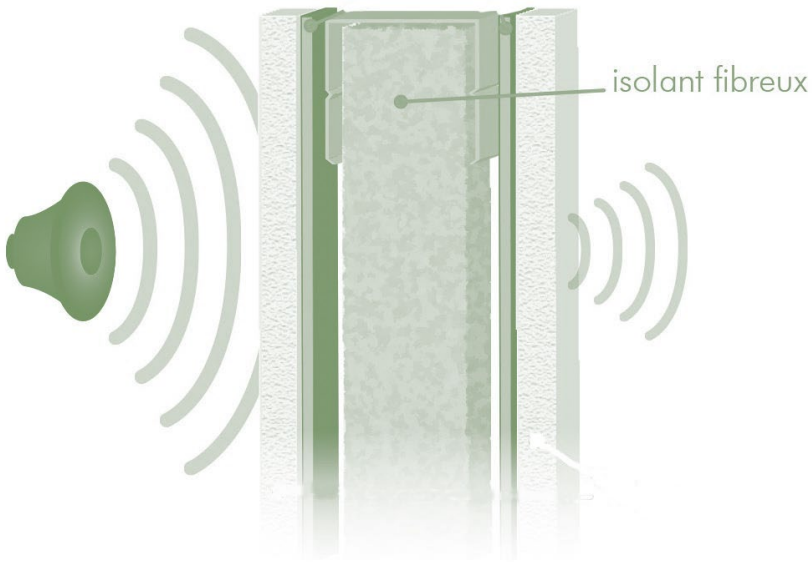



*Figure 14 : Buildwise, Isolation accoustique*

## 1.4 : Atouts techniques

En plus de leurs intérêts environnementaux, les matériaux biosourcés présentent de bonnes caractéristiques techniques et une large gamme de solutions grâce à la diversité de matières premières ainsi que de conditionnements. Ils se distinguent par leur polyvalence en matière de confort.

***Régulation de l'humidité***

Premièrement, les matériaux biosourcés sont capables de réguler l'équilibre hygrothermique du bâtiment et de la paroi. Ils ont une grande hygroscopicité grâce à leur structure poreuse ouverte. Ils sont capables d'absorber et libérer de la vapeur d'eau (Buildwise, 2025). D'une part, ils permettent le phénomène de tampon hydrique qui permet de maintenir l'humidité relative à un niveau stable. D'autre part, ils participent à la perspirance de la paroi. Bien qu'étanche à l'eau, la paroi laisse passer la vapeur d'eau sans risque de condensation grâce à un équilibre dynamique naturel (Malagoni de Almeida, 2021).

***Confort thermique***

Les matériaux biosourcés participent à un confort thermique d'hiver mais aussi d'été. Les structures en bois limitent les ponts thermiques. Les isolants biosourcés atteignent des performances thermiques similaires aux matériaux pétrosourcés conventionnels pour lutter contre le froid hivernal et ils permettent aussi de lutter contre les surchauffes estivales. En effet, les épisodes caniculaires sont amenés à se présenter de plus en plus souvent et le déphasage thermique lié à leur densité élevée et leur forte chaleur massique, permet de ralentir la diffusion de la chaleur à travers la paroi. De plus, la forte capacité thermique volumique de matériaux comme la terre crue, le béton de chanvre ou la fibre de bois augmente l'inertie de la paroi et permet de stabiliser la température entre le jour et la nuit (Ademe, 2021).

***Confort Acoustique***

De surcroît, les matériaux biosourcés sont généralement performants d'un point de vue acoustique. La nature fibreuse des isolants végétaux leur permet d'absorber les ondes sonores. Ils sont aussi performants que les laines minérales, ayant une structure fibreuse proche, mais nettement supérieurs aux mousses pétrosourcées.

***Qualité de l'air***

Enfin, les matériaux biosourcés confèrent un environnement intérieur plus sain. Une récente étude de Buildwise dans les bureaux du Cluster Ecoconstruction a prouvé que les revêtements naturels permettent d'absorber une partie des composés organiques volatils présent dans l'air. Les concentrations de polluants était 5 à 7 fois inférieurs aux normes de concentration totales (Cluster Ecoconstruction, 2026).

## 1.5 : Synthèse Chapitre 1

Les matériaux biosourcés sont des matériaux issus principalement de la biomasse. Ils comprennent le bois, le chanvre, la paille, le lin, l'ouate de cellulose, etc. Ce sont de matériaux renouvelables inscrits dans l'économie circulaire grâce à leur cycle de régénération rapide. D'origine naturelle, ils n'excluent pas un léger pourcentage de produits synthétiques visant à améliorer leurs performances et leur durabilité. L'appartenance territoriale, la faible transformation et la renouvelabilité des ressources sont des critères importants pour pouvoir les appeler « éco-matériaux »

Ils sont utilisables pour chaque couche constructive. Le bois, de sciage ou le CLT (Cross Laminated Timber ou bois lamellé croisé), est le principal matériau structurel pouvant être utilisé sous différents systèmes : l'ossature, le poteau-poutre, le madrier ou le panneau. Il convient tant pour les éléments porteurs verticaux et il est le seul matériau biosourcé pouvant reprendre des efforts horizontaux.

Autre élément porteur vertical, les blocs monolithiques comme la paille, la terre crue, la pierre naturelle et les bétons végétaux permettent d'une part de porter mais ont aussi un pouvoir isolant permettant de réduire le nombre de couches, bien qu'ils nécessitent une certaine épaisseur pour compenser l'absence d'isolant.

L'enveloppe est une couche très importante pour la durabilité du bâtiment car elle protège des intempéries et de l'humidité qui est très néfaste si elle n'est pas évacuée. Les bardages ventilés, les panneaux imputrescibles comme le liège expansé ou les enduits à base de chaux sont les options disponibles.

La couche isolante est celle dans laquelle l'utilisation des matériaux biosourcés est la plus répandue car les fibres végétales ainsi que les matières granuleuses comme l'ouate de cellulose ou le granulat de liège y sont très efficaces.

L'esthétique intérieure naturelle voit les matériaux comme le bois, le liège, les enduits à la chaux et à la terre ainsi que des peintures à base d'algues ou d'huiles végétales lui conférer un aspect chaleureux et sain.

Ce sont des matériaux idéaux pour la décarbonation de la construction. Les matériaux végétaux captent du $CO_2$ lors de croissance ce qui est très avantageux pour leur cycle de vie. De plus, leur faible transformation permet de réduire l'énergie grise inhérente. Ils sont inscrits dans l'économie circulaire et proviennent de ressources renouvelables favorisant le circuit court et une activité économique durable.

Les matériaux biosourcés se démarquent également par leur capacité de régulation hygrothermique, ils autorisent la diffusion de vapeur d'eau ce qui permet de réguler l'humidité intérieure et de conserver l'équilibre perspirant des murs anciens. De plus, ils renforcent le déphasage thermique grâce à leur densité et leur chaleur massique largement supérieures aux isolants conventionnels.

Leur densité et leur structure fibreuse leur confèrent des atouts acoustiques nettement supérieurs aux mousses synthétiques. Enfin, étant des matériaux naturels, ils participent à un environnement intérieur plus sain et ils sont peu émissifs en COV (composés organiques volatils).

.

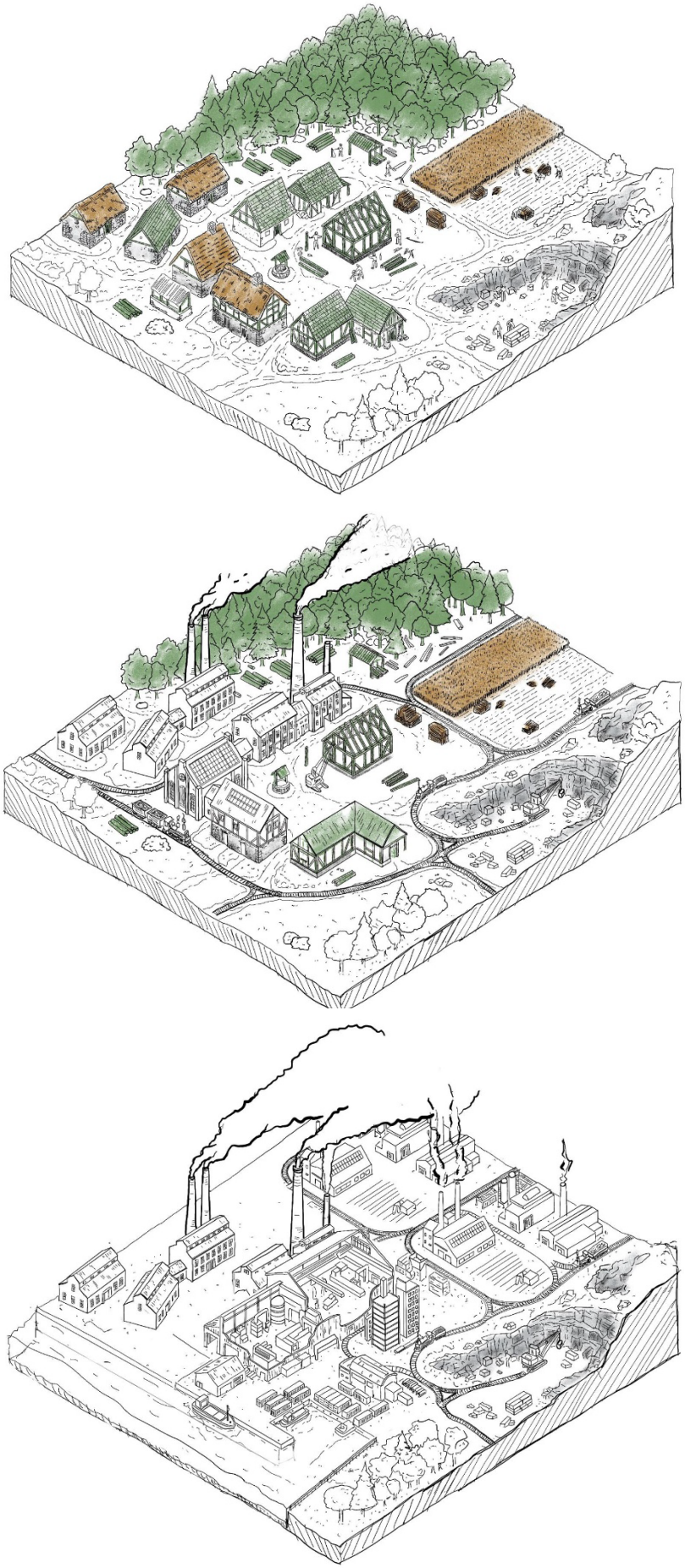


*Figure 15 : évolution de l'ancrage territoriale des matériaux*



*Figure 16 : consommation de chauffage vs énergie grise - Trachte, S.Figure 17 : évolution de l'ancrage territoriale des matériaux*

# Chapitre 2 : Volet historique

Les matériaux biosourcés sont sujet à un intérêt grandissant depuis une vingtaine d'années. Apparaissant comme une nouvelle solution afin de décarboner le milieu de la construction, l'utilisation de ces matériaux est loin d'être une nouveauté.

## 2.1 : Un savoir-faire ancestral

Les premières cabanes de la période paléolithique sont édifiées à l'aide de branches, de peaux et de diverses fibres végétales tressées manuellement. Le bois, la terre crue, la paille et la pierre constituent la majeure partie des bâtiments vernaculaires dans le monde à cette époque (Azzoug, Kabeche, 2021).

L'architecture vernaculaire entretient une relation forte avec son territoire parce qu'elle repose sur les ressources disponibles dans son paysage. Les ressources sont exploitées avec des savoir-faire traditionnels transmis de génération en génération. Les constructions en torchis, en chaume, en terre crue ou en pierre sont des techniques ancestrales.

## 2.2 : La révolution industrielle

La révolution industrielle fait apparaitre des nouveaux matériaux. Caractérisé par une croissance exponentielle, le progrès technique est mis en avant et encourage le développement de machines, de matériaux et d'énergies. Doucement, le béton, la brique de terre cuite, le vitrage s'introduisent dans la construction au même titre que l'électricité et le chauffage.

La mécanisation et la standardisation entraînent une normalisation des matériaux usinés au détriment des savoir-faire artisanaux considérés comme imprécis. L'économie jusqu'ici locale et biosourcée se tourne vers un système minéral et mondial (Sesbüé, 2022).

## 2.3 : Les guerres mondiales et la reconstruction

Après les deux guerres mondiales, l'industrialisation du monde occidental s'accélère. Le besoin urgent de nombreux logements concentre une demande massive de production rapide et ultra-efficace au détriment des matériaux biosourcés jugés trop longs à régénérer or les effets à long terme de certains produits sont allègrement négligés. Le pétrole, alors disponible en grande quantité, voit son exploitation monter en flèche sans se soucier de ses limites.

La guerre a emporté avec elle beaucoup d'hommes du peuple, des artisans et avec eux des savoir-faire. Le besoin en reconstruction voit l'émergence d'un nouveau profil de constructeurs : les bureaux d'études techniques. Les artisans sont relégués au second plan. Le béton, la brique de terre cuite, l'acier et un peu plus tard les isolants pétrosourcés sont devenus la norme pour construire rapidement (Le Tallec, 2017).

Le ciment s'impose grâce à ses prouesses techniques, son efficacité économique remarquable et sa normalisation, qui favorisent le développement de réglementations et d'assurances.

Produits en grande quantité pour répondre à une crise temporaire de reconstruction, ces matériaux deviennent la norme et constituent le principal obstacle aux matériaux biosourcés.

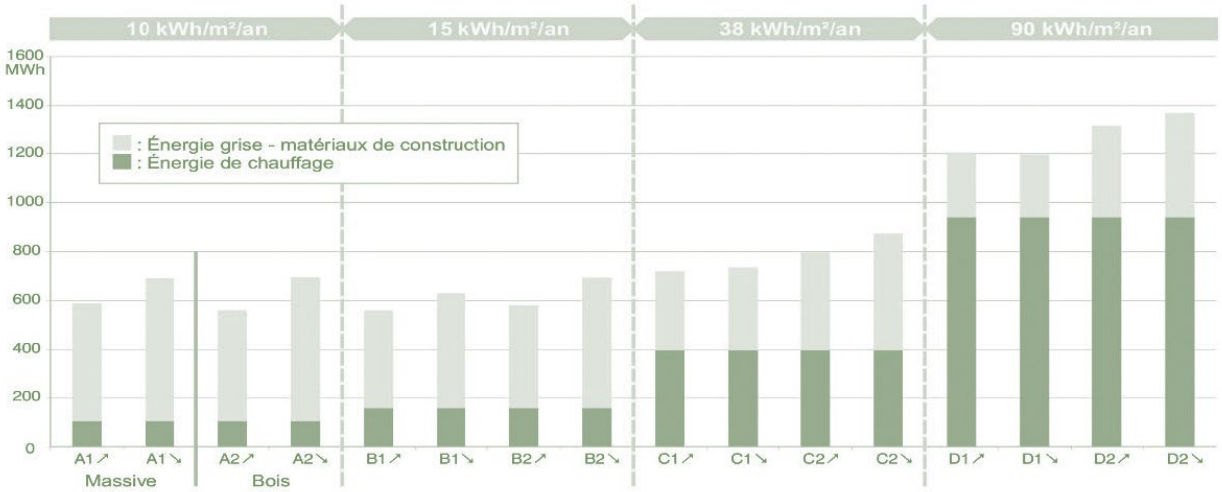



*Figure 18 : Trachte, S, consommation de chauffage vs énergie grise*

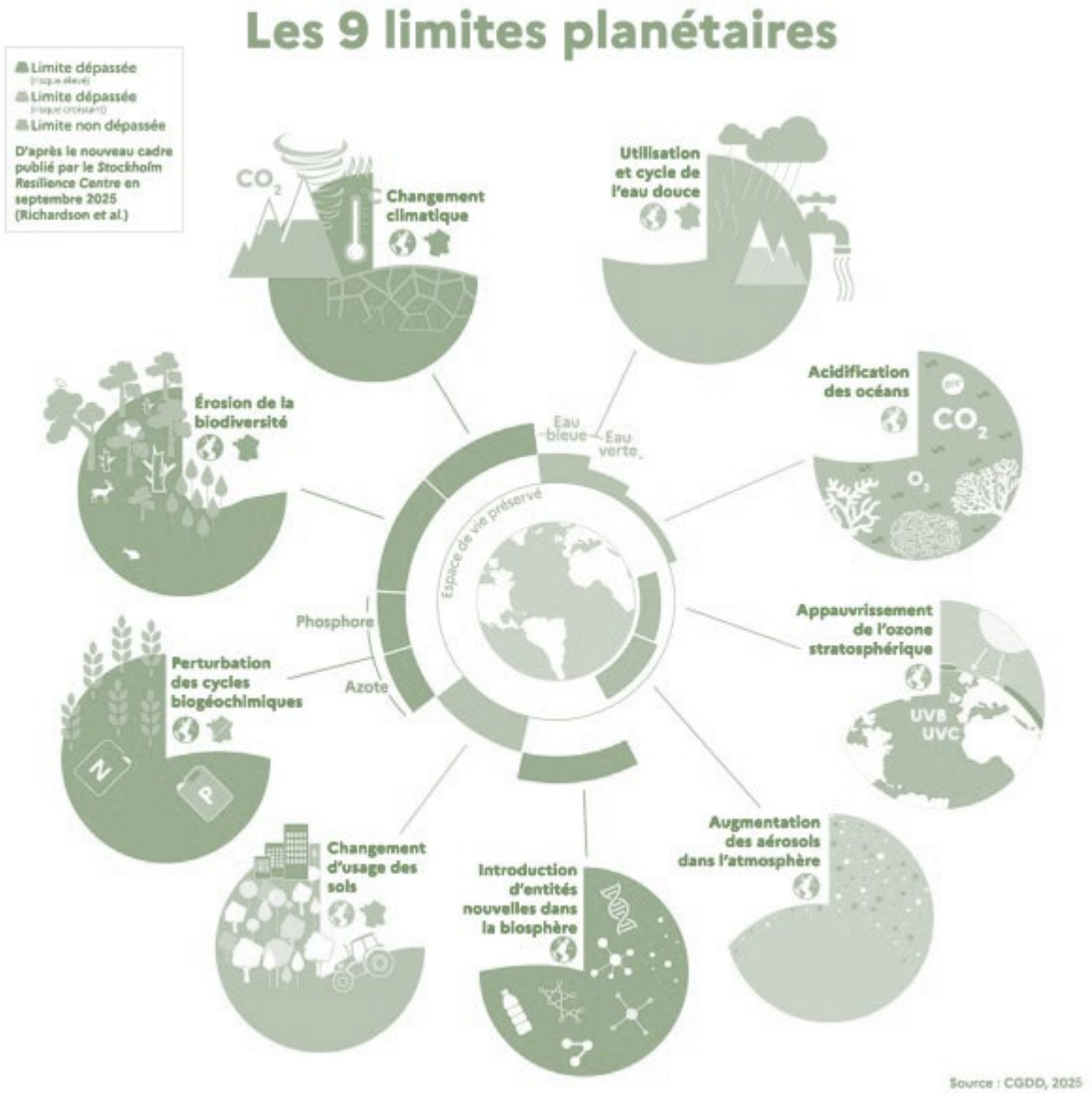



*Figure 19 : CGDD, 2025, les limites planétaires*

## 2.4 : La prise de conscience écologique

Pourtant, certains philosophes et scientifiques préviennent déjà de « l'effet de serre », à l'image de Joseph Fourier, qui est le premier à le définir en 1824 (Le Tallec, 2017). Dans les années 1960, les premières organisations non gouvernementales environnementales, comme le WWF, naissent et sensibilisent à la protection de l'environnement. En 1972 est publié un rapport très important dans la prise de conscience écologique : « The Limits to Growth » dans lequel des simulations informatiques projettent une chute brutale du modèle économique et de la société au XXIème siècle à cause de l'épuisement des ressources fossiles, de l'appauvrissement des sols et de la pollution. Les chocs pétroliers de 1973 et 1979 montrent à la société occidentale les limites des ressources fossiles et la fragilité du modèle économique actuel.

Cette prise de conscience fera émerger, très doucement, l'apparition de matériaux isolants dans le bâtiment pour répondre à la question de la performance énergétique sans pour autant se questionner de l'impact sur la santé des matériaux. Le secteur du bâtiment est secoué, dans les années 90, par la découverte du caractère cancérigène de l'amiante et la question des composés organiques volatils (COV) émis par les matériaux. C'est dans ce contexte que la considération pour les matériaux sains, naturels et écologiques va petit à petit permettre aux matériaux biosourcés de reconquérir de la place sur les marchés.

De plus, vers les années 2010, avec l'utilisation de plus en plus de matières pour atteindre un quota de performance, une question se pose : est-il préférable de consommer plus d'énergie pour se chauffer ou pour construire un bâtiment ? (Regout, 2020). Cette prise de conscience est un réel atout pour les matériaux biosourcés et fait apparaitre le potentiel de déploiement des filières des matériaux biosourcés et l'économie locale. Basées sur des ressources locales, ces filières favorisent les savoir-faire locaux et la diversité agricole, ce qui génère de l'emploi durable et régional (Cluster Ecoconstruction, 2023).

## 2.5 : La raréfaction des ressources

Le secteur de la construction est l'un des plus gros consommateurs mondiaux de matières premières (32%) et d'eau douce (15%) (Canopéa, 2025). Les ressources comme le sable de construction s'épuisant de plus en plus, les prix ne cessent d'augmenter tandis que les matériaux biosourcés affichent des prix plus stables ne variant qu'autour de 4 à 6% pour la fibre de bois ou la laine d'herbe (Cluster Ecoconstruction, 2023). De plus, la grande majorité des ressources utilisées proviennent de l'étranger et les récents conflits géopolitiques internationaux ont démontré la fragilité croissante des prix et des approvisionnements.

Cette urgence s'inscrit dans le dépassement de 6 des 9 limites planétaires (Stockholm Resilience Center) où le bâtiment joue un rôle majeur dans le dérèglement climatique et le changement d'affectation des sols (Canopea, 2025). En Belgique, le déficit de biocapacité atteint 696%, c'est-à-dire qu'un citoyen consomme en moyenne 7 fois ce que le territoire national peut produire naturellement (Regout, 2020). Le modèle linéaire « extraire – transformer – jeter » ne peut plus continuer et on doit se tourner vers un modèle circulaire utilisant des ressources renouvelables. Recentrer l'économie sur la biomasse locale s'impose pour ralentir un monde où la vitesse de consommation des ressources emmène droit dans un mur.

## 2.6 : Synthèse chapitre 2

Les matériaux biosourcés ne sont pas nouveaux, il s'agit de réactiver des savoir-faire artisanaux délaissés par la révolution industrielle et abandonnés par les normes d'une reconstruction d'urgence d'après-guerre. Cependant le contexte a changé, la dépendance aux ressources fossiles n'est plus possible. Face à la flambée des prix et l'épuisement des limites de la Terre, les filières biosourcées en circuit court devraient s'imposer par leur résilience et leurs bienfaits écologiques.

