

---

## Mémoire de fin d'études : "Potentiel de développement de la construction en paille pour la ruralité wallonne"

**Auteur :** Dermine, Guillaume

**Promoteur(s) :** Durnez, Sibrine

**Faculté :** Faculté d'Architecture

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

**Année académique :** 2020-2021

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/12610>

---

### *Avertissement à l'attention des usagers :*

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

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

---



UNIVERSITÉ DE LIÈGE – FACULTÉ D'ARCHITECTURE

# Potentiel de développement de la construction en paille pour la ruralité wallonne

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

Sous la direction de : Sibrine DURNEZ

Année académique 2020-2021



# Remerciements

Je remercie toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de mon travail de fin d'études en vue de l'obtention du grade de Master en architecture.

Je remercie particulièrement ma promotrice, Madame Sibrine Durnez, pour ses conseils et sa bienveillance, Monsieur Gil Honoré, architecte maître d'œuvre du Prehistomuseum, Monsieur Sylvain Duquenne, architecte membre du Réseau Belge Francophone de la Construction en Paille (RBFCP), Monsieur Antoine Bonnert, membre fondateur de la coopérative Paille-Tech, Madame Marie le Clément, architecte associée du bureau La Grange et Monsieur Fabian Daniel, gérant de la Société Agricole Raymackers & Daniel pour avoir accepté de répondre à mes questions.

Enfin, je remercie toutes les personnes qui ont répondu au sondage que j'ai diffusé en ligne pour cerner la perception du citoyen lambda à l'égard de la paille en que matériau de construction.

# Table des matières

<b>Introduction</b> .....	1
<b>1 La paille, matériau de construction</b> .....	3
1.1 Définition et origine de la paille .....	3
1.2 Historique de la construction en paille .....	5
1.3 Cadre légal de la construction paille .....	11
1.4 Vision populaire de la construction en paille .....	13
1.4.1 Echantillon des répondants au sondage .....	13
1.4.2 Interprétation des résultats du sondage.....	14
1.4.3 Synthèse de la perception du grand public à l'égard de la construction paille .....	18
<b>2 Caractéristiques techniques</b> .....	19
2.1 Conductivité thermique .....	19
2.2 Inertie thermique .....	20
2.3 Résistance à la pluie battante.....	22
2.4 Résistance à la vapeur d'eau.....	22
2.5 Résistance au feu .....	23
2.6 Réaction au feu.....	23
2.7 Isolation acoustique.....	24
2.8 Tableau synthétique des caractéristiques techniques .....	25
2.9 Bilan écologique.....	25
2.9.1 Atouts écologiques de la paille.....	26
2.9.2 La paille victime de son image écologique .....	28
2.9.3 Externalités négatives de l'agriculture céréalière productrice de paille .....	28
<b>3 Techniques de construction</b> .....	30
3.1 Nebraska.....	31
3.1.1 Nature & Progrès à Jambes .....	33
3.2 GREB (Groupement de Recherches Ecologiques de la Baie).....	35
3.2.1 Habitat groupé à Buzet .....	37
3.3 CST (Cellule Sous Tension).....	39
3.4 Casacalida.....	41
3.5 Paille-Tech.....	43
3.5.1 Maison unifamiliale à Tongrinne .....	45
3.6 Autrichienne .....	47

3.7	Exceptions .....	51
3.7.1	Voûte en paille.....	51
3.7.2	Pyramide évidée en paille « Gartist GmbH » .....	53
3.7.3	Paille apparente .....	54
3.8	Tableau synthétique des techniques constructives .....	57
3.9	Statistiques des systèmes constructifs .....	57
<b>4</b>	<b>Réalisations et rôles constructifs de la paille.....</b>	<b>59</b>
4.1	Réalisations en paille porteuse .....	60
4.1.1	Irlande : « Spiral house » .....	60
4.1.2	Autriche : maison individuelle à Dornbirn .....	61
4.2	Réalisations en paille partiellement porteuse .....	62
4.2.1	Belgique : maison familiale de l'architecte Herwig Van Soom à Blanden .....	62
4.3	Réalisations en paille support d'enduits.....	63
4.3.1	Belgique : le Prehistomuseum .....	63
4.3.2	Royaume-Uni : l'éco-maison de Sarah Wigglesworth à Londres .....	65
4.4	Réalisations en paille isolante .....	66
4.4.1	France : la résidence Jules Ferry .....	66
<b>5</b>	<b>Potentiel de développement de la construction en paille.....</b>	<b>67</b>
5.1	Demande de constructions en paille en Belgique.....	68
5.1.1	Statistiques des constructions en paille .....	68
5.1.2	Approché économique : le critère du prix .....	70
5.2	Ressources existantes de la matière première.....	71
5.2.1	Volume des ressources « paille » disponibles en Belgique .....	71
5.2.2	Disparités régionales en Wallonie .....	73
5.2.3	Qualité de la matière première destinée à la construction .....	74
5.3	Entreprises wallonnes actives dans la construction paille .....	78
5.3.1	Société Agricole Raymakers et Daniel .....	78
5.3.2	Entreprise de construction Paille-Tech .....	79
5.3.3	Bureaux d'architecture .....	81
5.3.4	Centres de formation .....	82
5.4	Approvisionnement de la paille par le secteur agricole.....	83
5.5	Pistes de développement.....	85
5.5.1	Diffusion des informations techniques relatives à la paille .....	85
5.5.2	Engagement politique.....	86

<b>6</b>	<b>Rapport à la ruralité</b> .....	88
6.1	Définition de la ruralité .....	88
6.1.1	DGO3 .....	88
6.1.2	Définition sensible.....	89
6.2	Crise de l'identité rurale .....	90
6.3	Pistes de réflexion .....	92
6.4	La paille en ruralité.....	93
6.5	La paille, un matériau vernaculaire .....	94
6.6	Impact de la construction paille pour la ruralité .....	95
	<b>Conclusion</b> .....	97
	<b>Bibliographie et Iconographie</b> .....	101
	<b>Annexes</b> .....	105
	Annexe 1 : questionnaire du sondage diffusé en ligne .....	106
	Annexe 2 : récapitulatif des résultats du sondage.....	112
	Annexe 3 : interview d'Antoine Bonnert .....	122
	Annexe 4 : interview De Gil Honoré.....	124
	Annexe 5 : interview de Sylvain Duquenne .....	125

# Introduction

Le développement durable, l'empreinte écologique de l'homme, la place de l'humain dans un monde économique principalement centré sur le profit sont devenus de véritables débats de société. L'actualité climatique des derniers mois replace ces sujets au centre des préoccupations. Le secteur de la construction ne fait pas exception, il fait partie de la réponse.

Selon une étude de l'Institut bruxellois pour la gestion de l'environnement, le secteur de la construction est responsable de 50% du total des ressources naturelles exploitées, 45% de la consommation totale d'énergie, 40% des déchets produits, 30% des émissions de gaz à effet de serre et 16 % de la consommation d'eau. Devant un tel constat, les solutions conventionnelles de la filière du bâtiment sont inadaptées pour tenir les engagements de la COP21 en matière de transition énergétique.

Face à ce défi majeur, la paille, matériau biosourcé ancestral essentiellement utilisé dans le secteur agricole, pourrait-elle représenter une opportunité écologique pour le secteur de la construction ? Pourrait-elle devenir une filière de construction à part entière et relever à la fois le défi écologique tout en revitalisant la vie économique et sociale rurale qui est actuellement soumise à rude épreuve ? Ce matériau disponible localement pourrait-il devenir une alternative aux solutions conventionnelles actuelles du secteur de la construction tout en respectant les besoins actuels du secteur agricole ?

En Belgique, la construction en paille n'est apparue qu'il y a peu. Malgré des ressources disponibles, un intérêt à la fois écologique et économique, ce matériau n'est actuellement que peu utilisé. La paille pourrait-elle connaître un essor différent en Belgique et plus particulièrement en Wallonie ? C'est précisément l'objet de ce travail de fin d'études : démontrer l'intérêt d'utiliser la paille en construction en Belgique et ce, spécifiquement en ruralité, tout en soulignant les limites de son exploitation.

Le premier chapitre va d'abord définir la paille et préciser sa provenance. Ensuite, il abordera l'historique de la construction en paille et la vision populaire actuelle de ce matériau de construction relativement méconnu. Un sondage a été diffusé en ligne afin de cerner au mieux la perception de la population. Le chapitre suivant permettra de confronter cette vision avec les caractéristiques techniques réelles de la paille au-delà de son bilan écologique. Se pose alors la question des techniques de construction possibles expliquées au travers de projets significatifs construits en Belgique et en Europe. S'ensuit l'analyse du potentiel de développement de la construction en paille dans notre pays. Enfin, le dernier chapitre analysera l'impact que pourrait avoir le développement de la filière pour la ruralité.

Si les analyses doivent mettre en évidence l'intérêt du matériau pour la ruralité, elles doivent aussi déterminer les limites, voire les risques que représente son intégration dans le secteur de la construction.

Pour mener à bien cette analyse, toute une série de publications sur le sujet sont exploitées auxquelles s'ajoutent des recherches personnelles qui sont consultables en annexe, notamment les interviews de personnes actives dans le secteur et les résultats du sondage.<sup>1</sup>

Bonne lecture !

---

<sup>1</sup> Les interviews et le sondage en ligne sont consultables en annexe du travail.

# Chapitre 1 :

## La paille, matériau de construction

Pour appréhender la situation, ce chapitre va définir ce qu'est précisément la paille en tant que matière première, ensuite décrire successivement l'évolution de la construction en paille depuis son origine jusqu'à nos jours, le cadre légal actuel en Belgique et enfin la vision populaire de la paille en que matériau de construction grâce à l'exploitation le sondage diffusé en ligne.

### 1.1 Définition et origine de la paille <sup>2</sup>

La paille est un sous-produit de la culture céréalière. On cultive donc les céréales en premier lieu à destination de la filière agroalimentaire et non la paille. Elle est la tige d'une céréale une fois que l'on a enlevé les épis et les grains. Elle est recueillie annuellement après chaque récolte de céréales.

A ne pas confondre avec le foin qui est un fourrage constitué d'herbe de prairie fauchée, séchée et conservée, destiné à l'alimentation des animaux en mauvaise saison.

La paille est aujourd'hui conditionnée sous forme de bottes soit cylindriques, soit rectangulaires.



La botte de paille de construction se différencie de la botte agricole par les exigences en matière de qualité des brins, de forte densité du ballot et du petit format nécessairement rectangulaire. Ces points seront évoqués ultérieurement.

---

<sup>2</sup> Source : <https://www.rfcp.fr>

Images : <https://amaco.org/les-pailles-de-cereales-dechets-agricoles-disponibles-en-circuit-court/>  
<https://terres-et-territoires.com/terre-a-terre/paille-la-filiere-appelle-les-eleveurs-a-anticiper-leur-approvisionnement>

Les productions céréalières qui génèrent de la paille en Wallonie sont les suivantes <sup>3</sup> :

**a) Le froment d'hiver (blé tendre)**



Le froment d'hiver ou blé tendre récolté en août représente la céréale la plus cultivée en Wallonie. Lorsqu'il est de qualité exceptionnelle, il peut être valorisé en farine. C'est rarement le cas en Belgique. Ses grains sont principalement destinés à l'alimentation animale, ce qui le différencie du blé dur.

**b) L'orge d'hiver (escourgeon)**



L'orge d'hiver ou escourgeon récolté en juillet est la deuxième plus grande culture céréalière wallonne. A ne pas confondre avec l'orge brassicole, l'escourgeon est surtout destiné à la filière animale. La paille d'orge se distingue par sa couleur jaune vif et son aspect lisse qui rend parfois difficile la confection de ballots destinés à la construction.

**c) L'épeautre**



Cultivée en plus petite quantité, l'épeautre est destiné à la fois à l'alimentation humaine, en particulier la fabrication du pain, et à la filière animale. Sa récolte est généralement planifiée après celle du froment d'hiver à la fin août.

**d) L'avoine**



Cultivée en très petite quantité, l'avoine a deux usages : la filière animale alimentaire et en tant que Culture Intermédiaire Piège à Nitrates (CIPAN). Elle se caractérise par une paille très fine et elle est également récoltée au mois d'août.

**e) Le seigle**



Très peu cultivé, le seigle a la particularité d'atteindre des hauteurs impressionnantes jusqu'à 2 m de haut. La section de la paille de seigle est supérieure à celle des autres céréales et atteint 10mm. Le seigle est destiné à l'alimentation avec la fabrication du pain mais est aussi utilisé comme culture intermédiaire par les agriculteurs. Dans ce cas, cette culture est détruite et sert d'engrais organique à la culture suivante.

**f) Le triticale**



Le triticale est une céréale hybride de blé et de seigle créée par l'homme dans les années 1960. Cette variété hybride combine la productivité du blé et la rusticité du seigle. Son premier usage est l'alimentation animale mais il y a de nouveaux débouchés (biomasse, biocarburants...)

<sup>3</sup> <https://www.ecobuild.brussels/sites/default/files/Publications/la-paille-matiere-premiere.pdf>

Selon les céréales cultivées, on observe donc que les quantités et la qualité de la paille seront variables. La culture céréalière et la production de paille qui en découle viennent d'être présentées pour leurs usages dans les filières agricoles et le secteur alimentaire. Mais qu'en est-il de la construction ?

## 1.2 Historique de la construction en paille

L'utilisation de la paille en vrac, non bottelée, existe depuis toujours. Généralement associée à de la terre, elle était utilisée pour le torchis, les briques de terre ...

Il faudra toutefois attendre la fin du 19<sup>ème</sup> siècle pour que la construction en paille à part entière soit envisagée pour la première fois aux Etats-Unis. Elle n'a pas été exploitée auparavant car elle nécessitait l'utilisation de ballots correctement liés en quantité importante pour ériger un mur. Or, il a fallu attendre l'invention des premières presses agricoles à ballots à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle.

C'est au Nebraska que la technique est utilisée pour la première fois. Les très grandes cultures sur le sol désertique de cet état n'offraient ni bois ni autres matériaux de construction. Le chemin de fer ne traversant pas cet état, la région reculée des Sandhills n'offrait aucun matériau constructible : pas de pierre, pas de bois et la terre trop sableuse ne permettait pas d'ériger des maisons en terre. Il fallait donc trouver une solution pour coloniser cette terre hostile car la loi imposait de construire une habitation permanente et résistante aux intempéries. Le seul matériau disponible était donc la paille recouvrant le paysage Nebraskan.

Pour la transporter plus facilement, des presses agricoles furent inventées. Ci-contre, une photographie datant de 1908 présente un exemple des premières presses stationnaires.<sup>4</sup>



Ainsi fut conçu le ballot de paille, matériau nécessaire et efficace. C'est donc par nécessité que les premiers bâtiments en paille furent construits. Après l'invention de la presse agricole, les premiers « abris » en paille sont construits en empilant des ballots les uns sur les autres et en les coinçant entre des lisses supérieures et inférieures.

---

<sup>4</sup> Source : [https://www.researchgate.net/figure/Un-exemple-des-premieres-presses-agricoles-stationnaires-1908-Les-rendements-de\\_fig1\\_305880299](https://www.researchgate.net/figure/Un-exemple-des-premieres-presses-agricoles-stationnaires-1908-Les-rendements-de_fig1_305880299)



*Maison McGreath au nord de Thedford (Nebraska)  
où les bottes sont posées à plat, empilées en  
quinconce et chapeautées par un toit pyramidal.*



*Simonton House (Nebraska 1908)*

Cette technique est encore utilisée aujourd'hui et porte le nom de l'état dont elle est originaire : Nebraska. Elle a l'avantage de ne pas coûter cher car le ballot est à la fois la structure porteuse, l'isolant et le support de l'enduit. Son gros inconvénient est le manque de flexibilité en termes de conception : il est en effet très difficile de reprendre des charges ponctuelles par cette méthode et on est donc tributaire de la taille des ballots. Au fil du temps, les techniques ont évolué avec la popularité relative qu'a connu ce matériau.

L'idée d'utiliser la paille en tant que matériau de construction va traverser les frontières et atteindre l'Europe au début du 20<sup>ème</sup> siècle. La maison conçue par l'architecte et ingénieur français Emile Feuillette en est un bel exemple. C'est le plus ancien bâtiment connu en Europe utilisant la paille. Construite en 1920 à Montargis, cette maison est aussi vraisemblablement le plus ancien bâtiment du monde qui associe une ossature bois et un remplissage en paille jouant le rôle d'isolant.<sup>5</sup>

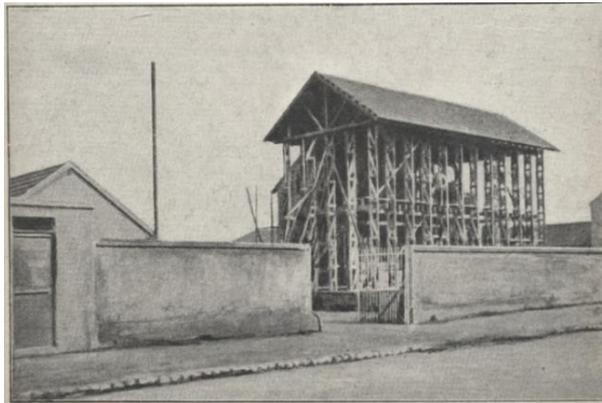
La technique utilisée pour cette construction fera l'objet d'un brevet et marque les esprits à l'époque. En effet, le magazine « La science et la vie » lui consacre un article en mai 1921 titré « Fraîches en été, chaudes en hiver, les maisons de paille sont avant tout économiques »<sup>6</sup>. A l'époque, le journaliste Gustave Lamache souligne déjà les qualités intrinsèques de la paille en tant que matériau isolant.

Continuellement habitée depuis sa construction, elle est en très bon état : les menuiseries, la paille et les enduits sont d'origine. Le confort d'été et d'hiver vanté dans l'article publié en mai 1921 y est toujours excellent. Ses performances thermiques répondent aux meilleures exigences actuelles.

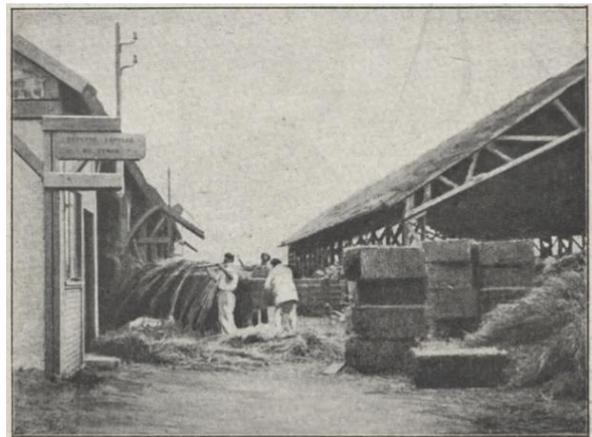
<sup>5</sup> <http://cncp-feuillette.fr/wp-content/uploads/2014/02/Maison-Feuillette-Editions-Terre-vivante.pdf>

<sup>6</sup> Source : [https://rfcp.fr/wp-content/uploads/fichiers/La\\_Science\\_et\\_la\\_Vie\\_num\\_56\\_mai1921.pdf](https://rfcp.fr/wp-content/uploads/fichiers/La_Science_et_la_Vie_num_56_mai1921.pdf)

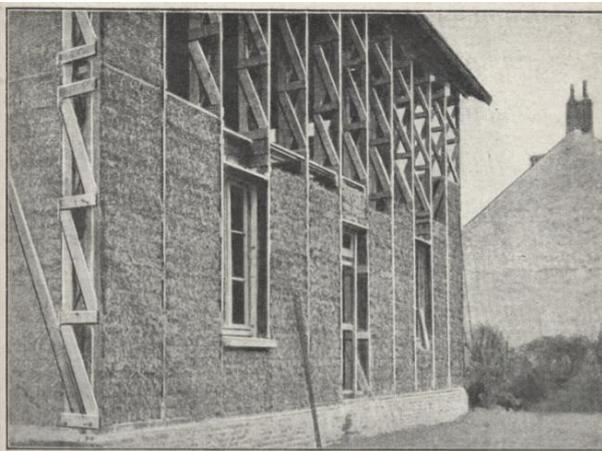
Quelques images d'archives publiées dans le magazine montrent le procédé de construction :



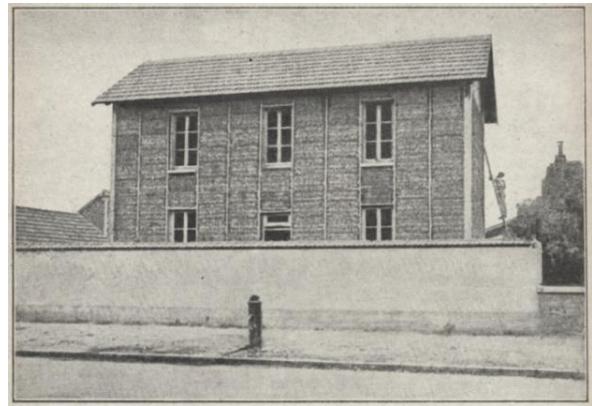
OSSATURE DE LA MAISON DE PAILLE DITE ISOTHERMIQUE  
*La toiture est complètement achevée, alors que les murs, les portes et les fenêtres n'existent pas encore.*



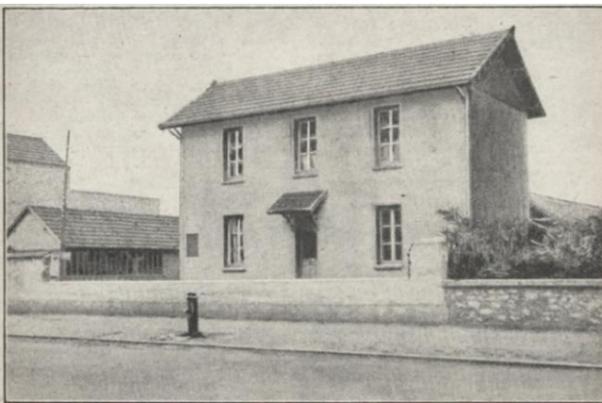
LA CONFECTION DES « MELLONS » DE PAILLE POUR LE REMPLISSAGE DES MURS  
*Les blocs sont débités à pied d'œuvre par une machine spéciale qui comprime fortement la paille.*



LES MURS DE LA MAISON ISOTHERMIQUE COMMENCENT À PRENDRE TOURNURE  
*Les blocs de paille comprimée sont superposés entre les montants de bois dont ils occupent toute l'épaisseur.*



LA MAISON ISOTHERMIQUE EST COMPLÈTEMENT CLOSE ET COUVERTE  
*Les murs attendent leur enduit; mais telle qu'elle est, la construction est déjà suffisamment engageante.*



VOICI MAINTENANT LA MAISON TERMINÉE; TOUTE TRACE DE PAILLE A DISPARU  
*Non seulement la maison est totalement achevée, mais les habitants en ont déjà pris possession.*



*Maison Feuillette actuellement*

La dernière photo de gauche présente la maison Feuillette en 1921 tandis que celle de droite nous la montre aujourd'hui, toujours debout un siècle plus tard.

Malgré les performances mises en évidence, l'industrialisation et les deux guerres mondiales ont mis un coup d'arrêt au développement de la paille en tant que matériau de construction. D'une part, la reconstruction massive d'après-guerre a promu des matériaux tels que le béton et l'acier au grade

d'indispensables de la construction grâce à leur production aisée, notamment suite aux reconversions des nombreuses usines anciennement militaires. En 1938, le procédé de fabrication de la laine de verre est inventé et cet isolant va connaître un essor important au détriment de la paille. D'autre part, les petits artisans locaux et leur savoir-faire vernaculaire perdu suite au décès d'une partie d'entre eux au combat, n'a rien arrangé. Tout cela a contribué à la disparition partielle de nombreux matériaux de construction, en l'occurrence la paille, pendant cette période de l'histoire européenne.

Le cadre légal défini pour la construction a aussi indirectement contribué à freiner le développement de certains matériaux naturels en construction. Ainsi, en 1976, les Eurocodes voient le jour. Ce sont des normes européennes de référence pour la conception, le dimensionnement et la justification des structures de bâtiment et de génie civil. Ces modifications de législations vont freiner l'utilisation de certains matériaux et tendre vers une standardisation de la construction.

La redécouverte de la construction en paille est donc plutôt récente. En France, ce sont les mouvements écologistes contestataires qui vont remettre les matériaux naturels constructifs à l'ordre du jour. En 1979, après les deux chocs pétroliers, il y a une prise de conscience de la dépendance énergétique aux énergies fossiles qui va permettre l'émergence de matériaux et technologies alternatives. C'est dans ce contexte de protestation que la Ferme du Larzac sera construite en trois jours sur un site militaire par des militants écologistes grâce à une technique d'ossature bois et remplissage de paille.

En 1995, au Canada, le **Groupe de Recherches Ecologiques de la Baie** réalise une construction en paille après avoir mis au point un nouveau système constructif appelé GREB à Saguenay-Lac-Saint-Jean qui est un écohameau d'expérimentation.<sup>7</sup>



En Belgique, il faudra attendre 1999 pour que la première maison en paille soit construite à l'initiative de l'architecte-urbaniste Mark Depreeuw.

Aujourd'hui à la retraite, Mark Depreeuw est le fondateur du cabinet d'architecture « Archi4 ». En Flandre, il est un des pionniers des projets « bio-écologiques ». Il a d'ailleurs été un des fondateurs de l'Institut flamand de la construction bio-écologique.<sup>8</sup>



<sup>7</sup> Source : <https://www.neomedia.com/saguenay-lac-st-jean/actualites/societe/261221/lexpert-jean-baptiste-thevard-partage-son-experience-pour-les-25-ans-du-greb>

<sup>8</sup> <https://www.archi4.be/over-ons/>

Il apporte les précisions suivantes quant à l'utilisation de la paille comme matériau de construction : « *Nous choisissons de la paille et du bois qui poussent sur la croûte terrestre et qui sont renouvelables en tenant compte de la biodiversité... Nous nous occupons consciemment de l'épuisement des matières premières et du fardeau de la montagne de déchets sur la terre. Nous évitons les écrans en plastique dans les sols afin que les gens puissent se mettre à la terre dans un bâtiment et que l'énergie de la terre puisse être absorbée et ainsi nourrir les gens.* »<sup>7</sup>

Un regain d'intérêt pour les matériaux naturels et en particulier la paille, s'est produit au début des années 2000 suite au développement des préoccupations écologiques et des exigences en matière énergétique. Différentes associations voient le jour en Europe à l'aube de ce 21<sup>ème</sup> siècle.

La France est particulièrement dynamique dans le domaine. En 2006, l'association « Les Compailleurs » est née. Elle regroupait essentiellement des particuliers et des artisans qui privilégiaient l'autoconstruction. Entretemps, sous l'impulsion de l'association, le Réseau Français de la Construction Paille (RFCP) a vu le jour. Il regroupe aujourd'hui 500 acteurs avec des profils divers : autoconstructeurs, artisans, petites entreprises, architectes, thermiciens, ingénieurs et enfin agriculteurs. La France est un moteur pour la filière construction paille avec un total de 5 000 bâtiments construits dont le plus grand est une école de 6 000 m<sup>2</sup> et le plus haut un bâtiment de 7 étages. On recense actuellement 500 nouveaux bâtiments par année en France.