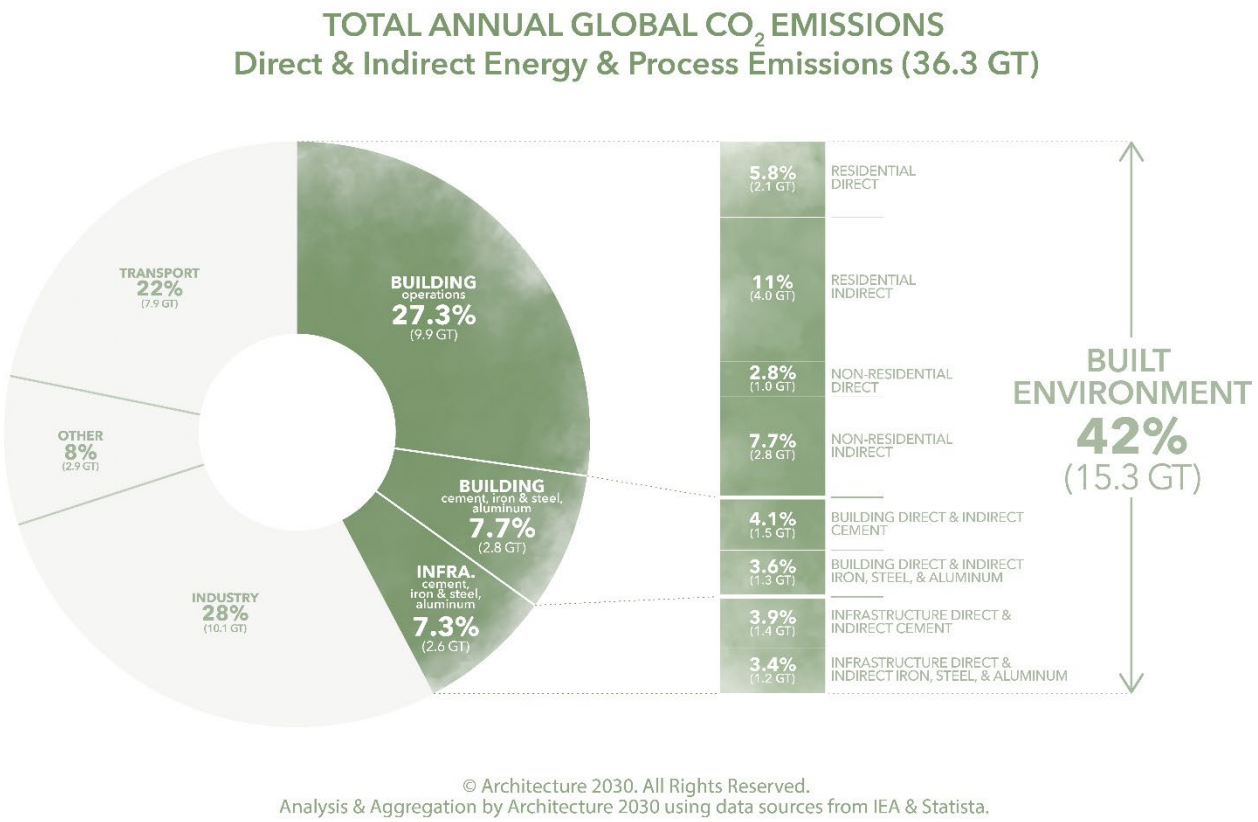



*Figure 20 : Architecture 2030,émission mondiale $CO_2$*

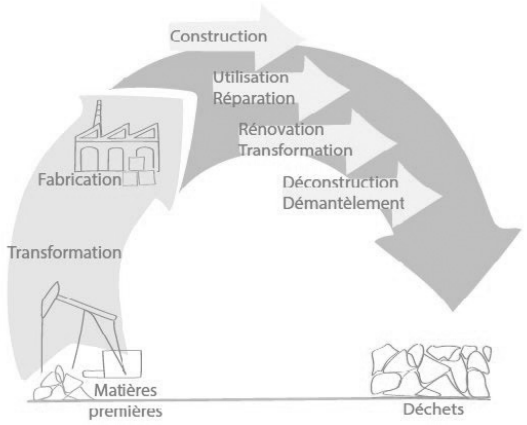



*Figure 22 : Buildwise, Modèle linéaire*

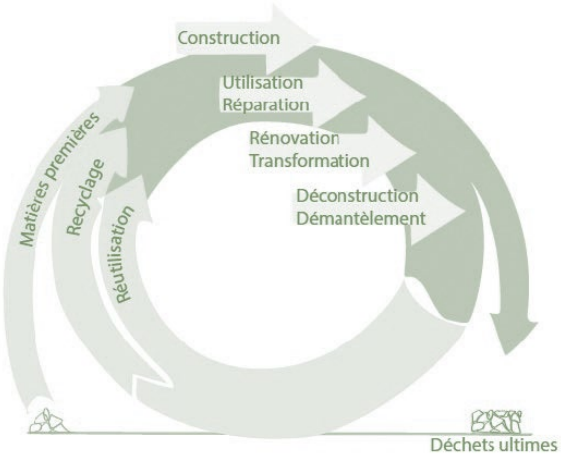



*Figure 21 : Buildwise, Modèle circulaire*

# Chapitre 3 : Contexte Actuel

## 3.1 Enjeux environnementaux, territoriaux et culturels

Le secteur du bâtiment représente à lui seul 42% des émissions de gaz à effets de serre au monde (Joskin, 2025). Environ 27% sont directement liés aux activités des bâtiments par la consommation de ressources et de matériaux et 15% sont émis par les 4 matériaux les plus utilisés aujourd'hui en construction et infrastructure, à savoir le ciment, le fer, l'acier et l'aluminium.

« En Belgique, le secteur du bâtiment représente 40 % de la consommation d'énergie, 35 % des émissions de carbone et 50 % de la consommation de ressources » (Canopea, 2024). Il s'agit du secteur le plus émetteur après le transport. Alors que la crise climatique se fait de plus en plus sentir notamment avec l'augmentation des inondations et des surchauffes estivales, les matériaux biosourcés affichent toutes les qualités nécessaires pour être des acteurs majeurs de la décarbonisation de la construction. En étant des matériaux locaux et peu transformés, ils présentent une empreinte carbone très faible grâce à leur capacité à stocker du carbone pendant la croissance.

Ensuite, les récents faits géopolitiques ont montré la dépendance mondiale de l'économie ainsi que la dépendance aux ressources fossiles qui sont produites à l'étranger. Le matériaux biosourcés locaux sont résilients face aux problèmes politiques internationaux et favorisent l'économie locale. Pour la Wallonie, ces matériaux s'alignent avec les objectifs à relever, notamment l'isolation du parc bâti (PEB) et la construction de logements. En créant de l'activité économique, ils participent à la réduction de l'endettement et contribuent au développement de secteurs économiques déjà existants comme l'isolation, la rénovation ou la construction durable. De plus ils créent de l'emploi local, durable et in-délocalisable ce qui encourage la réduction du taux de chômage.

Enfin, ces matériaux répondent à une problématique de plus en plus importante pour le grand public : la santé. L'enjeu est double, d'une part ces matériaux naturels s'avèrent être nettement moins nocifs et moins toxiques pour les acteurs de la construction qui les manipulent et les mettent en place, d'autre part ils améliorent la qualité de l'air intérieur du bâtiment et contribuent à une meilleure ambiance.

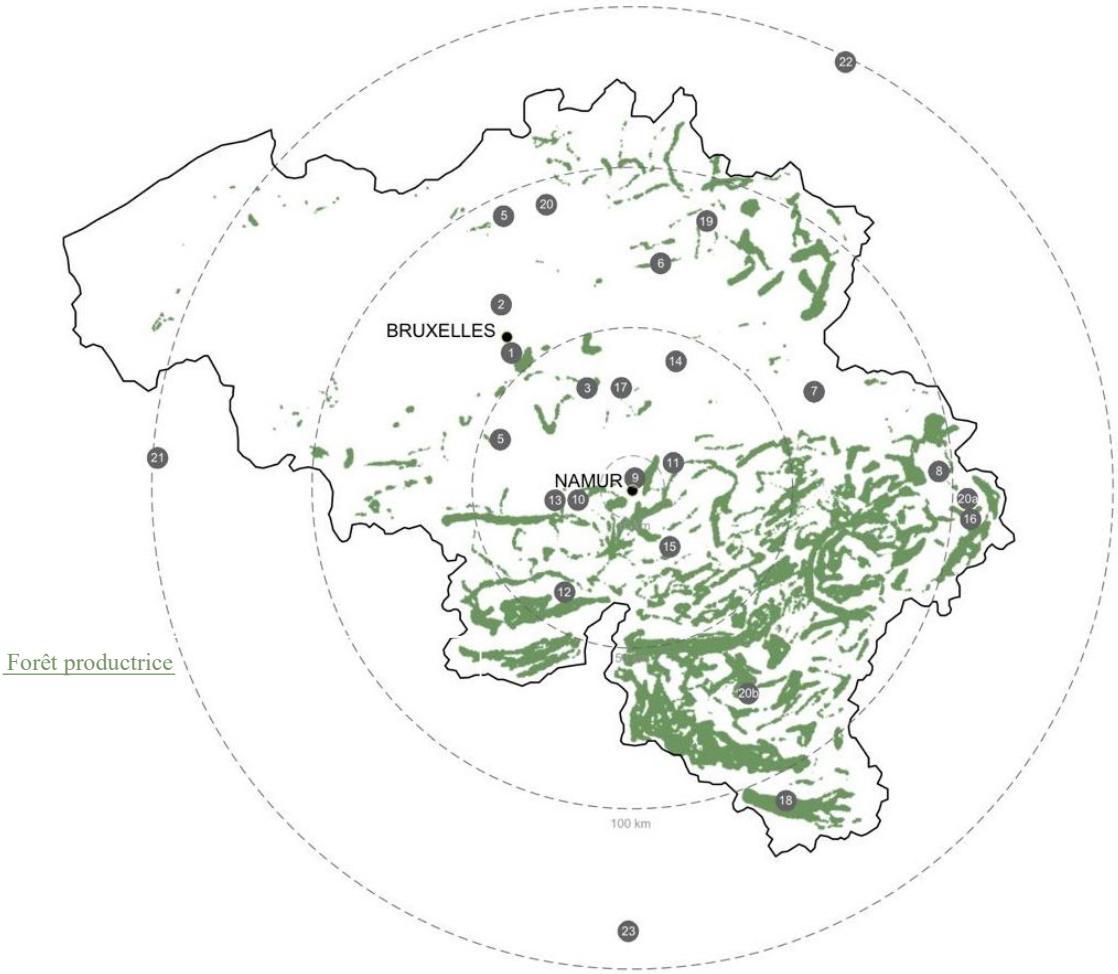
## 3.2 Economie circulaire

Le modèle linéaire conventionnel « extraire – transformer – jeter » est totalement dépassé et il est plus qu'urgent de transiter vers le modèle circulaire. « L'économie circulaire est un modèle de production et de consommation qui consiste à partager, réutiliser, réparer, rénover et recycler les produits et les matériaux existants le plus longtemps possible afin qu'ils conservent leur valeur. » (Parlement Européen, 2023). Les matériaux biosourcés s'inscrivent dans l'économie circulaire par la renouvelabilité des ressources, la valorisation de coproduits et de déchets et la diminution des déchets.

Premièrement, ils sont issus de cycle biologique renouvelable. En plus de capter du carbone pendant leur croissance, les matériaux naturels peuvent retourner au sol et être décomposés naturellement ce qui réduit la part de déchets.

Ensuite, ils sont souvent issus de la valorisation de coproduits agricoles, ce qui permet d'éviter la concurrence de sol et de valoriser des déchets comme l'herbe de tonte ou la laine de mouton considérée comme telle aujourd'hui, ou encore issus du recyclage de matériaux fibreux et granuleux comme l'ouate de cellulose (papier journal recyclé) et les fibres textiles.

Enfin, les matériaux biosourcés sont réutilisables, à condition de les employer à sec, ou recyclables, le bois, les fibres végétales et les blocs de béton végétaux pouvant réintégrer les processus de fabrication afin de prolonger leur durée de vie.




*Producteur d'éco-matériau :*

1. Blocs de terre crue et enduits à l'argile - BC Materials
2. Enduits naturels - Claylime
3. Panneau de verre recyclé - Omnex
4. Peintures naturelles - Galtane
5. Argile expansé - Argex
6. Liège recyclé - De Vlaspit
7. Isolant acoustique - Acoustix
8. Laine de mouton - Woolconcept
9. Liège recyclé - Mat'et Eau
10. Isolant en herbe - Gramitherm
11. Blocs de chaux-chanvre - Isohemp
12. Argile - Argilière Hins
13. Membranes acoustiques - Home-eos
14. Ballots de paille de construction
15. Ouate de Cellulose - Isoproc
16. Ouate de Cellulose - Isocell
17. Miscanthus - Promisc
18. Bois torréfié - Scidus
19. Verre recyclé - Foamglass
20. Isolant en coquillage - Ecoverbo-Ecoschelp
20a. Enduits à l'argile - Bâtir l'avenir
20b. Fibre de bois recyclés - Lenoo

*Produit hors Belgique dans un rayon de 150km*

21. Isolant en coton recyclé - Le relais Métisse
22. Plaques en cellulose-gypse - Fermacell
23. Fibre de bois et panneaux de cellulose et coton - Pavatex/Soprem

*Figure 24 : Cartographie producteur et forêt belge - Cluster Ecoconstruction*

## 3.3 Panorama de l'offre existante en Belgique

La Belgique, et notamment la Wallonie, est une des cinq régions les plus développées au niveau des matériaux biosourcés en Europe, selon le Cluster Ecoconstruction. Leur utilisation dans la construction avoisine les 6% du marché wallon et propose 1700 emplois en Wallonie (Trachte, 2025). La progression du nombre de producteurs est constante depuis les 15 dernières années et les perspectives sont favorables pour la croissance des matériaux biosourcés. À titre d'exemple, « les isolants biosourcés sont passé de 5% en 2010 à environ 20 % d'utilisation en 2025 » (Benoit Michaux, 2026).

Sur le territoire belge, l'offre en matériaux biosourcés est conséquente. Une vingtaine de producteurs proposent une centaine de produits et matériaux biosourcés, géosourcés ou recyclés couvrant une large plage d'utilisation.

Selon une étude de Valbiom sur les besoins en isolants du bâti wallon en 2023, la quantité d'isolants biosourcés produits s'élève à 615.000 m³, ce qui correspond à 42% des besoins totaux de la rénovation. Il s'agit principalement d'ouate de cellulose, d'herbe, de chaux-chanvre et de laine de mouton. Cette production est loin de battre à son plein potentiel, témoigne une étude récente du Cluster Ecoconstruction, qui estime que la production wallonne pourrait atteindre 1.340.000 m³/an soit 100% de la demande de surface d'isolation des murs et 70% pour les toitures en prenant la surface totale moyenne à isoler par an d'ici 2050 (Gillet, 2024, Cluster Ecoconstruction, 2025).

Les ressources sur le territoire belge sont diverses. Premièrement, le bois est disponible en grande quantité surtout sur le territoire wallon. Les forêts recouvrent 33% du territoire wallon, environ 560 000 ha. 84% de cette surface forestière sont destinés à la production. Outre les exploitations de pâte à papier, de panneaux, granulateurs, de bois d'énergie, les scieries ont découpé 72 000 m³ de feuillus et 2 500 000 m³ de résineux, principalement du chêne et de l'épicéa (PanoraBois, 2024).

D'un autre côté, les ressources valorisées considérées aujourd'hui comme déchets tel que les journaux en papier, l'herbe de tonte, les terres excavées, les bouchons de liège, le bois de récupération et de chantier, le coton de recyclage font partie intégrante des matériaux biosourcés. Enfin, les produits et sous-produits de l'agriculture, le chanvre qui tend à augmenter ses surfaces d'exploitation, les pailles céréalières, le miscanthus ou les matières comme l'argile et les coquillages viennent compléter le panel local conséquent.

À noter, les bétons végétaux, les mortiers de pose ou les enduits extérieurs perspirants sont faits à base de chaux (hydraulique généralement). La chaux est produite à partir de pierre calcaire concassée et chauffée, elle est produite en Belgique par deux entreprises : Lhoist (Marche-en-Famenne) et Carmeuse (Liège). La pierre calcaire est une ressource très présente dans la vallée de la Meuse.

*Figure 28 : Impact de l'importation*

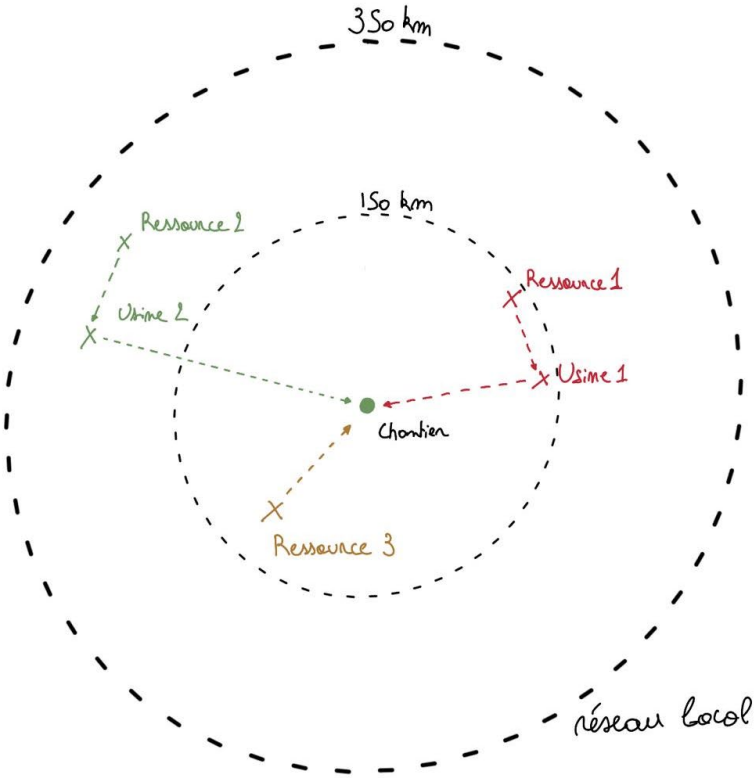



*Figure 27 : ressource locale*

## 3.4 Matériaux biosourcés : production locale, régionale ou mondiale

L'appartenance locale des ressources est au cœur de la pertinence des matériaux biosourcés. Les filières en pleine croissance se retrouvent à la croisée de réalités économiques complexes où le lieu de production et les caractéristiques industrielles influencent directement le prix final et l'adhésion des maîtres d'ouvrage.

D'abord, la pertinence écologique des matériaux biosourcés se base sur la conservation de ses avantages environnementaux à savoir la captation de carbone. Cette valeur positive peut être annulée par des trajets longs et polluants. Par exemple, utiliser de la laine de mouton en provenance de Nouvelle-Zélande peut représenter une plus grande source de $CO_2$ qu'un isolant minéral produit localement (Delem et Wastiel, 2020).

De plus, les ressources provenant d'un rayon de maximum 350 km permettent de se protéger de crises logistiques mondiales et sont résilientes pour le territoire. Paradoxalement, en Wallonie 60% du bois produit chaque année est exportée pour être transformé. Et à côté de ça, 70% des matériaux de construction sont importés (Panorabois, 2024). L'importance du circuit court pour les matériaux biosourcés est primordiale.

Le prix à l'achat des matériaux biosourcés reste généralement 1,25 à 3 fois plus élevé que l'équivalent conventionnel (Ecobuild, 2022). Ce fait peut être expliqué par plusieurs facteurs. Premièrement, le secteur tourne en sous-régime, la demande étant faible, le prix de de l'offre augmente. Les PME wallonnes produisent à hauteur de 30 à 40% de leur capacité (Munster, 2025). L'absence d'économie d'échelle des prix est un frein à leur compétitivité sur le marché. La régionalisation ou la mondialisation de la production pourrait permettre le développement des entreprises au détriment de l'aspect environnemental aujourd'hui primordial.

Un autre facteur important influençant le prix de matériaux est la mise en œuvre et la main d'œuvre. Là où les matériaux conventionnels sont placés à l'aide de machines rapidement, les matériaux comme la terre crue, le pisé, le béton de chanvre demandent une attention plus particulière manuelle et des temps de séchage plus longs augmentant le temps de travail et donc le coût.

Les producteurs de matériaux biosourcés doivent passer par l'industrialisation de leur production dans le but de subvenir aux besoins locaux afin de rester cohérents sur le plan environnemental. Il parait plus soutenable de multiplier de petites ou moyennes productions afin de créer un réseau de production plus large que de globaliser la transformation en une seule localisation.

## 3.5 Synthèse du chapitre 3

Le secteur de la construction est le plus gros émetteur de gaz à effets de serre au monde et il consomme énormément de matières premières et produit de nombreux déchets inertes. En Wallonie, le défi est de taille, d'une part il est impératif de décarboner le milieu de la construction et d'autre part il faut isoler une grande partie du parc bâti afin de diminuer la consommation d'énergie.

En s'inscrivant dans le modèle économique circulaire, les matériaux biosourcés sont une opportunité réelle pour répondre aux enjeux actuels. Le territoire compte déjà 20 producteurs de matériaux à partir de ressources locales. Malgré la diversité des produits disponibles, ils peinent à s'imposer et ce en partie à cause de leur prix final. La production tourne de 20 à 40 % de son potentiel alors qu'elle pourrait subvenir à plus de 80% des besoins pour isoler le parc bâti dans le besoin.

Les matériaux biosourcés font face à un paradoxe industriel : d'un côté, il est impératif de conserver l'aspect local et l'ancrage territorial de la production. D'un autre côté, une production de grande quantité permet d'amortir les coûts plus facilement et donc de réaliser des économies d'échelle qui pourraient permettre de

rendre le prix plus compétitif mais en « mondialisant » une production, l'impact environnemental lié au flux de transport pourrait alors devenir négatif.

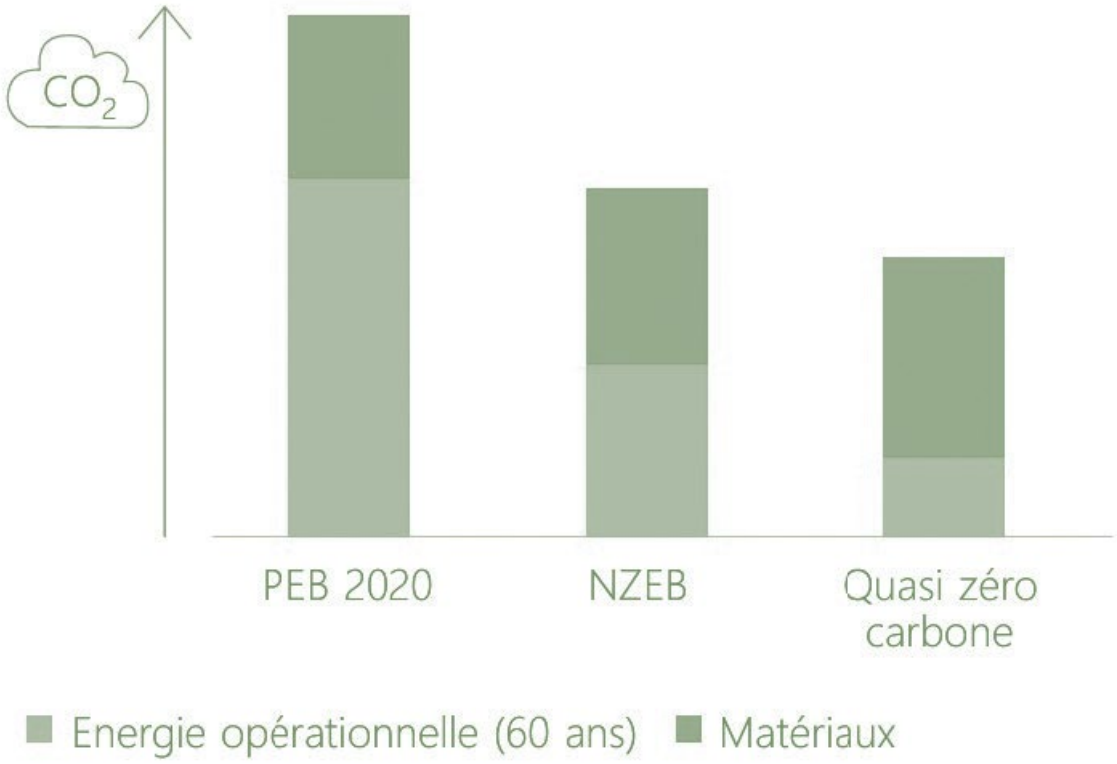



*Figure 30 : Buildwise, Energie opérationnelle vs énergie grise*

*Figure 29 : Buildwise, Evolution des exigences PEB*

# Chapitre 4 : cadre réglementaire face au matériaux biosourcés

## 4.1 La norme PEB (performance énergétique des bâtiments)

***Qu'est-ce que la PEB ?***

Le certificat PEB évalue la performance énergétique d'un bâtiment selon plusieurs critères : le type et le niveau d'isolation des murs, des sols et des toitures, le système de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire, la ventilation, les châssis et le vitrage et la présence éventuelle de panneaux solaires ou d'un système de chauffage (Bobex, 2026). Le certificat est obligatoire pour vendre ou mettre en location un bâtiment.

L'évaluation se base sur des critères fixes permettant une objectivation des performances d'un bâtiment sur une échelle de A à F (ou G), selon qu'il soit économe ou énergivore. L'objectif de la mise en place de la norme PEB est d'encourager les propriétaires à faire des rénovations énergétiques afin de diminuer la consommation d'énergie du parc immobilier.

En Wallonie, la norme PEB s'oriente principalement vers trois exigences : l'isolation thermique du bâtiment, la consommation énergétique théorique qui se base sur l'isolation mais aussi les équipements de chauffage et de ventilation ainsi que l'étanchéité à l'air. La troisième exigence est la qualité du climat intérieur principalement évaluer à travers la ventilation et l'étanchéité à l'air.

***Désavantage pour les biosourcés***

Bien que la norme PEB soit un objectif environnemental de réduction de consommation d'énergie, elle ne prend pas en compte l'énergie utilisée par la production des matériaux et la mise en œuvre. De plus, elle encourage à utiliser de grosses épaisseurs de matières et des systèmes complexes de chauffage et de ventilation. Elle se concentre uniquement sur la performance au détriment de la résilience et de la robustesse, ainsi elle favorise des matériaux certes efficaces, mais qui présentent des longévités plus courtes et des empreintes carbone nettement supérieures.

La norme PEB n'est pas à proscrire pour autant, elle traite une partie du problème de l'impact environnemental du secteur du bâtiment mais elle présente des limites qui pourraient être ajustées en ajoutant des critères environnementaux supplémentaires, par exemple encourageant les matériaux biosourcés, comme la considération de l'analyse des cycles de vie des matériaux mis en place, la longévité de ceux-ci et leur impact sur le bâtiment (Chapurlat, Etienne et Vander Heyden, 2025).

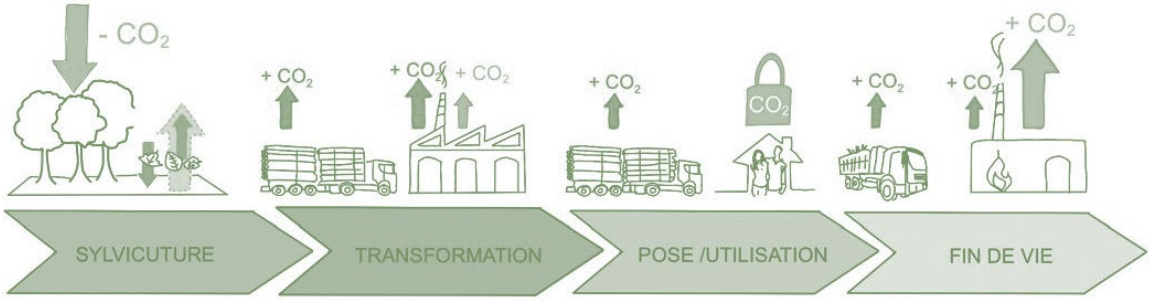



*Figure 31 : Buildwise, ACV modèle statique*

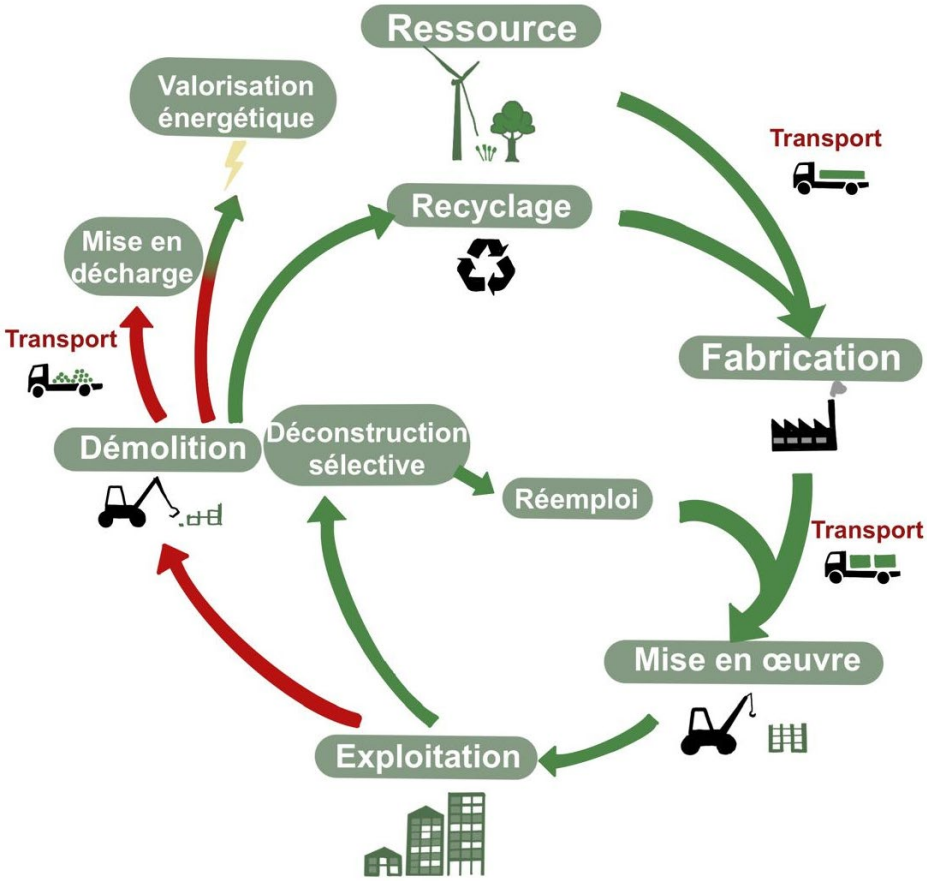



*Figure 32 :ACV modèle dynamique*

## 4.2 Analyse du cycle de vie (ACV)

***Définition***

« L'analyse de cycle de vie (ACV) est une méthode d'évaluation environnementale qui permet de quantifier les impacts d'un produit ou d'un service tout au long de son cycle de vie. Il s'agit d'un outil quantitatif rigoureux, encadré par les normes internationales ISO 14040 et ISO 14044 » (SPW, 2026).

Le cycle de vie comprend l'extraction et la production de matériaux, le transport et la phase de construction, l'utilisation du bâtiment et sa fin de vie soit la déconstruction ou la démolition. Elle se base sur une série d'indicateurs, parmi eux : l'utilisation nette d'eau douce, la pollution de l'air et de l'eau, l'acidification des sols, l'utilisation totale des ressources d'énergie primaire, le réchauffement climatique… L'approche globale de l'ACV en fait la méthode d'évaluation environnementale la plus aboutie en comprenant d'une part chaque étape liée à la vie du bâtiment cité « du berceau au tombeau » (ISO 14040, 2020) et d'autre part les émissions de gaz à effets de serre mais aussi l'énergie grise, la consommation d'eau, l'acidification des sols, etc.

Les chiffres sont communiqués par les fabricants et vérifiés par une tierce partie indépendante. Ils apparaissent sous la forme de déclarations environnementales (B-EPD en Belgique) et fournissent des données standardisées, transparentes et comparables.

***Impact pour les matériaux biosourcés***

Les matériaux biosourcés se retrouvent valorisés grâce à leur capacité de stocker temporairement du $CO_2$ absorbé dans l'air lors de leur croissance. L'étude récente menée par l'ULB a démontré que « 1m³ de bois peut stocker environ 1 tonne de $CO_2$ durant sa phase de croissance » (Cluster Ecoconstruction, 2025). De plus, ces matériaux subissent moins de transformation et donc, consomment moins d'énergie à leur production que les matériaux pétrosourcés, bien qu'ils aient tout de même besoin d'énergie pour la culture, le transport ou l'ajout de certains adjuvants synthétiques visant à améliorer leurs performances (Vincent Claude, Stéphane Charron et Benoît Michaux (Buildwise), 2025).

Cependant, en Belgique, aucune obligation en vigueur ne prend en compte l'ACV, ce qui rend cet outil encore trop peu utilisé, contrairement à la France qui elle, avec la réglementation RE2020, impose aujourd'hui des exigences en matière d'impact écologique. La réglementation RE2020 se base sur l'ACV dynamique plutôt que sur l'ACV statique, méthode préférée en Belgique. La différence entre les deux est que pour la méthode statique, les matériaux biosourcés en fin de vie sont considérés brûlés et relâchent la quantité de $CO_2$ captée durant la croissance de la ressource, ce qui annule l'effet bénéfique de la captation de carbone. La méthode dynamique elle, prend en compte le fait qu'en fin de vie, les matériaux peuvent être réemployés ou recyclés. De plus, l'analyse de cycle de vie dynamique considère le temps de séquestration du carbone.

## 4.3 Outils de conception

***TOTEM***

Pour objectiver les données d'impact environnemental des bâtiments, les trois régions belges se sont coordonnées en 2018 pour développer un outil : TOTEM (Tool to Optimize the Total Environmental impact of Materials). Cet outil se base sur une unité fonctionnelle commune qui réfère un élément de construction complet sur 1m² pour une durée de vie de 60 ans, longévité estimée d'éléments du bâtiment avant d'être remplacés. Ces éléments sont évalués selon 17 indicateurs environnementaux et reçoivent un score unique exprimé en millipoints représentant des « euros de réparations » en compensation pour réparer les dégâts causés à l'environnement.

Bien que l'outil soit opérationnel, les matériaux biosourcés ne sont que peu représentés. Ils ne représentent que 12 à 15 % des matériaux répertoriés, et sont surtout composés du bois et de ses sous-produits. Les matériaux alternatifs comme la paille, le chanvre ou l'herbe sont moins représentés dans les compositions types (Bos et Stiernon, 2023).

De plus, le rapport « Review of Bio-based Materials in TOTEM » (Bos et Stiernon, 2022) critique, à juste titre, l'approche méthodologique de l'outil pour l'évaluation du caractère biosourcé de certains matériaux. TOTEM évalue de manière binaire les matériaux, ils sont soit biosourcés soit pas or certains matériaux avec de faibles pourcentages, majoritairement métalliques ou minéraux, se retrouvent catégorisés « biosourcés ». Les auteurs énoncent une approche quantitative plutôt que qualitative, considérant le pourcentage massique de matière biosourcée. Ils constatent aussi des erreurs et des incohérences dans les données qui conduisent à des résultats d'ACV parfois erronés.

Le rapport sur l'ACV utilisé aujourd'hui est considéré de manière statique, le carbone emmagasiné par les plantes est considéré relâché de manière égale en fin de vie, la plupart du temps sous forme d'incinération, considérant le bilan carbone neutre au moment de l'évaluation, ce qui ne permet pas de valoriser le pouvoir de séquestration du carbone du bois et des matériaux biosourcés. Considérer l'ACV dynamique, utilisé en France, rend les solutions biosourcées plus avantageuses. La diminution du poids du carbone stocké car le carbone emprisonné ne pollue pas l'air aujourd'hui, diminue les émissions lors des phases de production et de chantier, ce qui valoriserait d'autant plus cette capacité de captation de carbone.

Enfin, le rapport rappelle que l'outil TOTEM a un rôle évaluatif et non un rôle d'aide aux choix constructifs. Il ne traite pas de la pertinence constructive ou patrimoniale des matériaux. De plus l'outil ne prend pas encore en considération l'inertie thermique ou la régulation hydrique. Il se concentre uniquement sur la conductivité thermique. Il omet deux aspects importants de la physique du bâtiment, le confort estival et l'hygrothermie, dans lesquels les matériaux biosourcés se démarquent par leur rôle actif dans le confort intérieur.

***WUFI***

L'outil TOTEM ne prend pas en compte les qualités intrinsèques des matériaux biosourcés. Il faut passer par des logiciels plus complexes tels que WUFI (Wärme Und Feuchte Instationär = transition de chaleur et d'humidité) pour prendre en compte les échanges dynamiques hygrothermiques dans les parois. Ce type de logiciel demande l'aide d'un bureau d'étude spécialisé (Ademe, 2021).

***BIM***

Outil de conception numérique permettant la collaboration dès la conception du bâtiment, BIM (Building Information Modeling) prend aussi en compte les déclarations environnementales des produits, ce qui faciliterait le calcul de l'ACV et favoriserait les matériaux biosourcés.

Les outils numériques de conception sont nombreux et parfois difficiles à comprendre. Ils tendent à freiner l'utilisation des matériaux biosourcés souvent mal représentés ou mal compris.

## 4.4 Freins techniques, économiques et réglementaires

Malgré leurs qualités, les matériaux biosourcés peinent à s'imposer et l'étude de A. de Reuck a tenté d'en évaluer les freins et les leviers à travers des interviews des acteurs de la filière.

***Mainmise des industries conventionnelles***

Premièrement, le milieu de la construction est régi par les lobbys des matériaux conventionnels qui sont bien implantés et qui dominent les pratiques. Les acteurs de la construction ont leurs habitudes et leurs produits favoris, les changer est difficile et le manque de maitrise repousse les tests de nouveaux matériaux.

De même pour le cadre réglementaire qui est fait pour les matériaux conventionnels, les normes PEB excluent les matériaux biosourcés, d'autant plus pour les marchés publics. Les acteurs évoquent de grandes difficultés dans des démarches longues et coûteuses pour construire avec du biosourcé.

De plus, les outils numériques sont trop nombreux et desservent les matériaux biosourcés qui y sont insuffisamment enregistrés. Les outils comme TOTEM, BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) ou BIM ont des bases de données et des logiques différentes, ce qui rend leur utilisation complexe. Les matériaux biosourcés y sont mal représentés, à l'image de TOTEM qui considère les biosourcés comme incinérés en fin de vie, ce qui augmente considérablement leur score environnemental.

***Freins économiques***

Le coût d'une analyse du cycle de vie (ACV) est conséquent, entre 20.000 et 25.000 Euros (de Reuck, 2025), ce qui la rend inaccessibles pour les PME wallonnes. En outre, ces outils ne sont pas obligatoires et sont peu utilisés en Belgique contrairement à la France, qui a intégré l'ACV dans sa réglementation RE2020.

Les matériaux biosourcés rencontrent aussi des freins économiques notamment par l'absence de mécanismes clairs et adaptés pour compenser les surcoûts liés aux matériaux ainsi que l'accès compliqué aux chantiers publics. Les assurances ont besoin de certitudes et les Agréments Techniques (ATG), elles aussi coûtent cher.

De plus, la faible demande en matériaux biosourcés freine l'offre en quantité, ce qui condamne les chantiers publics volumineux car une seule entreprise ne peut pas assumer une telle quantité aujourd'hui. Les prix sont également moins compétitifs que ceux des matériaux pétrosourcés car l'économie d'échelle n'est pas suffisante au vu de la faible quantité proposée.

***Exigences techniques***

Les matériaux biosourcés ont des exigences techniques qui peuvent freiner leur adoption. Une attention particulière est exigée lors de la mise en œuvre à cause de leur sensibilité à l'eau une connaissance pointue des principes hygrothermiques pour la conception des parois. Vouloir incorporer des matériaux biosourcés en cours de projet peut rendre les choses compliquées et desservir les performances.

Les performances des biosourcés peuvent aussi être altérées par de mauvaises manipulations. Le manque de main d'œuvre externe qualifiée constitue un frein quant à leur développement, les entreprises comblent les lacunes en interne, ce qui complique la transmission du savoir-faire. Ce phénomène renforce l'idée que les filières manquent de collaboration intersectorielle. La communication entre les concepteurs, les entreprises et les fabricants est faible, ce qui ralentit la diffusion des connaissances et l'intégration fluide des biosourcés.

***Manquements***

Enfin, le manque de références environnementales reconnues se dresse comme un frein à l'utilisation des matériaux biosourcés dans les projets résidentiels. Il est difficile pour les entreprises du secteur de prouver la plus-value de ces matériaux sans données auxquelles se référer pour la justification de leurs choix techniques, la comparaison juste des alternatives ainsi que la valorisation de leur engagement environnemental.

Finalement, il n'existe pas, du moins pas encore, de solution qui convienne pour tous les bâtiments. Chaque bâtiment a des besoins spécifiques et nécessite une conception technique adaptée, ce qui peut constituer un frein dans l'adoption à grande échelle des matériaux biosourcés.

## 4.5 : Leviers : filières locales, formation et expérimentation

Les matériaux biosourcés ont besoin d'aide pour s'imposer et les leviers énoncés ci-après sont des réponses qui pourraient permettre de lever les freins techniques, administratifs et économiques.

***Informer***

Sensibiliser à la performance des éco-matériaux est primordial pour favoriser leur adoption. Montrer qu'ils sont équivalents aux matériaux conventionnels en présentant des avantages environnementaux et sanitaires est déterminant pour augmenter leur utilisation. Il faut les rendre visibles dans des situations réelles pour le public mais aussi pour les prescripteurs qui, par leur rôle, ont le pouvoir de faire réfléchir les commanditaires.

Ensuite, le renforcement de la formation professionnelle est un levier stratégique important pour augmenter l'utilisation des matériaux biosourcés. Il faut valoriser les métiers de la construction et promouvoir les programmes comme ceux de l'IFAPME qui œuvre pour une accessibilité des savoirs et la spécification des besoins des matériaux biosourcés. La jeune génération est sensible au climat dans lequel elle grandit, elle est un levier majeur car il s'agit des prescripteurs, des constructeurs et des commanditaires de demain.

***Levier politique***

La multiplication des exemples en Wallonie dans les marchés publics et privés favorise l'adoption des matériaux biosourcés, en augmentant la crédibilité de ces matériaux dans le secteur de la construction. L'objectif est d'orienter les marchés vers les circuits courts et durables que représentent les matériaux biosourcés. Par exemple, le plan « Cigogne » qui impose l'utilisation de 60% de matériaux biosourcés pour l'isolation des nouvelles crèches.

Une politique subventionnaire simplifiée soutenant les éco-matériaux pour la rénovation influencerait les choix de matériaux biosourcés pour les marchés privés. Les subventions sous forme de prime et la diminution de la TVA pour les matériaux biosourcés à 6% voire à 0% permettraient d'équilibrer les différences de prix avec les matériaux conventionnels. De plus en augmentant la demande en ces matériaux, les producteurs pourraient réaliser des économies d'échelle qui leur permettraient de diminuer les prix.

***Instaurer des critères environnementaux***

L'instauration de critères environnementaux dans le secteur de la construction peut guider durablement le marché à l'image de la réglementation RE2020 en France. Imposer d'une part un pourcentage minimum de matériaux biosourcés dans les constructions et les rénovations rendrait la demande publique exemplaire et stable. Les producteurs auraient un cadre clair et une demande régulière et stable, favorable à leur développement.

Imposer d'autre part la considération de l'impact environnemental global du bâtiment en exigeant un plafond d'émissions de $CO_2$ ou en créant un label Bâtiment bas carbone, qui irait de pair avec l'utilisation d'outil numérique tel que TOTEM, à condition d'en adapter les méthodologies basées sur les analyses du cycle de vie et les bases de données afin d'y intégrer une lecture plus simple qui prend en compte les spécificités des matériaux biosourcés et le stockage de carbone, pourrait également augmenter leur utilisation dans la construction et la rénovation.

La révision de la Norme PEB pour qu'elle considère certains aspects qualitatifs et environnementaux du bâtiment comme le confort estival, le bilan carbone, la qualité de l'air intérieur ou l'hygrométrie, des aspects par lesquels les matériaux biosourcés se démarquent des matériaux pétrosourcés, est un autre levier à considérer pour favoriser le choix de ces matériaux.

***Leviers techniques***

Finalement, pour lever le frein de la résistance au feu qui coûte cher à mettre en place : +/- 14.000 Euros par test et un nombre important de tests au vu de la variété des systèmes constructifs ainsi que des parois, la création ou le soutien à la mise en place d'un laboratoire d'essai en Wallonie ou le développement des laboratoires existants : Buildwise, Laboratoire d'essai au feu de l'université de Liège ou Issep (Institut scientifique de service public, serait une aide considérable au choix des matériaux biosourcés.

De plus, Buildwise pourrait diffuser des NIT (notes d'information techniques) qui reconnaissent des essais réalisés à l'étranger, ou se tourner vers des simulations numériques nettement moins onéreuses comme le fait le centre de recherche Cenaero (Cluster Ecoconstruction, 2025).

## 4.6 Synthèse chapitre 4

Les matériaux biosourcés sont confrontés aujourd'hui à un système dans lequel ils étouffent. Bien que la norme PEB vise à diminuer les besoins énergétiques des bâtiments, elle a augmenté l'énergie grise en encourageant à isoler plus et donc utiliser plus de matériaux, ce qui a pour conséquence d'augmenter l'importance des matériaux dans l'impact environnemental du secteur de la construction.

Pour évaluer l'empreinte carbone réelle des matériaux et des bâtiments, il faut réaliser une analyse de cycle de vie qui évalue l'impact à travers les différentes phases : l'extraction/production, la transformation, le transport, l'usage et la fin de vie. Il y a deux manières de la considérer : la méthode statique et la méthode dynamique. Cette dernière favorise les matériaux biosourcés, en considérant la phase d'usage dans laquelle le carbone biogénique est séquestré, ainsi que le réemploi et/ou le recyclage en fin de vie, alors que la méthode statique considère les matériaux biosourcés comme incinérés en fin de vie.

La filière des matériaux biosourcés rencontre des obstacles bloquant sa croissance. La résistance au changement des prescripteurs, les préjugés sur la résistance et la durabilité, le lobbying des grosses industries pétrochimiques, le manque de formation et de main d'œuvre ou encore le prix légèrement plus élevé constituent des freins importants, de même que le cadre réglementaire actuel, pensé pour les matériaux conventionnels et défendu par les industries.

Tout comme la règlementation PEB qui ne se focalise que sur la phase d'usage du bâtiment, les outils de conception actuels ne facilitent pas les matériaux biosourcés. Certains de ces outils sont très techniques (WUFI) et d'autres ne comprennent pas les qualités des matériaux biosourcés ou ils y sont mal représentés comme pour TOTEM ou BIM. L'outil TOTEM, pas encore obligatoire et incomplet pour les matériaux biosourcés se base sur l'analyse du cycle de vie statique, or considérer l'ACV de manière dynamique permettrait de valoriser d'autant plus la capacité des matériaux biosourcés à stocker du carbone. Enfin, le coût de l'assurabilité et la lourdeur des procédures d'obtention d'Agréments Techniques (ATG) s'ajoutent à la liste des obstacles.

Les matériaux biosourcés ont besoin d'un coup de pouce. Les aides financières et les primes de la région wallonne permettent de combler l'écart de prix avec certains matériaux conventionnels. Le développement

du Label « Produit Biosourcé » assure l'origine et la teneur en biomasse qui vise à plus de transparence et de confiance. L'incitation sur la demande publique, comme le plan « Cigogne », permet plus de visibilité pour les matériaux biosourcés. L'instauration de critères environnementaux pourraient aussi aider le marché du biosourcé en imposant un pourcentage minimal de matériaux biosourcés ou des quotas maxima d'impact environnemental.