En 2012, le RCPF publie des « Règles Professionnelles » qui bénéficient d'une reconnaissance officielle. La conformité par rapport à ces normes permet l'assurabilité des bâtiments concernés.

Le RCPF est également une référence en Belgique. En 2005, l'association « Casacalida » est créée en Flandre et en 2007, son homologue francophone « Grappaille ». Sous cette impulsion, de jeunes entreprises, comme Paille-Tech créée en 2009, en ont fait leur marque de fabrique.<sup>9</sup>

En 2017, le projet européen UP-Straw destiné à promouvoir la construction en paille voit le jour. Il regroupe cinq pays actifs dans le secteur : la France, l'Allemagne, le Royaume-Uni, les Pays-Bas et la Belgique.

En 2020, le Réseau Belge Francophone de la Construction Paille (RBFCP) voit le jour avec pour objectif de dynamiser le secteur.

A la page suivante, une ligne du temps synthétise toutes les étapes importantes de l'évolution de la construction en paille jusqu'à la situation actuelle en Belgique. Les techniques de construction de même que quelques projets significatifs y sont répertoriés et feront l'objet de développement dans les chapitres suivants.

---

<sup>9</sup> L'entreprise « Paille-tech » sera présentée au chapitre 5 page 79.

<b>Nebraska</b> Simonton house		1908	2008		<b>Belgique</b> Arche Stoumont
	Technique Nebraska			Technique Paille-Tech	<b>Belgique</b>
<b>France</b> Maison Feuillette		1921	2009		<b>Belgique</b> Moxhe
<b>Monde</b>	2ème Guerre mondiale	1945			<b>Belgique</b> Habitat groupé à Buzet
	2ème Choc pétrolier		2011	aPROpaille	<b>Belgique</b>
<b>France</b> Ferme du Larzac		1979	2012		<b>Belgique</b> Tongrinne
<b>Autriche</b>	Technique Autrichienne	1980		Règles professionnelles	<b>France</b>
<b>Canada</b>	Technique GREB	1995	2013		<b>France</b> Résidence Jules Ferry
<b>Belgique</b> Première construction belge en paille		1999			<b>Belgique</b> Refuge II
<b>France</b>	Technique CST	2000	2014		<b>France</b> Pavillon Alsace
<b>Belgique</b> Blanden					<b>Autriche</b> Dornbirn
<b>Irlande</b> Spiral house		2001	2016		<b>Belgique</b> Prehisto-museum
<b>Angleterre</b> Londres Sarah Wigglesworth				UP-Straw	<b>Europe</b>
<b>France</b>	RFCP	2006	2017		<b>Suisse</b> Gartist GmbH
<b>Belgique</b> Nature & Progrès		2007	2020	RBFPC	<b>Belgique</b>

### 1.3 Cadre légal de la construction paille <sup>10</sup>

La réglementation belge n'édicte pas de textes légaux spécifiques pour la construction paille. Elle se réfère principalement aux lois nationales et directives européennes destinées aux structures porteuses en bois. Il n'y a donc pas règle spécifiquement rédigée pour l'utilisation de la paille.

Les règles professionnelles françaises de construction (RPFC) émises par le Réseau Français de Construction Paille en 2012 sont largement utilisées comme guide de référence en Belgique. Il existe d'autres publications européennes, notamment l'avis technique européen ETA-17/0247 « Construction paille » en Allemagne et le livre « Building with straw bales » de B. Jones en Angleterre considéré comme une référence en matière de paille porteuse.

En Belgique, l'application d'une norme n'est obligatoire que si elle fait référence à un texte légal : loi, décret, arrêté royal au niveau national et directive au niveau européen. L'élaboration des différentes normes est le fruit d'une concertation entre tous les acteurs concernés que sont les pouvoirs publics, architectes, fabricants, entrepreneurs, utilisateurs, instituts de recherche, établissements d'enseignement...

Généralement non contraignante, la législation belge s'appuie avant tout sur la responsabilisation des acteurs de la construction à l'exception des prestations particulières pour lesquelles des règles de bonnes pratiques plus contraignantes sont publiées. Par exemple, en ce qui concerne la protection contre l'incendie, « pour tous les bâtiments soumis à la réglementation incendie, la résistance au feu des parois doit être justifiée par un test réalisé par un laboratoire d'essai au feu accrédité BELAC selon les normes européennes. »<sup>10</sup> Autres exemples qui font l'objet de règles contraignantes au même titre que tout autre système constructif : la performance énergétique des ouvrages, le respect de la réglementation COV (Composés Organiques Volatils).

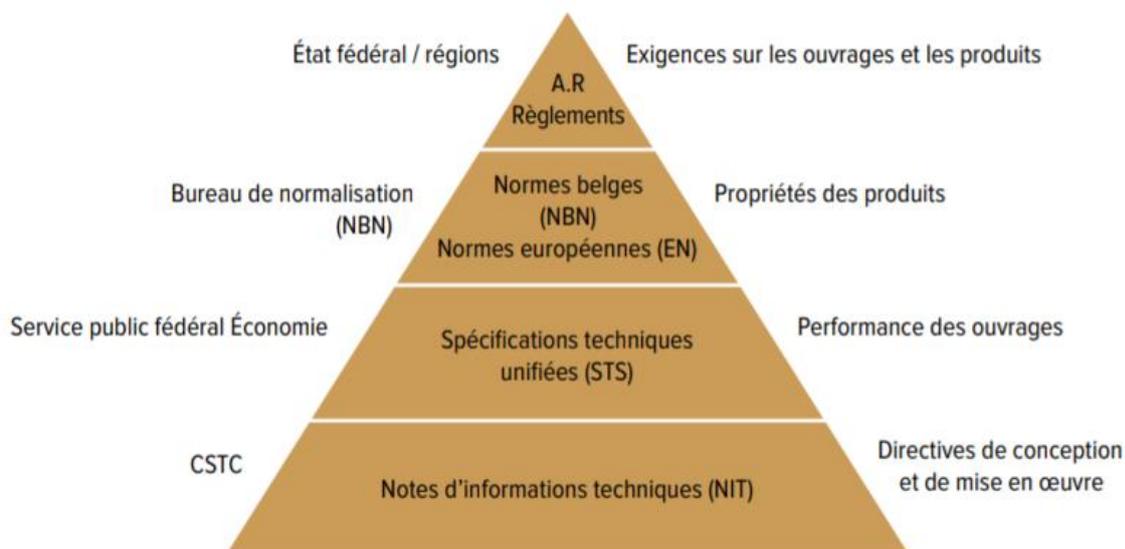
Le Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC) publie des notes d'informations techniques (NIT) pour la mise en œuvre. Le Service Public Fédéral Economie publie Spécifications Techniques Unifiées (STS) en ce qui concerne les performances des ouvrages. Pour les propriétés des produits utilisés, ce sont les normes belges (NBN) et européennes (EN) qui font référence.

A l'exception de ceux qui seraient imposés par arrêté royal et/ou règlement, aucun document n'est obligatoire en soi, sauf si le cahier spécial des charges ou les documents contractuels y font référence.

---

<sup>10</sup> [https://batic2.eu/sites/default/files/CT\\_Paille\\_FR\\_V3.pdf](https://batic2.eu/sites/default/files/CT_Paille_FR_V3.pdf)  
<https://clusters.wallonie.be/servlet/Repository/brochure-la-construction-en-paille-web-light.pdf?ID=165972&saveFile=>

## Hierarchisation des documents relatifs aux produits et aux performances dans la construction<sup>11</sup>



Les exigences contraignantes sur les produits et les ouvrages sont officialisés dans des arrêtés royaux et règlements émis par l'Etat fédéral belge ou par les Régions (Wallonne, Flamande et Bruxelles-capitale), c'est-à-dire le sommet de la pyramide.

Les Notes d'Information Techniques (NIT) et les Spécifications Techniques Unifiées (STS) constituent des règles de bonnes pratiques mais ne sont pas contraignantes.

En ce qui concerne la responsabilité décennale des concepteurs (architectes et ingénieurs) et entrepreneurs, les normes belges sont considérées comme des règles de bonnes pratiques. Y déroger implique une justification technique validée par l'expérience ou d'autres conventions fixées entre les parties. Si ces règles sont non contraignantes, il faut néanmoins noter que dans le cas d'un litige qui finirait devant la justice, les tribunaux considèreraient le non-respect des NIT ou STS comme une faute qui pourrait entraîner la responsabilité des concepteurs et entrepreneurs.

Les prescripteurs trouveront des articles dédiés à la construction bois et à l'utilisation des bottes de paille dans le Cahier des Charges Type-Bâtiments CCTB 2022 de la Région Wallonne.

Pour certaines normes, par exemple l'encodage du PEB du ballot de paille, il faut se référer à la famille « Matériau à base de fibres animales et/ou végétales (laine de mouton, chanvre, lin, paille, plumes, etc.) » pour des produits manufacturés.

Le matériau « paille » n'apparaît donc dans aucun texte légal et renvoie aux normes d'autres matériaux. La construction en paille doit respecter les normes du bâtiment sans prescription spécifique.

<sup>11</sup> [https://batic2.eu/sites/default/files/CT\\_Paille\\_FR\\_V3.pdf](https://batic2.eu/sites/default/files/CT_Paille_FR_V3.pdf)

## 1.4 Vision populaire de la construction en paille

Pour cerner la vision populaire de la paille en tant que matériau de construction, cette section va se baser d'une part, sur le sondage rédigé par mes soins et diffusé en ligne (consultable en scannant le QR code) et d'autre part, sur différentes publications spécialisées.<sup>12</sup>

### 1.4.1 Echantillon des répondants au sondage

A la différence d'un sondage réalisé par les services publics, dans le cadre d'un travail de fin d'études, il n'est pas possible d'obtenir un échantillon parfaitement représentatif de la population. C'est pourquoi, avant de faire part des éléments de réponses aux différentes questions, les caractéristiques de l'échantillon des répondants sont précisées :



- **227 répondants** dont 59 % de femmes et 41 % d'hommes
- La répartition des tranches d'âge est la suivante :
  - 4 % de moins de 18 ans
  - 48 % de 18 à 25 ans
  - 25 % de 26 à 40 ans
  - 17 % de 41 à 60 ans
  - 6 % de plus de 60 ans
- Le domicile des répondants se situe très majoritairement en Wallonie, principalement en provinces de Luxembourg (50%), Namur (25%) et Liège (13%).
- La répartition entre les différents milieux de vie est la suivante :
  - 64 % en milieu rural
  - 36 % en milieu urbain
- L'activité professionnelle :
  - 78 % exercent un métier ou poursuivent des études sans lien avec la construction
  - 22 % exercent un métier de ou en lien avec la construction

---

<sup>12</sup> Le sondage rédigé et diffusé en ligne est consultable sur l'adresse URL suivante : <https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=Q28vdWaEvki-cOrPUbEtSEn5j6IuK4RNrfRyfCHwA0ZUNIAySjgxWTINQ041Uk5FMjVLUFRtVDIQWi4u>

Compte tenu que les projections du travail concernent la Wallonie, il est intéressant d'analyser l'intervalle de confiance du sondage. Pour une population de 3 645 243 habitants en 2020 <sup>13</sup>, un échantillon de 227 personnes devrait en principe permettre d'obtenir des résultats fiables avec une marge d'erreur de 7%. <sup>14</sup>

La surreprésentation de certaines catégories n'est pas un choix personnel mais bien une dépendance au bon vouloir des répondants. Le fait que certaines tranches d'âge, notamment les 18 à 40 ans, soient surreprésentées n'est pas nécessairement une difficulté car c'est aussi la population la plus concernée par des projets de construction à venir.

#### 1.4.2 Interprétation des résultats du sondage

L'objectif de départ est de vérifier les a priori et préjugés des consommateurs à l'égard de la construction en paille. La question est posée sans qu'aucune information sur la construction paille ne soit communiquée.

A la question « A priori, si on vous proposait de construire votre maison en paille, accepteriez-vous ? », globalement, **72 % des personnes sondées répondent négativement** tandis 28 % des répondants répondent positivement. Face à ces pourcentages généraux, existe-t-il des critères qui influencent les réponses des personnes ?

##### 1.4.2.1 Critères d'influence des réponses au sondage

###### a) Le sexe

A priori, si on vous proposait de construire votre maison en paille, accepteriez-vous ?	% "Non"	% "Oui"	% par sexe
Un homme	67%	33%	41%
Une femme	77%	23%	59%
Total des répondants	72%	28%	100%

Les hommes sont légèrement plus favorables que les femmes sans que l'écart soit nécessairement significatif compte tenu de l'éventuelle marge d'erreur.

<sup>13</sup> <https://www.iweps.be/indicateur-statistique/taux-daccroissement-de-la-population/>

<sup>14</sup> Pour un niveau de confiance de 95 % habituellement utilisé dans les sondages  
 Calculateur de marge d'erreur : <https://fr.surveymonkey.com/mp/margin-of-error-calculator/>

**b) L'âge**

A priori, si on vous proposait de construire votre maison en paille, accepteriez-vous ?	% "Non"	% "Oui"	% par tranche d'âge
Moins de 18 ans	78%	22%	4%
18 à 25 ans	72%	28%	48%
26 à 40 ans	82%	18%	25%
41 à 60 ans	63%	37%	17%
Plus de 60 ans	57%	43%	6%
<b>Total des répondants</b>	<b>72%</b>	<b>28%</b>	<b>100%</b>

A l'exception de la tranche d'âge 26 à 40 ans, il semble que le consommateur soit plus ouvert à la construction paille en avançant en âge.

**c) Le métier exercé (ou le cursus scolaire poursuivi)**

A priori, si on vous proposait de construire votre maison en paille, accepteriez-vous ?	% "Non"	% "Oui"	% par type de métier
Métier du secteur de la construction (ex: architecte, entrepreneur, maçon,...)	36%	64%	<b>20%</b>
Métier en lien avec le secteur de la construction (ex: fournisseur de matériaux de construction ...)	50%	50%	<b>3%</b>
Métier sans lien avec le secteur de la construction	83%	17%	<b>77%</b>
<b>Total des répondants</b>	<b>72%</b>	<b>28%</b>	<b>100%</b>

Il apparaît très clairement que **le type de métier exercé a une influence importante sur la réponse**. La différence est significative : les personnes exerçant un métier du secteur de la construction sont bien plus favorables (64%) à l'utilisation de paille que les autres (17%).

Le consommateur lambda évoqué précédemment correspond avant tout aux personnes sans lien avec le secteur de la construction dont 83% d'entre eux sont a priori défavorables à la construction paille.

#### 1.4.2.2 Perception de la paille en tant que matériau de construction

Différentes caractéristiques sont proposées et évaluées par le répondant en attribuant une note de 1 à 5 en fonction de sa perception personnelle (1 = faible ; 5 = élevé).

<b>Caractéristiques de la construction paille</b>	<b>Moyenne des évaluations</b>	<b>Interprétation de la perception des consommateurs</b>
<b>Coût</b>	2,3	Faible coût de construction
<b>Qualité</b>	2.6	Qualité très moyenne voire faible
<b>Respect de l'environnement</b>	4,5	Très respectueux de l'environnement
<b>Sécurité incendie</b>	1,9	Risque très important en cas d'incendie
<b>Durée de vie du bâtiment</b>	2,4	Faible durée de vie

En moyenne, les répondants estiment que la paille est un matériau respectueux de l'environnement à faible coût. Selon eux, la construction paille est de faible qualité et donc de faible durée de vie avec un risque important face au feu. Une fois de plus, la paille en construction est uniquement reconnue pour ses vertus écologiques.

Les répondants confirment cet avis lorsqu'on leur demande de classer par ordre d'importance les critères de sélection de la paille en tant que matériau de construction. Ils les ont classés comme suit :

- 1<sup>er</sup> critère : matériau écologique
- 2<sup>ème</sup> critère : financièrement intéressant
- 3<sup>ème</sup> critère : performances techniques

#### 1.4.2.3 La paille : produit agricole et/ou matériau de construction

- 88 % estiment que la paille est avant tout un matériau agricole. Seuls 12 % considèrent qu'elle est à la fois un produit agricole et un matériau de construction.
- Pour l'approvisionnement de la paille, 56 % s'adresseraient de préférence à un petit agriculteur local dans le cadre d'un circuit court plutôt qu'à une entreprise spécialisée.
- 80 % des répondants estiment que le développement de la paille en construction impacterait négativement le secteur agricole.
- 59 % estiment que la paille de construction est un matériau exclusivement rural.

#### *1.4.2.4 Perception des caractéristiques techniques et environnementales*

Seuls 22 % des répondants déclarent avoir des connaissances sur la paille en tant que matériau de construction. 82 % des répondants déclarent n'avoir aucune information sur la paille dans la construction et s'expriment uniquement sur base d'un ressenti personnel. 17% reconnaissent être influencés par le conte des « trois petits cochons » où la paille est largement dénigrée pour son absence de résistance au feu.

- 67 % estiment que la construction paille a besoin d'un soutien complémentaire (c'est-à-dire que la paille est non porteuse).
- 87 % pensent que la paille a une mauvaise résistance au feu.
- 48 % pensent que la construction en paille a une faible durée de vie (< 50 ans)
- 36 % pensent que la paille empêche la surchauffe en été.
- 70 % estiment que la paille est un bon isolant.
- 87 % estiment que la paille est un matériau écologique en construction.

#### *1.4.2.5 Perception du potentiel de développement*

Le sondage est composé de deux parties : dans un premier temps les personnes répondent intuitivement aux différentes questions. Avant d'arriver à la fin du questionnaire, les informations techniques correctes leur sont communiquées, notamment la résistance au feu qui constitue une grande crainte pour la majorité. A la suite de cette révélation, la question d'envisager une construction en paille leur est à nouveau posée :

- 18 % maintiennent qu'ils n'envisageraient pas de construction en paille
- 31 % l'envisageraient (soit + 3% suite à la diffusion des bonnes informations)
- 51 % auraient besoin de plus d'informations pour l'envisager

Au terme du sondage, les répondants devaient communiquer l'indice de confiance (entre 1 et 10) qu'ils attribuent à la construction en paille, la moyenne obtenue est de 5,36.

Malgré un indice de confiance relativement faible compte tenu de différents préjugés, 48 % des répondants pensent que la paille a un potentiel de développement dans le secteur de la construction à l'avenir. Cela met en évidence la nécessité de communiquer sur les qualités techniques de la paille afin de « déconstruire » les représentations erronées sur ce matériau de construction.

### 1.4.3 Synthèse de la perception du grand public à l'égard de la construction paille

Les résultats du sondage sont cohérents avec les publications belges et françaises relatives aux préjugés dans lesquels la construction en paille reste ancrée : le premier est positif et exact, à savoir qu'il s'agit d'un matériau écologique et notamment un bon isolant. Par contre, les autres a priori sont infondés et portent préjudice à son développement : mauvaise résistance au feu, faible durée de vie notamment à cause des intempéries, risque potentiel de dégâts liés aux rongeurs évoqués dans les commentaires.

Pour une majorité de personnes, la paille est un matériau de construction écologique et peu coûteux mais de piètre qualité d'un point de vue technique et de faible durée de vie. Seuls quelques initiés appartenant au secteur de la construction ont conscience de ses qualités qui vont bien au-delà d'un bilan écologique positif.

Sur base de ce constat, il est clair qu'un travail de communication doit être accompli pour permettre le développement de la construction paille au-delà de cet argument « marketing » écologique.

Le chapitre suivant va donc présenter les caractéristiques techniques réelles de la paille en tant que matériau de construction.

# Chapitre 2

## Caractéristiques techniques

Les caractéristiques techniques de la paille sont souvent méconnues et font l'objet de préjugés qui portent préjudice à son développement dans le secteur de la construction comme l'a démontré la section précédente.

Ce chapitre va successivement présenter les caractéristiques suivantes sur base des expérimentations réalisées par aPROpaille : conductivité et inertie thermique, réaction à la pluie battante et à la vapeur d'eau, résistance et réaction au feu, isolation acoustique et enfin bilan écologique.

### 2.1 Conductivité thermique

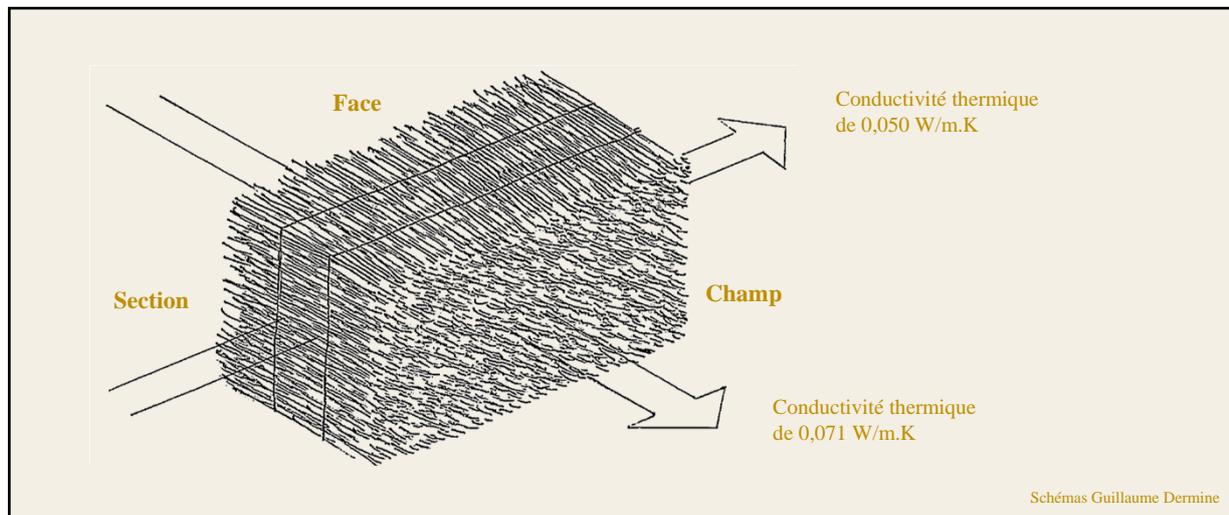
La paille peut être considérée comme un matériau isolant autant que structurel. Cette dualité en fait une de ses forces car elle peut être mise en œuvre avec très peu de moyens. Mais à l'heure d'aujourd'hui, en Belgique, elle est surtout utilisée pour son pouvoir isolant et comme support d'enduit.

**Le pouvoir isolant** de la paille dépend de beaucoup de choses : la qualité de la paille, la quantité utilisée et donc finalement l'épaisseur de la paroi et sa mise en œuvre.

**La qualité de la paille** sera abordée en détail au chapitre 5. En résumé, les brins de paille doivent être suffisamment longs (plus de 25 cm), ne doivent pas être cassés ou brisés (ou le moins possible) et de section suffisamment large (5 mm) avec un faible taux d'humidité et conditionné sous forme de ballots rectangulaires réguliers d'une densité de +/- 100 kg/m<sup>3</sup>. Par exemple, la paille en vrac aurait un moindre pouvoir isolant.

**La mise en œuvre** est très importante pour la qualité de l'isolation en paille. L'orientation des brins, parallèles ou perpendiculaires au flux de chaleur, détermine le pouvoir isolant : un flux parallèle aux fibres aura en moyenne une conductivité thermique de 0,071 W/m.K alors qu'un flux perpendiculaire aux fibres aura en moyenne une conductivité thermique de 0,050 W/m.K. Il faut donc privilégier un **sens de pose des ballots orientant les fibres perpendiculairement au flux de chaleur**. Il est possible de commander auprès de l'agriculteur des ballots sur mesure pour correspondre à ce sens de pose.

La réflexion sur l'isolation en paille doit être abordée suffisamment tôt dans l'étude du projet pour pouvoir approvisionner des ballots conformes aux attentes. En vrac, cette question a moins d'importance car il n'y a pas de contrainte particulière. En revanche, elle isolera moins bien.



## 2.2 Inertie thermique

La paille tout en étant un matériau isolant a une inertie plutôt importante. Cette inertie va varier en fonction de trois facteurs : la qualité et la densité du ballot, sa mise en œuvre et les revêtements de façade intérieure ou extérieure.

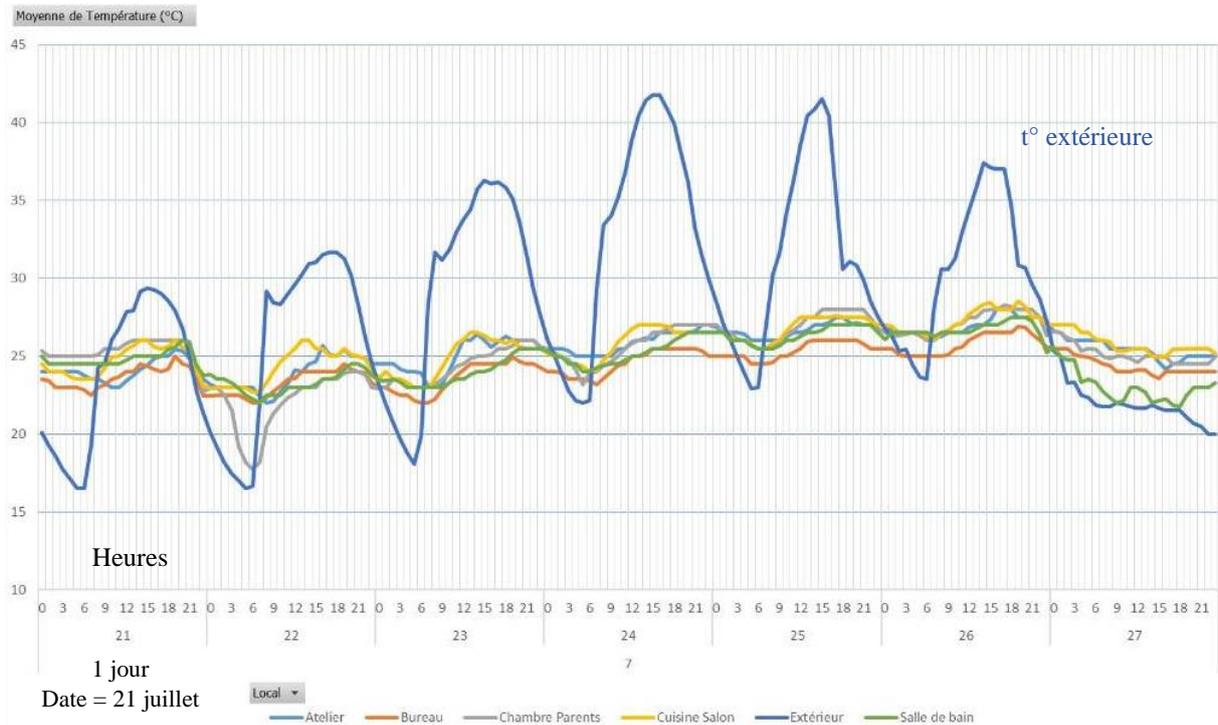
Par exemple, la paille en vrac propose une inertie très basse à la différence d'un ballot dense. Comme tout autre isolant végétal, la paille destinée à l'isolation a une masse volumique plutôt importante. Les ballots concentrés font en moyenne  $100 \text{ kg/m}^3$ . En fonction de la mise en œuvre, ceux-ci formeront un mur dont l'épaisseur dépendra des dimensions du ballot.