# Partie II : Construire avec les matériaux biosourcés

# Chapitre 5 : Écoconstruction et Eco-rénovation.

## 5.1 Définition : écoconstruction et éco-rénovation

Selon le Cluster Ecoconstruction : « L'écoconstruction ou l'éco-rénovation est une technique qui vise à construire de manière permanente et qualitative en minimisant l'impact sur l'environnement depuis la conception du bâtiment jusqu'à sa déconstruction, tout en veillant au confort et à la santé des producteurs, des installateurs et des habitants » (Cluster Ecoconstrution, 2023). Les matériaux biosourcés s'inscrivent dans les démarches d'écoconstruction grâce à leurs qualités environnementales bien qu'il ne suffise pas de les utiliser pour maximiser leur potentiel. Il est important de les intégrer dès la phase de conception pour essayer de minimiser l'empreinte carbone du bâtiment jusqu'à sa déconstruction en considérant la phase de chantier et son occupation.

Une clef pour minimiser l'impact environnemental est de se baser sur l'économie circulaire : privilégier les circuits courts favorisant l'usage de matériaux naturels et locaux afin de minimiser les émissions de gaz à effet de serre lors de leur transformation et leur transport ainsi que dans leur fin de vie. De plus, l'écoconstruction est en faveur du développement économique wallon et valorise les emplois locaux à travers l'association de fabricants, architectes, ingénieurs, menuisiers, constructeurs et autres. Ils partagent leurs savoir-faire et leurs maitrises techniques aussi bien pour la construction de logements individuels privés que pour des projets publics de grande envergure.

L'écoconstruction vise à améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment en s'adaptant au changement climatique comme les surchauffes estivales ou l'augmentation des risques d'inondations. Il s'agit de réduire les besoins énergétiques ainsi que l'énergie grise du bâtiment. L'écoconstruction comprend un usage mesuré des ressources locales, la préservation des sols, de l'eau et de la biodiversité, la qualité de l'air, le confort de occupants et des travailleurs, l'utilisation de matériaux bas carbone et favorise le réemploi de matériaux et d'équipements.

## 5.2 L'éco-rénovation du patrimoine ancien

Le principe de rénovation est d'adapter le bâti ancien au confort moderne tout en conservant ces caractéristiques patrimoniales. Le confort moderne est principalement énergétique et pour l'atteindre l'éco-rénovation préconise d'utiliser les matériaux les mieux adaptés aux besoins du bâtiment, respecter ses principes hygrothermiques et de limiter l'empreinte carbone des travaux en se tournant vers des matériaux locaux.

Pour réaliser une éco-rénovation il est impératif de bien connaitre son bâtiment en établissant des diagnostics approfondis. Premièrement il faut considérer l'environnement du bâtiment, sa région, son orientation, ensuite il faut évaluer sa valeur patrimoine et identifier ses caractéristiques comme ses matériaux, ses volumes ou sa charpente. Enfin, il faut établir un diagnostic technique reprenant l'état sanitaire actuel, les matériaux de construction, le niveau thermique du bâtiment et l'organisation spatial. Une fois le bâtiment compris, la conception doit répondre au mieux avec les solutions locales disponibles.

Les bâtiments anciens ont des besoins spécifiques en rénovation, notamment la gestion de l'humidité, le choix d'isolants adaptés et une réflexion sur le mortier de joint spécifique. Une bonne gestion de l'humidité est primordiale car si elle se retrouve bloquée dans le mur, l'humidité risque de causer des pathologies aux matériaux mettre en péril la paroi. Il faut empêcher les remontées capillaires et les infiltrations en étant très attentif lors de la conception et de la mise en œuvre mais il faut aussi permettre à la vapeur d'eau de circuler dans les parois, en utilisant des matériaux perspirants pour l'isolation et la finition afin d'éviter que la vapeur ne se retrouve emprisonnée dans le mur. La restauration de joints abimés doit aussi considérer ces transferts de vapeur et être faite avec un mortier spécifique adapté.

*Gestion / Conservation*

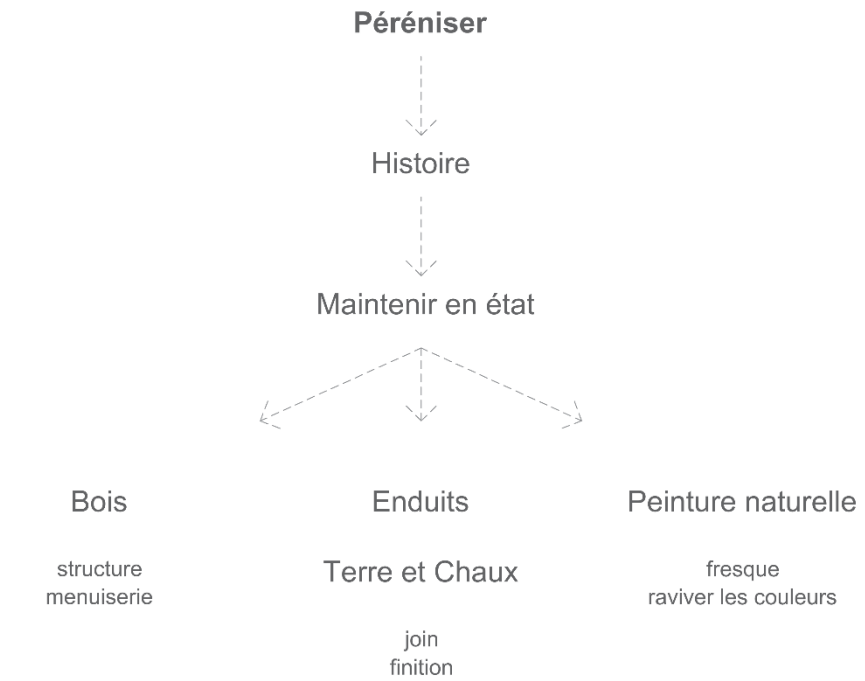



*Figure 33 : filière biosourcé et la gestion du patrimoine*

Restauration

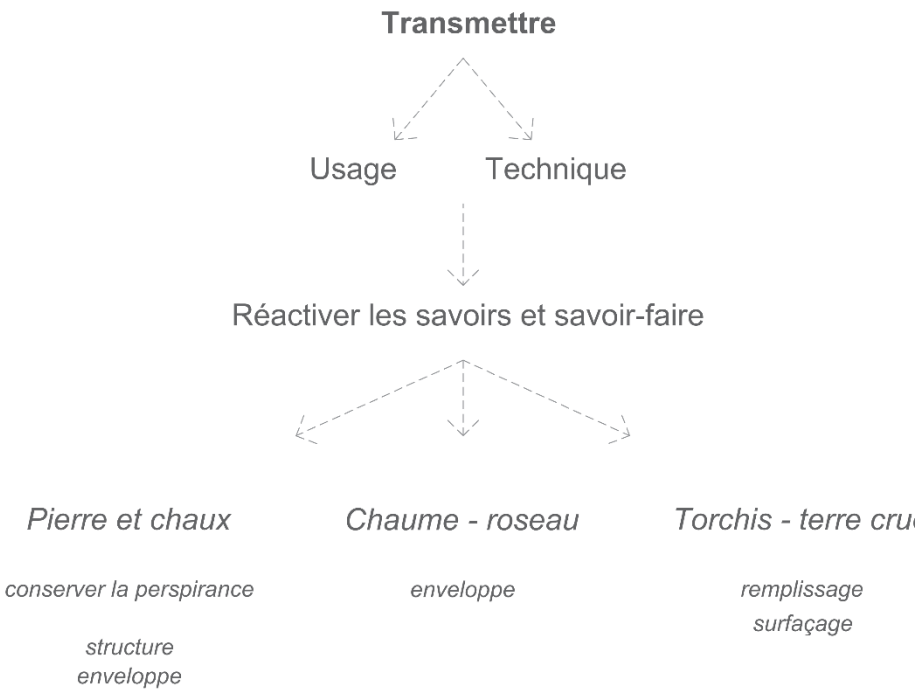



*Figure 34 : filière biosourcé et la restauration du patrimoine*

## 5.3 Quels matériaux pour la gestion, la conservation, la rénovation ou réhabilitation du patrimoine ancien ?

Ce chapitre contient une expérimentation de choix de matériaux qui paraissent les plus pertinents pour la gestion, la conservation et la rénovation ou réhabilitation du patrimoine bâti ancien. Comme le dit un proverbe indien : « Patrimoine et tradition ne signifient pas conserver les cendres mais garder la flamme allumée ». Les matériaux biosourcés naturels s'apparentent souvent à un savoir-faire traditionnel. Aujourd'hui, agir sur le patrimoine avec des matériaux biosourcés est d'autant plus pertinent que cela permet d'une part de transmettre des témoins historiques mais aussi des savoir-faire artisanaux et la mémoire constructive.

***Gestion et conservation***

La gestion et la conservation du patrimoine ont pour objectif de pérenniser le bâti. L'utilisation de matériaux efficaces conserve les équilibres dynamiques hydriques et thermiques. La gestion est un travail de longueur, il s'agit de panser les plaies des pathologies naissantes.

Le premier matériau est le bois local, pour remplacer des éléments de structure (souvent de charpente) et les menuiseries de finitions comme les parquets. Étant bien développé en Wallonie (Ecobuild, 2022), le bois est une ressource facilement accessible et fiable pour des éléments sur mesure de qualité.

Ensuite, pour les enduits ou les joints, on privilégie les filières des enduits à base de chaux et de terre. Ces matériaux permettent de conserver la perspirance des parois et les protège. La chaux, aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur, permet une protection hydraulique mais respirante. Ces matériaux ne changent pas ou légèrement le niveau thermique du bâtiment mais permettent la régulation de l'humidité.

Enfin, développer d'autant plus les peintures biosourcées, à base de résine végétale, permet de redonner de la couleur sans pour autant bloquer les transferts comme le font les peintures acryliques modernes.

***Restauration***

L'objectif derrière la restauration est de transmettre. Transmettre une pièce de l'histoire, des usages et des savoir-faire. L'objectif est d'activer la mémoire en gardant et/ou rendant au patrimoine bâti son aspect historique. Restaurer pose des actes réversibles qui permettent de conserver les équilibres, qui ne changent pas le fonctionnement, par l'utilisation de matériaux fidèles aux traditions, bien souvent le bois et le torchis, les pierres naturelles et parfois, la chaume en roseau (moins présente en Wallonie).

Afin de conserver les maisons en colombages, il y a lieu de réactiver et de développer la filière de la terre crue et du torchis, un mélange de terre et de paille utilisé pour le remplissage entre les pans en bois. Pourtant déconseillé d'utilisation aujourd'hui car c'est une méthode risquée pour l'humidité, c'est un savoir-faire nécessaire pour conserver ces maisons et bâtiments. La filière de la terre crue commence à se structurer, notamment grâce aux travaux de BC Materials qui valorise les terres excavées pour en faire des briques de terre crue ou des enduits.

Ensuite, on utilise des pierres naturelles locales, des matériaux résistants et importants dans l'évolution des habitats. Aujourd'hui largement plus chères que le béton, de nombreuses carrières extraient la roche pour la fabrication d'autres produits. Cependant, il reste des carrières qui fournissent toujours des pierres pour la construction. Les pierres naturelles confèrent une inertie remarquable et permettent la construction de murs très résistants.

Enfin, la toiture en chaume est un savoir-faire rare aujourd'hui. Il demande une exigence de mise en œuvre importante et un entretien régulier. Le chaume est constitué de tige creuses de la famille des graminées : les pailles de blés, riz ou seigles, le miscanthus, le roseau commun (fibre de préférence), etc.

Le manque de producteurs de roseau voit les chaumiers importer des tiges d'Europe de l'Est et d'Asie. Le Bihan, Gauzin-Müller et Tric, 2025).

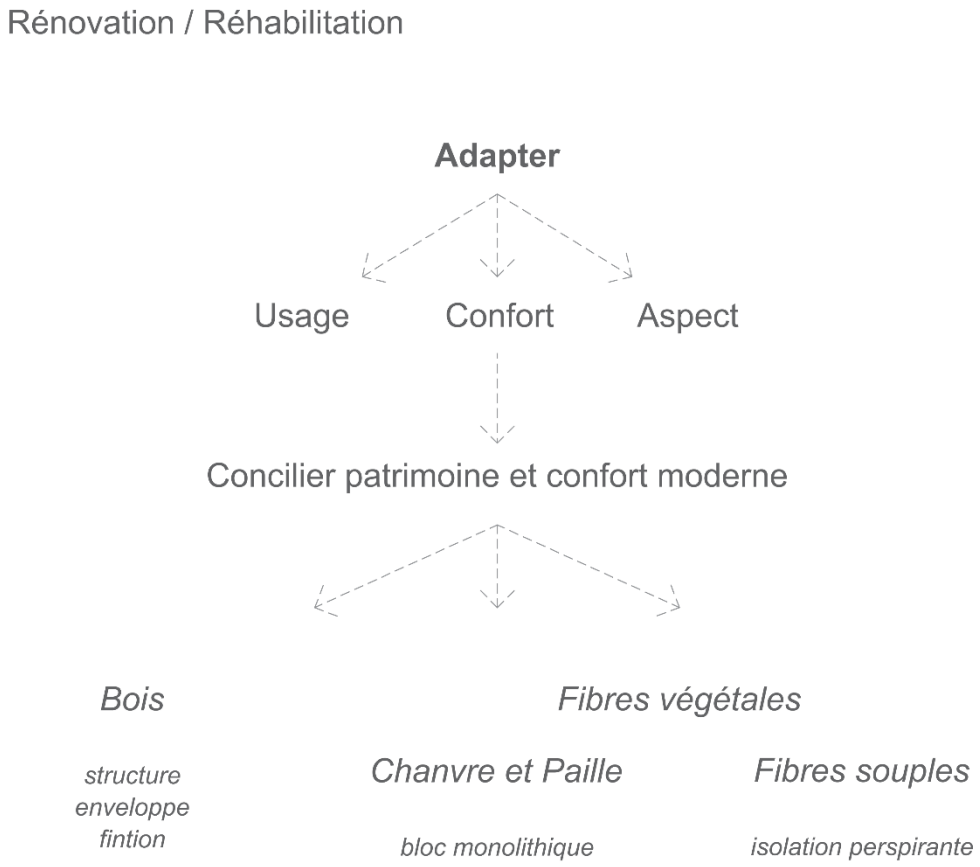



*Figure 35 : filière biosourcés et la rénovation du patrimoine*

***La rénovation et la réhabilitation***

Rénover et réhabiliter initient une modernisation. L'objectif est d'adapter le bâti aux usages et aux conforts actuels. L'adaptation peut être thermique, technique ou spatiale et peut impliquer une modification de la structure, une nouvelle couche isolante, une nouvelle enveloppe extérieure ainsi que de nouvelles finitions intérieures.

Premièrement, pour la rénovation/réhabilitation il faut aussi développer et pérenniser les filières énoncées précédemment comme le bois, pour les éléments de structure, la terre crue et la pierre pour les murs et les enduits et les peintures pour les finitions.

Ensuite, pour adapter le patrimoine au confort actuel, l'utilisation d'une couche isolante est souvent nécessaire. Il est primordial de choisir des matériaux adaptés car la couche isolante change les équilibres thermiques. Utilisée par l'extérieur, elle réchauffe le mur et augmente les risques de condensation si les couches de finition ne permettent pas la diffusion de la vapeur d'eau. Mise en place à l'intérieur, le mur reste « froid » et la perspirance doit être conservée. Les isolants rigides permettent une installation facile en extérieur comme en intérieur. En intérieur, les isolants semi-rigides, en vrac et projetés, souvent mis en place grâce à une structure secondaire en bois, sont facile à manipuler et atténuent plus facilement les imperfections de planéités.

Le chanvre, redécouvert récemment, voit sa filière se développer de plus en plus. Notamment le béton de chanvre, projeté ou en bloc, agit comme un tampon hydrique (Malagoni de Almeida, 2022). L'utilisation de la paille, en construction neuve complémentaire, offre le meilleur rapport coût/performance thermique mais elle exige une mise en œuvre rigoureuse pour éviter l'humidité. La filière de la paille se structure doucement.

Pour ce qui est des autres fibres comme l'ouate de cellulose, la fibre d'herbe, la laine de mouton, leurs filières ont besoin d'une massification afin de réaliser des économies d'échelle et de devenir plus compétitives et attractives. L'ouate de cellulose est idéale pour les combles et les endroits difficilement accessibles. Le lin et miscanthus sont les deux filières naissantes qui grandissent et proposent une alternative au chanvre pour les bétons végétaux.

*Figure 37 : Anatomie d'Architecture, Photographie Le Costil*

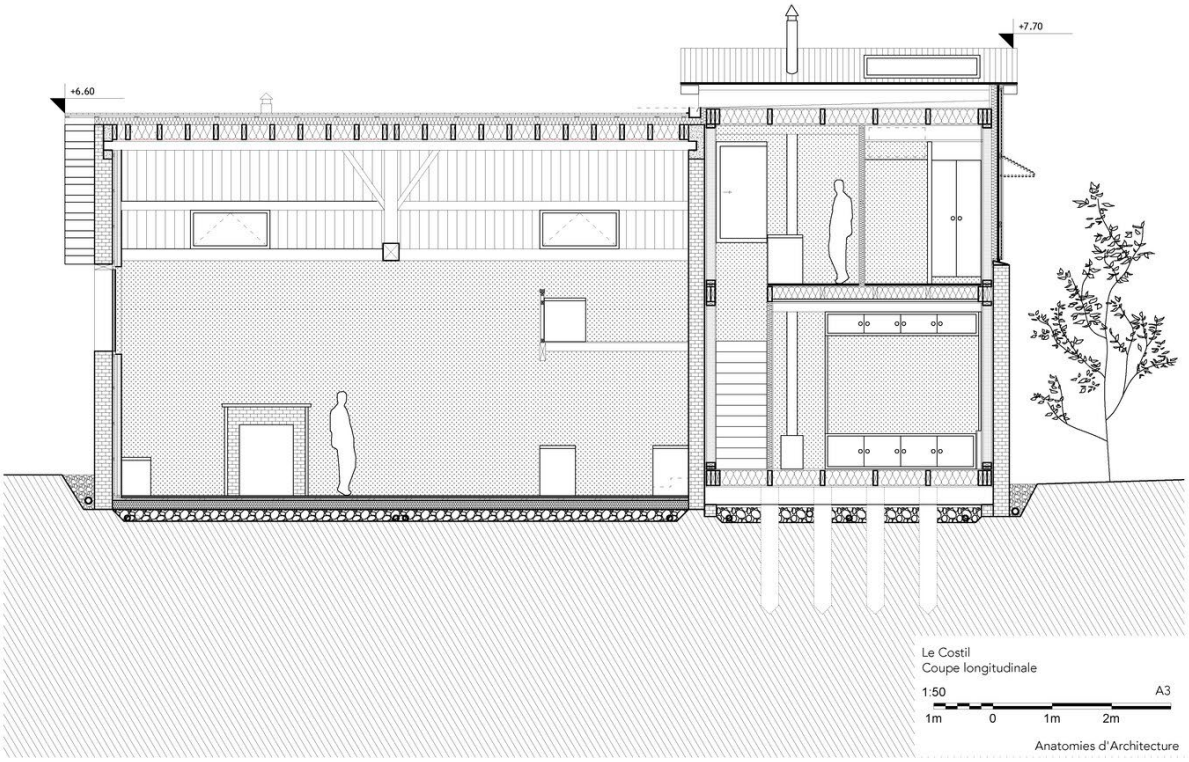



*Figure 36 : Anatomie d'Architecture, Coupe Le Costil,*

## 5.4 : Étude de cas : le Costil d'Anatomie d'Architecture

Le projet « le Costil » est un projet de rénovation d'une longère traditionnelle en ruine à Sap-en-Auge dans le Pays d'Auge en Normandie (France). Construite de briques de terre cuite, de charpente en bois et d'une toiture en ardoise, l'équipe d'Anatomie d'Architecture a veillé à conserver les aspects patrimoniaux de la longère de 83 m² en adaptant le confort d'une partie et en proposant une reconstruction de l'autre partie.

Pour marquer l'ancrage territorial, la coopérative a passé 16 semaines dans un rayon de 100km autour du lieu du projet pour chercher et découvrir les savoir-faire alentours afin d'utiliser une sélection de ressources, matériaux et techniques locaux. L'ambition du projet était de préserver le bâti existant, d'utiliser des matériaux locaux et de réactualiser des savoir-faire anciens en proposant une conception bioclimatique. L'idée de proscrire les matériaux pétrosourcés était une volonté. La construction s'est organisée sous forme de chantier-école inclusif dans le but d'accueillir et de transmettre l'intelligence constructive à plus de 500 visiteurs sur l'ensemble du chantier.

Un point d'honneur a été mis à la compréhension de la matière engagée. La coopérative a pris soin de remonter jusqu'à la source pour la comprendre, voir son chemin et ses transformations parcourues avant sa mise en œuvre. La brique de terre cuite traditionnelle, le pieux en acacia, la structure en douglas, le chanvre sous différentes formes, la terre, le châtaignier, le chêne de réemploi et le liège recyclé sont les principaux composants du projet. Pour réactiver des savoir-faire spécifiques tels que le pieux en robinier d'acacia, le mélange terre-chanvre et le plancher en quenouilles de terre et de paille, il a fallu sortir du cadre réglementaire classique.

Les pieux en bois ont été brulés pour créer une couche carbonisée protectrice, mise en place par battage. Pour augmenter leur longévité, il est conseillé de les immerger pour éviter les contacts avec l'air et les changements d'états.

Pour respecter les équilibres thermiques et hygrométriques, les réparations de la maçonnerie ont été réalisées à l'aide d'un mortier à la chaux perspirant. De plus, une couche isolante à base terre et de chanvre ou de liège a été projetée et recouverte d'un enduit à l'argile complétant un ensemble ouvert à la diffusion de la vapeur, permettant une régulation d'humidité naturelle. En partie basse de mur, sur un mètre de haut, c'est le mélange terre-liège qui a été choisi car le liège est imputrescible. Il ne craint pas les remontées capillaires. En partie haute, le mélange terre-chanvre, disponible en quantité largement supérieure. L'utilisation de ces mélanges nécessite des temps de séchage.

Pour la toiture, c'est la laine de chanvre qui a été utilisée, légère et isolante elle permet une installation facile et rapide.

Cependant, il est pertinent de notifier qu'une part de matériaux minéraux ont été utilisé à savoir les systèmes de fixation, vis etc. ainsi que les deux toitures, l'une en ardoise pouvant être considérée géosourcée mais provenant d'Espagne et l'autre en zinc

Pour conclure, ce projet est une source inspirante d'architecture écologique basé sur les ressources. Il s'inscrit dans une démarche circulaire et durable reproductible. L'ancrage ultra-local des matériaux utilisés constitue un point fort pour le patrimoine ainsi que pour l'impact environnemental du projet.

# Partie III : Stratégies pour encourager l'adoption des matériaux biosourcés

# Chapitre 6 : Stratégies constructives pour valoriser les matériaux biosourcés

Pour valoriser les matériaux biosourcés il est pertinent de se baser sur les enjeux du domaine de la construction. L'objectif majeur est de décarboner le secteur, premièrement en diminuant les besoins en énergie, ensuite en minimisant l'énergie grise et en promouvant une économie circulaire et locale.

## 6.1 : Les faiblesses des matériaux biosourcés

Les faiblesses principales des matériaux biosourcés sont l'eau liquide et l'exposition longue à l'humidité. Ce sont les menaces principales à la durabilité et aux qualités de ces matériaux.

***Le rapport au sol***

L'humidité ascensionnelle est un poison pour les matériaux biosourcés. Il est fortement déconseillé d'employer des matériaux biosourcés et particulièrement les isolants pour des murs enterrés qui ne sont pas spécialement protégés. Même le liège, naturellement imputrescible, sera détérioré par une exposition prolongée à l'humidité.

Ensuite pour isoler un terre-plein, les matériaux à prendre en compte sont le liège expansé, l'argile expansé, les coquillages ou encore le mélange chaux-chanvre de préférence en bloc sec car coulé, le temps de séchage est long et difficilement contrôlable. La présence d'un hérisson ventilé est nécessaire pour assurer une couche d'assise saine et empêcher les remontés capillaires.

Enfin, les matériaux biosourcés s'accompagnent d'une stratégie de conception de sortie du sol en favorisant des matériaux permettant une rupture de capillarité. L'utilisation de béton ou de pierre est à envisager dans le but de protéger et conserver les matériaux biosourcés. Ce sont des matériaux optimaux pour cette fonction, que ce soit en semelles filantes jusqu'en soubassement ou pour accueillir des pilotis.

***Les parois : se protéger des intempéries et permettre les échanges de vapeur***

Les murs doivent d'une part protéger le bâtiment des intempéries et ne pas emprisonner de la vapeur. Pour assurer cette protection contre la pluie battante les solutions biosourcées sont maigres. Des enduits à base de chaux ou des bardages ventilés en bois assurent l'étanchéité. Les bardages imposent l'utilisation d'un pare-pluie perspirant complémentaire adapté.

La toiture doit elle aussi protéger le bâtiment des intempéries. Elle est primordiale pour la pose des matériaux en phase sèche comme les blocs de chanvre ou les isolants végétaux. L'enveloppe peut être constituée de chaume avec des tiges végétales vides ou de bardage en bois, accompagné de pare-pluie. La durabilité des bardages en bois est cependant limitée et l'entretien d'une toiture naturelle doit être nettement plus fréquent qu'une toiture en matériaux conventionnels. L'ardoise naturelle, matériau géosourcé et conventionnel, est une solution efficace et durable, répandue à l'échelle mondiale.

À l'intérieur, il est impératif de conserver l'aspect respirant des murs. Les enduits naturels à base de chaux ou de terre, alliés à des fibres ou utilisés bruts, sont excellents grâce à leur perméabilité à la vapeur d'eau (Groessens, 2023). La terre et l'argile sont considérés comme les enduits les plus écologiques et les plus performants pour la régulation hygrothermique. L'argile agit comme un tampon hydrique, elle est capable d'absorber l'excès d'humidité et de la restituer plus tard (Coomans de Brachène, 2022). Enfin la pose de bardage ou de panneaux de finition en bois ou en gypse nécessite un pare-vapeur.

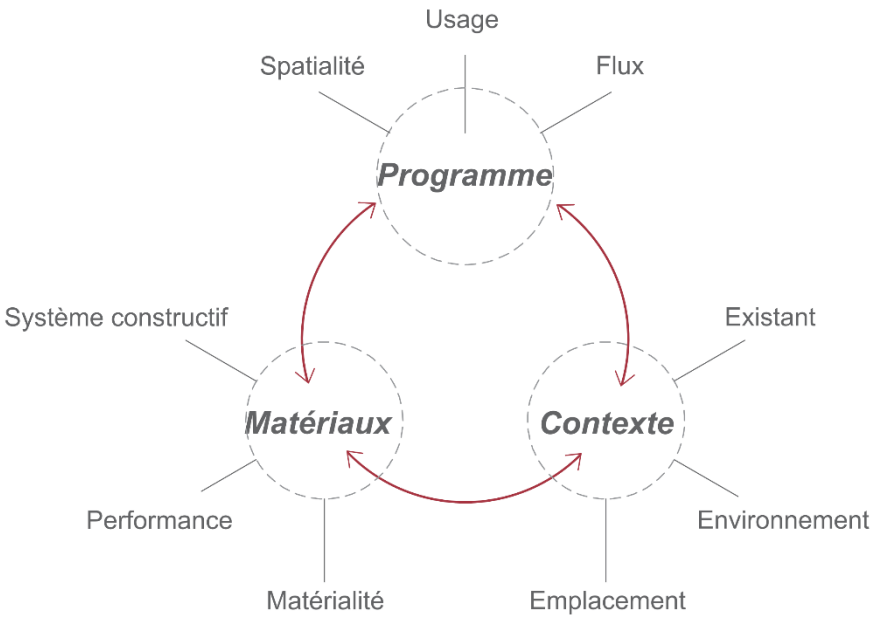



*Figure 38 : l'intelligence constructive*

## 6.2 : Le meilleur matériau au meilleur endroit

La première stratégie pour valoriser les matériaux biosourcés est de maximiser leur utilité pour réduire les besoins en énergie du bâtiment. Il s'agit d'utiliser la juste quantité du bon matériau en réponse aux besoins de la paroi. L'objectif est d'optimiser la résilience du bâtiment envers les aléas météorologiques : les intempéries, la surchauffe estivale et l'humidité.

L'objectif est de remplacer l'approche actuelle centrée sur l'isolation thermique par une approche « multicritères » tenant compte également du confort estival et de la régulation de l'humidité (hygrothermie), surtout pour le patrimoine, deux aspects pour lesquels les matériaux biosourcés sont un atout majeur.

Cette stratégie se base sur les caractéristiques des matériaux, évaluées par la recherche et le développement ainsi que par des référentiels techniques comme des guides ou des règles professionnels. La multiplication d'exemples de la sorte devrait permettre de rassurer.

Les critères pour choisir les matériaux sont l'hygrothermie, le déphasage thermique, la compatibilité et la mise en œuvre. L'hygrothermie est particulièrement importante pour les bâtiments anciens : c'est la capacité de régulation de l'humidité, la perspirance, la faculté d'un matériau à permettre les échanges de vapeur d'eau, comme décrits dans le chapitre 1.3 « Atouts techniques ».

***En rénovation***

Pour rénover un patrimoine bâti, la conservation de l'équilibre hygrothermique est capitale pour éviter le risque de détérioration future. Le matériau isolant maitre en la matière est le béton de chaux-chanvre. Il apporte une correction thermique et permet une perspirance excellente, utilisé soit projeté accompagné d'un support en bois, soit en blocs enduits grâce à un mélange à base de chaux.

Le bois est le meilleur matériau pour les structures secondaires : léger, durable et permet de réduire les ponts thermiques il est le matériau structurel biosourcé par excellence.

Pour isoler une charpente, la fibre de bois est le panneau le plus efficace thermiquement et sous forme rigide, elle permet une mise en œuvre en « sarking » qui permet d'atteindre une épaisseur recommandée facilement sans changer le volume intérieur. Pour faire un remplissage entre les pièces de la charpente, l'utilisation d'ouate de cellulose, disponible en très grande quantité, permet de combler parfaitement les irrégularités des charpentes anciennes.

***En construction neuve***

Pour la structure, l'utilisation du bois ou du CLT est la meilleure solution, offrant une grande variabilité d'opportunité et de systèmes. Que ce soit pour les planchers, les murs ou la charpentes de toiture, le bois limite ponts thermiques et permet une grande stabilité.

Pour les planchers, l'ossature bois remplie avec des fibres végétales permet une isolation performante d'un point de vue thermique mais aussi acoustique.

Pour les murs, une isolation en fibre de bois permet de maximiser le déphasage thermique de la paroi. Une solution intéressante aussi est la terre-crue pour augmenter l'inertie du bâtiment.

Et enfin en toiture, les caissons de paille ou l'ouate de cellulose permettent une isolation thermique et acoustique très performantes.

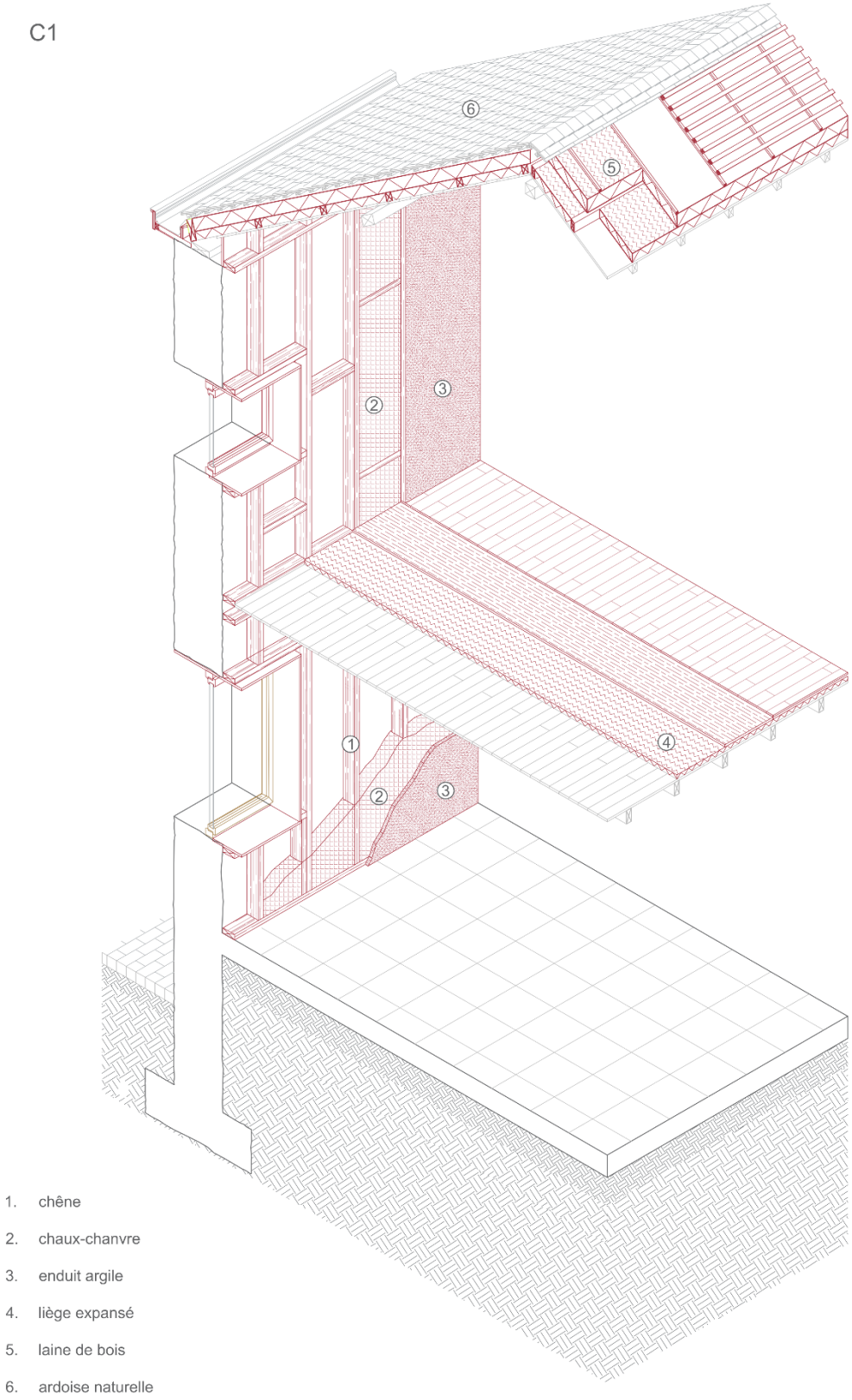
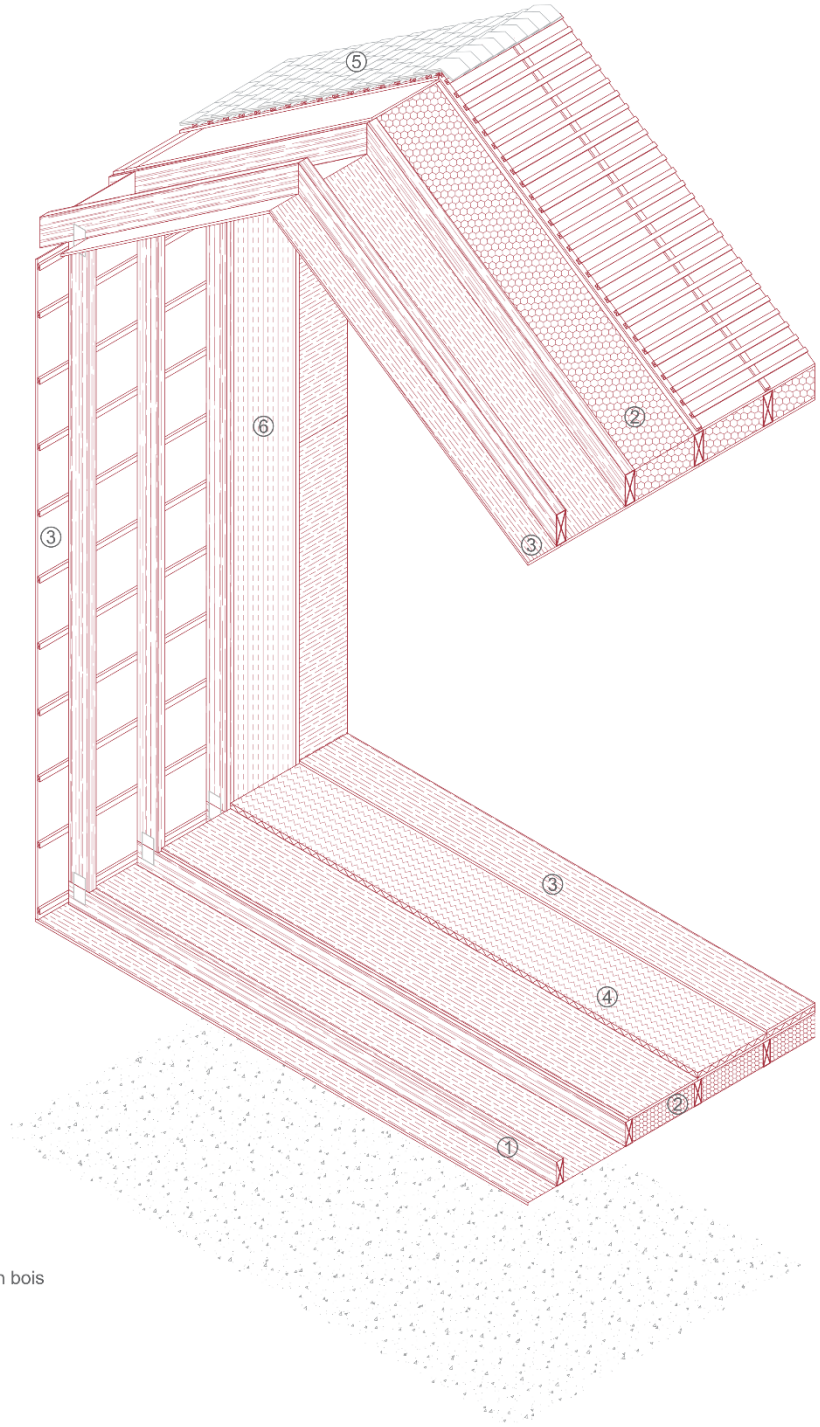



*Figure 39 : Axonométrie rénovation 1*

C2




1. chêne
2. ouate de cellulose
3. panneau de finition bois
4. liège expansé
5. ardoise naturelle
6. laine de bois

*Figure 40 : Axonométrie construction neuve 1*

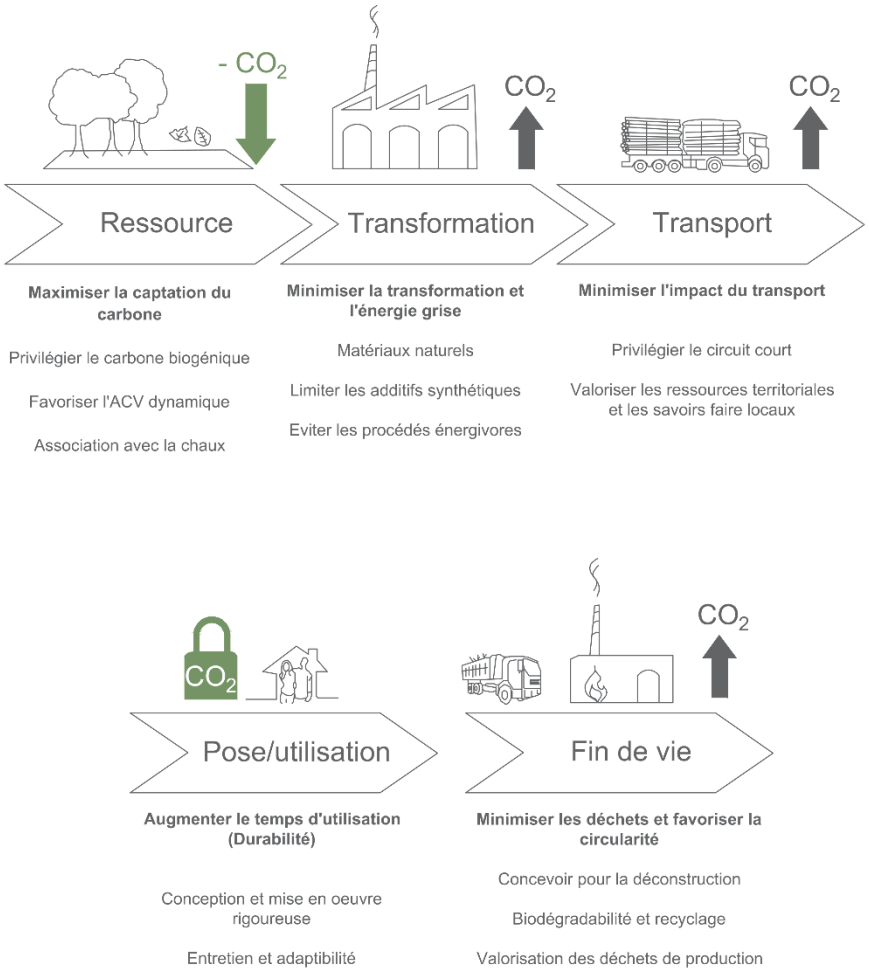



*Figure 41 : Minimiser l'impact environnemental*

## 6.3 : Minimiser l'impact environnemental

« Le bâtiment le plus écologique est celui qui est déjà construit ». Cette citation en 2007 de Carl Elefante, ancien président de l'American Institute of Architects, a permis de populariser les principes de la rénovation et de l'économie circulaire. Elle est le moteur de la deuxième stratégie, basée sur l'écologie et l'impact environnemental.

À l'heure actuelle, les normes énergétiques poussent à une utilisation massive de matériaux. Si elles permettent de réduire les besoins en énergie, en contrepartie elles augmentent le quota en énergie grise des bâtiments. L'enjeu de cette méthode est de minimiser l'impact environnemental des interventions en rénovation et en constructions neuves.

Le levier principal actionné est l'analyse de cycle de vie (ACV), idéalement dynamique, pour valoriser le temps de séquestration du carbone. Cette méthode s'inscrit aussi dans une démarche d'économie circulaire et considère l'utilisation de l'outil TOTEM pour objectiver les gains environnementaux.

Les critères considérés pour les matériaux sont les atouts environnementaux (voir chapitre 1.4). Ils se basent sur les différentes étapes du cycle de vie : la captation de carbone lors de la production, la faible de transformation, la mise en œuvre et la durabilité et enfin la circularité en fin de vie c'est-à-dire le potentiel de réemploi, de recyclage ou de biodégradabilité. Ce sont donc les matériaux naturels ou issus de l'économie circulaire (réemploi et recyclage) qui sont les meilleurs pour l'approche environnementale.

***En rénovation***

Le bois brut, de sciage ou même de réemploi, est la solution structurelle la plus écologique grâce à la captation de carbone lors de la croissance de l'arbre.

Pour le sol, l'emploi de liège recyclé en vrac est une solution isolante durable qui s'appuie sur l'imputrescibilité naturelle du liège. Pour isoler les murs et l'utilisation de matériaux recyclable comme les textiles recyclés, les isolants à base de fibre végétales, l'ouate de cellulose ou le bloc de chaux-chanvre est à privilégier. Ces matériaux peuvent réintégrer le cycle de fabrication à 100% ce qui diminue entièrement la part de déchets.

***En construction neuve***

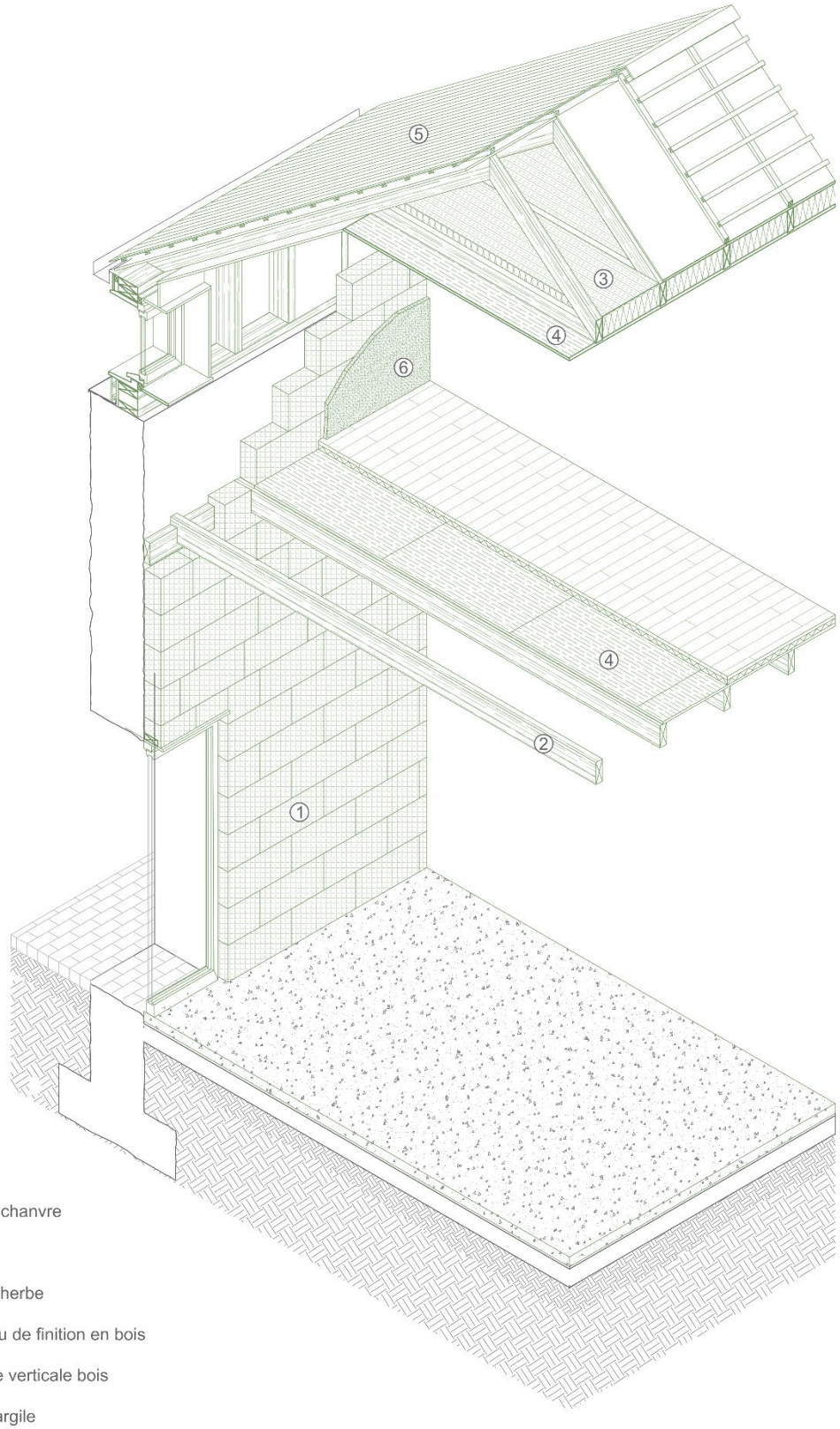
L'emploi de béton à base de concassés de récupération permet de diminuer l'impact environnemental en fondation et de poser de bonne base pour accueillir un mur en paille qui est la solution le plus bénéfique pour l'environnement grâce à la capacité de captation de carbone rapide de la paille. Pour avoir une dalle isolante et résistante, l'intégration d'argile expansé avec un mortier de chaux permet d'éviter le ciment.