Les brins de paille étant creux, l'air peut y être enfermé. La tige et sa matière végétale offre l'inertie du matériau tandis que les poches d'air intérieures offrent l'isolation. C'est la raison pour laquelle il faut éviter des ballots trop denses qui pourraient écraser les brins et anéantir les poches d'air isolantes. Dans un tel cas, l'inertie s'en verrait accrue certes mais la capacité isolante de la paille serait partiellement perdue. A noter que les parois en paille sont facilement compatibles avec un isolant supplémentaire.

Encore une fois, les capacités thermiques de la paille sont tributaires de sa mise en œuvre et surtout du ballot lui-même. L'épaisseur de la paroi, elle-même souvent influencée par l'épaisseur du ballot, augmentera le déphasage du mur et permettra un meilleur confort d'été.

Il a été prouvé que le déphasage des murs en paille (12 à 16 heures <sup>15</sup>) est suffisant que pour offrir des étés frais à l'intérieur en Belgique. Cette inertie est également influencée par le choix de l'enduit et son épaisseur.

Le tableau ci-dessous reprend l'expérience menée en juillet 2019 par le Cluster éco-construction de Wallonie.<sup>16</sup> Il s'agit d'un relevé de températures dans les différentes pièces d'une maison au cours de la journée en comparaison des températures extérieures au même moment.



On observe une grande stabilité des températures à l'intérieur du bâtiment avec une moyenne hebdomadaire de 25 degrés et une fourchette de variations de +/- 3 degrés alors que les températures extérieures varient entre 16 degrés au cours de la nuit et 42 degrés aux heures les plus chaudes. On déduit donc que la paille a un pouvoir isolant et évite la surchauffe en été grâce à son déphasage. La construction en paille offre donc un grand confort de vie aux résidents.

Dans le sondage, 70% des répondants savent que la paille est un bon isolant. Par contre, seuls 36 % ont conscience qu'elle évite la surchauffe en été.

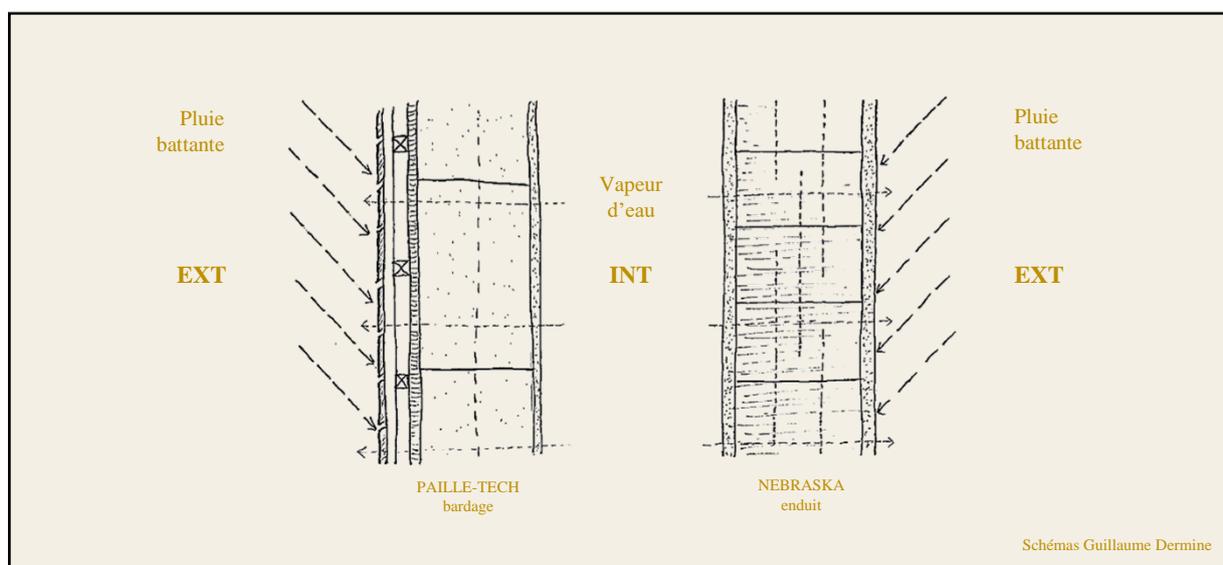
<sup>15</sup> <https://clusters.wallonie.be/servlet/Repository/brochure-la-construction-en-paille-web-light.pdf?ID=165972&saveFile=>

<sup>16</sup> <https://www.veilleconstruction.be/189-construction-durable/4587-la-construction-paille-une-reponse-ambitieuse-aux-objectifs-de-performances-techniques-et-environnementales.html>

## 2.3 Résistance à la pluie battante

La paille ne peut pas en elle-même résister à la pluie battante à moins qu'elle n'ait le temps de bien sécher par la suite. Ce luxe n'est pas monnaie courante en Wallonie, il est donc préconisé de la protéger. A la différence d'une maçonnerie en terre crue qui montrera des signes de faiblesse très rapidement si elle est exposée, la paille souffrira uniquement si de l'eau stagne en son sein.

Un mur en paille résistera plus ou moins bien à la pluie en fonction de son revêtement extérieur. Il faut que celui-ci ait un taux de capillarité faible ou des propriétés d'absorption d'eau basse pour empêcher qu'elle ne pénètre le mur. Un bardage ventilé fonctionnera pour les techniques GREB, Paille-Tech et Autrichienne (grâce à la présence d'un panneau de contreventement) ou un enduit peu absorbant pour chacune. Il faut toutefois laisser la possibilité au mur de respirer pour que la vapeur d'eau puisse le traverser.



## 2.4 Résistance à la vapeur d'eau

La paille, de par sa structure fibreuse et tubulaire, laisse passer facilement la vapeur d'eau. Un ballot concentré laissera passer moins facilement la vapeur mais ne la bloquera pas pour autant.

Ce qui est encore une fois important dans la construction en paille, c'est l'enduit et les finitions. Il faut une décroissance de la perméabilité à la vapeur d'eau de l'extérieur vers l'intérieur de la paroi, et cela, pour éviter qu'elle ne reste emprisonnée dedans et finisse par condenser.

L'orientation des fibres pourrait jouer un rôle et rendre le ballot plus ou moins perméable à la vapeur d'eau mais cette influence reste très faible au vu de la concentration des ballots. Des fibres perpendiculaires à la ligne du mur laisseraient en effet passer la vapeur plus facilement au travers mais les pertes de capacité isolante n'en valent pas la peine. Des fibres parallèles à la ligne du mur laissent elles aussi passer la vapeur d'eau sans problème mais ont l'avantage de mieux isoler.

## 2.5 Résistance au feu

La résistance au feu de la paille va une fois de plus dépendre de sa mise en œuvre. Les ballots de pailles étant concentrés, un mur en paille a une très bonne résistance au feu alors que ce n'est pas le cas de la paille en vrac.

Pour un ballot, seule la couche en contact direct avec la source de chaleur brûle : l'intérieur ne brûle pas et fait office de très bon coupe-feu. La croyance populaire qu'une maison en paille brûlera très vite et devient ainsi dangereuse est donc fautive. Un mur en paille de taille standard (50 cm) a une résistance au feu de 85 minutes. Un mur en ballots enduits à la chaux (paroi standard) obtient une classification B s1 do, ce qui veut dire qu'elle est faiblement combustible, n'émet que peu de gaz combustible et pas de gouttelette. Ces données qui en font un très bon matériau sur ce critère vont donc totalement à l'encontre de la vision populaire de la paille considérée faiblement résistante face au feu. Pour rappel, 87% des répondants au sondage estiment que la paille a une faible résistance au feu.

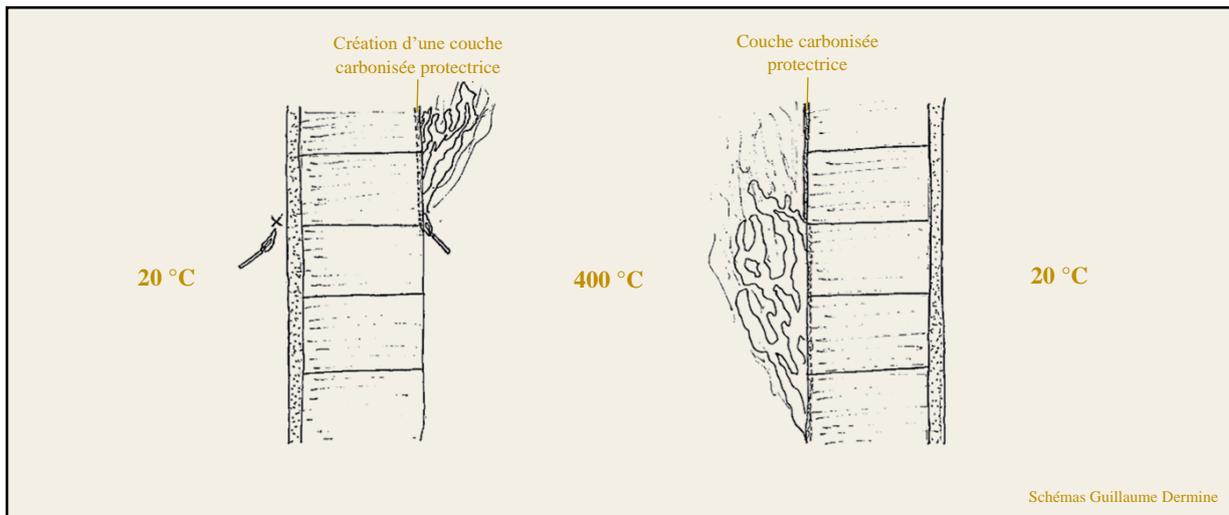
L'élément clé est lié à la concentration et donc à la densité du ballot : la paille en vrac aura une résistance au feu très mauvaise car elle n'est pas concentrée. Plus la paille sera concentrée, notamment dans un ballot de qualité destinée à la construction, plus sa résistance au feu sera élevée.

## 2.6 Réaction au feu

La réaction au feu de la paille va aussi dépendre de sa mise en œuvre. La paille comme tout végétal sec, brûle au contact du feu. Un ballot aura une réaction au feu et brûlera au contact de la flamme mais cela ne durera pas car la concentration du ballot n'offre pas les éléments nécessaires à la flamme pour survivre, à savoir l'oxygène, seule la couche extérieure brûlera et finira par s'éteindre toute seule.

La paille n'est cependant pas mise en œuvre sans parement extérieur et intérieur. Ces parements offriront donc une couche de protection s'ils ne réagissent pas eux-mêmes au feu. Un enduit constitue une très bonne protection.

La plupart des incendies domestiques ne sont pas dus à un embrasement des parois de l'habitation elle-même mais bien du mobilier de maison. Une fois le feu lancé, le reste de la maison commence à brûler et l'incendie ne cesse qu'une fois la maison en cendres. Lorsque les pompiers doivent intervenir, une maison en paille est bien plus sûre pour eux que celles dont la structure est en béton armé ou en métal. L'épaisseur du mur en paille leur donne une durée de résistance pour intervenir alors qu'une structure en acier risque de s'effondrer sans prévenir. La paille ne dégage que peu de fumée vu qu'une très petite couche brûle, elle n'émet pas de gouttelettes ou de débris enflammés. Cela rend l'intervention au sein du bâtiment moins dangereuse pour les pompiers.



## 2.7 Isolation acoustique

La paille peut offrir une très bonne isolation acoustique. Sa caractéristique de matériau très hétérogène lui donne la possibilité d'absorber une grande partie des fréquences et longueurs d'ondes. Le ballot de paille pressé offre une bonne étanchéité à l'air et couplé à des enduits, il atténue les bruits aériens. La paille peut également faire office de ressort acoustique et ainsi offrir une déconnexion sans provoquer de résonance acoustique. Elle permet également de réduire les bruits de chocs. L'orientation des fibres n'a que peu d'impact sur l'acoustique de la paroi.

Des tests réalisés par « l'Institut pour Acoustique et Physique du bâtiment allemand » montre que pour un ballot de 36cm d'épaisseur, on atteint un indice d'affaiblissement acoustique de 43 dB sans enduit et de 44 dB avec un enduit terre sur chaque face. On peut donc dire que l'enduit n'a que peu d'impact sur les performances acoustiques du mur en ballot de paille. L'épaisseur proposée pour ce test reste faible comparé à ce qui peut se faire sous certaines techniques qui prévoient au minimum 10 cm de paille supplémentaires, ce qui augmente encore les performances acoustiques.

## 2.8 Tableau synthétique des caractéristiques techniques <sup>17</sup>

Le Réseau Belge Francophone de la Construction Paille publie dans le cadre du projet UP STRAW une synthèse des caractéristiques techniques du matériau qu'est le ballot de paille de construction :

Densité	entre 80 et 120 kg/m <sup>3</sup>
Dimensions courantes	37 cm x 47 cm x L (L : longueur variable entre 80 et 120 cm)
Conductivité thermique	$\lambda_D = 0,06 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Résistance thermique	$6,2 < R < 7,8 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$
Coeff. de transmission thermique	$0,13 < U < 0,17 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
Déphasage	entre 12 et 16 heures
Capacité thermique massique	$C_p = 1558 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$
Facteur de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau	$\mu = 1,04$
Classement de la résistance au feu	REI de 30 à 120 minutes selon finitions utilisées
Affaiblissement acoustique	- 40 à - 46 dB paille enduite à la terre crue
Stockage carbone	-14 kg EqCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> selon l'analyse de cycle de vie (Fr)
Qualité de l'air intérieur	Pas d'émissions de COV

Il est également évoqué que le risque de rongeurs est inexistant. La paille n'a pas d'intérêt nutritif à la différence des grains. Comparée à d'autres isolants, la paille étant très concentrée, ne laisse pas place à la formation d'un nid car elle ne peut pas être tassée. Par contre, des précautions doivent être prises pendant la période de stockage où les rongeurs sont susceptibles de nicher entre les ballots.

## 2.9 Bilan écologique

Si on peut se réjouir de toute une série d'atouts de la paille sur le plan écologique, il faut néanmoins prendre conscience que l'agriculture céréalière productrice de la ressource paille est malgré tout responsable d'une série de conséquences négatives pour l'environnement.

Les sections suivantes passent en revue les différents avantages écologiques de la paille comparativement à d'autres matériaux de construction, évaluent l'impact de cette image écologique sur le développement potentiel du secteur et terminent par les inconvénients liés à l'agriculture dont la paille est un sous-produit.

<sup>17</sup> Source : <https://clusters.wallonie.be/servlet/Repository/brochure-la-construction-en-paille-web-light.pdf?ID=165972&saveFile=>

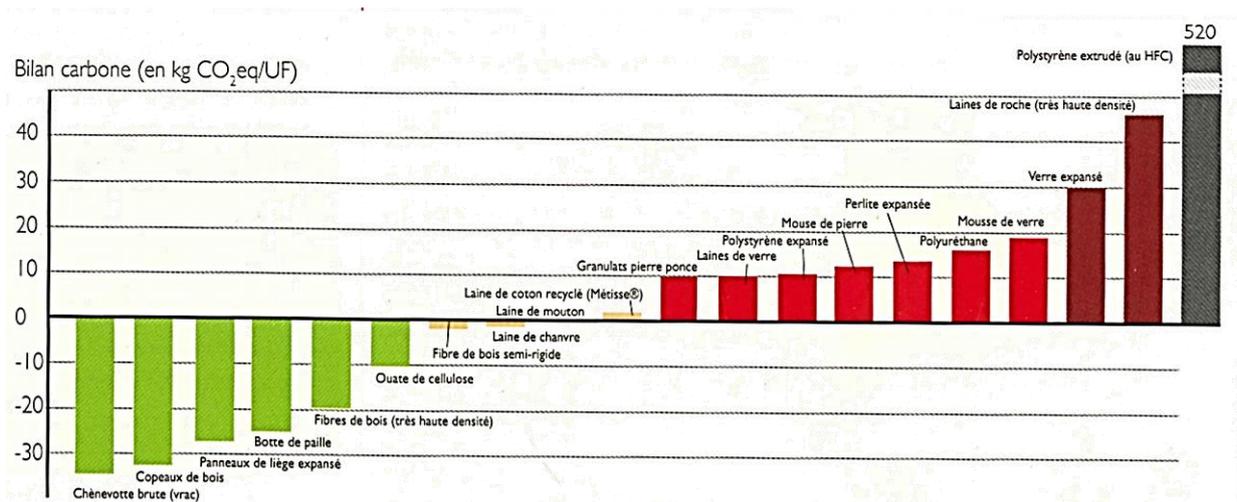
## 2.9.1 Atouts écologiques de la paille

La paille peut être qualifiée de matériau écologique à quelques exceptions près. Elle n'est pas dénuée de défaut mais elle fait partie des matériaux ayant le moins d'impact sur l'environnement. Consommer implique automatiquement des conséquences environnementales mais la question est de savoir quel matériau en génère le moins.

La paille utilisée en construction a un bilan carbone négatif. Un calcul<sup>18</sup> montre qu'approximativement 18 840 kg de CO<sub>2</sub> seraient stockés dans les parois d'une maison de 110 m<sup>2</sup>. En imaginant le trajet minimal nécessaire pour le transport de la paille sur le chantier (ce qui est souvent le cas), seule l'essence pour ce trajet et le fonctionnement des machines utiles à la récolte et la mise en condition de la paille produisent du CO<sub>2</sub> facilement compensé par le stockage évoqué. En fin de cycle de vie, les ballots, s'ils ne sont pas dégradés ou peu dégradés, peuvent être réutilisés une fois le bâtiment détruit, par exemple, comme engrais ou litière. Ainsi le cycle est bouclé et l'impact écologique très faible ! Toujours en imaginant une maison de 110 m<sup>2</sup>, la construction en paille permettrait d'économiser 7,2% de CO<sub>2</sub> par habitation par le simple fait d'être construite en paille.

Comme le montre le graphique ci-dessous, la paille figure parmi les meilleurs isolants pour le bilan carbone. Là où les isolants conventionnels impactent négativement l'environnement, la paille, au même titre que d'autres isolants biosourcés, a un impact positif avec son bilan carbone négatif.

**Graphique de comparaison du bilan carbone des isolants<sup>19</sup> :**

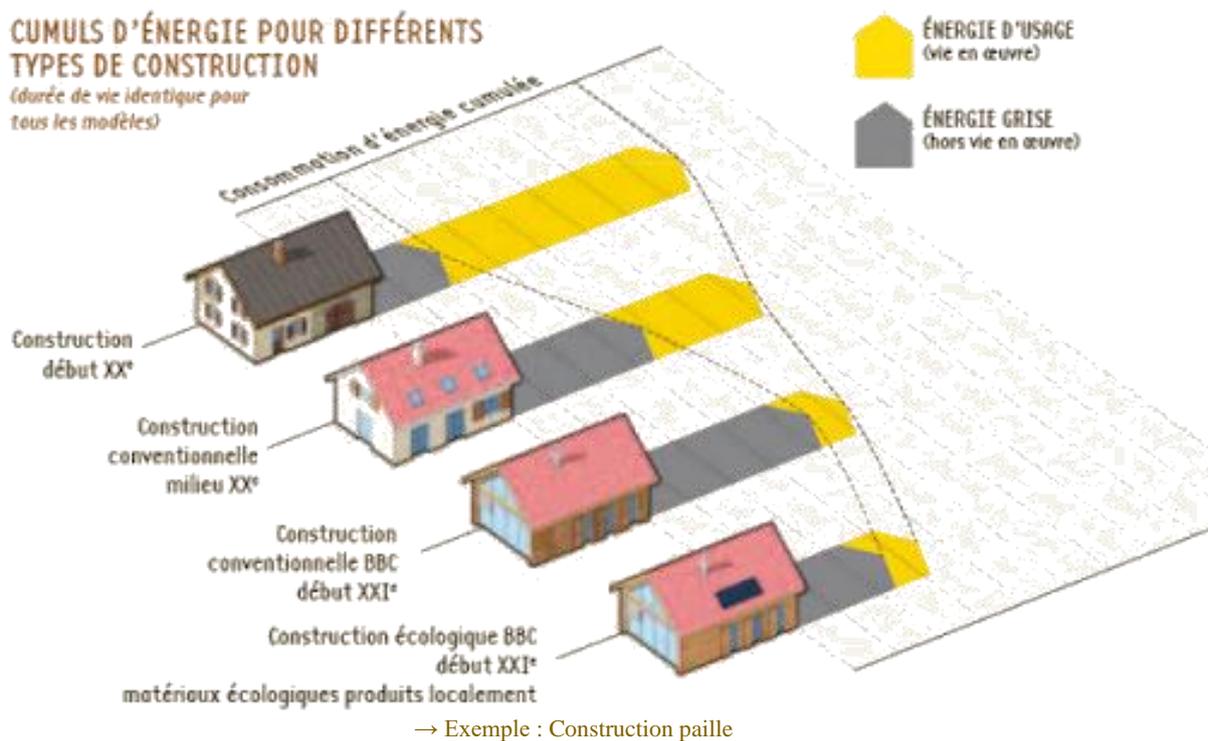


<sup>18</sup> aPROpaille : Vadémécum 2 - La paille parois performantes

<sup>19</sup> <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/228794/1/Isolants%20biosourc%C3%A9s%20-%20Energie%20Habitat%202018.pdf>

La construction en paille implique automatiquement l'isolation de la maison. Peu importe la technique utilisée, l'épaisseur des murs et donc de l'isolant est conditionnée par la taille du ballot, soit environ 40cm. Dans ce contexte, le bâtiment atteint très facilement des standards passifs ou proches en termes d'énergie consommée tout en profitant d'une qualité de l'air exceptionnelle en l'absence de composés organiques volatils (COV).

Il est intéressant d'observer l'évolution de la consommation d'énergie par type de construction au cours du siècle dernier et de décomposer ce cumul d'énergie entre énergie d'usage<sup>20</sup> et énergie grise<sup>21</sup>.



On observe sur le schéma<sup>22</sup> qu'au fil du siècle, l'énergie d'usage a considérablement diminué quel que soit le type de construction. Par contre, on observe également que dans le même temps, l'énergie grise des constructions conventionnelles a augmenté de manière significative à l'exception des constructions écologiques dont la construction paille fait partie. Tous ces éléments montrent que la construction est un élément de réponse vers un mode de vie plus durable.

<sup>20</sup> **Énergie d'usage** : consommation d'énergie en habitant le bâtiment

<sup>21</sup> **Énergie grise** : la quantité d'énergie au cours du cycle de vie du produit depuis sa conception jusqu'au recyclage en fin de cycle.

<sup>22</sup> <https://www.veilleconstruction.be/189-construction-durable/4587-la-construction-paille-une-reponse-ambitieuse-aux-objectifs-de-performances-techniques-et-environnementales.html>

## 2.9.2 La paille victime de son image écologique

La paille a de nos jours une valeur d'image plus que de substance. Elle est vue comme un instrument de marketing mettant en avant un bâtiment pour ses qualités écologiques qui sont la plupart du temps réelles. Le maître d'ouvrage choisira ce matériau pour faire la publicité de son idéologie. Et cette publicité est à double tranchant : les personnes attirées par les idées écologistes en seront intriguées voire même séduites mais d'autres y seront particulièrement réfractaires.

L'écologie, malgré sa place de plus en plus inévitable dans le débat public, garde un arrière-goût de privilège. Seuls les « riches » pourraient se permettre l'écologie, elle ne serait pas accessible à tout le monde. Cela peut se vérifier sur certains aspects mais la construction en paille est plutôt le contre-exemple. Le coût général de la construction en paille est plutôt faible pour les standards PEB qu'elle permet d'atteindre assez facilement. Cette réputation exclusive de matériau « écolo » peut rebuter certains à s'intéresser à la paille. Il faudrait donc parvenir à équilibrer cette tendance pour percevoir la paille comme un matériau de construction à part entière sans étiquette particulière. Son bilan écologique devrait être perçu comme un atout supplémentaire par rapport à toutes ses qualités techniques comparables voire supérieures aux matériaux conventionnels.

On peut également noter que le double usage de la paille, dans l'agriculture et la construction peut en rebuter certains. L'idée de construire sa maison avec un matériau utilisable comme lit de la litière d'un porc ou d'une vache peut sembler repoussante mais il s'agit de deux finalités du ballot de paille totalement indépendantes l'une avec l'autre.

La paille a donc une réputation mitigée à l'heure actuelle par mésinformation. Des organismes comme l'IFAPME de Mons (membre du Réseau Belge Francophone de la Construction Paille), un centre de formation, peuvent sensibiliser les acteurs de la construction et contribuer à changer la perception négative non fondée vis-à-vis de la paille. Bien informé, chacun peut ensuite se forger son propre avis sur le matériau en se basant sur des données objectives.

## 2.9.3 Externalités négatives de l'agriculture céréalière productrice de paille

A côté des points positifs évoqués, il ne faut pas perdre de vue l'impact de l'agriculture, souvent intensive, à partir de laquelle la paille va être récupérée. Ce n'est pas la paille elle-même ou la construction en paille qui sont en cause mais bien la culture céréalière et certaines de ses pratiques.

L'utilisation de biocides utilisés par l'agriculture a un impact direct sur l'environnement : les insecticides tuant des insectes essentiels (abeilles, ...), les parasiticides tuant des vers eux aussi essentiels à l'aération de la terre, ... D'un point de vue de la santé humaine, aucune étude n'a pu prouver

une toxicité pour les résidents d'une maison en paille précédemment traitée aux biocides. Une explication possible pourrait être que ces composants chimiques se désagrègent rapidement surtout si la paille a été stockée avant d'être mise en œuvre.

L'eutrophisation des sols due à l'utilisation d'engrais agricoles est un second problème car elle surcharge les sols en éléments nutritifs.

Les cultures céréalières comme elles sont majoritairement exploitées aujourd'hui tassent les sols et empêchent l'eau de pluie d'être absorbée. De la même manière, l'appauvrissement des sols participe à cette problématique et les rend de moins en moins poreux. Cela nous place au cœur de l'actualité : les inondations de cette année 2021 forcent à remettre en question non pas le fait de cultiver mais la méthode d'agriculture. D'une part, l'agriculture participe au dérèglement climatique et d'autre part, ce dérèglement l'impacte négativement en retour avec l'affaiblissement du jet Stream qui rend les saisons moins prévisibles et les événements climatiques extrêmes destructeurs de récoltes plus fréquents ...