Une solution réemployable est aussi l'utilisation de pieux vissés métalliques. Ils permettent de surélever la construction et par conséquent d'empêcher les remontés capillaires par le sol. Les pieux vissés sont réversibles et réemployables, cependant leur production nécessite une grande quantité d'énergie.

Les murs en pailles permettent une bonne isolation et une auto-portance. Afin de pouvoir réemployer les ballots de paille, l'enveloppe doit de préférence être un bardage. Le choix est porté sur le bardage bois.

En toiture, c'est à nouveau la paille qui est la reine en la matière ou l'emploi d'ouate de cellulose pour réduire l'épaisseur de la toiture en cas de nécessité.

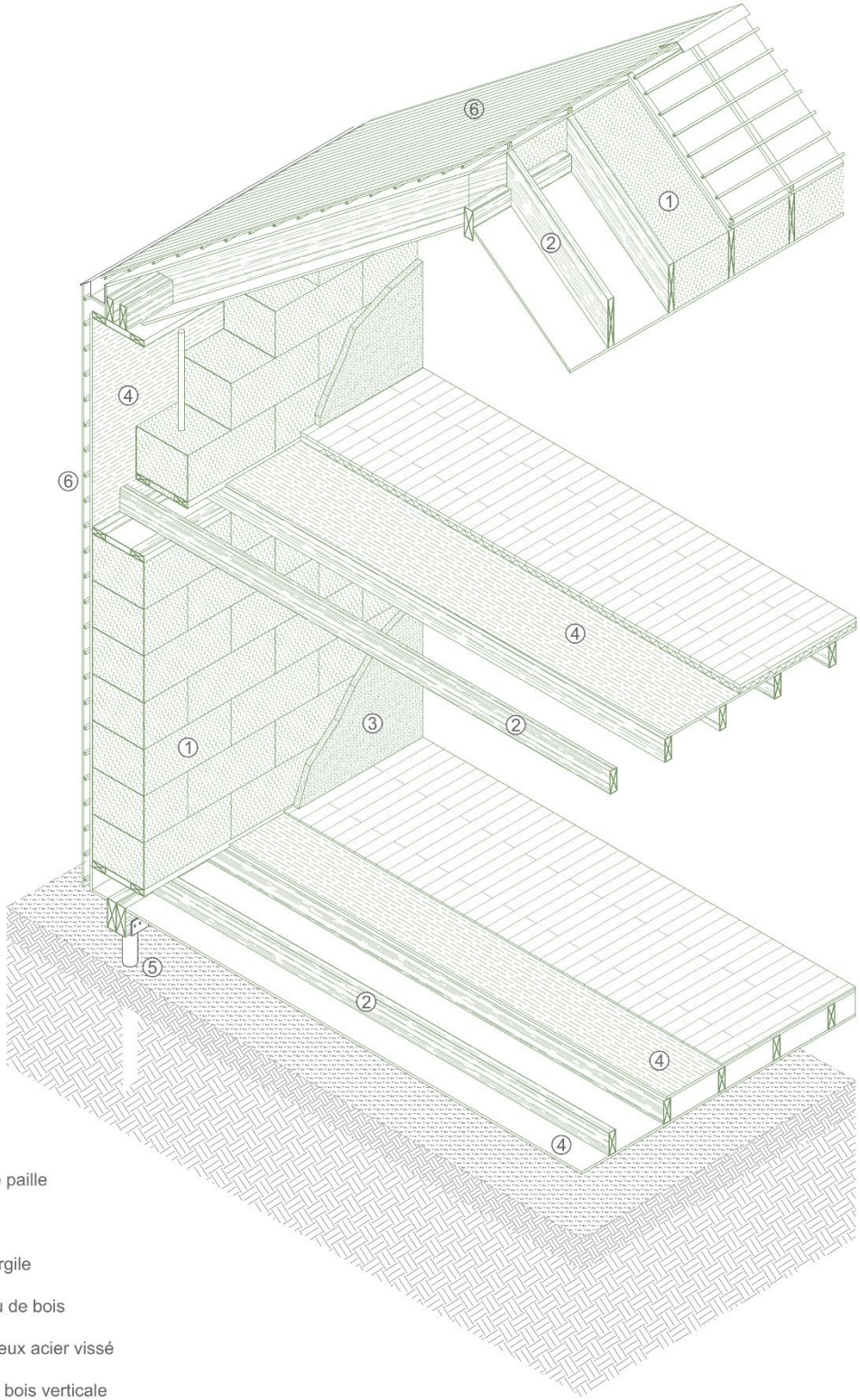
A1




1. bloc de chanvre
2. chêne
3. Laine d'herbe
4. panneau de finition en bois
5. bardage verticale bois
6. Enduit argile

*Figure 42 : Axonométrie rénovation 2*

A2




1. ballot de paille
2. chêne
3. enduit argile
4. panneau de bois
5. micro-pieux acier vissé
6. bardage bois verticale

*Figure 43 : Axonométrie construction neuve 2*

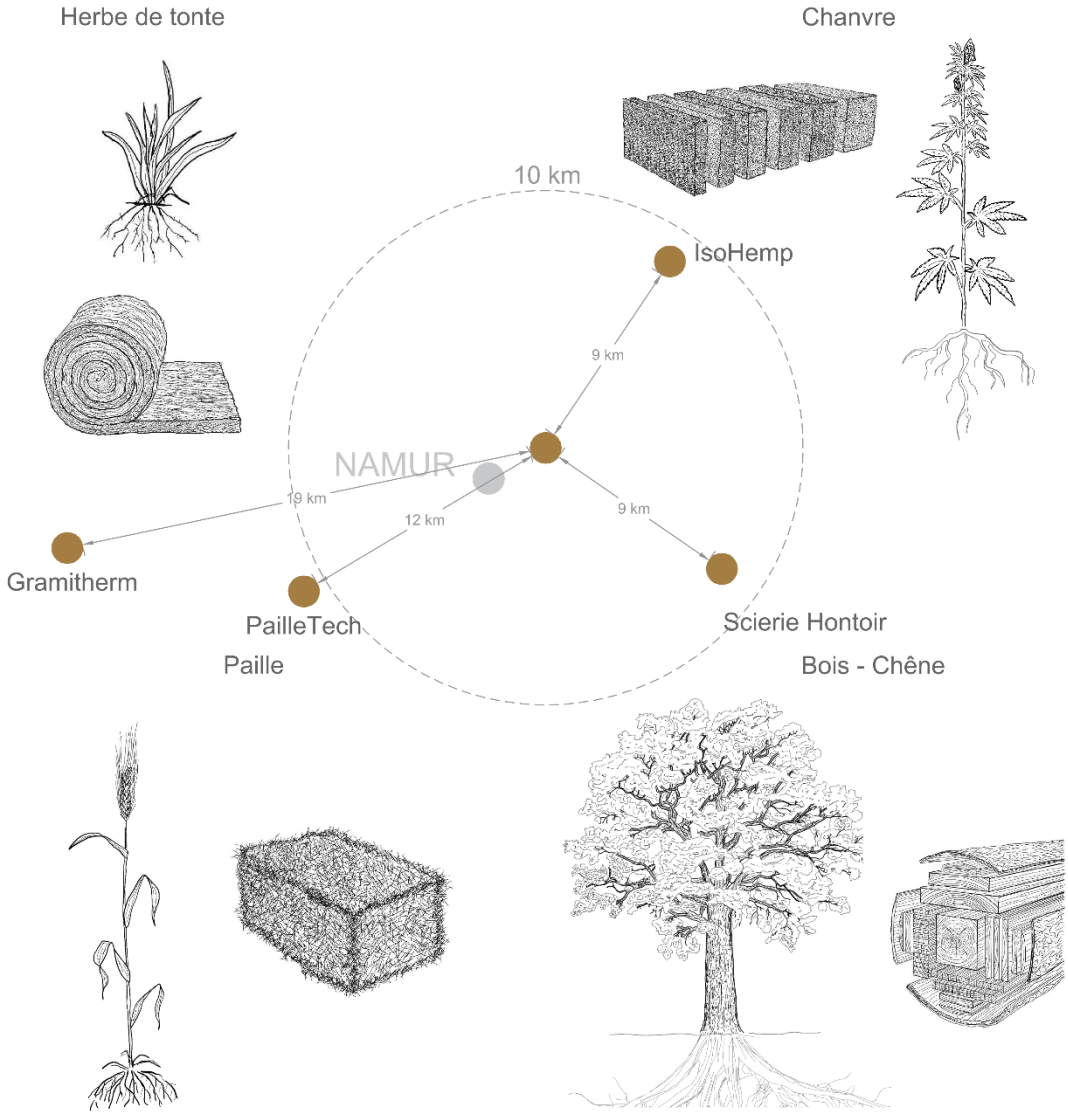



*Figure 44 : sourcing ultra-local*

## 6.4 : L'ultra-local

Cette stratégie consiste à valoriser les ressources, les savoir-faire et les filières locales, favorisant ainsi l'économie régionale et le circuit court.

L'objectif est de privilégier le circuit court et l'identité régionale de l'architecture, ce qui doit réduire l'impact environnemental lié à la logistique. Cette méthode inspirée du collectif « Anatomie d'Architecture » et de leur projet « le Costil » vise à réveiller des savoir-faire artisanaux mis de côté et à développer l'économie locale.

Elle s'appuie sur les filières territoriales et les labels régionaux comme le label « Produit Biosourcé » en Wallonie, pour augmenter la réputation des ressources locales, pour en faire un levier important pour le développement des artisans et des producteurs locaux.

Dans cette stratégie, les critères retenus sont en premier lieu la distance de la ressource, la proximité étant reine, ensuite la quantité disponible de la ressource pour ne pas mettre en déséquilibre la gestion durable des ressources, la valorisation de co-produits agricoles et de déchets de construction comme la terre d'excavation ou l'herbe de tonte et enfin, le soutien et la valorisation de la main d'œuvre locale qualifiée.

***En rénovation***

Pour isoler la dalle de sol, on privilégiera l'utilisation de bloc de chanvre, produit à 9 km du projet. Les blocs secs permettent de réduire le temps de chantier en évitant des temps de séchage. Il est conseillé de les recouvrir d'une chape de compression pour maintenir le tout en place.

Les murs sont isolés grâce à un mélange projeté terre-liège en partie basse et terre-chanvre en partie haute. La terre pouvant être extraite sur place ou à proximité (construction d'un écoquartier et d'un zoning industriel pharmaceutique dans un rayon de 1 km).

Pour la toiture, le bois utilisé pour la charpente et la couverture de toiture provient d'une exploitation forestière locale, la scierie Hontoir, à 10 km du projet. L'isolant choisi est un isolant en fibre d'herbe de chez Gramitherm qui est fabriqué à partir d'herbe de tonte.

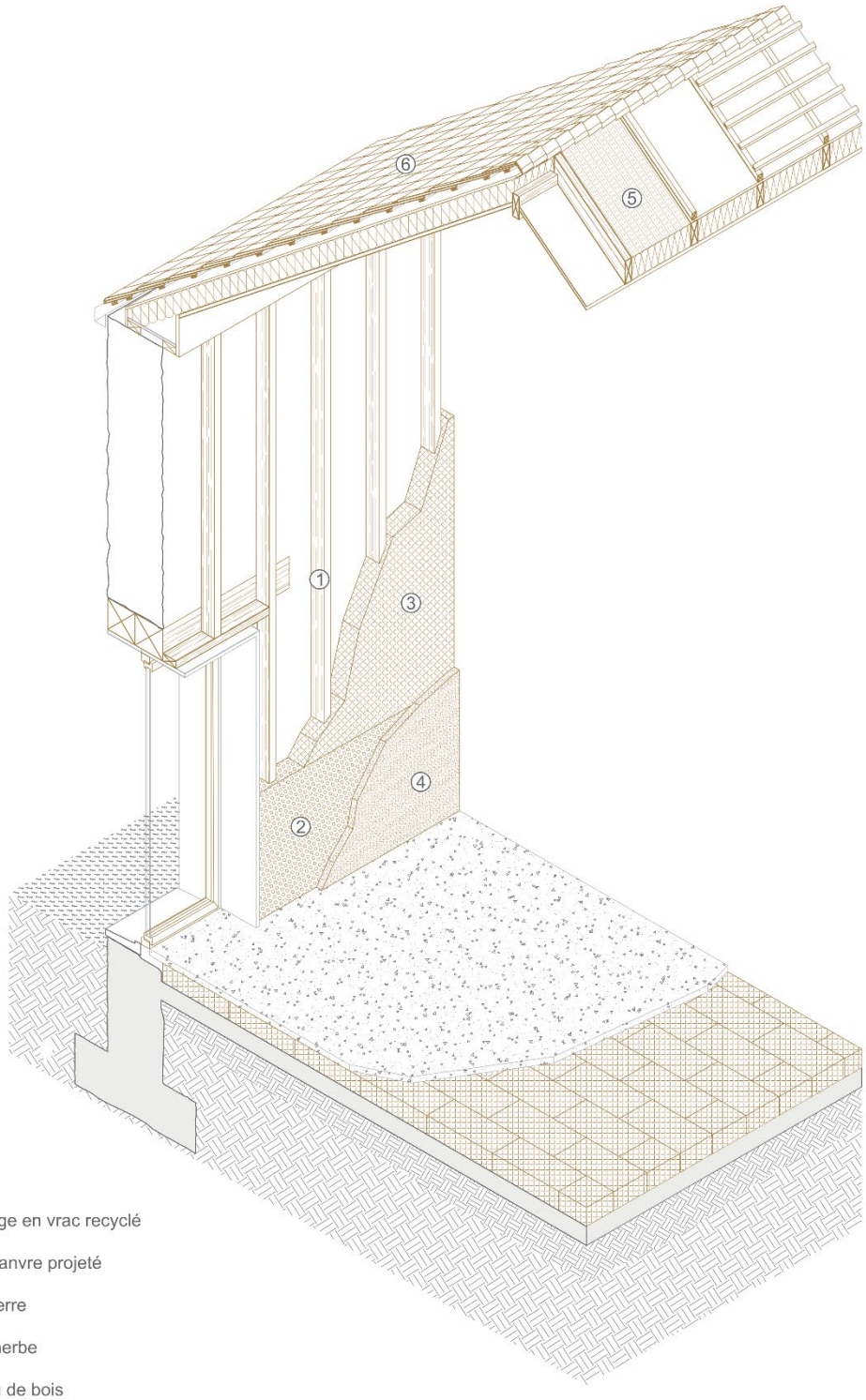
***En construction neuve***

Afin de réaliser les fondations, le choix est porté vers des blocs de béton préfabriqués sur place. Les granulats sont soit de récupération et broyés afin d'être réintroduits dans le nouveau bloc ou en provenance de la carrière de Beez situé à 5 km.

Les semelles en béton permettent une assise stable et une coupure capillaire pour accueillir un mur en pisé isolé par l'extérieur. La terre ne nécessite pas de transformation. Elle est simplement mélangée avec l'eau pour atteindre le bon dosage afin de pouvoir la couler, la compacter et qu'elle puisse sécher. La terre apporte de l'inertie et agit comme un tampon hydrique. Le mur est complété par une couche d'isolation en bloc de chanvre et est couvert par un bardage en bardeau de bois pour avoir un ensemble moderne et homogène vu de l'extérieur.

Le mur nord ainsi que la toiture sont réalisés à l'aide de bois et de paille. L'entreprise PailleTech, basé à 12km du projet, propose des assemblages préfabriqués et une construction éclair sur chantier. En préfabriquant les pans de toiture, la mise en œuvre est assurée d'une régularité et d'un contrôle de qualité.

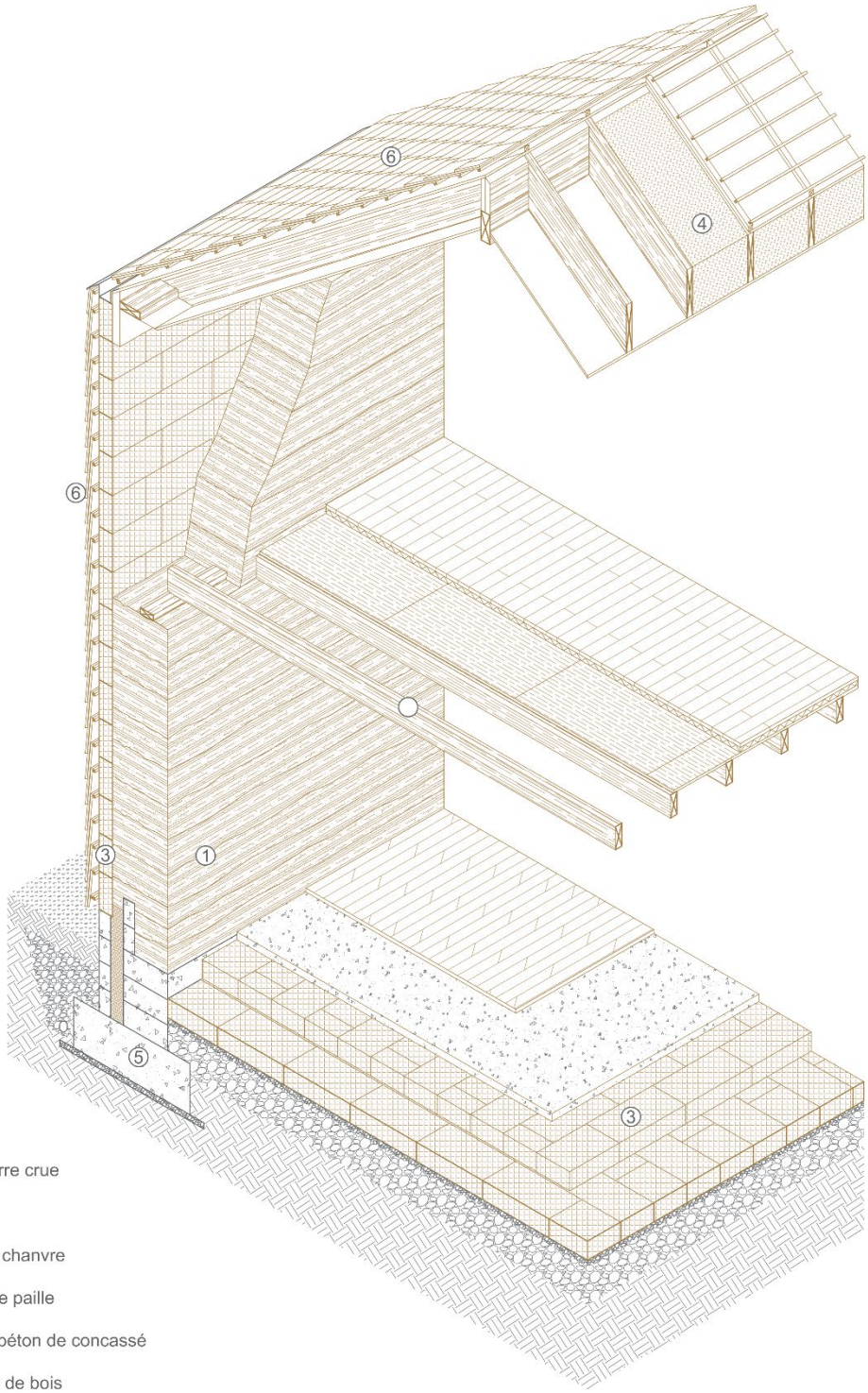
B1




1. chêne
2. terre-liège en vrac recyclé
3. terre-chanvre projeté
4. enduit terre
5. laine d'herbe
6. bardeau de bois

*Figure 45 : Axonométrie rénovation 3*

B2




1. pisé - terre crue
2. chêne
3. bloc de chanvre
4. ballot de paille
5. bloc de béton de concassé
6. bardeau de bois

*Figure 46 : Axonométrie construction neuve 3*

## 6.5 Synthèse chapitre 6

Pour valoriser les matériaux biosourcés, il ne suffit pas de remplacer les matériaux conventionnels mais changer le modèle. Pour massifier l'usage de ces matériaux, trois stratégies complémentaires sont identifiées : l'intelligence constructive, minimiser l'impact environnemental et le « sourcing » local.

En rénovation, les matériaux biosourcés sont les meilleurs alliés pour conserver les équilibres hygrothermiques. En construction neuve, ils sont des acteurs majeurs pour œuvrer pour la décarbonisation du secteur de la construction.

L'intelligence constructive valorise la poly-performance des matériaux biosourcés. Le béton de chanvre en rénovation sort du lot grâce à son excellente régulation hydrique. La fibre de bois se distingue aussi pour ses qualités isolantes et ses différents formes possible. En construction neuve le bois, le CLT et la paille permettent des solutions structurelles à haute isolation thermique et acoustique.

La minimisation de l'impact environnemental favorise les constructions réversibles, les matériaux recyclés et réemployables permettant de réduire l'énergie grise du bâtiment. Les matériaux comme l'ouate de cellulose ou le bloc de chanvre pour sa récupération simple sont privilégiés en rénovation. La paille et le bois sont particulièrement efficace grâce à leur capacité de captation de carbone.

Et enfin l'ultra-local, valorise les matériaux et les filières locales, favorisant l'économie locale et le développement régional. Les filières locales et la proximité avec le chantier sont vectrices d'ancrage territorial du bâtiment.

Certains matériaux se démarquent comme le béton de chanvre en rénovation, il semble le plus propice à répondre à chaque stratégie. C'est aussi le cas de la paille, grâce à ses atouts thermiques environnementaux, elle est le matériau le plus écologique et économique. Enfin, le bois, véritable de la filière biosourcés, se décline pour toute les couches de la construction avec des performances élevés.

# Conclusion

Les matériaux biosourcés sont une solution technique et écologique répondant à la crise environnementale et à l'épuisement des ressources fossiles qui bousculent le secteur du bâtiment.

Le travail de recherche a montré que ces matériaux, issus de la biomasse naturelle, sont performants dans plusieurs domaines : en plus de leur qualité d'isolant thermique, ils sont efficaces dans la régulation de l'humidité naturelle, la conservation de l'inertie et le confort hivernal et estival grâce à un déphasage thermique nettement plus important que les isolants pétrosourcés. Ils confèrent aussi une bonne isolation acoustique et les éléments de finitions naturelles garantissent un environnement intérieur plus sain.

Ils sont au cœur d'un paradoxe économique : l'offre proposée est en décalage avec une trop faible demande qui empêche les PME de réaliser des économies d'échelle plus importantes et de rendre les prix plus compétitifs. Les matériaux biosourcés pourraient subvenir à 85% des besoins annuels en matériaux pour isoler le parc bâti wallon. Cependant, ils sont freinés par un cadre règlementaire trop concentré sur la consommation d'énergie des bâtiments au détriment de l'impact environnemental du secteur de la construction. De plus, le manque de connaissance et le coût des certifications techniques marque un frein capital pour les assureurs, les prescripteurs et les constructeurs habitués aux matériaux conventionnels.

Ensuite, l'imposition de normes environnementales basées sur l'analyse du cycle est attendue comme levier principale à la démocratisation des matériaux biosourcés car elle permet de valoriser la captation de carbone des matériaux biosourcés. De plus, elle permettrait de ne plus se concentrer uniquement sur le coefficient thermique des matériaux mais de prendre en compte l'énergie grise et les émissions qui lui sont associés, ce qui plaide en faveur des matériaux biosourcés.