Une remise en cause du modèle agricole est nécessaire et des alternatives existent. Par exemple, les sols dit « vivants » sont riches en organismes et stabilise les sols permettant, à l'aide de plantes telles que la luzerne, de les rendre plus poreux tout en les consolidant de leurs racines. On constate aujourd'hui, que les sols jadis poreux ne le sont plus et participent au risque d'inondation. Il faut donner la possibilité aux cultures de s'adapter aux changements qui, pour certains, sont déjà irréversibles.

Pour cela, il est nécessaire d'admettre la responsabilité que l'activité humaine, y compris agricole, a sur l'environnement. Il faut une prise de conscience collective au niveau du citoyen consommateur et au niveau professionnel non seulement dans le secteur agricole mais également agroalimentaire industriel. Le système de l'agroécologie serait donc à privilégier. L'agriculture biologique qui est en croissance en Belgique ainsi que l'agriculture raisonnée sont des éléments de réponses.

Il faut cependant noter que la paille en elle-même n'est pas directement responsable de ces externalités négatives car elle est un sous-produit de l'agriculture et les céréales sont aujourd'hui cultivées pour les besoins de la filière alimentaire humaine ou animale et non pas pour la paille qu'elles génèrent. Même si on ne l'exploitait pas en construction, la pollution, l'appauvrissement des sols... seraient inchangés.

La paille en tant que matériau de construction a donc un rôle à jouer dans ce combat écologique en tant qu'alternative à des matériaux bien plus polluants exigeant un déploiement d'énergie supplémentaire.

Conscients de ses qualités techniques et écologiques, le chapitre suivant est consacré à toutes les techniques de mise en œuvre de la paille.

# Chapitre 3

## Techniques de construction

En fonction du rôle que la paille va jouer, porteuse ou non, les techniques constructives diffèrent. Celles-ci ont évolué au fil du temps et ont des origines géographiques différentes. Ce chapitre va successivement décrire les techniques suivantes <sup>23</sup>:

- Nebraska
- GREB
- CST
- Casacalida
- Paille-Tech
- Autrichienne

La première propose une paroi où la paille joue tous les rôles : elle est porteuse, support aux enduits intérieur et extérieur et isolante. La dernière, quant à elle, a pour seul rôle l'isolation. Selon la technique choisie, la facilité de mise en œuvre et les possibilités architecturales varient, le choix de la technique est donc primordial. Certaines poussent à l'autoconstruction, par exemple GREB, alors que d'autres imposent l'intervention d'une entreprise notamment pour des questions de manutention, par exemple, Paille-Tech qui utilise des parois préfabriquées.

Les performances varieront selon la typologie mais sans que cela ne soit véritablement significatif.

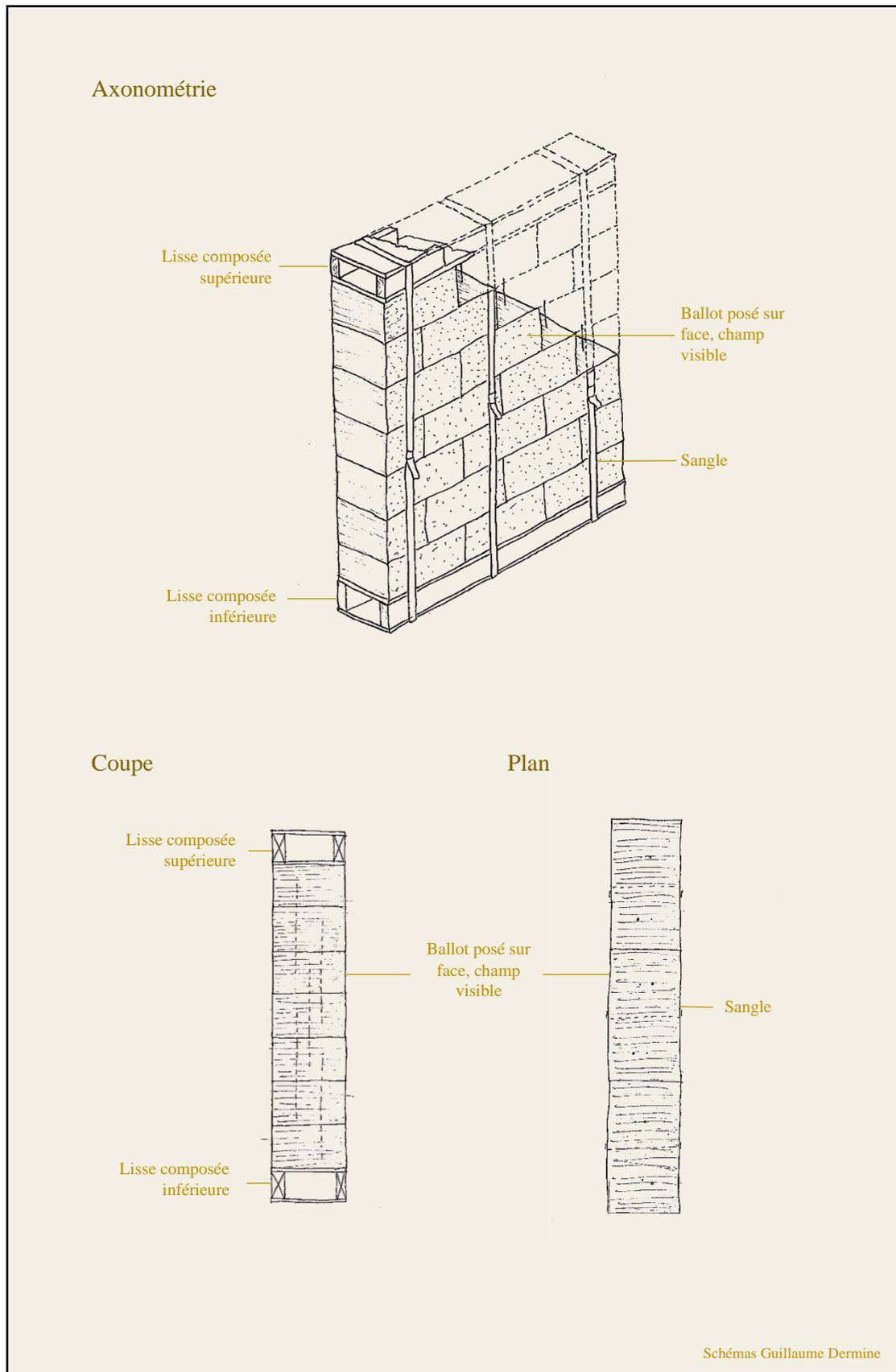
Il existe également d'autres techniques qui sont, pour leur part, plus vernaculaires. Elles n'ont pas fait l'objet d'étude approfondie et donc ne sont pas réglementées ou du moins normées.

Pour les documents graphiques dans la suite de ce chapitre, les schémas des projets sont extraits du Vademecum aPROpaille – la paille, projets construits. Les schémas des techniques constructives sont des croquis personnels.

---

<sup>23</sup> <https://www.ecobuild.brussels/sites/default/files/Publications/la-paille-projets-construits.pdf>

### 3.1 Nebraska



La technique Nebraska est la plus ancienne et **la seule à proposer une utilisation complète des capacités de la paille** : elle est porteuse, isolante et support de finition.

Un mur construit suivant cette technique est monté sur une lisse inférieure. Cette dernière doit faire l'épaisseur de la paroi et est souvent composée de plusieurs éléments. Sur cette lisse viennent les ballots qui sont reliés entre eux par des connecteurs verticaux qui les maintiennent en place. Enfin, une lisse supérieure termine la composition de la même manière qu'elle a commencé. Tout comme pour la lisse inférieure, elle doit faire l'épaisseur du mur. Des sangles relient généralement les deux lisses entre elles pour rigidifier l'ensemble et créer à l'avance le tassement inévitable du mur dû à la descente de charges des étages supérieurs. Toutefois, bien que vivement conseillées, ces sangles ne sont pas toujours utilisées.

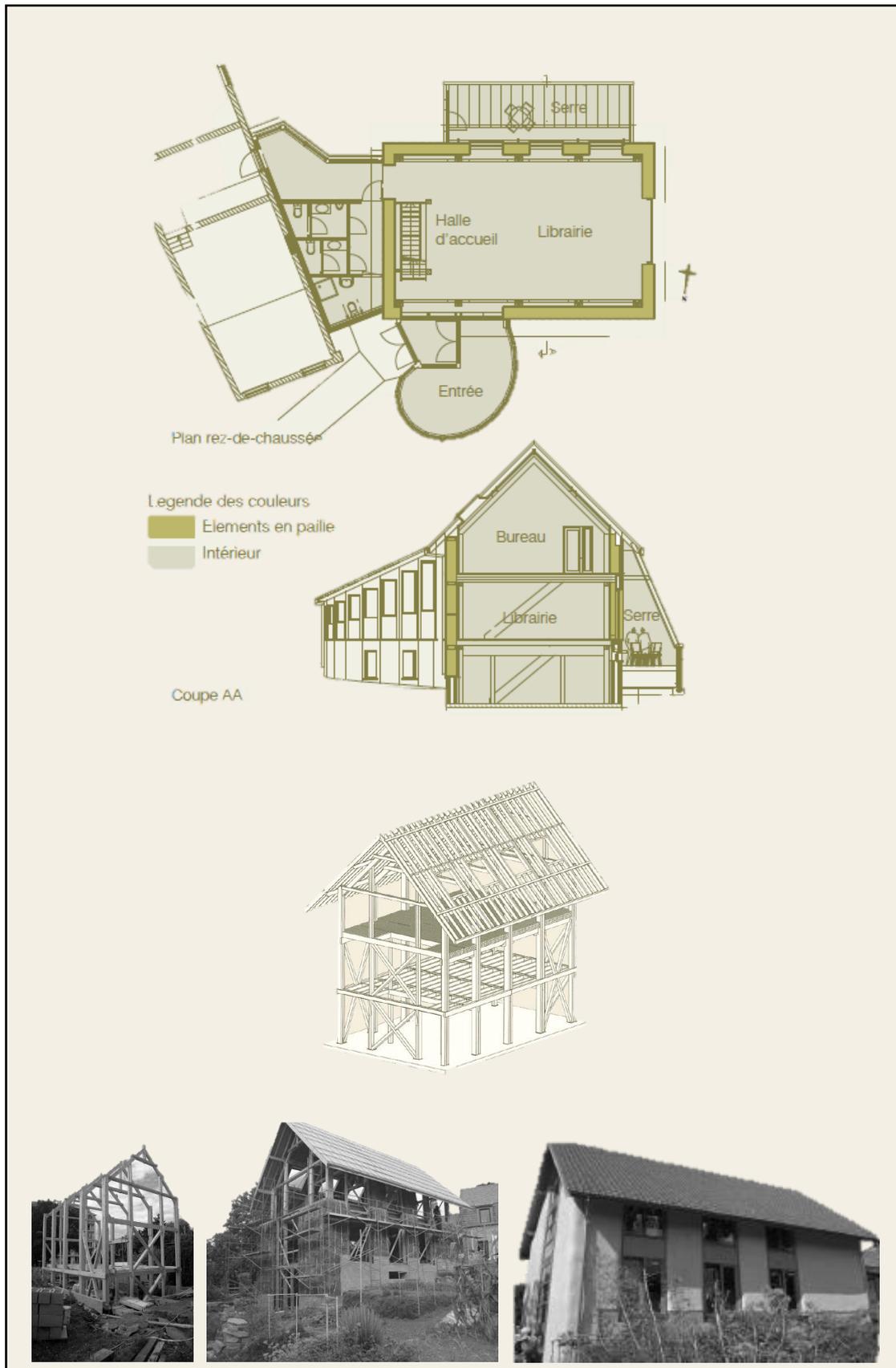
Cette technique permet d'avoir un mur monolithique porteur et présente l'avantage de faire gagner du temps au montage : un mur d'une dizaine de mètres peut être monté en moins d'une demi-journée. Cependant, le temps de montage varie en fonction des capacités de celui qui le met en œuvre. C'est en effet une technique prisée des autoconstructeurs car il n'y a pas d'ossature bois à mettre en œuvre, il faut simplement empiler les ballots les uns sur les autres. Il faut toutefois faire attention à ne pas exposer des ballots qui ont pris le temps de sécher à la pluie, il faut donc réaliser ce montage rapidement par beau temps pour pouvoir ensuite les bâcher et éviter qu'ils ne prennent l'humidité.

La technique Nebraska est la seule qui permet éventuellement d'utiliser des ballots de plus grande taille (environ 120x70x250cm) qui, une fois l'enduit posé, offrent un mur d'environ 70 cm d'épaisseur. Pour mettre en œuvre de tels ballots, il faut en revanche faire appel à un appareil de levage car ils peuvent peser plusieurs centaines de kilos. Si cette technique permet l'utilisation de très grands ballots, elle utilise néanmoins le plus souvent des ballots de petite taille (environ 47x37x80cm) car ils peuvent être mis en œuvre à mains nues tout en proposant une isolation aux normes.

Cette technique impacte très fortement la conception car pour fonctionner, il faut que les charges se répartissent uniformément sur le mur sans charge ponctuelle. Pour de petits ballots, seul un ou deux étages peuvent être proposés et les ouvertures dans le mur doivent être maîtrisées pour ne pas impacter la stabilité. Une architecture qui ne respecterait pas ces principes devrait alors faire appel à une sous-structure portant certaines parties du projet, le mur devenant alors une simple paroi autoportante. La conception de courbes est techniquement possible mais est tributaire de la longueur du ballot.

La technique Nebraska impose de concevoir en fonction des ballots et de leurs dimensions mais la paille est valorisée dans le projet pour l'entièreté de ses capacités techniques et favorise l'autoconstruction.

### 3.1.1 Nature & Progrès à Jambes



Cette réalisation de Luc Delvaux vient agrandir des locaux existants de l'association Nature & Progrès en créant une extension en paille qui intègre une halle d'accueil, une librairie et des bureaux. Le bloc sanitaire relie les espaces existants aux nouveaux.

Cette réalisation suivant la technique Nebraska est une des rares recensée en Belgique de nos jours. Elle n'exploite d'ailleurs que partiellement la technique puisque les murs ont uniquement un rôle de paroi isolante autoportante ne soutenant ni la toiture ni les planchers.

La technique Nebraska n'est en effet que très peu répandue en Belgique car elle demande à l'architecte de s'engager vis-à-vis de ce matériau. La paille devenant porteuse, la responsabilité à assumer fait peur lorsqu'il n'y a pas d'entreprise agréée pour la mettre en œuvre. Rares sont les entrepreneurs qui voudront proposer ce service. Elle est donc plus habituellement autoconstruite suivant les conseils de spécialistes faisant le déplacement. Pour le bâtiment de Nature et Progrès, une structure secondaire a été proposée pour pallier ce problème, offrant une spatialité plus complexe et exploitant la paille exclusivement pour ses capacités isolantes en créant une peau extérieure qui enveloppe la structure.

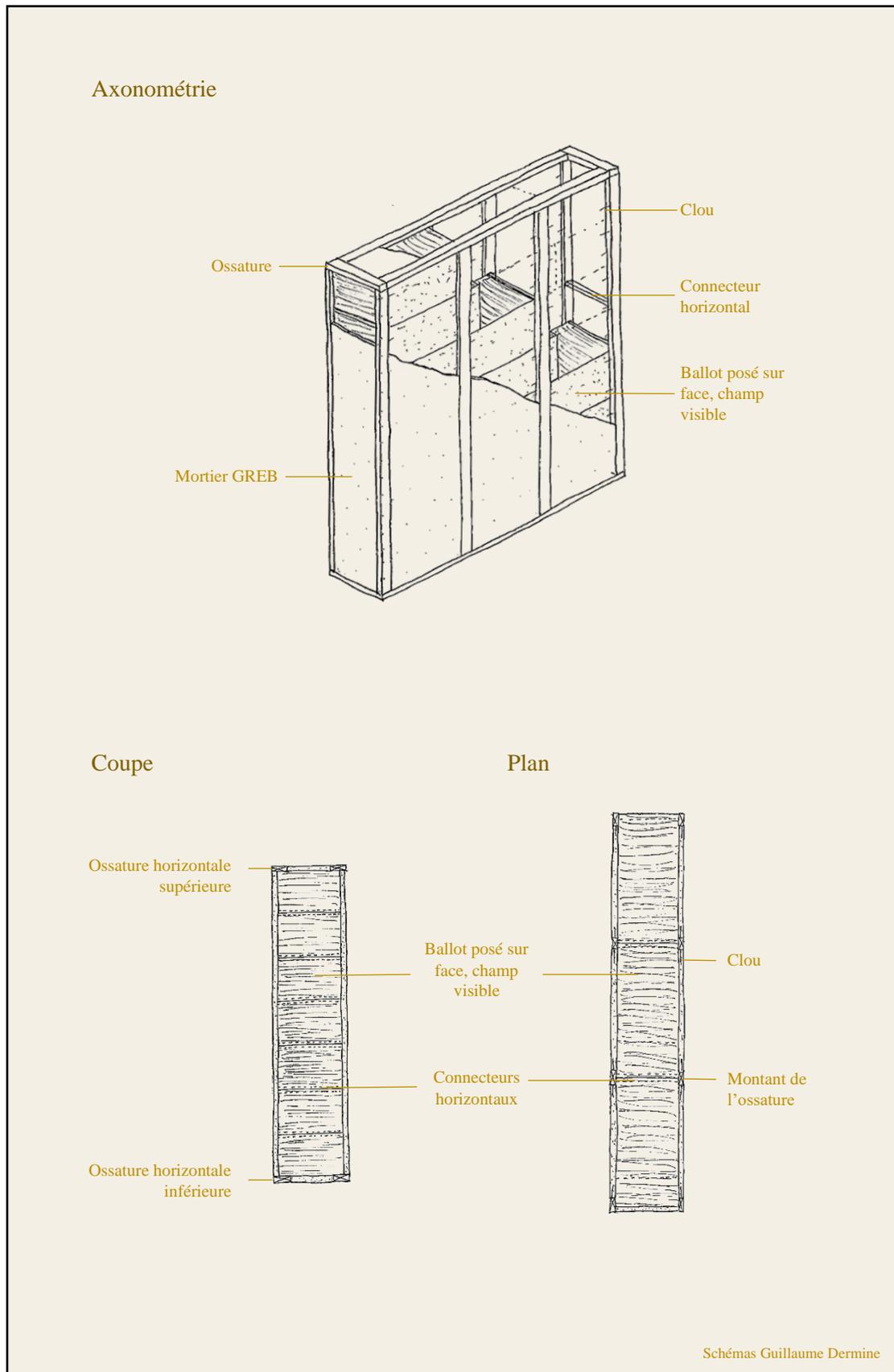
Cette peau en paille a pu être montée par le biais d'un chantier participatif permettant de promouvoir l'utilisation de ce matériau méconnu du grand public. Le choix de la paille a donc été orienté pour ses qualités environnementales avant tout. Cette extension est le premier bâtiment public en paille en région wallonne, de quoi donner un coup de pouce dans la communication du projet.

On retrouve l'utilisation de la paille comme moyen de marketing avant tout. C'est un très bon exemple montrant que la paille est utilisée pour l'attrait écologique qu'elle évoque plutôt que pour ses qualités techniques. Si ce bâtiment a le mérite d'utiliser la technique Nebraska, il ne le fait pas à son plein potentiel. La genèse du projet poussait à ne pas le faire car une série de personnes non qualifiées sont venues monter les parois en paille. Il était donc difficile pour un architecte d'engager sa responsabilité dans un tel projet construit de cette manière et sur 2 étages avec de petits ballots.

Le projet de par son programme se veut aussi éducatif et doit montrer qu'il est lui-même novateur. Les personnes qui fréquenteront cet établissement de l'association Nature & Progrès sont susceptibles d'être intéressées par une technique aussi novatrice. C'est une parfaite occasion pour en faire la promotion.

Ce projet est le premier en Wallonie à mettre publiquement en avant la paille en tant que matériau de construction. On peut retrouver d'autres bâtiments en Europe qui utilisent la technique Nebraska.

## 3.2 GREB (Groupement de Recherches Ecologiques de la Baie)



La technique GREB a été mise au point au Canada par un groupement de recherches en 1995. Elle propose des parois où la paille participe au soutien structurel, c'est-à-dire qu'elle est accompagnée d'une double ossature bois qui l'entoure, ainsi elles se complètent l'une l'autre pour assurer le rôle structurel. La paille est également un support au mortier qui lui-même servira de support aux finitions.

La double ossature bois est montée en un premier lieu pour être remplie de ballots de paille empilés à plat et en quinconce. Ensuite, un mortier spécial est coulé entre les montants, le ballot et un coffrage. Une fois le mortier séché au bout de quelques heures, le coffrage peut être retiré très rapidement. Il apporte surtout de la tenue au mur en liant l'ensemble et en ajoutant de l'inertie. Il adhère à la paille grâce à sa structure fibreuse et se fixe aux montants grâce aux clous qui en ressortent.

Ce mortier est composé de 4 volumes de sciure de bois, de 3 volumes de sable, d'1 volume de chaux aérienne et d'1 volume de ciment. La sciure de bois le rend très léger et plus écologique, l'apport d'un ciment en revanche ajoute un peu d'énergie grise au total.

La technique GREB est très appréciée des autoconstructeurs pour sa facilité de mise en œuvre. L'utilisation de ballots de petite taille et d'une ossature ne demandent pas de pièces de section importante et donc pas d'engin de levage. Les bottes de pailles sont entassées entre les montants reliés entre eux par des connecteurs horizontaux. Le mortier peut être ensuite coulé très facilement sans outillage particulier si ce n'est des panneaux faisant l'entraxe des montants.

Cette technique a aussi des contraintes en termes de conception : elle empêche les courbes et exige des précautions pour éviter les charges ponctuelles importantes sans modification de la structure. Les dimensions des ballots doivent correspondre à l'épaisseur du mur voulue moins l'épaisseur du mortier et des parements. Le choix des finitions est en revanche assez large grâce aux montants en bois apparents.

Le montage est plus fastidieux que pour la technique Nebraska mais reste plus flexible. Le coût varie surtout en fonction du maître d'œuvre tout en sachant que l'ajout de matériaux autres que la paille fera naturellement augmenter le prix.

Elle est actuellement la technique la plus répandue dans le monde. Elle est également populaire en Belgique car elle a fait ses preuves. Elle est attractive pour les autoconstructeurs par sa facilité de mise en œuvre. Elle est rassurante en termes de responsabilités pour les architectes non-initiés grâce à l'ajout obligatoire d'une structure en bois.

### 3.2.1 Habitat groupé à Buzet



Le projet se situe dans un ensemble d'un habitat groupé. Conçu par le bureau « Architecture et Nature », le reste de l'habitat groupé est réalisé par différents bureaux. Il est monté selon la méthode GREB pour sa facilité d'autoconstruction. La paille a été choisie pour son empreinte écologique réduite et la facilité d'accès à une bonne performance énergétique sans coût excessif. Un simple poêle à bois chauffe l'ensemble s'approchant d'une construction passive.

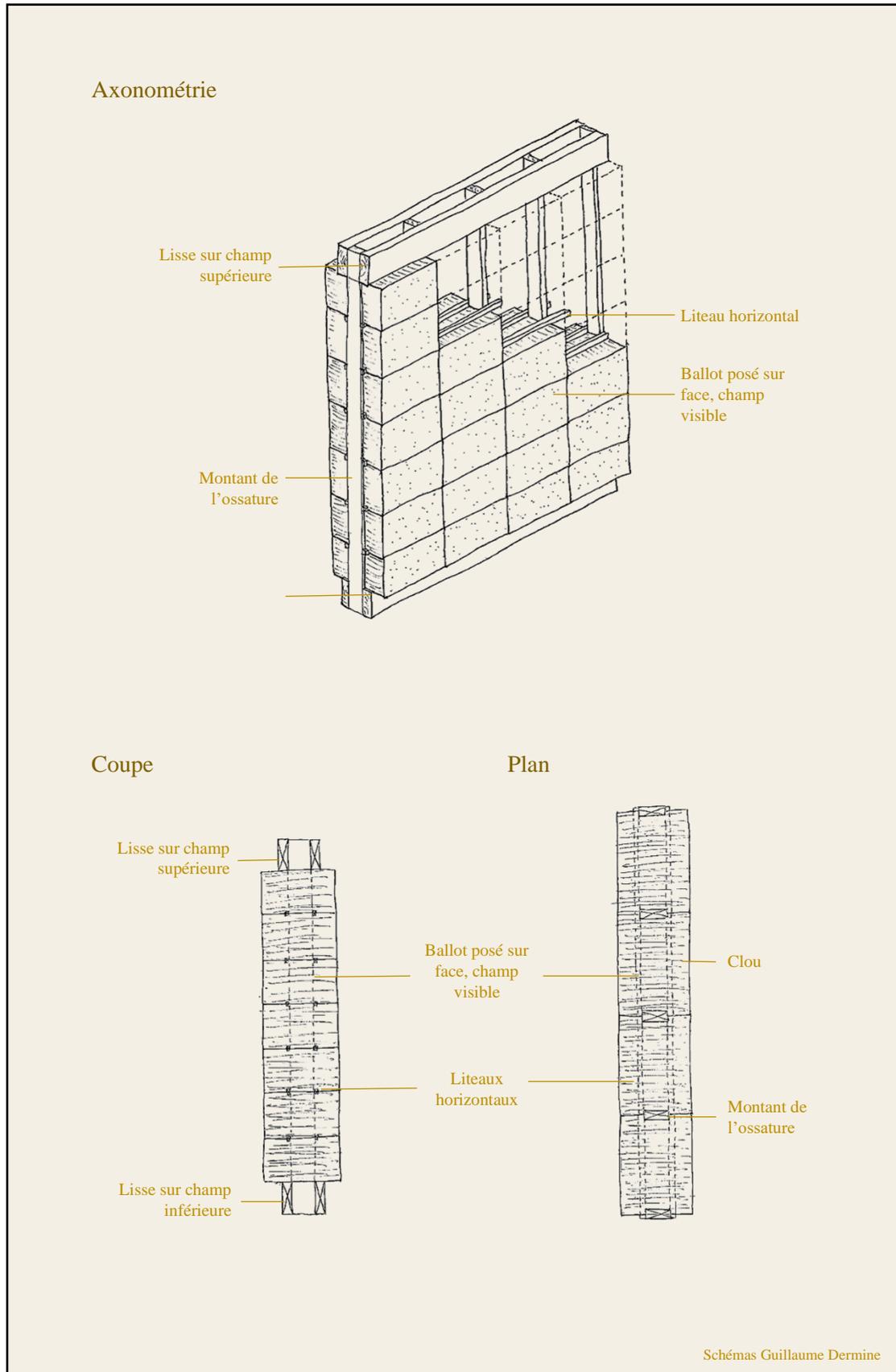
Comme souvent pour les bâtiments construits en paille, l'accent est mis sur l'aspect écologique de l'ensemble. Ce choix va donc de pair avec une réflexion sur le reste des installations pour minimiser l'énergie grise nécessaire à la construction et à l'entretien. Des panneaux photovoltaïques chauffent l'eau de pluie récupérée et grâce à une inertie importante des murs, il n'y a pas besoin de climatisation. Aucune ventilation mécanique n'a été proposée pour éviter d'utiliser de la technologie exigeant un entretien et qui pourrait faillir à sa tâche avec le temps. L'utilisation de matériaux naturels assure une très bonne qualité d'air à l'intérieur sans le moindre composant toxique.

Les façades extérieures correspondent au style du bureau avec des formes quasiment organiques, mais le fait de travailler pour un habitat groupé dessiné en partie par d'autres architectes force à se rapprocher d'une architecture plus traditionnelle, du moins en volumétrie. Pour les façades, on retrouve un bardage et un enduit fonctionnant bien avec la technique GREB. Le lattage du bardage se fixe aux montants et l'enduit au mortier coulé entre ceux-ci. Ces deux matériaux présents sur les autres logements de l'habitat groupé, on obtient un ensemble plutôt cohérent.

Le projet met en avant l'autoconstruction. Cette technique est utilisée avant tout pour cela. Comme dit précédemment, il est très simple de remplir le mur de paille soi-même sans pour autant risquer de détériorer les performances du bâtiment. La famille a donc pu mettre la main à la pâte et inviter des connaissances pour les aider à avancer sans assumer le coût de main-d'œuvre.

Même si l'autoconstruction reste dans ce cas simple à mettre en place, il ne faut pas oublier les fondamentaux comme le fait que la paille doit rester sèche. Il est indispensable de la bâcher en fin de journée ou quand vient la pluie. Il faut respecter les normes que la technique impose. Sa simplicité de mise en œuvre pousse certains à tester de nouveaux mélanges pour le mortier ou à se passer de certains raccords horizontaux. Ces modifications de paramètres préétablis peuvent nuire à l'ensemble. Il faut donc que l'architecte en charge du projet surveille le chantier correctement même si les autoconstructeurs sont les futurs résidents. Un changement de propriétaire pourrait d'ailleurs engager la responsabilité de l'architecte en cas de malfaçon.

### 3.3 CST (Cellule Sous Tension)



Cette technique fait office d'hybride entre la Nebraska et la GREB. Les ballots sont aussi contenus dans une ossature bois mais celle-ci n'est pas visible de l'extérieur. Elle a pour avantage de proposer une paille partiellement porteuse mais aidée dans cet effort par l'ossature tout en ayant une surface intérieure comme extérieure qui peut facilement être enduite car seule la paille est apparente.

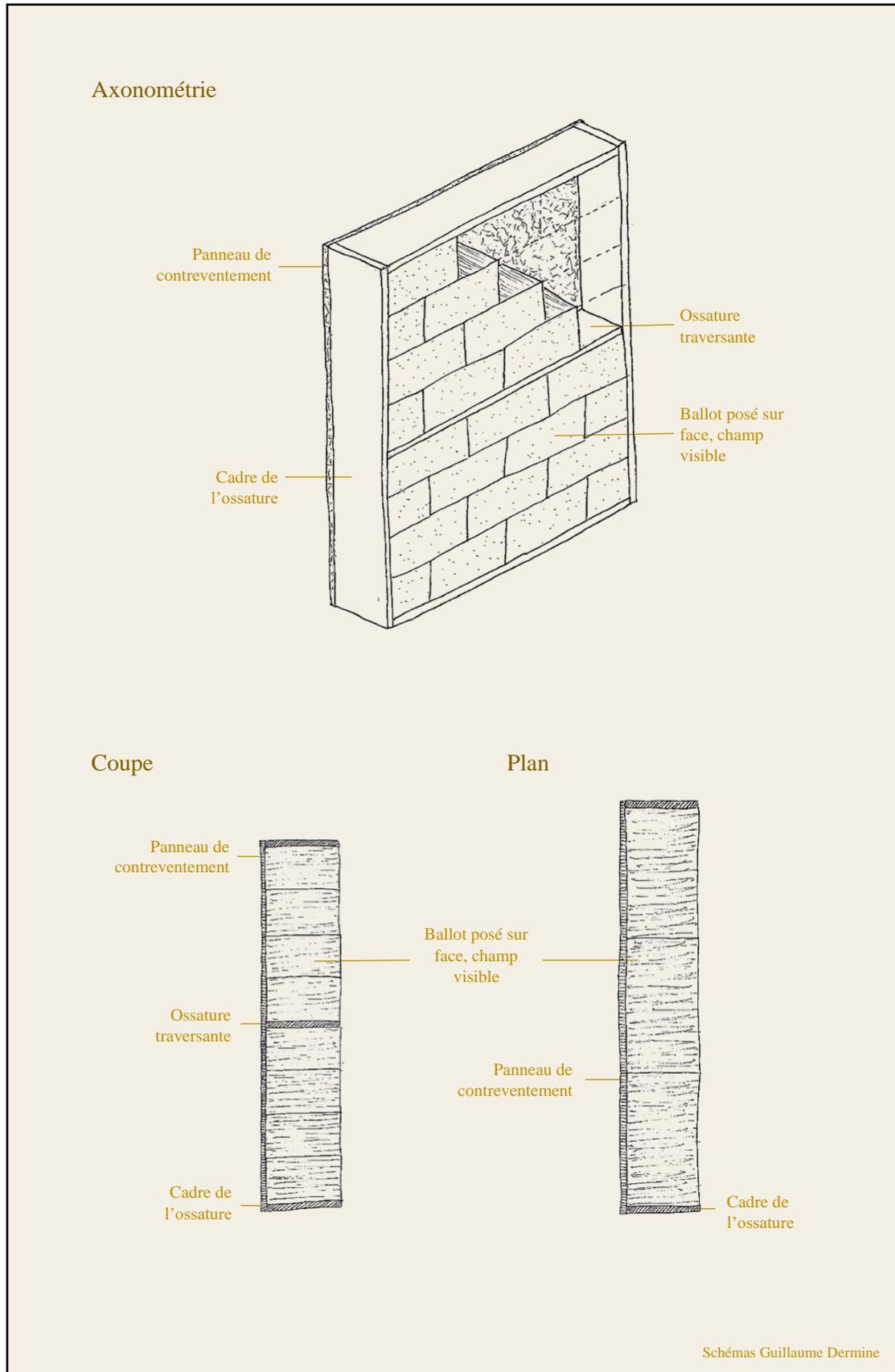
Pour monter un mur suivant cette technique, il faut d'abord placer deux lisses sur leur champ, elles serviront de pose pour les premiers ballots et serreront les montants de l'ossature entre elles. Le fait de les poser sur le champ libère un espace en pied de mur à l'intérieur comme à l'extérieur qui peut servir pour un parement de soubassement ou accueillir des techniques derrière une plinthe. Les montants sont ensuite placés avec un entre-axe légèrement plus petit que la longueur des ballots pour qu'ils soient bien serrés entre eux. Les ballots sont alors montés les uns sur les autres avec, à chaque lit, deux liteaux horizontaux qui les compriment en se fixant à chaque montant de l'ossature. Cette technique est souvent utilisée pour les enduits terre, il suffit de tremper chaque face visible du ballot dans un mélange en terre plus liquide avant de les placer dans le mur.

L'autoconstruction reste envisageable mais elle est malgré tout plus difficile à mettre en place. L'importance de l'ossature à chaque étape du montage implique que les techniques soient moins accessibles à des personnes inexpérimentées car elles sont plus complexes à maîtriser. De plus, les ballots doivent respecter des dimensions très précises, ce qui rend également le montage plus difficile. L'autoconstruction est souvent de mise dans des projets utilisant un matériau plus inhabituel comme la paille. Les maîtres d'ouvrage veulent souvent participer activement au chantier pour comprendre le matériau. Il faut cependant être prudent en utilisant cette technique de bien maîtriser sa complexité.

La conception est fortement impactée par ce type de mur. Il faut respecter l'entre-axe de chaque montant, modulant ainsi les ouvertures et la longueur des murs. L'épaisseur du mur correspond à celle d'un mur Nebraska si les ballots ont la même profondeur mais ne bénéficie pas de l'apport d'inertie du mortier GREB. L'enduit en terre crue peut ajouter de l'inertie à l'ensemble mais son épaisseur reste moins importante que le mortier. La structure en bois permet de reprendre des charges ponctuelles plus facilement que pour la technique Nebraska sans pour autant accepter des charges très importantes.

Cette technique reste donc un entre-deux intéressant sous certaines conditions de conception et de mise en place entre la GREB et la Nebraska mais elle demande plus de savoir-faire pour être certain du résultat. Aucune réalisation belge n'est recensée à ce jour.

### 3.4 Casacalida



Cette technique a été développée pour la première fois en Belgique. Un groupement d'architectes et d'autoconstructeurs s'est réuni avec l'intention de créer une mode de construction correspondant à leur besoin incorporant au minimum de la paille.

Elle a pour principe de mettre en œuvre la paille dans une structure bois. Deux montants sont posés aux extrémités d'une lisse inférieure. Une lisse intermédiaire et supérieure relie l'ensemble. La paille est ensuite placée dans les ouvertures. Un panneau de contreventement lie finalement le tout. Cette ossature porte le projet, la paille n'ayant qu'un rôle d'isolant et de support d'enduit éventuel. Au lieu d'avoir une ossature verticale, celle-ci devient horizontale. Pour éviter qu'une flèche ne se crée sur la lisse intermédiaire, la paille en ballot suffisamment tassé sert de blocage, elle participe tout de même légèrement à la structure de ce point de vue-là.

Cette technique a pour avantage de proposer une grande possibilité quant à sa mise en œuvre. Tout d'abord, le ballot de paille peut soit arriver à ras de l'ossature ou bien en ressortir. Il doit au minimum arriver à ras d'un côté pour permettre l'installation du panneau de contreventement mais rien ne l'y oblige de l'autre. Cela permet d'installer facilement un lattage sur l'ossature si le ballot ne ressort pas ou bien un enduit dans le cas où il dépasserait.

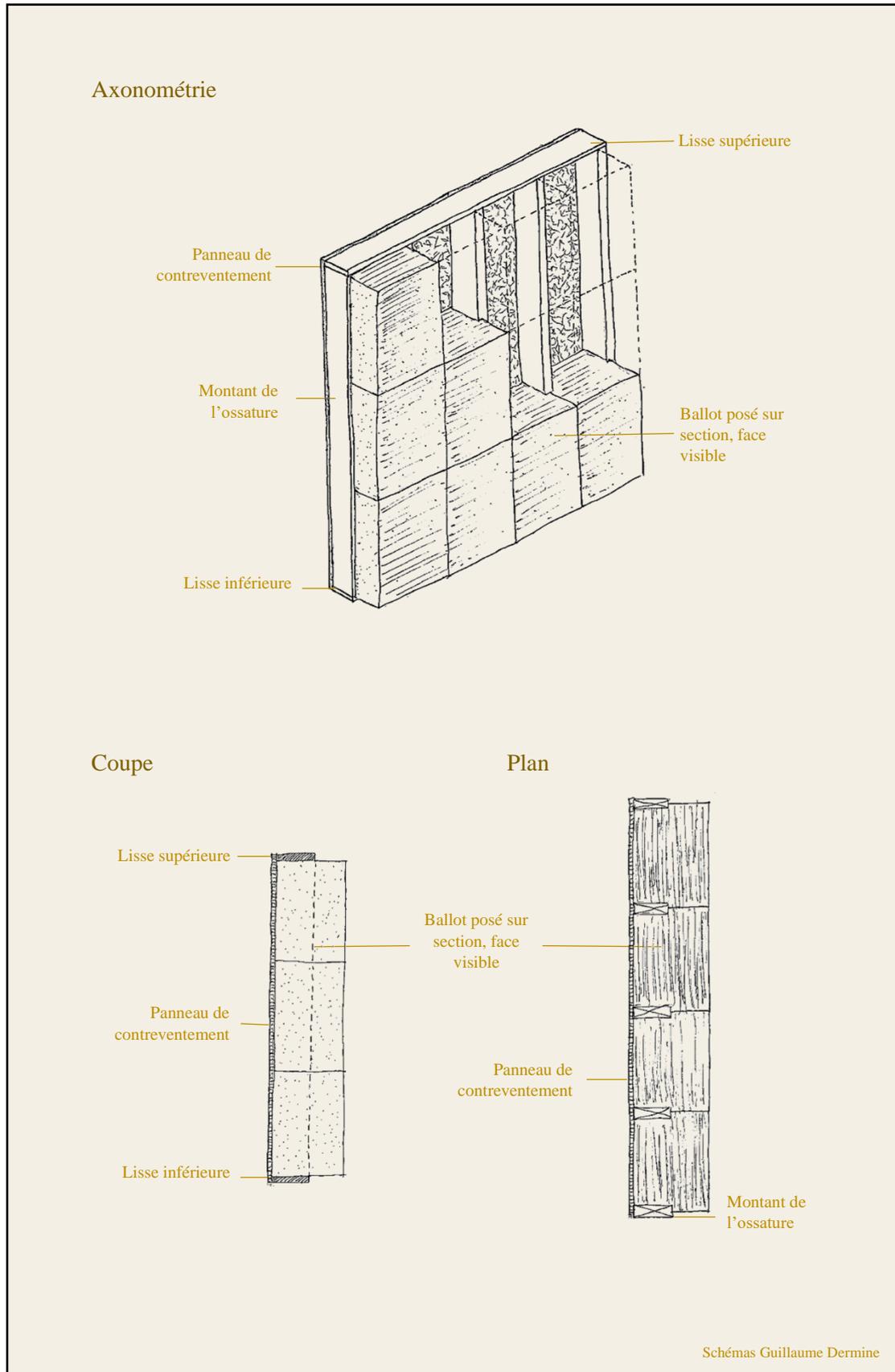
Elle offre une grande polyvalence car elle permet aussi une mise en œuvre classique réalisée par une entreprise. Elle pourrait fonctionner selon un modèle de préfabrication car les parois sont réalisées selon plusieurs modules remplis de paille. Elle peut surtout permettre l'autoconstruction. Le remplissage de l'intérieur de l'ossature peut se faire par le maître d'ouvrage alors que le montage de l'ossature doit normalement se faire par une entreprise spécialisée.

Cette technique reste plus fréquente en Flandre d'où elle provient. Le peu de publicité à son sujet la rend difficilement accessible pour une personne ne connaissant pas directement le sujet ou un initié. Ce manque de communication fait qu'elle n'est pas répandue en Wallonie au profit d'autres techniques de construction en paille.

La conception reste légèrement contrainte par cette technique car les modules créés ne permettent pas encore la réalisation de courbes sans repenser le modèle. Par contre, chaque panneau peut avoir des dimensions différentes en fonction des besoins : ils sont contraints par la taille des ballots mais ceux-ci pouvant ressortir de l'ossature rend la technique plus flexible. À la différence de la technique autrichienne, plusieurs ballots remplissent la longueur d'une travée ne contraignant donc pas autant ses dimensions.

La technique Casacalida met en valeur le matériau paille par sa polyvalence de mise en œuvre et son développement se rapproche au plus fort des besoins précis des développeurs.

### 3.5 Paille-Tech



L'entreprise belge Paille-Tech propose une technique brevetée qui lui est propre : des murs préassemblés en atelier. La paille y a pour rôle d'isoler et de supporter l'enduit intérieur en terre déjà posé. La face extérieure est couverte par un panneau de contreventement et d'un pare-pluie. Les murs se composent comme une ossature bois classique et sont remplis de paille. L'ossature ressort du côté intérieur car elle ne fait qu'une vingtaine de centimètres de profondeur contre 46 pour les ballots.

La première grande différence par rapport aux autres techniques, c'est **la préfabrication des panneaux**. Celle-ci lui confère l'avantage de pouvoir travailler dans un espace sain et surtout sec. Les panneaux livrés disposeront donc d'une paille de très bonne qualité. Ils pourront être montés très rapidement sur place sans grande préoccupation de la météo. Le montage demande entre 3 et 5 jours pour une maison unifamiliale. Il n'y a pas de risque de détérioration de la qualité de la paille. L'orientation des ballots permet une meilleure performance technique que pour les autres techniques.

Cette technique rend impossible l'autoconstruction. Tout doit être monté en atelier, voire avec certaines techniques spéciales. Ce qui apparaît comme un inconvénient pour certains pourrait en revanche se transformer en avantage pour la construction en paille en général : les panneaux sont construits en atelier et la paille n'est pas visible sur chantier, la vision populaire de la paille perçue comme un matériau fragile est évitée car les panneaux livrés sur chantier sont recouverts sur toutes leurs faces. Cette technique pourrait donc permettre une meilleure acceptation du matériau auprès de la population qui en ignore les qualités.

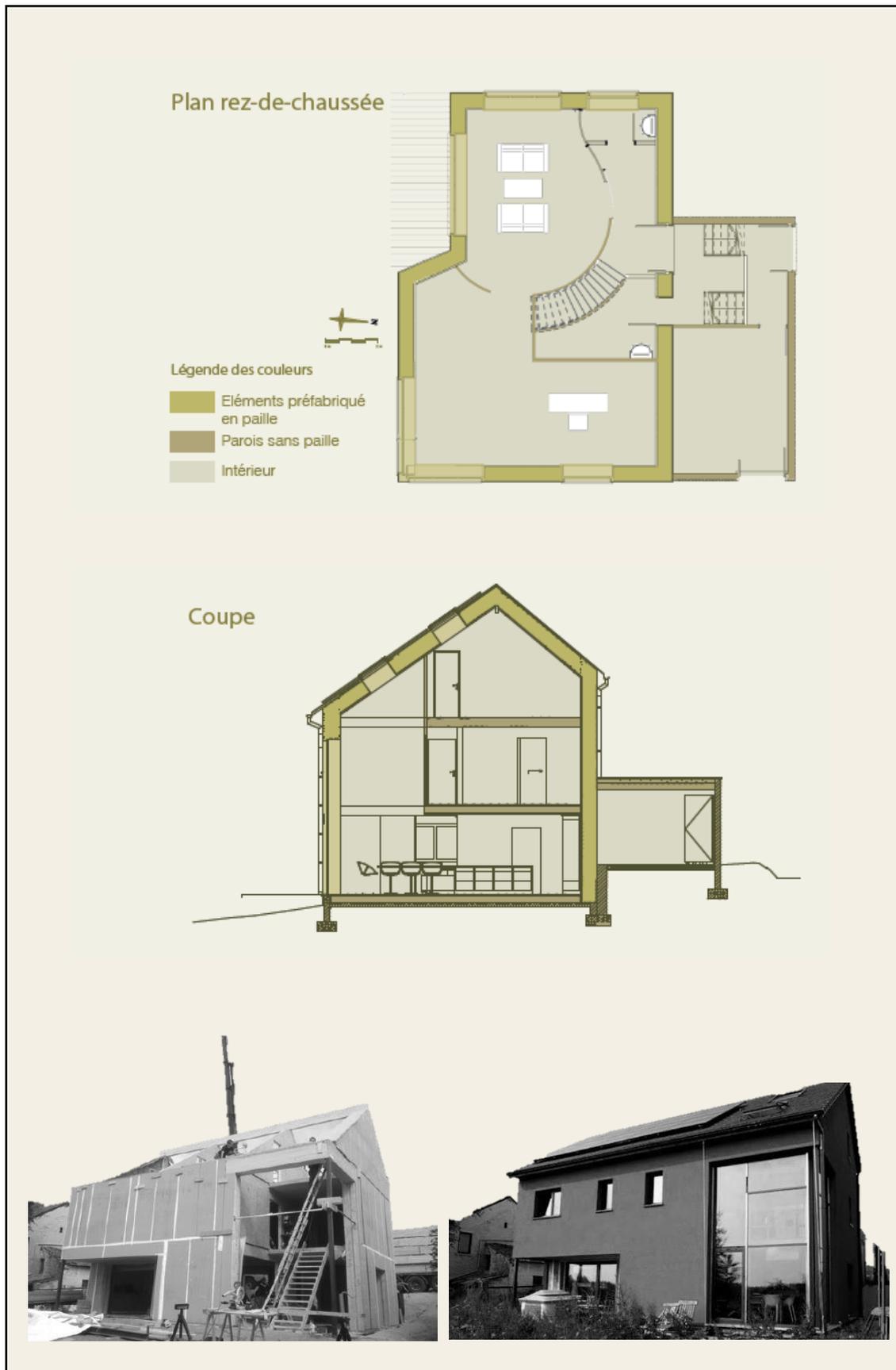
D'autres points faibles sont toutefois à noter. Cette technique impose automatiquement un engin de levage pour la mise en place des panneaux qui ne peuvent en aucun cas être manutentionnés à mains nues et exclut l'autoconstruction. L'emplacement de l'entreprise empêche une construction ultra locale puisque la fabrication des parois se fait dans l'atelier et que la paille leur est livrée par un agriculteur précis, à savoir l'entreprise « Société Agricole Raymakers et Daniel ».

La paille récoltée par cet agriculteur a en revanche pour grand avantage d'être cultivée et « conditionnée » spécialement pour la construction. Elle répond à un cahier des charges très précis :

- Un ballot bien rectangulaire (36 x 46 x 80 (+/- 2cm))
- Une densité constante de 100 à 110 kg / m<sup>3</sup>
- Taux d'humidité < 18%
- Fibres majoritairement perpendiculaires au flux de chaleur

Elle est donc d'une très grande qualité contrairement à la paille plus conventionnelle qui pourrait souffrir de défauts dus au manque de connaissance spécifique de l'agriculteur non spécialisé.

### 3.5.1 Maison unifamiliale à Tongrinne



Cette maison unifamiliale conçue par le bureau Desmedt-Purnelle utilise la technique Paille-tech car les maîtres d'ouvrages voulaient construire en ossature bois.

C'est là un des grands avantages de cette technique. Comme la paille n'a aucun rôle porteur contrairement aux autres citées précédemment, elle est utilisée avant tout pour son rôle d'isolant, il est donc bien plus simple pour ceux qui ne connaissent pas du tout le matériau de l'accepter dans leur habitation là où d'autres techniques rendaient la paille plus prégnante dans le ressenti de l'habitant.

D'autres avantages sont cités par Antoine Bonnert<sup>24</sup>, membre fondateur de Paille-Tech : « *le fait de travailler avec des matériaux peu ou pas transformés (et donc bon marché) permet de valoriser la main-d'œuvre locale. Les bases, c'est d'analyser le fonctionnement d'un mur vernaculaire, massif, qui joue le rôle de finition extérieure, d'isolation/inertie, de frein vapeur, de finition intérieure, de régulateur d'humidité, ...*

*La construction conventionnelle, qui utilise beaucoup de matériaux inertes, est obligée de créer une couche de matière pour chacun de ses rôles. La construction écologique conventionnelle copie le système constructif conventionnel, en utilisant des matériaux manufacturés (et donc plus chers) pour chaque couche également. La construction en paille, comme nous la pratiquons, essaie de retourner vers le fonctionnement d'un mur massif, avec la paille qui est support d'enduit, l'enduit qui est frein vapeur, finition et "plein technique" ; et l'ossature bois qui permet une validation de la stabilité et une manipulation des éléments préfabriqués ».*

Ces éléments préfabriqués sont donc les murs et mais également la toiture. L'ensemble est monté par une grue qui nécessite de prévoir un emplacement à cet effet.

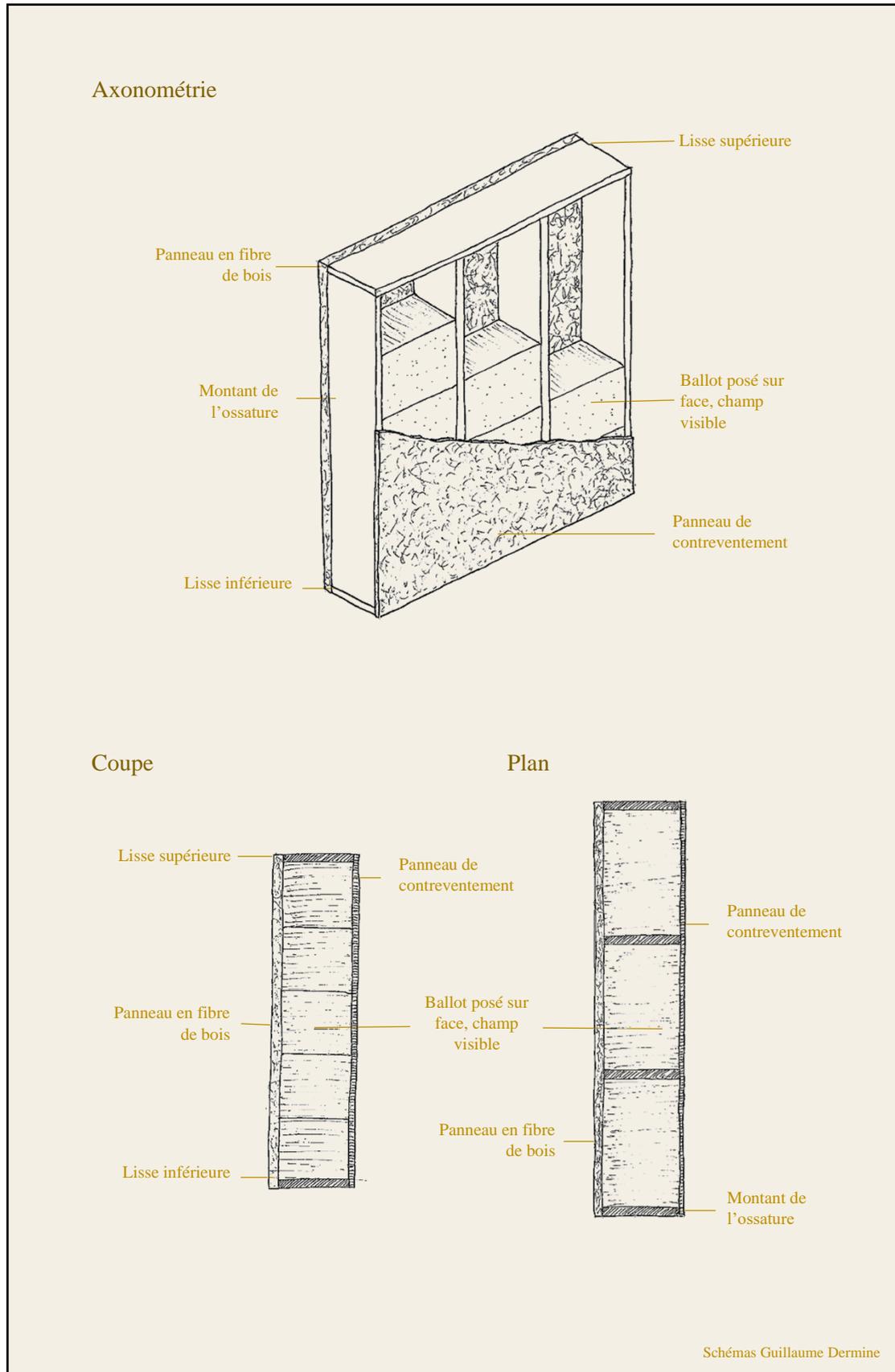
La technique Paille-Tech a également comme avantage non négligeable d'être peu contraignante pour la conception. Dans ce projet, des porte-à-faux réalisés avec des linteaux remplis de paille ouvrent le champ des possibles. Un caisson en bois est réalisé et un panneau en liège se pose sur la face intérieure pour supporter l'enduit. Il n'y a ainsi pas d'arrêt sur l'enduit et la face intérieure reste bien continue. L'expression architecturale n'est donc pas soumise à la technique utilisée. Cependant, l'architecte se doit de prendre en compte directement l'épaisseur du mur (60cm) car il est simple de ne pas la considérer dès la genèse du projet. Des murs mal dimensionnés impliqueraient des corrections fastidieuses.