Aujourd'hui, il ne suffit pas de remplacer les matériaux conventionnels par les matériaux biosourcés mais il faut aborder la conception et la construction avec une réflexion plus profonde. Utiliser le matériau qui est le plus apte à remplir une certaine fonction ; viser la performance, l'impact environnemental le plus neutre ou l'ancrage local, la conception doit permettre aux matériaux de maximiser leur utilité et de soutenir l'économie régional et les savoir-faire artisanaux.

En rénovation comme en construction neuve, les matériaux biosourcés peuvent représenter 90 à 95% des besoins en matériaux. Cependant pour les protéger de leur principale faiblesse : l'eau et l'humidité, l'utilisation matériaux comme le béton, le métal ou le plastique s'avère nécessaire. Leur emploi ponctuel permet de maximiser la durabilité des matériaux biosourcés.

Les stratégies pour encourager la massification sont complémentaires et se renforcent entre elles. Minimiser l'impact environnemental, la construction ultra-locale et employer le meilleur matériau au meilleur endroit rentre dans les démarches d'éco-conception et mettent en valeur les qualités des matériaux biosourcés.

La réalisation de la transition vers un secteur de la construction moins consommateur et plus écologique repose sur la volonté politique, la sensibilisation du public et la formations des acteurs. L'instauration de règles environnementales, de quotas d'impacts environnementaux objectivés avec l'outil TOTEM sont des moteurs qui permettront le développement des matériaux biosourcés et de redéfinir les normes de demain.

# Partie IV : Contextualisation du cas d'étude

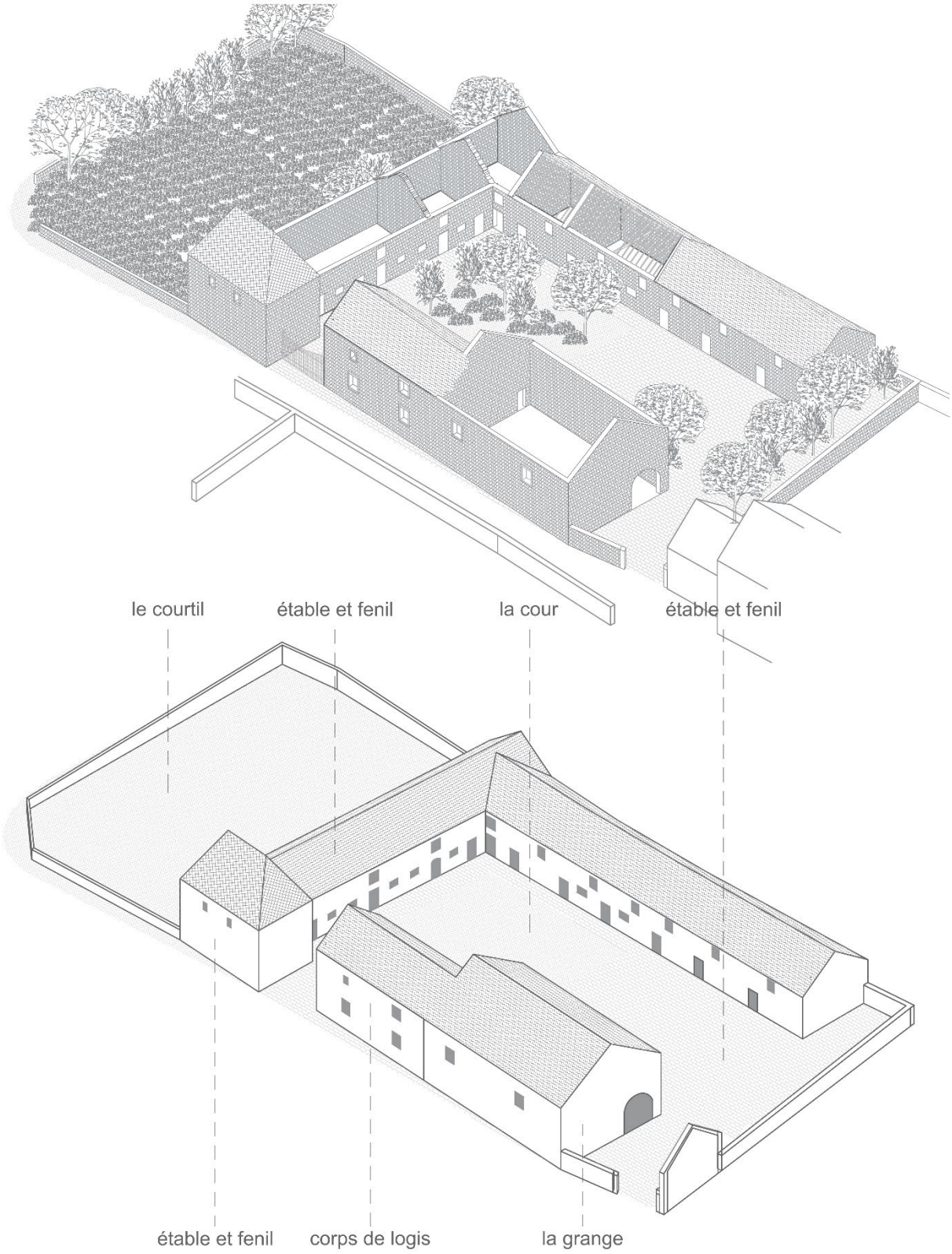



*Figure 47 : état actuel et état historique de la ferme Don Juan*

# Chapitre 7 : La ferme Don Juan à Bouge

Le cas d'étude que j'ai choisi est une ancienne ferme en partie en ruine à Bouge, à environ 1km de Namur. C'est une ferme en pierre qui remonte aux années 1570 si on l'en croit l'épitaphe présente sur une façade.

### *Historique*

Située sur le plateau au-dessus de la vallée de Meuse, la ferme a une forte présence historique, elle a été témoin de nombreux sièges sur la ville de Namur. Elle tire son nom du Général de guerre Don Juan d'Autriche, fils de Charles Quint, un Général espagnol reconnu pour ses victoires notamment à Gembloux, au nord de Namur. Don Juan aurait pris repos dans la ferme alors qu'une épidémie de fièvre frappait son armée. C'est à l'étage de la ferme qu'il aurait succombé à cette même épidémie en 1578.

La ferme a ensuite subi de nombreux changements, notamment la destruction d'une grande partie à cause d'un incendie pendant la seconde guerre mondiale. À ce moment-là, une partie de la propriété a été destinée à construire des habitations. Le village est devenu résidentiel et a connu une progression croissante du nombre d'habitations.

Au cours des années 80, elle a perdu ses fonctions agricoles et a doucement cessé ses fonctions productives pour n'être occupée aujourd'hui que dans le corps de logis par un habitant.

### *Etat physique*

C'est une ferme à cour carrée, fermée par un mur. La cour occupe une place centrale à l'intérieur du bâti. Les bâtiments s'ouvrent tous vers elle et ponctuellement vers l'extérieur. Le courtil au nord est lui aussi enfermé par un mur épais.

La ferme Don Juan aujourd'hui est partiellement en ruine. Seul le corps de logis est habité et une partie des étables est encore couverte par son toit. La majeure partie des étables et la grange sont à ciel ouvert, la charpente s'étant effondrée à cause, vraisemblablement, de la moisissure et de l'humidité. Les murs en pierre calcaire sont eux bien en place et ils semblent insensibles au temps qui passe.

### *Valeur patrimoniale*

Le bâtiment est classé à l'inventaire régional du patrimoine comme monument pour ses volumes et sa matérialité. Les volumes sont à fleur de rue et sont imposants. Ils font ressortir la pierre calcaire typique de la région. La vallée de la Meuse est riche en carrières de pierre naturelle, aujourd'hui principalement consacrée à la production de graviers et autres granulats pour l'industrie du béton.

La ferme à cour et son organisation autour de celle-ci portent aussi de la valeur patrimoniale.

### *Matérialité*

La pierre est le matériau principal. Utilisée brute avec du mortier pour les murs, elle représente la massivité des éléments porteurs verticaux. Les charpentes et les menuiseries sont en bois. Les toitures sont couvertes d'ardoise et une partie de la toiture des étables encore présente est recouverte de tuiles en terre-cuite.

Les baies présentent des matériaux différents. Certaines sont réalisées à l'aide de pierres de taille, d'autres grâce à des briques de terre-cuite. Les linteaux sont en pierre, en métal ou encore en bois.

De nombreux éléments ponctuels en métal servent de tirants d'ancrages ou de linteaux.

En plein cœur de la Wallonie, sa localisation est intéressante car elle est au centre de la filière des matériaux biosourcés wallons.

*Figure 48 : Photographie ferme Don Juan*

*Figure 49 : plan situation état actuel*

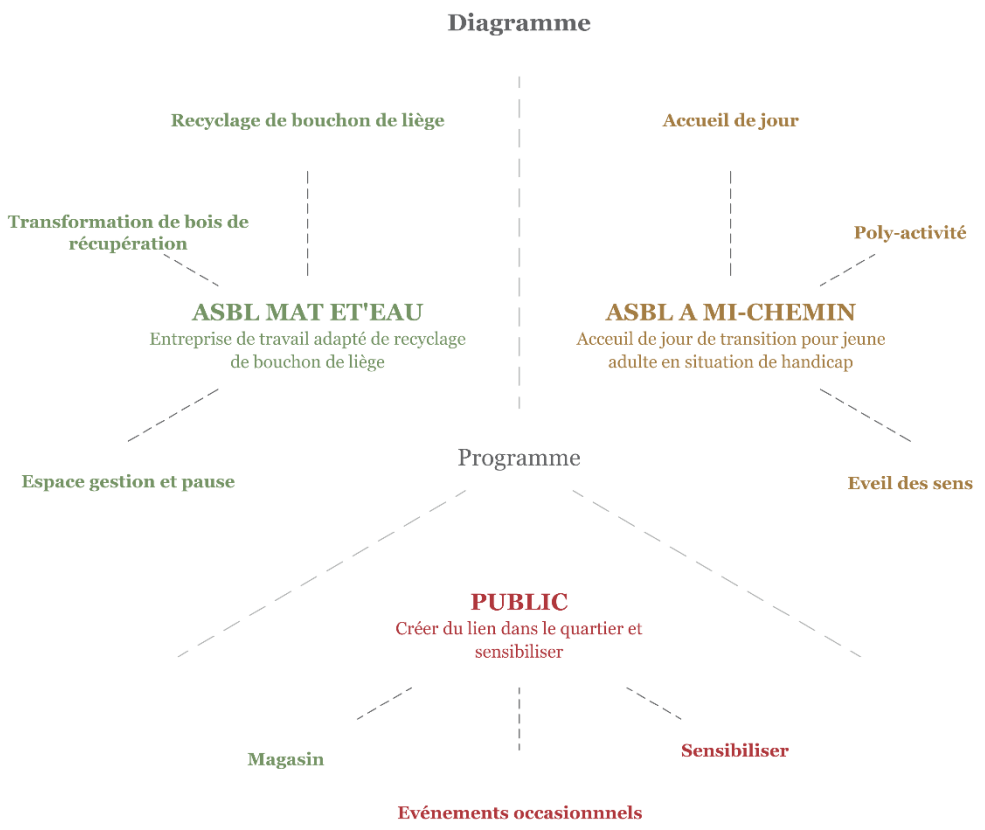



*Figure 50 : Diagramme programmatique*

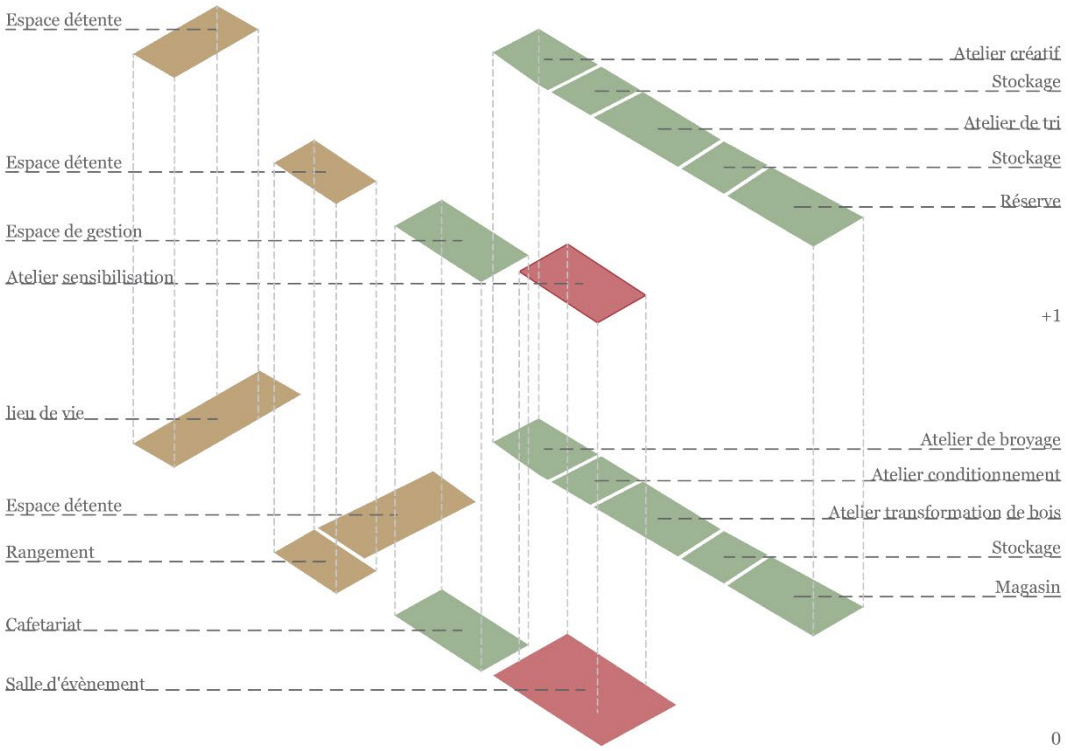



*Figure 51 : Implantation du programme*

# Chapitre 8 : Analyse Programmatique

Le programme du projet démarre par le besoin d'une ASBL locale d'un nouvel espace de stockage d'environ 100m². Il s'agit de l'ASBL « Mat'et Eau » : une entreprise de travail adapté de recyclage de bouchons de liège. Elle permet aux de personnes en situation de handicap d'effectuer une activité valorisante dans un environnement spécialisé. Basé à Bouge, à environ 1 km de la ferme Don Juan, Mat'et Eau accueille ses travailleurs dans une maison mise à disposition.

L'ASBL Mat'et eau travaille en collaboration avec une seconde ASBL : l'ASBL « à mi-chemin », qui elle s'occupe des jeunes adultes en transition d'un établissement scolaire spécialisé vers la vie active. Elle agit comme accueil de jour pour ces personnes trop âgées pour centre scolaire et qui n'ont pas encore trouver de solution pérenne pour la suite de leur vie. L'ASBL offre un cadre idéal pour accompagner des personnes en situation de handicap en s'entourant de professionnel de la santé mentale, de réinsertion ou de transition de vie.

Le programme du projet s'articule en trois parties : le recyclage de matériaux, l'accueil de jour et la création d'un lieu de partage publique visant l'inclusion et la sensibilisation.

Mat'et eau recycle les bouchons de lièges en granulats pour l'isolation. Les bouchons sont collectés à une vingtaines points de collectes dans la province de Namur. Une fois collecté, les bouchons sont triés pour ne garder pour le recyclage uniquement les bouchons de liège naturels. Les bouchons synthétiques ainsi que les bouchons en plastique sont donnés à CBCG. Une fois trié, les bouchons sont broyés en granulats de différents millimètres puis mis en sac de 80L. La quantité recyclée en 2025 était de 30 palettes soit environ 60m³.

À côté du recyclage de bouchon, Mat'et eau transforme du bois récupérer en palette et en mobilier. Cette revalorisation est faite par des bénévoles et permet de faire une petite rentrée d'argent pour subvenir aux projets des ASBL.

Le développement d'un petit magasin a été envisagé ce qui permet d'une part de stocker la matière prête à partir et faire office de petite boutique pour mettre en valeur le travail des bénévoles et des travailleurs.

Ensuite l'ASBL « à mi-chemin », propose d'une part des espaces de vie : cuisine, salle à manger, salon et espace détente pour regarder un film ou faire une activité calme. Elle met aussi en place deux salles plus privés destinés à une assistante sociale et une psychologue spécialisée pour encadrer les jeunes adultes. De plus l'ASBL propose un espace polyvalent pour divers activités manuels, physiques, artistiques ou encore musicales. L'ASBL met aussi un point d'honneur à éveiller les sens de ses participants grâce à un jardin thématique où la vue, l'écoute, l'odorat et l'ouïe sont mis à l'action autour d'un petit étang. De plus, une salle dédiée à l'art d'expression est située dans un volume spécial dans la ferme.

Enfin, le public est invité à participer aux événements occasionnels de l'asbl : le marché de noël, les vides greniers saisonniers, des expositions artistiques, des marchés couverts. Une grande salle polyvalente prend place dans l'ancienne grange.

*Figure 52 : Plan implantation*

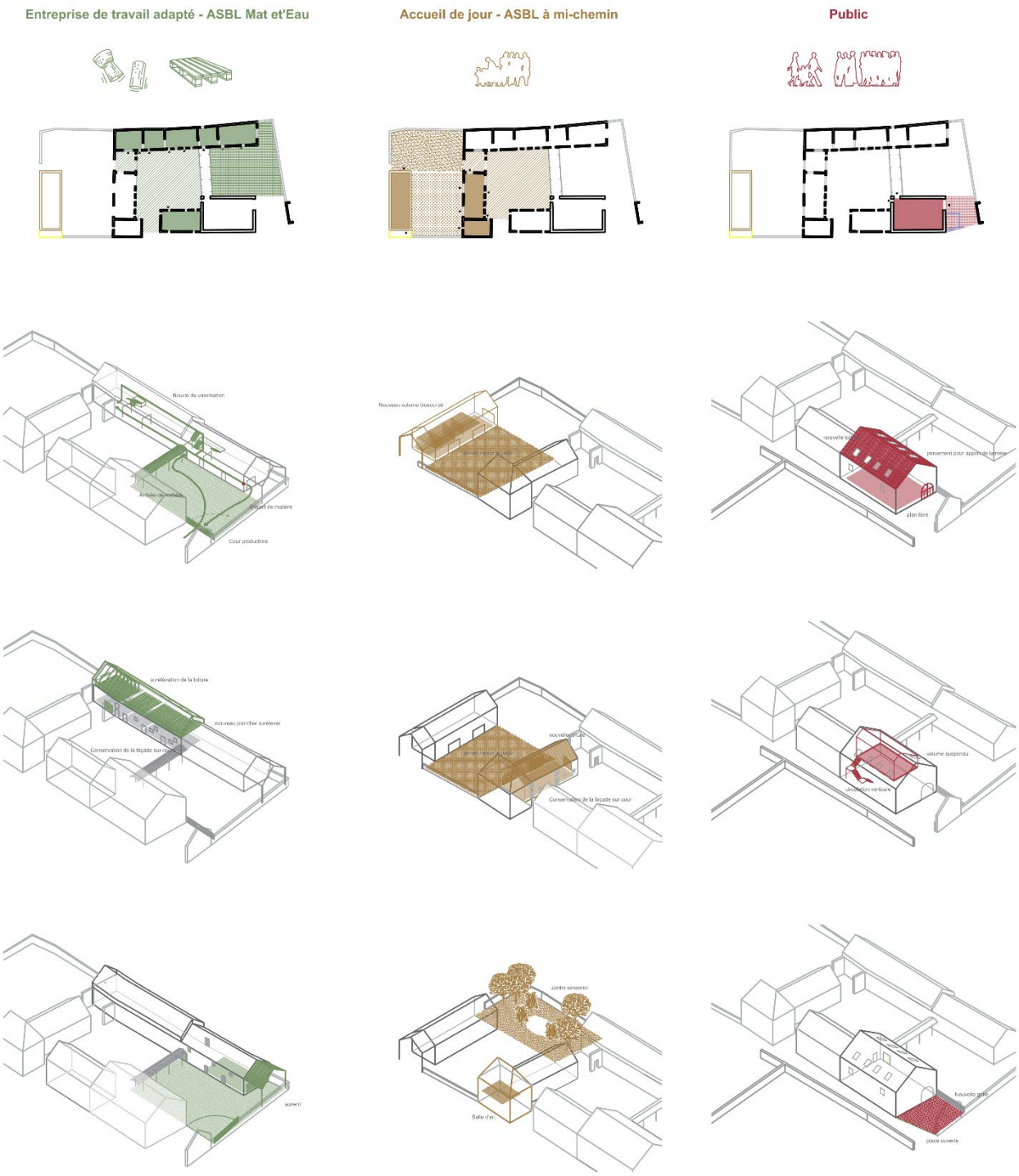



*Figure 53 : Démarche conceptuelle*

# Chapitre 9 : Stratégies constructives et intentions spatiales

Les trois parties du programme ont été approché avec une stratégie constructive différente développé dans le chapitre 6 : « stratégies constructives pour encourage l'adoption des matériaux biosourcés »

***Mat'et eau***

L'entreprise de travail adapté de recyclage de matériaux a été construit suivant la stratégie de minimiser l'impact environnemental (cfr. 6.3). La réflexion spatiale s'est tourné vers le flux de matière et le parcours croisé du liège et du bois. En effet, ils se rencontrent au moment du conditionnement ou les palettes de bois accueillent les sacs de granulats de liège. L'arrivé de matière se fait par la cour productrice, pouvant s'opérer à l'abris, les matériaux entre dans l'ancienne étable réhabilité. Le bois est déposé et le liège est monté pour arriver dans le l'atelier de tri au dessus de l'atelier de transformation de bois. Une fois trier, il est stocké en attendant d'être descendu pour broyage et conditionnement ou il retrouve les palettes en bois de récupération. Ensuite, la fin du parcours se passe dans le magasin ou les acheteurs viennent chercher soit leur isolants de liège recyclé soit du mobilier en de récupération.

Le plancher de la partie atelier a été placé à une hauteur de 4m pour libérer la hauteur de l'atelier bois tout en conservant la façade d'origine et ses ouvertures. La toiture a été aussi réhaussé pour offrir un nouveau volume de qualité pour les participants de l'atelier tri. Des fenêtres en bandeau assez fines permettent à la chaleur du soleil hivernal d'entrer et d'éviter les rayons estivaux. Sur le pan nord, des fenêtres de toiture sont installés pour apporter de la luminosité naturelle participant à un environnement agréable peut importe la saison.

***À mi-chemin***

Pour l'ASBL à mi-chemin, c'est la stratégie de sourcing local qui a été choisie. La volonté de choisir des matériaux naturels locaux pour offrir un environnement sain pour les jeunes adultes à la recherche de sens.

Les espaces d'accueil de jour prennent place dans une nouvelle construction faite de paille et de terre crue, des techniques ancestrales remises au goût du jour. Un volume simple avec une toiture qui se prolonge jusqu'à la rue pour créer un espace d'entrer couvert. le nouveau volume communique avec la ferme par l'uniformité de son bardage à l'image des façades en pierre calcaire. De plus les baies sont recréer dans l'ancienne étable devenue une salle polyvalente ce qui renforce leur lien. Entre ces façades se trouve un jardin pour y faire divers activités. La salle polyvalente à une double hauteur, le plancher ayant été détruit, l'opportunité à été saisie pour profiter du volume offert. Dans le fond de l'ancien courtil, un jardin sensoriel prend vie pour émerveiller les jeunes adultes et titiller leurs sens. Enfin, à l'étage de la partie encore intacte, c'est une salle d'art d'expression que pourront apprécier les usager.