Une fois finie, la maison bénéficie d'une orientation plein sud pour ses grandes ouvertures mais l'inertie de la paille alliée à l'enduit terre intérieur (plus de 4 cm) apporte un vrai confort d'été. La terre permet également une bonne régulation hygrométrique et des odeurs.

---

<sup>24</sup> Interview d'Antoine Bonnert réalisé le 20 juillet, consultable en annexe 2, page 120

### 3.6 Autrichienne



Cette technique utilise la paille le plus simplement possible en tant qu'isolant.

La paroi se compose comme une ossature bois conventionnelle : une lisse inférieure et une supérieure liées par des montants contreventés par un panneau. Leurs sections correspondent en profondeur à l'épaisseur des ballots qui sont insérés entre les montants comme une isolation classique. Un panneau en fibre de bois est proposé comme isolant supplémentaire mais rien ne l'oblige. Des panneaux en paille compressée font leur apparition et peuvent désormais jouer ce rôle tout comme celui de parois intérieures.

La technique autrichienne peut être à la fois préfabriquée ou mise en œuvre sur place. La préfabrication peut être réalisée par une entreprise spécialisée en ossature bois car le remplissage des ballots ne demande pas de compétence particulière. Ils doivent uniquement être bien serrés pour remplir tout le vide. Il faut toutefois que cette entreprise accepte d'assurer un mur avec un matériau qu'ils ne connaissent pas forcément, ce qui n'est pas toujours facile. Les ossatures peuvent alors être montées en atelier et la paille mise en place sur chantier par la suite mais l'intérêt de la préfabrication se perd quelque peu. Il faut également prévoir un emplacement pour un engin de levage si l'option de la préfabrication est privilégiée.

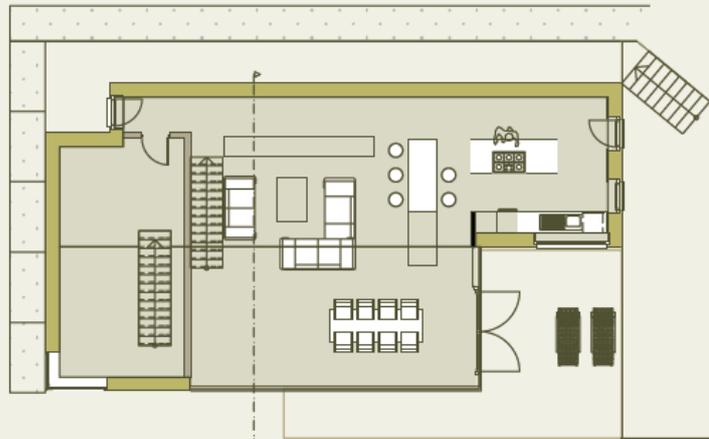
Cette technique est le plus souvent mise en place sur le chantier lui-même. Les ballots sont alors placés à ce moment en ayant une attention particulière pour qu'ils restent bien au sec avant et après leur pose. C'est une contrainte supplémentaire de prévoir un endroit sec sur le chantier. C'est le cas pour chaque technique ne mettant pas en œuvre les ballots en atelier.

Le côté conventionnel de cette technique valorise la paille comme matériau de construction plus classique et permet de faire évoluer l'opinion populaire à son propos. Mais elle ne met pas en avant toutes les qualités techniques du matériau vu qu'elle utilise son pouvoir isolant avant tout.

Le secteur du bâtiment en général accepte plus facilement cette technique car elle reste très conventionnelle : sa mise en œuvre ne pose pas réellement de problème à un entrepreneur non initié à ce matériau car les impacts d'une mauvaise application sont aisément rectifiables. De la même manière, les architectes ne sont pas déstabilisés par la technique puisqu'une connaissance très réduite suffit à concevoir. Les murs sont souvent conçus selon les ballots disponibles mais il arrive que ce soit l'inverse. Quand les ballots ne sont pas assez larges, une isolation complémentaire peut s'avérer nécessaire.

Dans certains cas, la paille peut même être mise en œuvre en vrac mais elle ne respecte plus la technique à proprement parler compte tenu que le ballot reste la référence pour utiliser les qualités du matériau à leur plein potentiel.

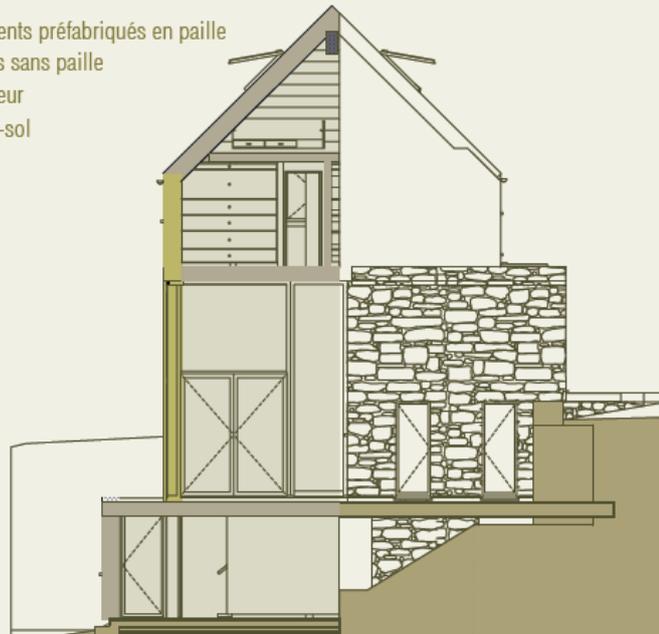
## Maison unifamiliale à Moxhe



Plan rez-de-chaussée.

### Légende des couleurs

- Éléments préfabriqués en paille
- Parois sans paille
- Intérieur
- Sous-sol



Coupe / Élévation.



Cette habitation conçue par le bureau ALTAR Architecture est la première préfabriquée en Belgique en ossature bois isolée à la paille.

Les maîtres d'ouvrage voulaient atteindre le standard passif sans coût exorbitant. C'est le critère économique qui a été déterminant pour le choix de la paille comme isolant et non pas ses qualités écologiques cependant l'objectif est atteint avec un bâtiment passif et écologique. Trop de gens font encore l'amalgame entre les deux qui ne sont pas forcément liés l'un à l'autre. Un bâtiment passif considère uniquement les performances énergétiques durant son utilisation alors qu'une construction écologique prend aussi en compte l'énergie nécessaire allant de l'extraction des matières premières nécessaires jusqu'au recyclage en fin de vie.

L'apport principal d'énergie se fait par la grande baie vitrée. Le problème de la surchauffe en été se pose au vu de l'importance de la baie sans pouvoir contrebalancer avec suffisamment de masse. La paille sans enduit ne suffit pas dans ce projet. Cette baie offre beaucoup d'énergie quand le ciel est dégagé mais en fait perdre également beaucoup en hiver ou par mauvais temps.

Le choix de la composition de la paroi suit donc la technique autrichienne. Une ossature bois préfabriquée remplie de paille. Contrairement à ce qui se fait habituellement, les parois ont été conçues indépendamment des ballots. Il a donc été nécessaire de commander des ballots sur mesure plus petits pour la réaliser. Une isolation complémentaire est nécessaire car l'épaisseur totale de la paroi plus petite ne permet d'atteindre le standard passif. Un complément de fibre de bois assure l'enveloppe isolante du bâtiment et évite les ponts thermiques de l'ossature tout en servant de support à l'enduit.

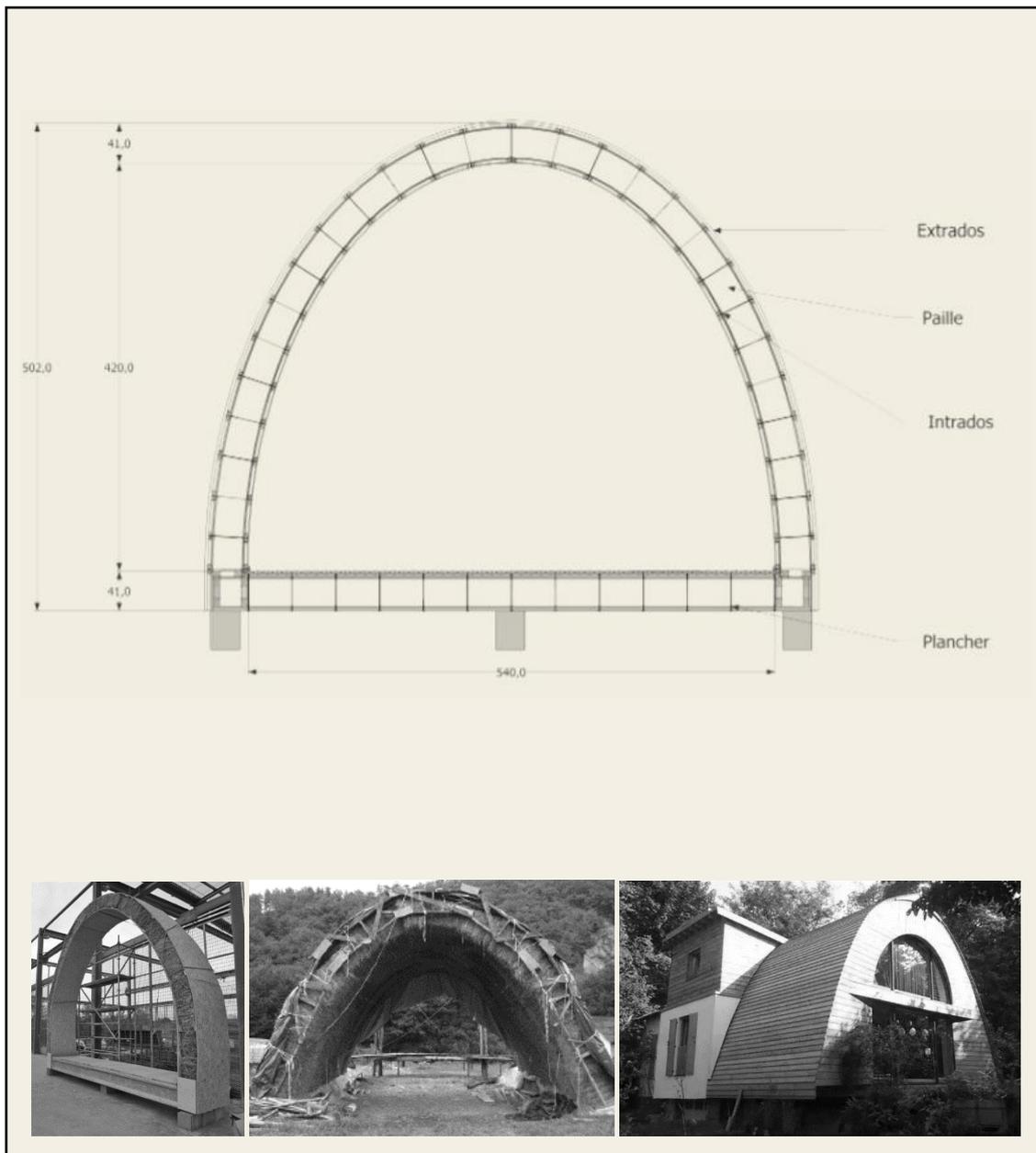
La fabrication en atelier a permis de travailler dans un environnement contrôlé et d'augmenter la qualité construite en évitant l'humidité pour la paille. Ce projet a toutefois été confronté à des infiltrations d'eau dans la paille sur chantier. Il a fallu les régler avant d'enfermer complètement la paille qui, même sans rôle structurel, risquerait d'endommager le projet et de réduire son efficacité énergétique.

Ce projet et sa méthode de construction proposent un choix innovant et simple d'accès pour des entreprises sans expertise dans la paille.

## 3.7 Exceptions

Les techniques précédemment proposées n'empêchent pas pour autant la créativité. Quelques propositions plus remarquables sont retenues pour montrer l'étendue des possibilités de la construction en paille : la voûte, une pyramide évidée et la paille apparente.

### 3.7.1 Voûte en paille



Cette technique met en avant l'utilisation de la paille sous forme de voûte. Comme pour une voûte en maçonnerie, les ballots se superposent pour former l'arche.

La taille de l'arche est conditionnée par la taille des ballots. L'exemple présenté à la page précédente utilise de petits ballots de taille standard. Il serait envisageable de créer de plus grandes arches qui demanderaient l'utilisation de ballots d'un gabarit plus important.

Plusieurs systèmes ont déjà été proposés dans différents pays. Le plus simple consiste à empiler les ballots sous la forme d'une arche sans protection supplémentaire. Il a été réalisé au Mexique pour un hangar agricole. Ce système reste très précaire, voire dangereux car les ballots ne sont pas fixés les uns aux autres, tout en étant directement exposés à la pluie.

Un deuxième système est proposé en France à Grenoble pour les locaux de l'ENSA Grenoble (cf. première photo). La coupe précédente en montre le procédé. La paille est enfermée dans un enduit dans lequel se trouve un treillis métallique, le tout coincé entre deux panneaux OSB. Des tiges métalliques relient les deux faces entre elles pour former un tout structurellement résistant. Un plancher en paille vient relier les deux pieds de la voûte et fait office d'entrait. L'ensemble est surélevé par des fondations en maçonnerie pour éviter les remontées d'eau. Cette technique a été étudiée mais jamais mise en œuvre pour une réalisation permanente. Il faut donc rester vigilant car il n'y a pas de recul la concernant.

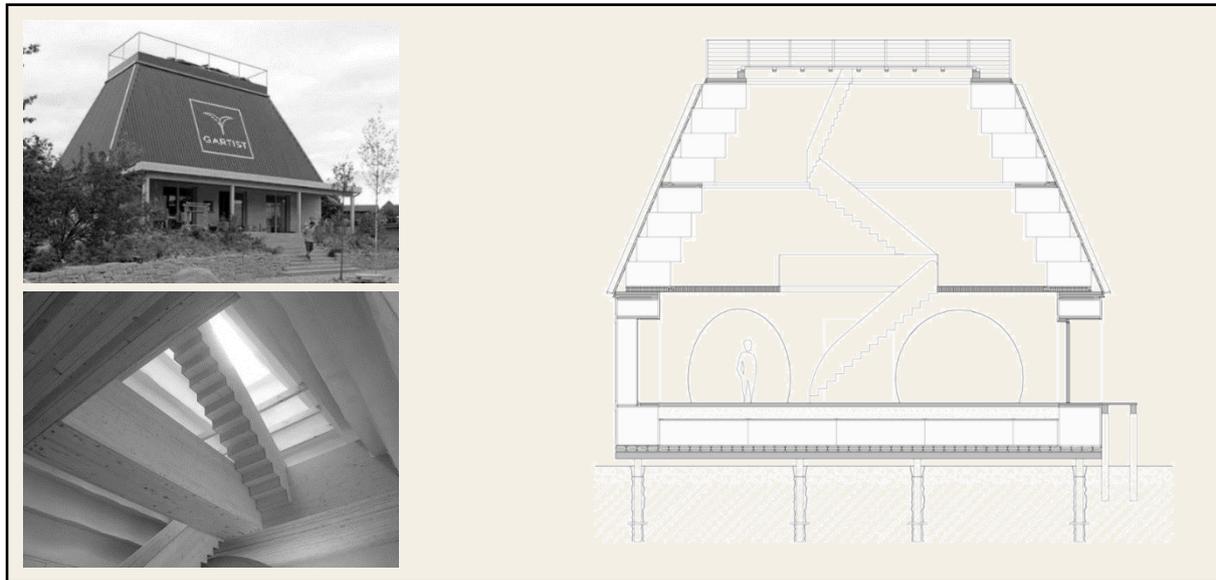
La dernière technique est proposée par un charpentier près de Stoumont (cf. deuxième photo). En autoconstruction pour une durée de 3 ans, cette arche n'utilise pas de panneau mais simplement des enduits. Le tout est monté sur une dalle en schiste recouverte de paille pour isoler le sol. Le revêtement extérieur est végétalisé sur un EPDM. L'épaisseur de la voûte est presque deux fois plus importante que pour la technique précédente. Un autre projet similaire a été réalisé en France dans la commune de Marly-le-Roi (cf. troisième photo).

Cette technique, outre son originalité, propose une utilisation complète de la paille où elle sert de structure pour l'ensemble de la construction mais aussi d'isolant et de support d'enduit. C'est donc le rôle le plus complet de la paille.

Elle impacte cependant énormément la conception. La taille de l'arche est contrainte par la typologie des ballots et seule la longueur peut varier selon les envies. Les ouvertures doivent se faire sur les pignons uniquement. D'autres choix exigeraient de nouvelles études pour valider la faisabilité d'ouvrir dans l'arche elle-même.

Elle reste donc très complète dans l'utilisation de la paille mais très contraignante. Le peu de retour d'expérience la rend également moins fiable.

### 3.7.2 Pyramide évidée en paille « Gartist GmbH »



Il s'agit d'un immeuble commercial d'exposition construit en 2017 à Zurich en Suisse.<sup>25</sup> Ce bâtiment d'une superficie de 116 m<sup>2</sup> est construit avec de **grands ballots de paille porteurs** supportant **un toit formant une pyramide évidée**.

Ce bâtiment conçu par l'architecte Werner Schmidt, le premier du genre en Suisse, est une maison basse énergie moderne, écologique et durable. Mais il est basé sur les **méthodes de construction de l'antiquité**.

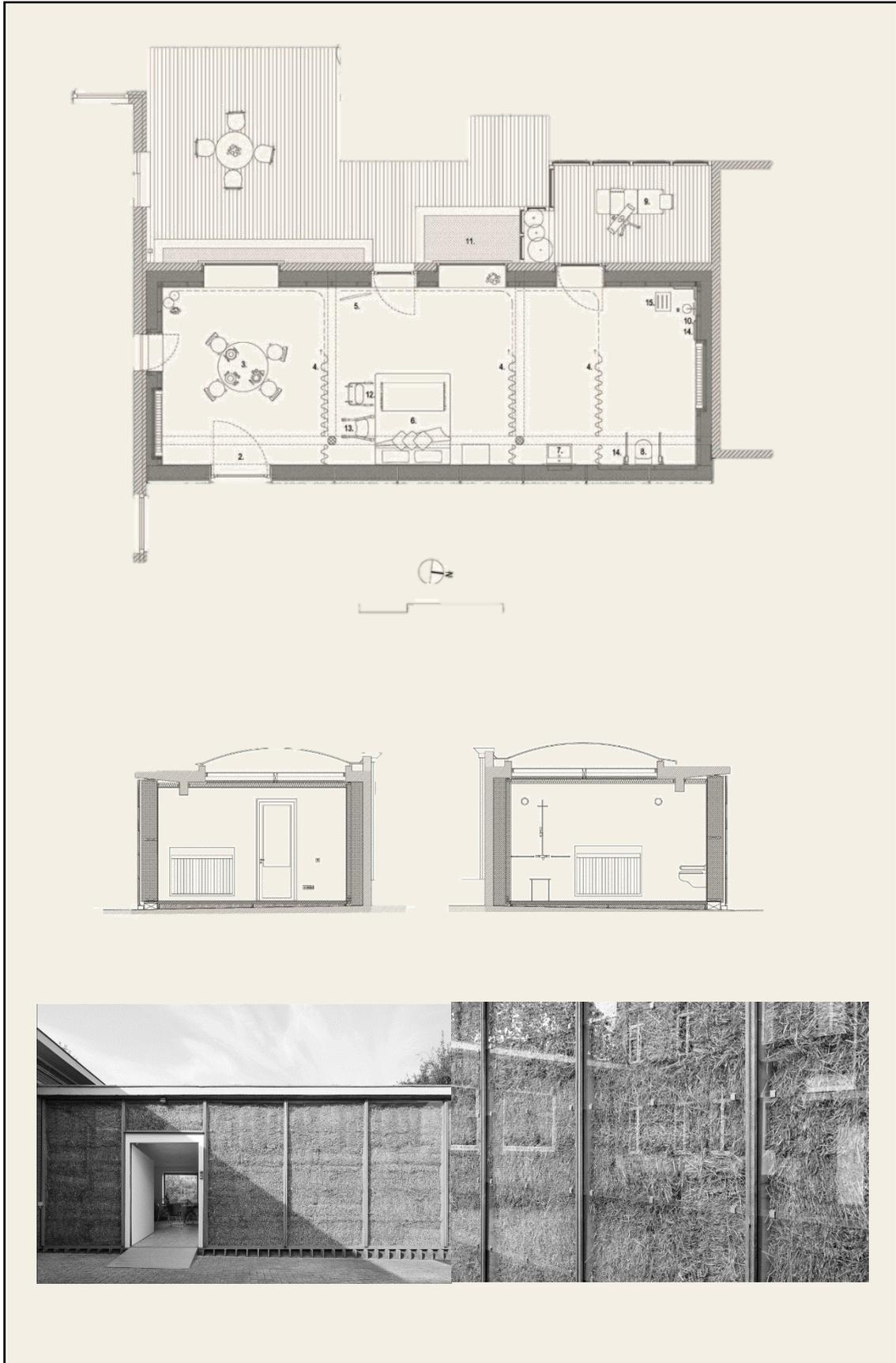
Pour s'assurer la bonne ventilation et une protection à l'égard de l'eau et de la vermine, il est construit sur des fondations en pieux surélevant légèrement le projet. Le plancher est constitué du même type de ballots que l'ensemble.

Les murs sont constitués de **très grands ballots de paille** de 2,50 x 1,20 x 0,75 m très fortement compactés pesant environ 300 kg. Pour le toit, les bottes de paille sont empilées les unes sur les autres avec un léger porte-à-faux à partir du premier étage jusqu'à ce qu'elles se rejoignent au milieu. Décalées de 30 cm, les ballots forment une toiture d'une hauteur de 6 m inclinée à 67 degrés qui ne nécessite aucun élément de support. Un puits de lumière installé au centre du toit, inonde tout le bâtiment de lumière. L'enduit est apposé directement sur les ballots mais le porte-à-faux rend difficile la création d'arrêtes rectilignes. On ressent donc l'aspect légèrement irrégulier du ballot.

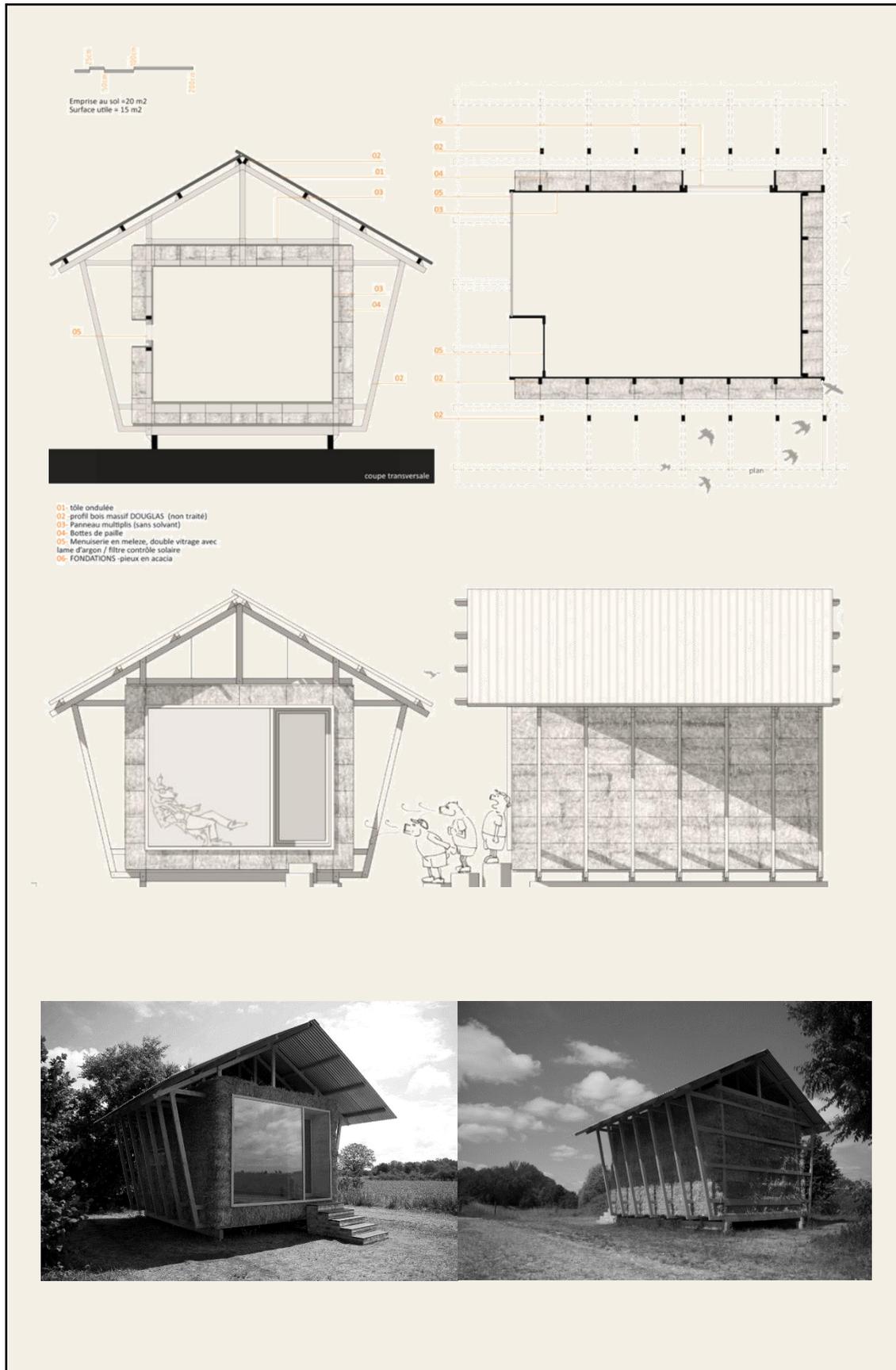
<sup>25</sup> <https://www.atelierschmidt.ch/gartist-bubikon>

3.7.3 Paille apparente

Refuge II



# Pavillon Alsace



Ces deux projets proposent une paille apparente. L'expression architecturale se centre alors sur le matériau qui est d'habitude caché derrière un bardage ou un enduit.