***Accueillir le public***

Le public est le bienvenu dans la grange où il pourra découvrir en entrant, une boite suspendue qui est un atelier qui sert à qui le souhaite : pour faire de la sensibilisation, de la formation ou accueillir des ateliers variées. L'idée est de montré que les matériaux peuvent aussi mener à des constructions modernes à l'image de cette « box in the box » flottante. Libérant totalement le rez-de-chaussé de la grange. Pour y accéder, c'est un escalier léger flottant qu'il faut emprunter.

Pour inviter le public depuis la rue, le mur qui refermait la parcelle a été démonté et une placette prend place avant la cour productrice. Elle a pour but de libérer l'espace et de faciliter l'accès à la grange.

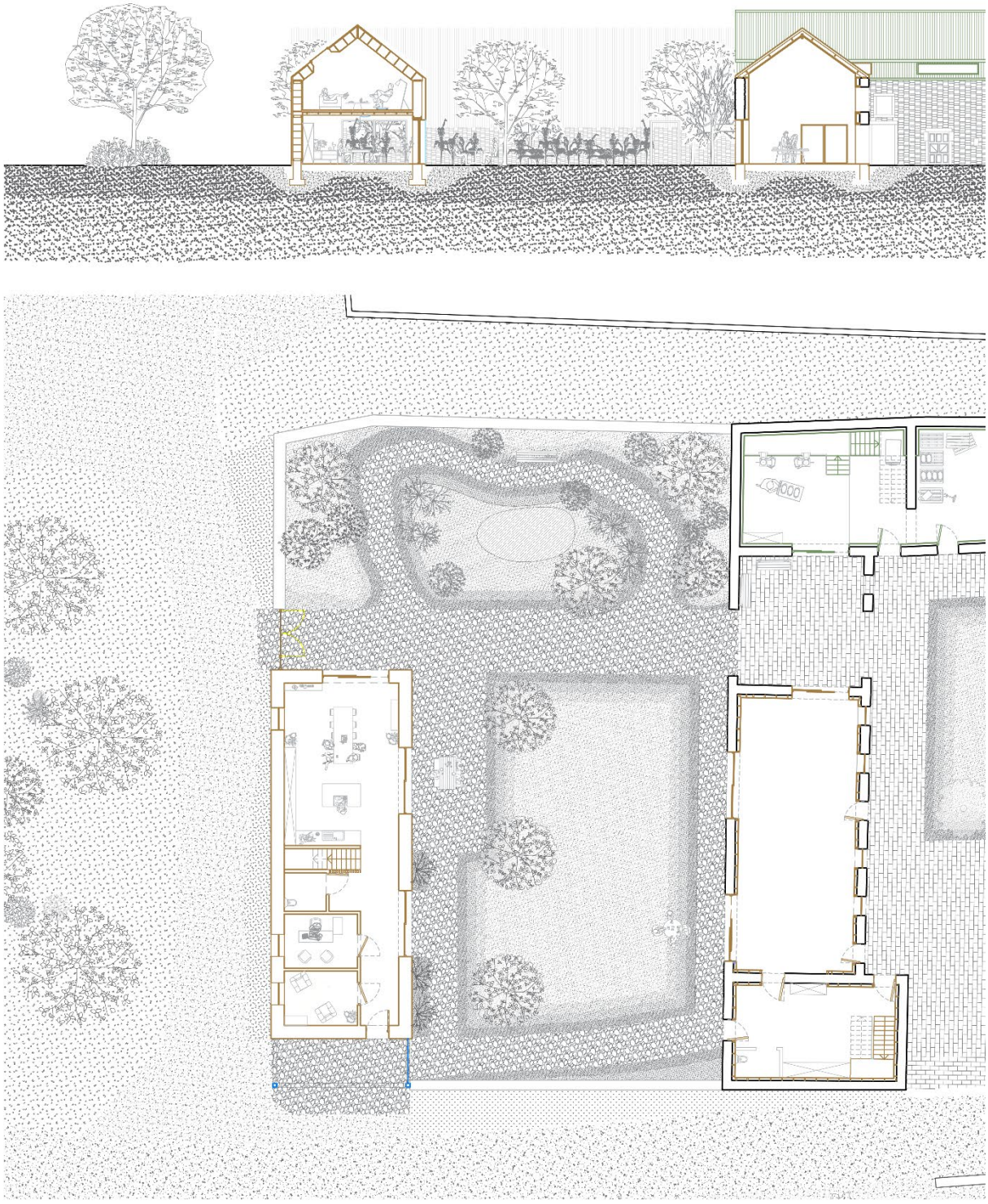


*Figure 54 : Plan Coupe 1*

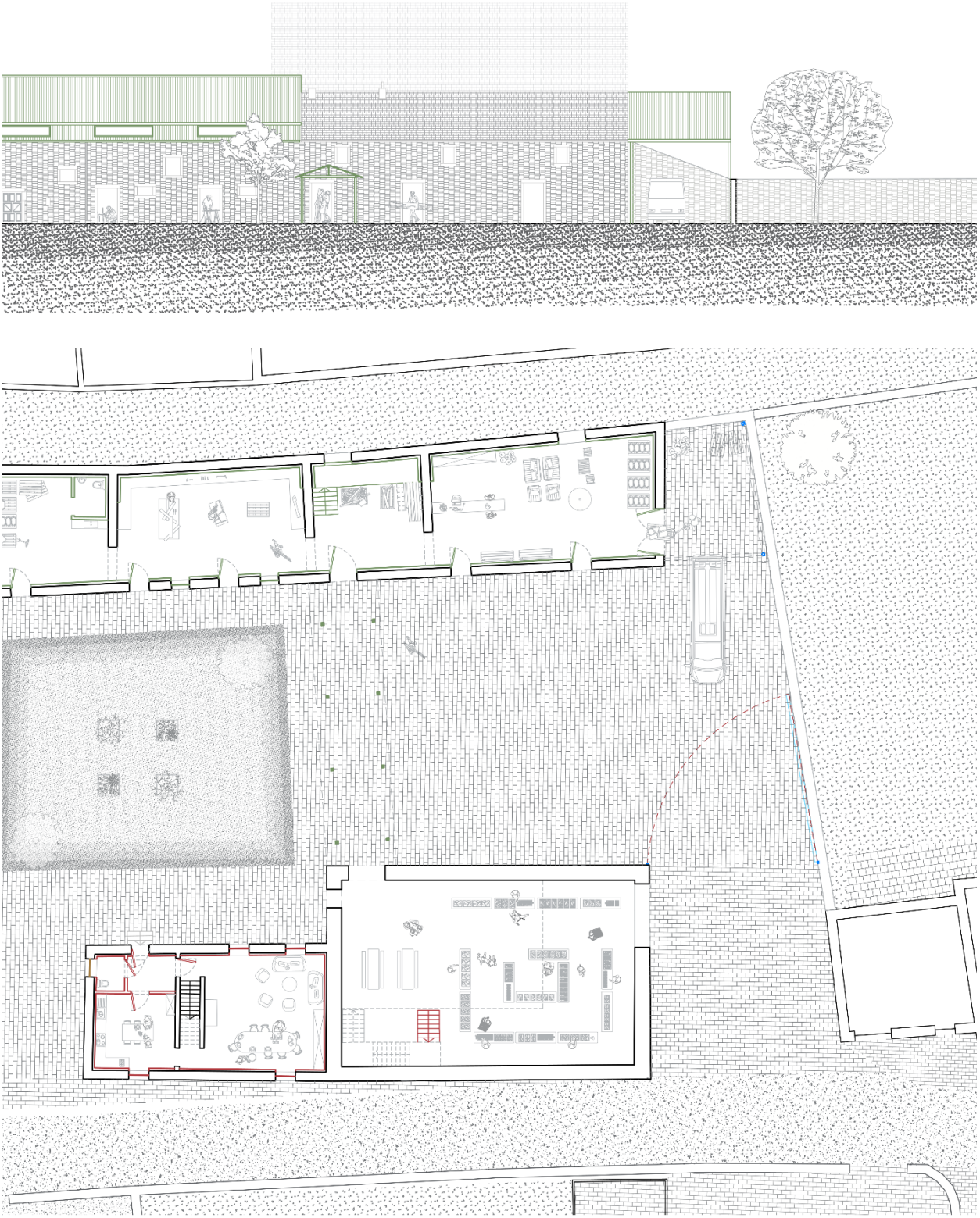


*Figure 55 : Plan coupe 2*

# ANNEXE

| Typologies | Format | Matériau | λ (W/mK) | Déphasage (20 cm) | Régulation Humidité | Mise en œuvre | Impact $CO_2$ | Fin de vie | Durabilité(ans) | Prix (€/m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **STRUCTURE** | | Bois sciage | 0,13 | - | Bonne | Rapide cloué/vissé/emboit. | Négatif | réemploi/recyclge | 50->100 | 180-260 |
| | | CLT | 0,13 | - | bonne | Rapide- grue | très Faible | | >100 | 40-70 |
| | | Pierre | 1,0-3,5 | +++ | dépend de la pose | Maçonnerie sec, chaux, ciment | Modéré | réemploi | >>100 | |
| **BLOC MONOLITHIQUE** | | Paille | 0,045 | 12h - 15h | Très Bonne | Compression - rigoureuse | Exceptionnel | réemploi si sec | >100 | 3 à 8 |
| | | Terre crue | 0,32-1,5 | 10h - 12h | Excellente | Maçonnerie/pisé/bauge | très Faible | réemploi infini | >>100 | 15-30 |
| | | Béton végétaux | 0,056-0,18 | 10h - 14h | Très bonne | Banché/projeté | très Faible | | | |
| **ISOLATION** | RIGIDE | Bloc de chanvre | 0,07 | 12h - 15h | Maximale | Maçonnerie collée | Négatif | Recyclable (broyage) | >100 | 45-55 |
| | | Liège expansé | 0,04 | 10h - 12h | Faible (étanche) | Collé ou vissé | Faible | Réemployable / Compost | >100 | 60-90 |
| | | Fibres de bois | 0,042 | 10h - 14h | Bonne | Emboitement et fixé | Faible | Recyclable / Énergie | 30-50 | 35-55 |
| | | Paille | 0,045 | 12h - 15h | Très Bonne | Compression/Caisson | Exceptionnel | Biodégradable | >100 | 3 à 8 |
| | SEMI-RIGIDE | Laine de chanvre | 0,038 | 6h - 8h | Excellente | Encadré | Très Faible | Compostable | | 18-28 |
| | | Fibre de bois | 0,038 | 8h - 10h | Bonne | Encadré | Faible | Recyclable | | 16-26 |
| | | Laine d'herbe | 0,041 | 7h - 9h | Bonne | Encadré | Négatif | Recyclable | 30-50 | 15-24 |
| | VRAC | Ouate de cellulose | 0,039 | 10h - 12h | Bonne | Insuflé | Très Faible | Recyclable (aspiration) | 40-60 | 8 à 14 |
| | | Liège en vrac | 0,045 | 8h - 10h | Faible | Déversement | Faible | Réemployable | >100 | 25-40 |
| | | Paille hachée | 0,055 | 7h - 9h | Très Bonne | Déversement | Négatif | Biodégradable | | 3 à 8 |
| | | chênevotte de chanvre | 0,039-0,042 | 6h-8h | Excellente | Déversement | Négatif | Réemployable | | |
| **ENVELOPPE** | Bardage | Bois | 0,13-0,20 | - | ventilé | Cloué/vissé | Négatif | Réemployable /énergi | 30-60 | 60-95 |
| | | Liège expansé | 0,04 | 10h - 12h | Faible(étanche) | Collé/vissé | Faible | | >100 | 60-90 |
| | Enduit | Chaux | - | - | Très Bonne | Enduit | Forte | Recyclable | 30-50 | 10 à 18 |
| **FINITION INT.** | | Bois | - | ++ | N/A | Cloué/vissé | Négatif | Réemployable | 50->100 | 35-55 |
| | | Parquet | + | + | Faible | Collé/emboité/cloué | Faible | Réemployable(cloué) | 50->100 | 70-150 |
| | | Liège | 0,04 | 10h - 12h | Faible | Collé/vissé | Faible | | >100 | 60-90 |
| | Enduit | Chaux | - | - | Très Bonne | enduit | Forte | Recyclable | 30-50 | 10 à 18 |
| | | Terre -argile | + | ++ | Excellente | enduit | très Faible | Réutilisable | Indéterminé | 8 à 15 |
| | Peinture Naturelle | | - | - | Perspirante | peint | faible | Non récupérable | 5à10 | 4 à 7 |
| | Panneau | gypse-chaux | - | - | Bonne | collé/vissé | Modéré | Recyclable | 50 | 16-20 |

*Figure 56 : tableau comparatif des différents matériaux biosourcés*

# Bibliographie

ADEME, (2019), *Des produits biosourcés durables pour les acheteurs publics et privés.* https://librairie.ademe.fr/economie-circulaire-et-dechets/995-produits-biosources-durables-pour-les-acheteurs-publics-et-prives-des-9791029712821.html

ADEME, (2021), *Guide de la rénovation de parois à l'aide de matériaux biosourcés.* *https://librairie.ademe.fr/batiment/4451-guide-de-la-renovation-de-parois-a-l-aide-de-materiaux-biosources-9791029717437.html#product-presentation*

Anatomie d'Architecture, (2022), *Le Costil,* projet d'architecture

Anatomie d'Architecture, (2022), *Le tour des matériaux d'une maison écologiques*, Editions Alternatives

Azzoug, S., Kabeche, Y., (2021), *Pour une démarche durable à travers l'intégration des matériaux biosourcés locaux.* Mémoire de master en architecture. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Bobex (2026), « Tout savoir sur la réglementation PEB en Belgique » bobex.be https://www.bobex.be/fr-be/certification-peb/reglementation/#

Bos, Stiernon, Stephan, (2022), *Review of Bio-based Materials in TOTEM.* https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal:274340

Buildwise, (2025), *Guide pratique des isolants biosourcés, recyclés et de leur mise en œuvre.* Innovation Paper

Canopea, (2024), « Les mythes de la construction neuve ». https://www.canopea.be/les-mythes-de-la-construction-neuve/

Chapurlat, Etienne et Vander Heyden, (2025), « Que faire de la PEB ». Les limites à la PEB. https://epbd.limited/

Christin J., (2013), *Système de fondation sur pieux bois : une technique millénaire pour demain*. Thèse de doctorat en Géotechnique, Paris : UNIVERSITE PARIS-EST. tel-00878972v1

Circular Wallonia, (2021). Stratégie de déploiement circulaire. p. 68-73 https://economiecirculaire.wallonie.be/files/pdf/Strat%c3%a9gie%20Circular%20Wallonia.pdf

Claude V, Nguyen E, (2025), *Cours d'hiver 2025 : Matériaux biosourcés & construction en bois*

Claude V., Charron S. et Michaux B. (Buildwise), (2025), *Guide pratique des isolants biosourcés/recyclés et de leur mise en œuvre.*

Cluster Ecoconstruction, (2026), « Le bois, c'est bon pour la santé ! » https://clusters.wallonie.be/eco-construction/home/actualites/actualites/le-bois-c-est-bon-pour-la-sante-2.html

Cluster Eco-construction, (2025), *Cartographie constructeur bois et menuisiers.* https://clusters.wallonie.be/eco-construction/home/services/informer-et-former/ressources/guides-vers-l-eco-construction.html

Cluster Eco-construction, (2025), *Cartographie des producteurs et distributeurs.* https://clusters.wallonie.be/eco-construction/home/services/informer-et-former/ressources/guides-vers-l-eco-construction.html

Cluster Eco-construction, (2025), *Eco-construction : freins et leviers avril 2025*

Cluster Eco-construciton, (2025), *Label produit biosourcé.*

Cluster Eco-construction, (2023), *Memorandum*. https://clusters.wallonie.be/eco-construction/home/services/informer-et-former/ressources/guides-vers-l-eco-construction.html

Coomans de Brachène, F., 2022, *revaloriser la filière du chanvre en Wallonie.* Mémoire de master en architecture, Bruxelles : UCLouvain https://thesis.dial.uclouvain.be/entities/masterthesis/6c2c3c0f-f1a6-439b-b2db-e3c085465e01

De Reuck, A., (2025), *Quels sont les freins et les leviers qui influencent l'adoption des éco-matériaux par les PME du secteur de la rénovation résidentielle en Wallonie ?* Travail de fin d'étude de master en science de gestion, Louvain-la-neuve : UCLouvain https://hdl.handle.net/2078.2/46151

Delem, L. Wastiels, L. (2020). Les matériaux biosourcés au sein de l'économie circulaire. CSTC, https://www.buildwise.be/fr/publications/articles-buildwise/2020-01.03/

Dubois, S., (2025), *Bâti en pierre : Améliorer son confort en présrvant son intégrité. https://www.vivonslepatrimoine.be/replay-bati-en-pierre-ameliorer-son-confort-en-preservant-son-integrite/*

Dufresne, L., (2024). *L'architecte et les matériaux biosourcés, de l'expérimentation vers la technique courante · Écoles nationales supérieures d'architecture* · Travail de fin d'étude, HMONP Ecole nationale supérieure d'architecture de Bretagne. (s. d.).

Ecobuild (2022) https://ecobuild.brussels/wp-content/uploads/2022/07/construction-05-2022-lr-1-21-36.pdf

Ferrat, H., (2022). *Industrialisation des matériaux biosourcés et Géosourcés.* Écoles nationales supérieures d'architecture · Omekas. (s. d.). https://www.archires.archi.fr/recherche/viewnotice/id_sigb/523004/id_int_bib/1/id_site/11/record_type/1

Filière Bois Wallonie (2024), *PanoraBois 2024 - Panorama de la filière forêt-bois en Wallonie,* https://www.filiereboiswallonie.be

Fleury et Lemans, (2021), *Morphologie de l'architecture contemporaine en chaume, conséquence d'un nouveau rapport à la ressource ? https://hal.science/hal-03190724*

Gillet, P., (2024), « Quelle quantité d'isolant biosourcé pour permettre la rénovation du bâti wallon en 2050 ? ». Valbiom. https://www.valbiom.be/actualites/quelle-quantite-isolant-biosource-pour-permettre-la-renovation-du-bati-wallon-en-2050

GoliathTech, (2024), « Quelle est la différence entre une fondation sur pilotis en bois et une fondation sur pieux vissés » https://www.goliathtechpiles.com/fr/quelle-est-la-difference-entre-une-fondation-sur-pilotis-en-bois-et-une-fondation-sur-pieux-visses

Groessens H, (2023), *La chaux : un matériau incontournable pour la préservation du bâti ancien.* Les mardis de la rénovation : fiche 1.

ISO 14040 (2006), *Management environnemental – analyse du cycle de vie – Principes et cadre.* https://www.iso.org/fr/standard/37456.html

Karibati (2025), *Label Produit Biosourcé* https://www.karibati.fr/nos-outils/label-produit-biosource

Le Tallec, J., (2017), *l'émergence des matériaux biosourcés dans le bâtiment : historique de leur évolution à travers l'exemple de la filière chanvre.* Mémoire de master en architecture, Nantes : ENSA Nantes https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01622248v1

Marina Malagoni de Almeida, (2022), *Etude de la rénovation hygrothermique de parois anciennes utilisant des matériaux biosourcés.* Thèse de doctorat en Génie civil, Toulouse : INSA https://theses.hal.science/tel-03904224v1

Ministère de la transition écologique (2020) « étiquetage des produits de construction ». https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/etiquetage-produits-construction

Munster, J-F., (2025), *Le paradox des matériaux biosourcés.* Le Soir Immo, 18 septembre 2025

Parlement Européen, (2023), « Économie circulaire : définition, importance et bénéfices » https://www.europarl.europa.eu/topics/fr/article/20151201STO05603/economie-circulaire-definition-importance-et-benefices

Sesboüé, C., (2022). *L'industrialisation des matériaux : le cas de la construction en terre.* Mémoire de master en architecture, Rennes : ENSA Bretagne https://www.archires.archi.fr/recherche/viewnotice/id_sigb/543425/id_int_bib/1/id_site/9/record_type/1

SPW Environnement, (2026), « Mesurer pour mieux agir : l'apport de l'ACV et du bilan carbone ». https://developpementdurable.wallonie.be/home/actus-et-agenda/actualites/actualites/mesurer-pour-mieux-agir-l-apport-de-l-acv-et-du-bilan-carbone.html

SPW Environnement, (2021), *L'environnement wallon en 10 infographies.* https://etat.environnement.wallonie.be/files/Infographie_2021/L'environnement%20wallon%20en%2010%20infographies.pdf

Trachte, S. (2024), *Séminaire Bâtiment Durable – Matériaux bio & géo-sourcés,*

Tréhet, C., (2022), *Matériaux biosourcés : le pari des maisons sur plants*. https://shs.cairn.info/revue-sesame-2022-1-page-38?lang=fr

ValBiom (2025), *La culture de chanvre (Cannabis sativa) – Le guide*. Gembloux : ValBiom, https://www.valbiom.be/outils/la-culture-de-chanvre-cannabis-sativa-le-guide

# Iconographie

Figure 1 : Teneur massique en biosourcé, Kirabati

Figure 2 : De la ressource au matériau

Figure 3 : Ressource locale

Figure 4 : Typologies des matériaux biosourcés

Figure 5 : Trachte, S (2025) Usage et application,

Figure 6 : Source d'énergie grise

Figure 7 : Captation de carbone

Figure 8 : Ressource durable

Figure 9 : Homyos, Déphasage thermique

Figure 10 : Buildwise, Régulation de l'humidité

Figure 11 : Buildwise, Isolation accoustique

Figure 12 : Evolution de l'ancrage territoriale des matériaux

Figure 13 : Trachte, S., Consommation de chauffage vs énergie grise

Figure 14 : CGDD, 2025, les limites planétaires

Figure 15 : Architecture 2030, émission mondiale $CO_2$

Figure 16 : Buildwise, Modèle circulaire

Figure 17 : Buildwise, Modèle linéaire

Figure 18 : Cluster Ecoconstruction, Cartographie producteur et forêt belge

Figure 19 : Ressource locale

Figure 20 : Impact de l'importation

Figure 21 : Evolution des exigences PEB, Buildwise

Figure 22 : Buildwise, Energie opérationnelle vs énergie grise

Figure 23 : Buildwise, ACV modèle statique

Figure 24 : ACV modèle dynamique

Figure 25 : Filière biosourcé et la gestion du patrimoine

Figure 26 : Filière biosourcé et la restauration du patrimoine

Figure 27 : Filière biosourcés et la rénovation du patrimoine

Figure 28 : Coupe Le Costil, Anatomie d'Architecture

Figure 29 : Rager, M., Photographie Le Costil

Figure 30 : L'intelligence constructive

Figure 31 : Axonométrie rénovation 1

Figure 32 : Axonométrie construction neuve 1

Figure 33 : Minimiser l'impact environnemental

Figure 34 : Axonométrie rénovation 2

Figure 35 : Axonométrie construction neuve 2

Figure 36 : sourcing ultra-local

Figure 37 : Axonométrie rénovation 3

Figure 38 : Axonométrie construction neuve 3

Figure 39 : Etat actuel et état historique de la ferme Don Juan

Figure 40 : Photographie ferme Don Juan

Figure 41 : plan situation état actuel

Figure 42 : Diagramme programmatique

Figure 43 : Implantation du programme

Figure 44 : Plan implantation

Figure 45 : Démarche conceptuelle

Figure 46 : tableau comparatif des différents matériaux biosourcés

Figure 47 : état actuel et état historique de la ferme Don Juan

Figure 48 : Photographie ferme Don Juan

Figure 49 : plan situation état actuel

Figure 50 : Diagramme programmatique

Figure 53 : Implantation du programme

Figure 54 : Plan implantation

Figure 55 : Démarche conceptuelle

Figure 56 : Plan Coupe 1

Figure 57 : Plan coupe 2