Le premier des deux projets<sup>26</sup>, réalisé par le bureau « Wim Goes Architectuur » près de Gand, propose un concept particulier. La genèse du projet est sociale : le début d'une maladie incurable pour un membre de la famille. Plutôt que de le placer, une extension adaptée aux nouveaux besoins médicaux a été conçue et construite par l'ensemble de la famille et des amis du malade.

Le choix de la paille a été privilégié pour la facilité de mise en œuvre en autoconstruction et pour organiser un chantier participatif. Elle est mise en avant derrière un vitrage pour ses qualités naturelles et synonyme d'un retour aux sources avec ce matériau qui a fait partie de l'enfance du malade. L'extension n'a pas pour but d'être permanente, une fois le malade parti, elle sera démontée. La paille est donc un autre choix intéressant car elle peut facilement être enlevée derrière le vitrage et recyclée.

Le vitrage est soutenu par la structure portante du projet, avec une ossature traversante qui s'apparente donc à la technique Casacalida sur son principe. Techniquement, aucun problème de condensation n'a été détecté sur la vitre mais il faut y rester attentif pour ne pas endommager la paille même si elle n'est pas structurelle dans ce projet. Le concept temporaire du projet minimise ce problème.

Le deuxième projet<sup>27</sup> réalisé par le bureau « Studio 1984 » propose quant à lui une paille laissée à découvert à l'extérieur. Le choix de la paille et du bois a été envisagé pour l'approvisionnement ultra-local et bon marché.

La volumétrie s'inspire des granges de la région. La structure en bois porte l'ensemble du projet et la paille sert d'enveloppe isolante. La paille apparente fait écho aux champs environnants et propose une vision nouvelle de l'architecture par cette utilisation. Le fait que la paille ne soit pas contenue rend un séchage éventuel plus simple. De plus, pour éviter qu'elle soit endommagée par l'humidité, le toit dépasse suffisamment. Cette technique reste innovante mais dispose de peu de recul. Il reste à voir combien de temps la paille peut résister dans ces conditions.

Ces deux projets mettent en avant la paille d'une manière innovante où elle est désormais exposée et visible. La relation des occupants et des passants avec le matériau est bien plus forte et propose une nouvelle expression architecturale encore rarement vue. Le peu de recul sur cette technique pose la question de la durée de vie mais n'enlève pas le mérite de telles démarches.

---

<sup>26</sup> <https://architectureaward.bigmat.com/fr/building-for-the-cycle-of-life-refuge-ii-by-wim-goes-architectuur-3/>

<sup>27</sup> <https://www.archdaily.com/293112/ecologic-pavilion-in-alsace-studio-1984>

### 3.8 Tableau synthétique des techniques constructives

Toutes ces techniques de construction montrent la polyvalence du matériau et ses multiples usages. En fonction des demandes, elles offrent chacune des intérêts différents aussi bien pour leurs caractéristiques techniques que la conception. Voici un récapitulatif des caractéristiques de chaque technique (V = oui, X = non, P = partiellement) :

Techniques	Rôles de la paille			Autoconstruction	Préfabrication	Contrainte de conception
	Porteur	Support d'enduits	Isolant			
<b>Nebraska</b>	V	V	V	V	X	V
<b>GREB</b>	P	V	V	V	X	P
<b>CST</b>	P	V	V	V	X	P
<b>Casacalida</b>	X	V	V	V	V	P
<b>Paille-Tech</b>	X	V	V	X	V	X
<b>Autrichienne</b>	X	X	V	P	V	X

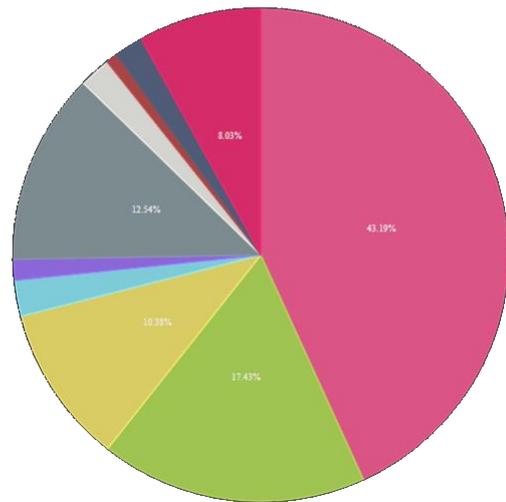
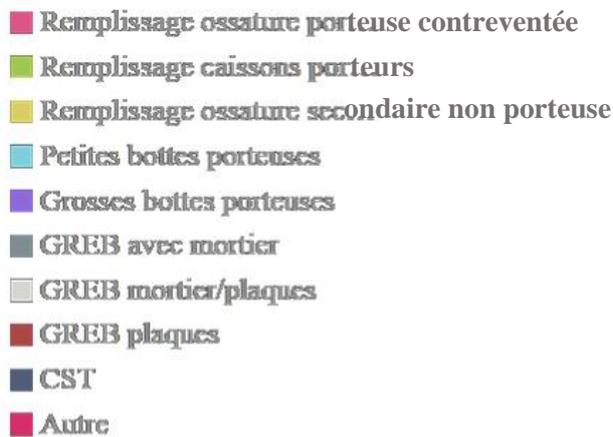
Cette grande polyvalence sur les méthodes de construction offre diverses possibilités : autoconstruction totale ou partielle, montage sur place ou bien préfabrication en atelier. Le maître d'ouvrage déterminera celle qui correspond le mieux à ses besoins en fonction des avantages allant de la réduction du coût à une très grande qualité construite.

### 3.9 Statistiques des systèmes constructifs

Il est intéressant de visualiser la répartition des techniques utilisées. Aucune statistique à ce sujet n'est disponible en Belgique. Par contre, en France, pays particulièrement impliqué dans le secteur de la construction en paille, des recensements existent. A la page suivante se trouve un graphique qui représente la répartition des techniques constructives utilisées pour les bâtiments français recensés à ce jour.<sup>28</sup>

<sup>28</sup> <https://www.constructionpaille.fr/statistiques/>

## Répartition des constructions françaises par système constructif :



Il ressort de ces statistiques françaises les constats suivants :

- La paille est rarement utilisée comme matériau totalement porteur (moins de 5 %). Lorsqu'elle l'est, ce sont surtout les ballots de petite taille qui sont utilisés.
- Pour la majorité des bâtiments, la paille joue un rôle mixte et est utilisée en remplissage d'une ossature bois, généralement porteuse contreventée (43%) ou de caissons porteurs (17%). Elle est parfois utilisée en remplissage d'une ossature secondaire non porteuse (10%).
- La technique GREB est utilisée à raison d'environ 15%, majoritairement avec mortier (12,5%).
- Les autres techniques, notamment CST sont anecdotiques.

A l'issue de ce chapitre, il faut retenir que certaines techniques constructives sont anciennes avec plus d'un siècle d'expérience, d'autres sont récentes avec moins d'une décennie. Certaines sont plus utilisées que d'autres comme le montre le graphique statistique français. Le choix est fonction des priorités du maître d'ouvrage.

La liste des techniques présentées n'est probablement pas exhaustive. La redécouverte du matériau est récente et le secteur est innovant. Les acteurs du secteur commencent à se l'approprier en inventant avec plus ou moins de réussite de nouveaux types de parois. La paille nous réserve probablement des surprises quant à ses capacités, qualités techniques et possibilités de mise en œuvre.

# Chapitre 4

## Réalisations et rôles constructifs de la paille

Comme nous venons de l'évoquer au chapitre précédent, la paroi de paille peut être mise en œuvre de différentes manières. La paille sera pour chacune d'entre elles, au minimum, isolante mais elle peut selon les cas aussi avoir partiellement ou bien totalement un rôle structurel.

Les différentes techniques présentées sont le résultat de la polyvalence du matériau. Le ballot sera toujours au centre de ces propositions mais jouera un rôle différent en fonction des techniques de pose de celui-ci.

Les rôles possibles du ballot de paille sont donc les suivants :

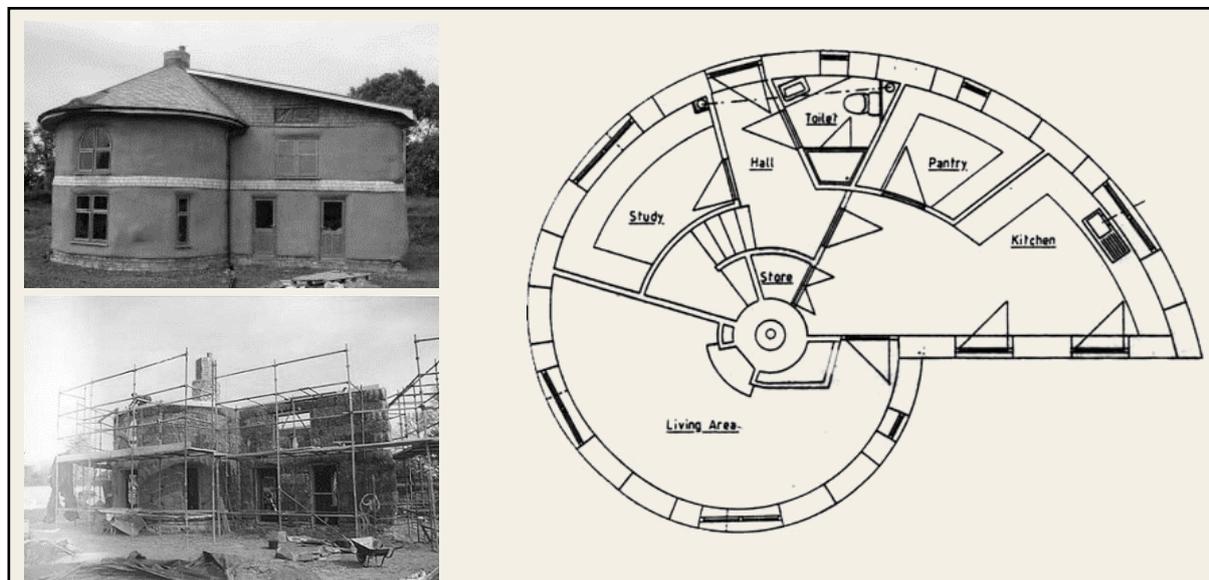
- a) **Rôle porteur** : lorsque la paille est porteuse, cela représente la sollicitation maximale du matériau avec un rôle structurel mais aussi de support aux enduits et d'isolant. Il faut donc un ballot plus concentré pour pouvoir reprendre les charges.
- b) **Rôle mixte** : dans ce cas, la paille contribue partiellement à la reprise des charges verticales et joue toujours le rôle de support aux enduits et d'isolant. Le rôle structurel du bâtiment est donc assuré par la composition « bois / paille / enduit(s) ».
- c) **Rôle de support aux enduits** : dans ce cas, la paille ne joue plus aucun rôle structurel. Elle sert uniquement de supports aux enduits tout en assurant son rôle isolant.
- d) **Rôle d'isolant** : la paille n'a plus d'autre rôle que celui d'isolant et est utilisée pour ses performances thermiques. Dans ce cas, la paille en tant que matériau entre en concurrence avec n'importe quel isolant, écologique ou non, biosourcé ou non.

La paille n'a pas encore bonne réputation comme cela a été démontré dans le sondage. Il faut des exemples concrets montrant le potentiel qu'elle offre en plus du rôle qu'elle peut occuper dans la construction. Il est donc important de présenter des projets de taille, fonction et budget différents pour que chacun puisse se faire une idée argumentée de références primées.

Ce chapitre va présenter en détail quelques réalisations belges et européennes pour mieux visualiser la diversité des projets, le rôle constructif de la paille, l'expression architecturale qui en découle, ... selon le rôle qu'elle occupe dans la construction.

## 4.1 Réalisations en paille porteuse

### 4.1.1 Irlande : « Spiral house »<sup>29</sup>



« Spiral house » est une maison individuelle aux proportions atypiques. Sa conception est basée sur la géométrie de la coquille d'un nautilus et au toit en forme de spirale. A l'initiative de Barbara Jones, menuisière de formation, il s'agit d'une **autoconstruction** réalisée entre 2001 et 2004 avec l'aide de 100 bénévoles dont 80 % étaient des femmes sans aucune expérience dans le secteur de la construction. Ce bâtiment est donc à la fois un chantier de construction et un projet sociétal.

Le rôle constructif de la paille est complet : il s'agit de **grands ballots de paille porteuse** (technique **Nebraska**). « Spiral house » est aussi le **1<sup>er</sup> bâtiment porteur sur 2 étages** en Europe. C'est donc une des preuves existantes que la paille peut porter un projet allant au-delà du plein pied. Elle est à la fois porteuse, isolante et le support des enduits à la chaux et à l'argile.

La toiture en forme de spirale est constituée de bardeaux de cèdre avec une isolation en laine de mouton. Cette forme spiralée n'est que peu contrainte par la courbe en elle-même mais celle-ci doit respecter la longueur du ballot. La courbe peut finalement être affinée grâce à l'enduit.

La surface utile de la maison est de 120 m<sup>2</sup> pour un faible coût global de 70 000 €. Cela montre que l'autoconstruction en paille est une solution très avantageuse pour réduire les coûts de manière importante au prix d'un engagement personnel sur le chantier.

<sup>29</sup> <https://strawbuilding.eu/spiral-house-ireland/>  
<https://baubiologie.at/strohballenbau/spiral-house-in-irland-3/>

#### 4.1.2 Autriche : maison individuelle à Dornbirn<sup>30</sup>



Il s'agit d'une maison individuelle autrichienne construite en 2014. La paille joue un rôle complet avec de **grands ballots porteurs de 2,50 x 1,20 x 0,75m qui serviront** à la fois de support aux enduits et d'isolant.

L'épaisseur du mur fait donc 120 cm les rendant extrêmement performants thermiquement, que ce soit en tant qu'isolation ou bien pour leur inertie. La pose nécessite un engin de levage mais les murs en résultant peuvent porter des charges importantes. L'architecture recherchée dans ce projet ne le demande pas mais un étage aurait pu être envisagé sans problème.

L'épaisseur des murs proposée n'a un intérêt que pour supporter la toiture à la portée importante et propose une architecture cohérente. Le plan libre intérieur où une série de boîtes s'insèrent est alors repris au niveau des murs porteurs, qui de par leur masse offre un langage similaire sur lequel vient se poser la toiture. Des portes coulissantes séparent finalement chaque sous-espace. Une telle expression ne serait pas envisageable à un prix raisonnable sans la paille.

Ce projet propose une nouvelle utilisation du ballot porteur avec ses murs faits de grands ballots. Cela veut dire qu'il est malgré tout envisageable pour des agriculteurs cultivant des ballots plus grands d'éventuellement les vendre pour la construction en paille. Mais ce projet reste une exception dans l'utilisation qu'il en fait. Ils sont ici posés sur leur face mais il arrive qu'ils soient posés sur leur champ : l'épaisseur du mur est ainsi réduite à 75 cm minimum et devient plus raisonnable.

<sup>30</sup> <https://baubiologie.at/strohballenbau/lasttragendes-strohballenhaus-in-dornbirn-5/>

## 4.2 Réalisations en paille partiellement porteuse

### 4.2.1 Belgique : maison familiale de l'architecte Herwig Van Soom à Blanden <sup>31</sup>



Ce projet construit à Blanden de 2001 à 2002 fait partie des premières constructions en paille en Belgique. Il s'agit de la maison familiale d'Herwig Van Soom, architecte qui fait partie du bureau ORCA et est spécialisé dans la conception et construction écologique. La paille y est partiellement porteuse, support d'enduits à base d'argile à l'intérieur et à l'extérieur et bien sûr isolante.

L'objectif à l'époque est de réaliser une maison familiale en paille avec un style contemporain. 28 colonnes en sapin des Ardennes structurent le bâtiment et supportent la toiture en tôle. Le volume principal se détache et dialogue alors avec la toiture comme deux éléments séparés.

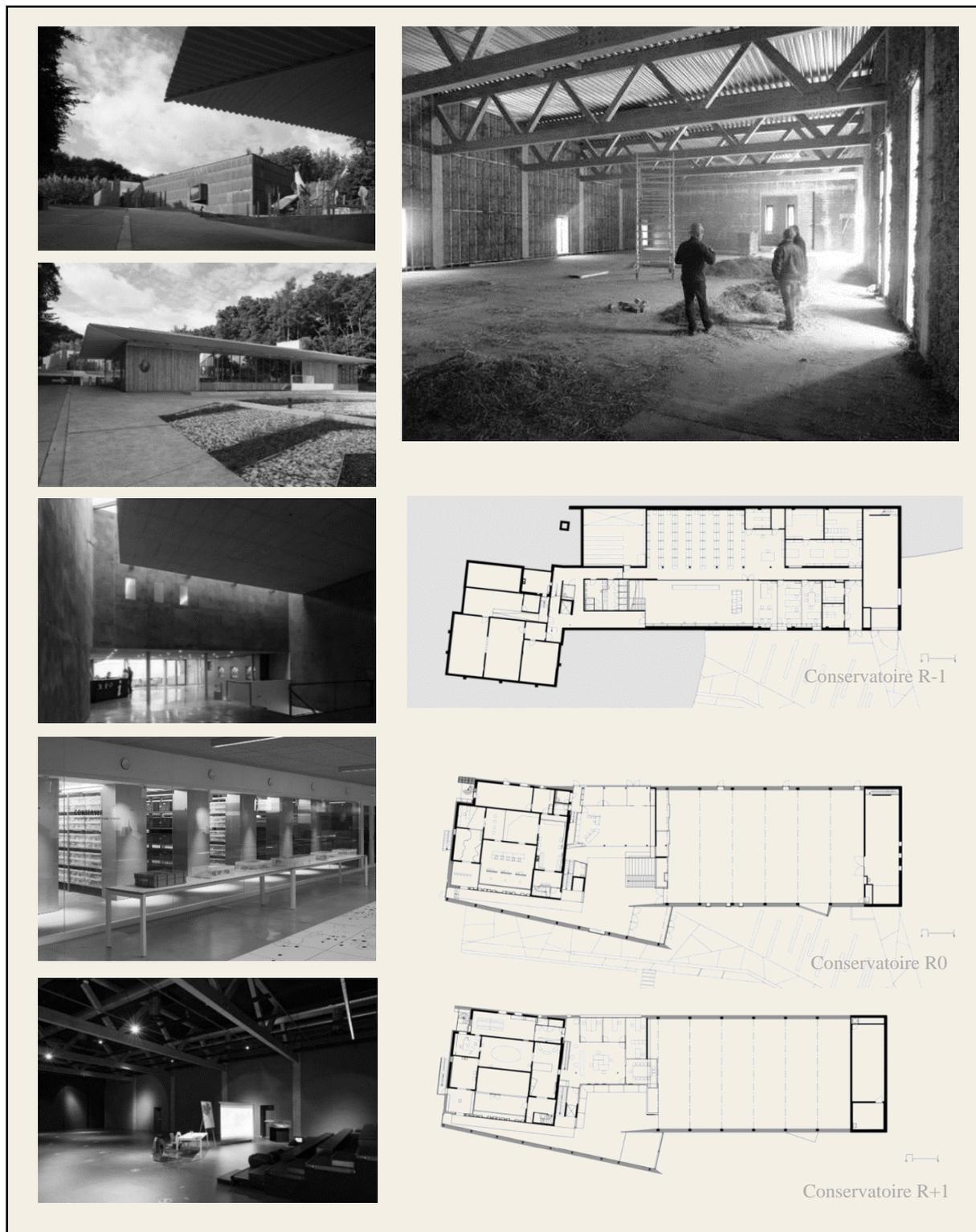
Un total de 750 ballots de paille et 25 tonnes d'argile a été nécessaire. Un tiers des ballots est utilisé en paille autoportante et le reste est placé entre les colonnes de structure. On retrouve 85 m<sup>2</sup> de paille autoportante pour 170 m<sup>2</sup> isolante entre colonnes.

Le projet est très efficace énergétiquement grâce à l'isolation en paille et la grande ouverture vitrée offrant un apport solaire important. L'inertie importante des murs enduits de terre en plus du débord de toiture offre également un bon confort d'été.

<sup>31</sup> <https://strawbuilding.eu/batiment-contemporain-a-blanden/>  
[https://document.environnement.brussels/opac\\_css/elecfile/IF%20Eco%20construction%20ALG08%20Part%20FR](https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/IF%20Eco%20construction%20ALG08%20Part%20FR)

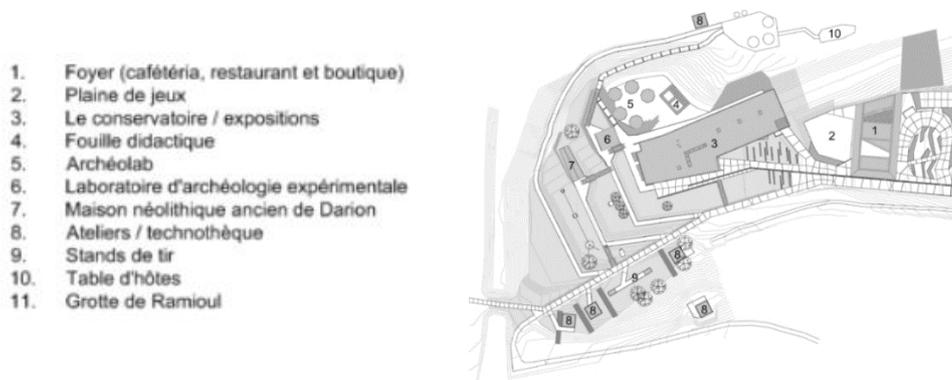
## 4.3 Réalisations en paille support d'enduits

### 4.3.1 Belgique : le Prehistomuseum <sup>32</sup>



<sup>32</sup> Site de l'atelier d'architecture AIUD : <http://aiud.be/index.php/portfolio-item/prehistomuseum-2-2/>

Le Prehistomuseum est un bâtiment public dont les maîtres d'ouvrage sont la commune de Flémalle et l'association Préhistomuseum asbl. La maîtrise d'œuvre a été assurée par l'atelier d'architecture AIUD et plus particulièrement l'architecte Gil Honoré.



Dès le départ, il existe une contrainte dans ce projet : il faut intégrer un bâtiment existant. Pour Gil Honoré, le chemin vers la grotte qui était autrefois emprunté par les néanderthaliens devait être l'axe paysager structurant. Le hall d'accueil articule donc le nouveau projet et le bâti existant.

Le bâtiment d'exposition-conservation assume dans son expression l'ensemble de ses fonctions : le hall connecte les principaux espaces du conservatoire, à savoir l'exposition permanente, le Centre de Conservation, d'Etudes et de Documentation et la salle polyvalente. Le foyer prend place en bordure du site. C'est une clôture transparente, qui s'inscrit dans le paysage.

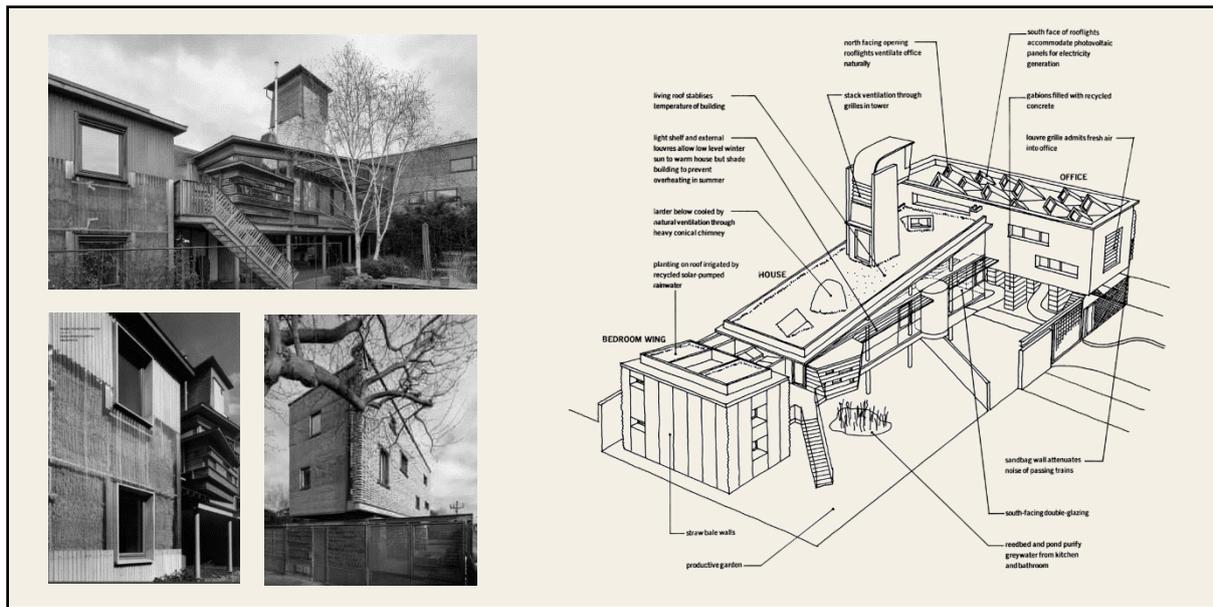
La construction achevée en 2016 a une surface utile de 3 030 m<sup>2</sup>. Elle est conçue avec une ossature bois qui assure le rôle structurel et une paille utilisée en tant qu'isolant et support d'enduit intérieur. Comme l'explique Gil Honoré<sup>33</sup>, « *la raison pour laquelle la paille est non porteuse dans ce projet est que le bâtiment comporte plusieurs étages* ». En effet, la paille porteuse est généralement réservée aux bâtiments d'un seul niveau avec de faibles charges sur les murs. En ce qui concerne le l'enduit de finition, le choix s'est porté sur la terre pour plusieurs raisons : sa plasticité, l'évocation d'un matériau de construction qui existait déjà au néolithique et l'amélioration de l'inertie thermique et de l'isolation afin de réduire les besoins en climatisation.

Comme l'ajoute Gil Honoré, le choix d'un système constructif en ossature bois avec remplissage paille agrémentée d'une finition terre à l'intérieur répond bien sûr à des objectifs écologiques incontestables : « *un bilan CO<sub>2</sub> favorable, une énergie grise minimisée, des matériaux biosourcés, renouvelables et locaux.* » On peut parler de circuit court pour l'approvisionnement des petits ballots qui ont été fournis par un agriculteur local situé en Hesbaye. Il n'y a cependant pas eu de contact personnalisé entre l'atelier d'architecture et l'agriculteur car qui dit bâtiment public dit marché public.

---

<sup>33</sup> Interview personnel de Gil Honoré réalisé le 20 juillet 2021

#### 4.3.2 Royaume-Uni : l'éco-maison de Sarah Wigglesworth à Londres <sup>34</sup>



Sarah Wigglesworth est architecte. Voilà vingt ans, elle a décidé de faire de ce bâtiment polyvalent son domicile et son bureau. Très sensible à l'environnement, elle s'est naturellement tournée vers l'éco-construction et a conçu un bâtiment qui utilise des matériaux naturels tels que la paille et des matériaux récupérés suite à la destruction d'autres bâtiments.

La paille n'a pas de rôle porteur et est utilisée comme isolant et support d'enduit à la chaux à l'intérieur. Concrètement, il s'agit de 550 ballots de paille d'orge qui isolent la structure en acier et en bois du logement.

Sur une des façades, l'acier a été remplacé par des plaques de polycarbonate transparent qui laissent entrevoir la paille. Comme en atteste la photo, 20 ans plus tard, les ballots d'orge sont toujours dorés et en parfait état. Installée à Islington, au nord de Londres, il est à noter qu'il s'agit d'un bâtiment en milieu urbain qui affiche volontairement l'utilisation de la paille.

Indépendamment de l'utilisation de la paille, ce bâtiment achevé en 2001 regorge d'idées innovantes pour alléger son impact sur l'environnement, raison pour laquelle il a été multirécompensé : meilleur projet résidentiel 2001 FX Blue Print Award, prix de la confiance civique 2002, prix de la durabilité RIBA 2004, ...

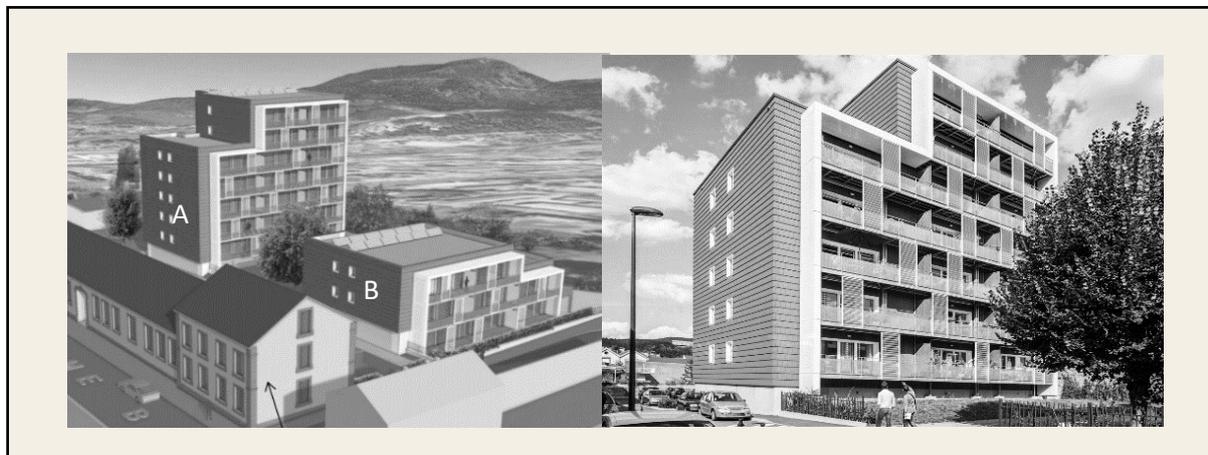
Cette construction est donc devenue une vitrine pour la construction urbaine intégrant la paille et a forgé la réputation de Sarah Wigglesworth spécialisée dans des bâtiments publics et privés qui améliorent la qualité de vie.<sup>35</sup>

<sup>34</sup> <https://www.theguardian.com/artanddesign/2020/jun/07/return-sarah-wigglesworth-straw-bale-house-stock-orchard-street>

<sup>35</sup> <https://www.swarch.co.uk/work/stock-orchard-street/>

## 4.4 Réalisations en paille isolante

### 4.4.1 France : la résidence Jules Ferry<sup>36</sup>



La résidence Jules Ferry est composée de 19 logements sociaux de 90 m<sup>2</sup>. Construite en 2013 à Saint-Dié des Vosges, elle est exceptionnelle par sa hauteur, 7 étages, ce qui en fait la haute construction en paille de France et vraisemblablement d'Europe. Le maître d'ouvrage de cette résidence est le Toit Vosgien, une société immobilière spécialisée dans les constructions durables.

Le coût de cette construction est de 1 576 € / m<sup>2</sup> HTVA. Construite en caissons en bois préfabriqués remplis de paille, les charges annuelles de consommation d'énergie primaire pour les locataires sont dérisoires : 132 € / an / logement. La paille contribue à cette économie d'énergie par sa capacité isolante mais elle n'est pas la seule explication. Le bâtiment rivalise d'ingéniosité dans tous les domaines. C'est notamment une construction bioclimatique : 95% des besoins en énergie sont produits « gratuitement » par les équipements mis en place dans le bâtiment comme de la géothermie.

Si ce bâtiment s'inscrit dans une mouvance écologique, il répond avant tout à des besoins pour une population plus précarisée puisqu'il s'agit de logements sociaux tout en leur apportant un confort de vie à tarif réduit. Il met donc en valeur la paille auprès de personnes plus modestes.

Il est également intéressant de constater dans le cas présent que le maître d'ouvrage est un promoteur immobilier orienté vers les constructions durables. Cela montre une fois de plus qu'au-delà de l'écologie, il existe un avenir pour les matériaux biosourcés tels que la paille grâce à leurs performances techniques et à la rentabilité du projet tout en offrant une qualité de vie à ses occupants.

<sup>36</sup> <https://clusters.wallonie.be/servlet/Repository/brochure-la-construction-en-paille-web-light.pdf?ID=165972&saveFile=>  
[https://www.forum-holzbau.com/pdf/22\\_FBC\\_2014\\_Pagnoux.pdf](https://www.forum-holzbau.com/pdf/22_FBC_2014_Pagnoux.pdf)

# Chapitre 5

## Potentiel de développement de la construction en paille

Actuellement, 1 000 constructions en paille seraient réalisées chaque année en Europe mais avec de fortes disparités d'un pays à l'autre. L'objectif est d'arriver à 50 000 constructions par an en 2030. C'est pourquoi le programme UP-Straw a été mis en place en 2017 afin de faire la promotion de la construction en paille. Le projet approuvé par la Commission européenne dans un contexte de développement durable regroupe actuellement cinq pays particulièrement actifs dans le secteur : la France, l'Allemagne, la Belgique, le Royaume-Uni et les Pays-Bas.<sup>37</sup>

Ces objectifs sont-ils réalisables ? Qu'en est-il de la Belgique ?

Pour évaluer le potentiel de développement de la construction en paille dans notre pays, il faut analyser d'une part, la demande potentielle des consommateurs pour les projets de construction en paille et d'autre part, l'offre possible pour répondre à cette demande.

Existe-t-il des données chiffrées ? Pas vraiment !

Il faut donc évaluer la demande en se référant aux projets construits en Belgique à l'heure actuelle et aux possibilités de croissance en observant les statistiques de nos voisins français. Il faut également s'intéresser au comparatif des coûts de construction car le secteur ne fait pas exception à la loi économique de la demande qui exprime que « toutes autres choses restant égales, la demande pour un bien ou un service est généralement une fonction décroissante de son prix. »

Quant à l'offre, une première étape sera d'évaluer la quantité et la qualité de la matière première disponible, deuxièmement répertorier les entreprises et organisations actives dans le secteur, enfin, analyser les interactions entre le secteur agricole et le secteur de la construction en paille.

L'analyse successive de la demande et de l'offre nous permettra de dégager des pistes de développement tout autant que les limites de celui-ci.

---

<sup>37</sup> <https://www.lemoniteur.fr/article/up-straw-programme-europeen-de-promotion-de-la-construction-paille-est-lance.1497024>

## 5.1 Demande de constructions en paille en Belgique

### 5.1.1 Statistiques des constructions en paille

Malheureusement, il n'existe pas encore de recensement exhaustif des constructions en paille dans notre pays. Le projet UP STRAW est en cours pour établir de telles statistiques mais elles ne sont pas encore disponibles. Actuellement, seules les informations fournies par le Réseau Belge Francophone de la Construction Paille (RBFPC) créé en 2020 sont disponibles et recensent les projets de construction en paille en Wallonie sur base d'une communication volontaire de ses membres.

Ci-dessous, se trouve la carte du RBFPC :

-  Logement individuel
-  Logement individuel groupé
-  Bâtiment commercial
-  Bâtiment éducatif
-  Bâtiment de loisir
-  Bâtiment industriel
-  Bâtiment administratif
-  Bâtiment socio-culturel
-  Bâtiment agricole-transformation
-  Logement collectif
-  Non identifié



Si l'on s'en tient aux projets ciblés sur cette carte établie sur une base volontaire des membres du réseau RBFPC, on observe une cinquantaine de projets.

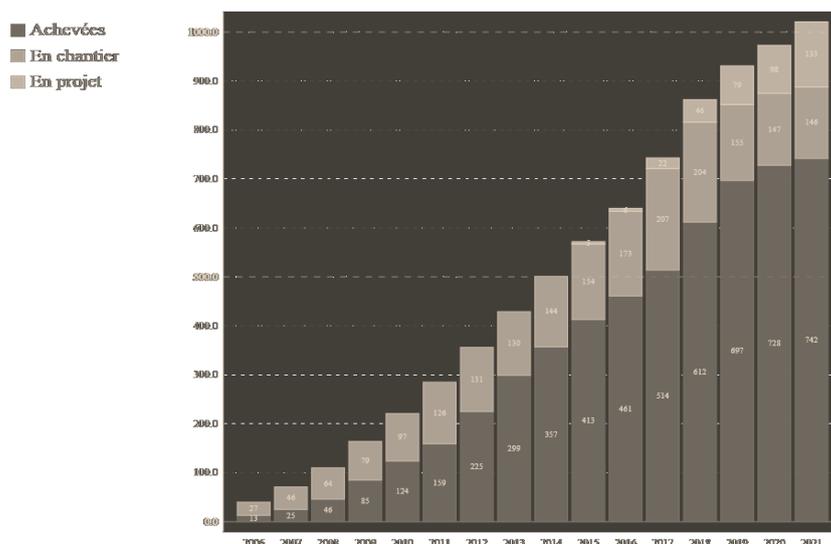
Néanmoins, il est à noter que le nombre de constructions en paille en Belgique est sous-estimé. D'une part, les bureaux d'architecture non adhérents au RBFPC ne renseignent pas nécessairement les projets de construction en paille. Et d'autre part, comme le souligne Jean-Paul Dusart, chargé de projet au centre de formation de l'IFAPME de Mons en collaboration avec le Cluster Eco-construction, « *la paille étant une technique utilisée en autoconstruction, une partie de ces projets ne sont pas connus des associations et des fédérations professionnelles. On estime donc la production à **une centaine de bâtiments par année en Belgique.*** »<sup>38</sup>

<sup>38</sup> <https://www.veilleconstruction.be/189-construction-durable/4587-la-construction-paille-une-reponse-ambitieuse-aux-objectifs-de-performances-techniques-et-environnementales.html>

Pour les projets recensés, il apparaît que la majorité sont des logements individuels. Quelques bâtiments sont industriels, éducatifs, administratifs ou de loisirs.

Si effectivement une centaine de bâtiments sont construits chaque année en Belgique, comment la demande pourrait-elle évoluer à l'avenir ? Compte tenu que le développement de la construction paille est récent en Belgique, il est utile d'observer l'évolution en France, pays qui a plus de recul.

### Evolution du nombre de projets français de constructions en paille :



Sur les 15 dernières années, on observe une moyenne annuelle de 500 projets construits en paille en France. Mais cette moyenne cache une évolution bien plus favorable : en 2021, on recense officiellement en France 1 021 projets alors qu'on en comptait 40 en 2006. Sur les 1 021 projets de l'année 2021, 742 sont achevés, 146 en chantier et 133 en projets.<sup>39</sup>

Majoritairement, il s'agit de **constructions neuves** (84%) et extensions (8%). Les travaux de rénovation réunissent également 8% de l'ensemble. L'utilisation de la paille pour une isolation par l'extérieur est infime (1%). Il s'agit principalement de **logements individuels** qui représentent 72%, voire 78 % si l'on tient compte des logements individuels groupés. Les catégories suivantes correspondent à des bâtiments éducatifs (6%) et administratifs (4%).

En France, la demande de constructions en paille est en croissance régulière et provient essentiellement des particuliers pour des constructions neuves destinées au logement individuel.

On peut raisonnablement penser que la construction paille devrait également connaître une croissance dans les années à venir en Belgique, surtout dans le contexte actuel des préoccupations environnementales. C'est d'ailleurs ce que pensent 48% des répondants au sondage réalisé dans le cadre de ce travail.

<sup>39</sup> <https://www.constructionpaille.fr/statistiques/>

### 5.1.2 Approché économique : le critère du prix

Inévitablement, lorsqu'on projette de construire un bâtiment, la question du coût va se poser.

Pour établir des comparatifs, il est indispensable de les établir sur des bases semblables aboutissant à des performances thermiques communes. Dans le cadre de cette étude réalisée à Gembloux par l'Ulg<sup>40</sup>, 6 types de parois ont été étudiés et comparés :

- Paroi 1 : **béton et XPS** (polystyrène extrudé) : système traditionnel avec un isolant extérieur complété d'un enduit extérieur et une finition intérieure plâtre
- Paroi 2 : **ossature bois insufflée de cellulose**, panneau intérieur OSB et panneau extérieur en fibres de bois haute densité, finition extérieure constituée d'un enduit et finition intérieure carton plâtre. Ce type de paroi est souvent utilisé dans les maisons passives.
- Paroi 3 : **préfabrication Paille-Tech**, ossatures bois, ballots de paille, mortier « bois cordé »
- Paroi 4 : **auto - construction GREB** composée d'une ossature bois intérieure et extérieure, ballots de paille, mortier « bois cordé », enduits de finition intérieur et extérieur
- Paroi 5 : **GREB avec entreprise** maître d'œuvre
- Paroi 6 : **préfabrication ALTAR** basée sur la technique autrichienne, ossature bois, ballots de paille, panneau OSB et panneau de fibre de bois, enduits intérieur et extérieur

Au terme de cette étude, voici les résultats obtenus à performances thermiques équivalentes :

Parois	Coût moyen / m <sup>2</sup> (en euros)
1. Béton et XPS (traditionnel)	261,5
2. Bois et cellulose (passif)	221,32
3. Paille-Tech	295
4. GREB en autoconstruction	176,28
5. GREB avec entreprise maître d'œuvre	298,38
6. ALTAR	255

Une autoconstruction GREB est de loin la moins chère, ce qui est logique compte tenu de l'absence des coûts liés à la main-d'œuvre. Par contre, les coûts des autres parois intégrant la paille atteignent voire dépassent parfois celui des parois traditionnelles. Les résultats de cette étude contredisent les a priori de la majorité des citoyens évoqués dans l'exploitation du sondage où la plupart des répondants pensent qu'une construction en paille est nécessairement bon marché. A noter toutefois qu'au-delà de l'équivalence thermique, ces parois en paille présentent d'autres avantages évoqués au chapitre 2.

<sup>40</sup> <http://hdl.handle.net/2078.1/176048> - aPROpaille vademecum 2

## 5.2 Ressources existantes de la matière première

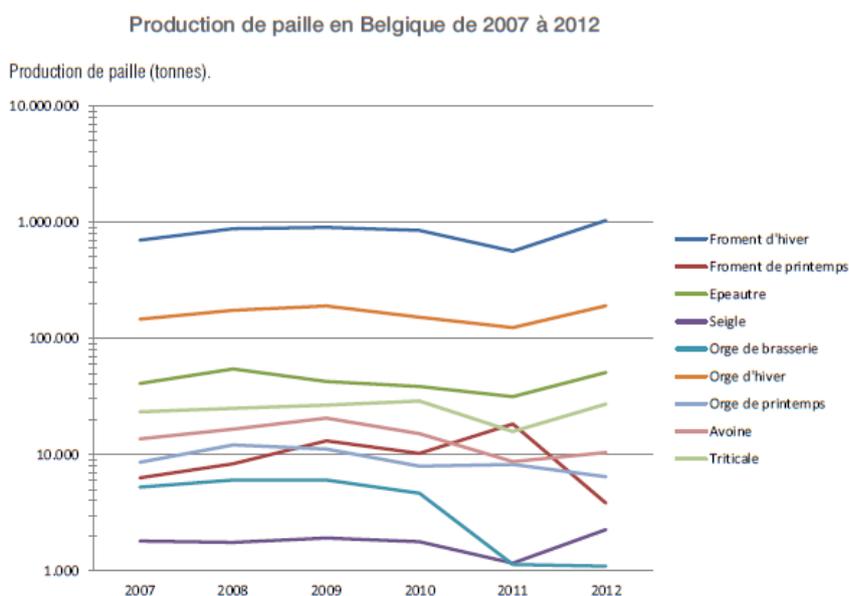
Pour que l'offre puisse répondre à la demande de constructions en paille, il faut vérifier si la Belgique et plus particulièrement, la Wallonie dispose des ressources suffisantes en matière première. Ces dernières doivent être analysées en termes de quantité et de qualité conforme à la construction.

### 5.2.1 Volume des ressources « paille » disponibles <sup>41</sup> en Belgique

La paille est un matériau déjà récolté actuellement en Belgique. Selon le projet de recherche aPROpaille, les pailles céréalières susceptibles d'intéresser le secteur de la construction sont les suivantes : le froment d'hiver, l'orge d'hiver, l'épeautre, le seigle et le triticale. Ci-dessous, voici un tableau qui reprend la production annuelle de paille (toutes céréales cumulées) en Belgique entre 2007 et 2012.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Production totale de paille (tonnes)	910 597	1 133 537	1 159 276	1 067 457	733 878	1 302 943

On observe que la production annuelle de paille varie considérablement d'une année à l'autre en fonction des conditions météorologiques mais on peut raisonnablement tabler sur une production annuelle moyenne de 1 000 000 de tonnes de paille avec la répartition suivante par type de céréales pour la même période.



<sup>41</sup> aPROpaille: Vadémécum 1 - La paille matière première  
<https://www.ecobuild.brussels/sites/default/files/Publications/la-paille-matiere-premiere.pdf>

Il apparaît que l'essentiel de la paille produite en Belgique provient du froment d'hiver qui représente approximativement 80 % de la production paille de qualité utilisable dans le secteur de la construction.

Actuellement, l'utilisation actuelle de la paille est essentiellement agricole. Elle sert de litière pour des animaux ou d'engrais pour fertiliser les sols.

Selon une étude réalisée dans le cadre d'une recherche globale sur la construction en paille<sup>42</sup>, il est estimé qu'un tiers de la paille récoltée pourrait être exporté de la filière agricole vers d'autres filières. Dans ce tiers, environ 15% pourraient être alloués au secteur de la construction, ce qui représente approximativement 50 000 tonnes de paille par an, soit un potentiel de 3 400 à 7 800 habitations d'une surface de 110 m<sup>2</sup> comme le montre le tableau ci-dessous. Cette large fourchette sur le nombre d'habitations s'explique principalement par la technique de construction choisie qui exige un plus ou moins grand nombre de ballots en fonction du sens de pose de ceux-ci.

Ratio aPROpaille	Quantité de paille disponible pour le secteur de la construction	Nombre d'habitation moyenne pouvant être isolée en paille (murs et/ou toiture)
5 %	De 16 000 à 17 000 tonnes	De 1 150 à 2 600 habitations
10 %	De 32 500 à 34 500 tonnes	De 2 300 à 5 200 habitations
15 %	De 49 000 à 52 000 tonnes	De 3 400 à 7 800 habitations
20 %	De 65 000 à 75 000 tonnes	De 4 600 à 10 500 habitations
25 %	De 81 500 à 86 500 tonnes	De 5 800 à 13 100 habitations
30 %	De 98 000 à 104 000 tonnes	De 6 900 à 15 700 habitations

Il est donc tout-à-fait envisageable d'imaginer un scénario où la paille deviendrait un matériau davantage exploité pour la construction et ce, sans nécessairement augmenter les surfaces agricoles utilisées pour la culture céréalière. Comme le montre le tableau ci-dessus, si on augmentait les surfaces agricoles productrices de paille, le potentiel en serait encore accru.

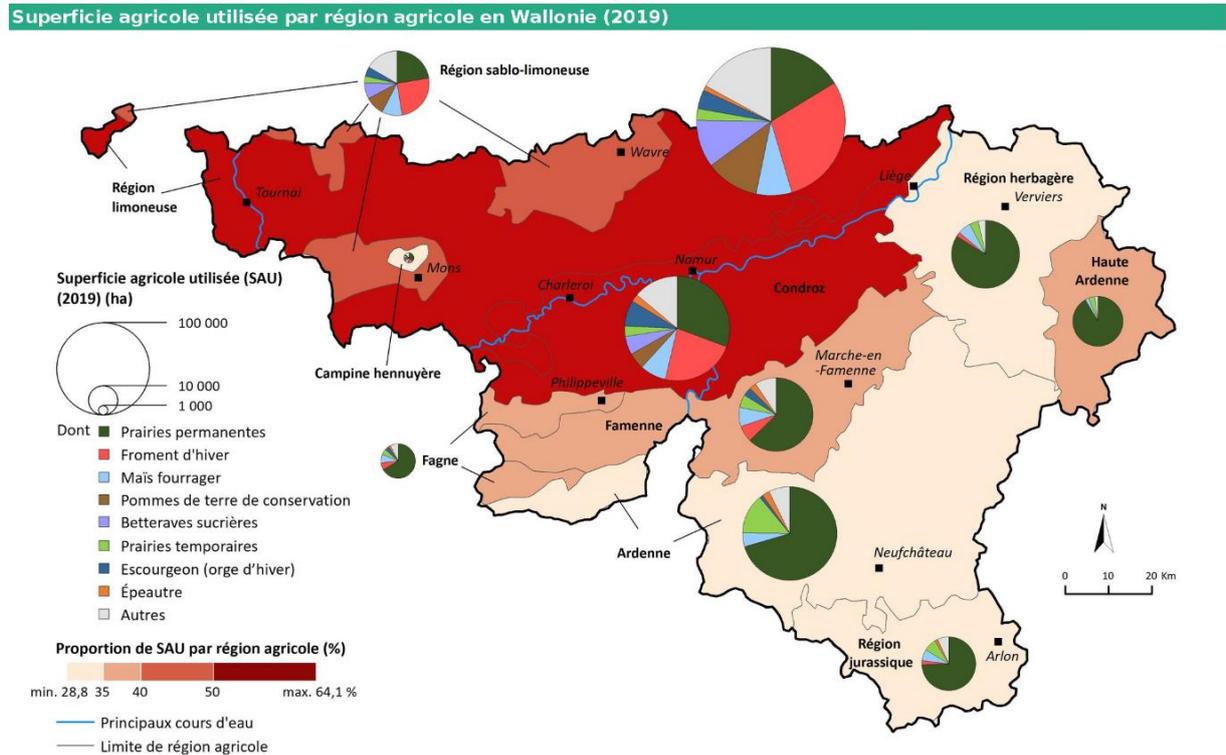
La culture céréalière et donc indirectement le volume de paille produit sont influencés par le climat, des variations du volume disponible pour la construction sont possibles, voire inévitables. De même, la demande pour ce type de bâtiments en paille pourrait varier d'une année à l'autre. Ces deux variables, offre et demande de paille de construction, auraient bien sûr un impact sur l'équilibre du marché et donc sur le prix du matériau « paille de construction ».

Pour autant, un scénario où la construction en paille connaîtrait un développement dans nos campagnes, voire nos villes semble a priori réalisable en termes d'approvisionnement de paille sans nuire au secteur agricole.

<sup>42</sup> aPROpaille: Vadémécum 1 - La paille matière première  
<https://www.ecobuild.brussels/sites/default/files/Publications/la-paille-matiere-premiere.pdf>

## 5.2.2 Disparités régionales en Wallonie

Quand on parle de l'agriculture à l'échelle nationale, on ne prend pas en compte les disparités régionales. Le graphique suivant montre la différence de surfaces agricoles utilisées et de volumes de production céréalières dont une partie de la paille pourrait être allouée à la construction.



REEW – Sources : SPW Environnement - DEMNA ; Statbel (SPF Économie - DG Statistique)

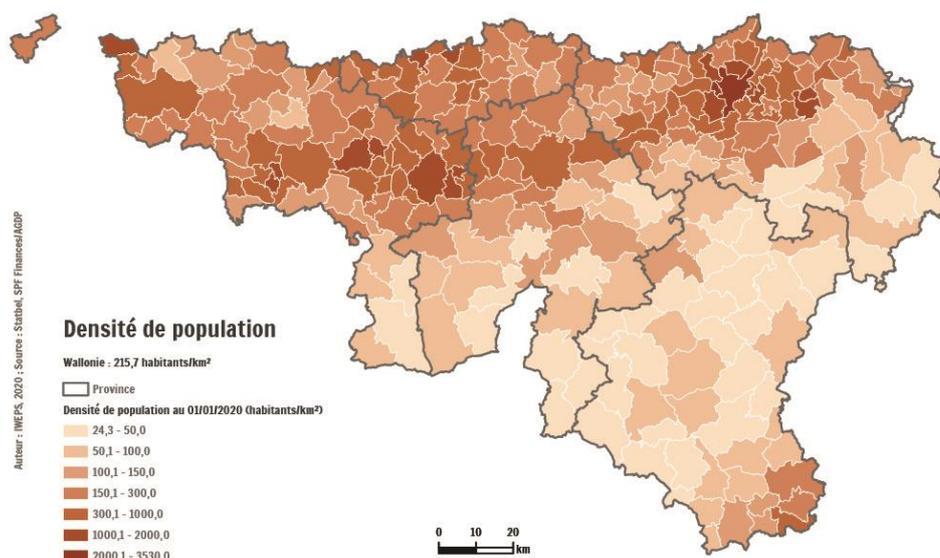
© SPW - 2020

Les froments d'hiver, l'orge d'hiver, l'épeautre et le seigle sont les céréales souhaitées dans la construction. L'observation de la carte montre que les surfaces agricoles du sud de la Wallonie sont essentiellement dédiées aux prairies et produisent moins de paille que le nord. Dans toutes les régions céréalières, c'est le froment d'hiver qui est le plus largement représenté conformément aux statistiques évoquées au point précédent.

L'offre de paille est variable d'une région à l'autre. La région jurassique et la haute Ardenne sont par exemple peu productives de céréales en général et en particulier de paille destinée à la construction. Par contre, les régions limoneuse et sablo-limoneuse représentées en rouge sont quant à elles d'excellents fournisseurs potentiels de paille de construction aussi bien en quantité qu'en qualité.

A noter que si l'offre varie selon les régions, la demande aussi car la densité de population influencera les besoins en bâtiments. Comme en atteste la carte suivante, si la province de Luxembourg produit moins, la demande est également inférieure compte tenu de la faible densité de population.

## Densité de population par commune en Wallonie au 01/01/2020 <sup>43</sup> :



Pour suivre un modèle de circuit court, il est nécessaire d'avoir un équilibre entre l'offre et la demande localement : approvisionnement local pour une construction locale.

Assurer le développement de la construction paille exige d'une part, des volumes suffisants de matière première et d'autre part, une qualité destinée au secteur.

### 5.2.3 Qualité de la matière première destinée à la construction<sup>44</sup>

L'analyse de la qualité de la matière première passe par l'identification des critères de conformité d'une paille destinée à la construction d'une part, sans oublier les contraintes de production qui en découlent pour l'agriculteur d'autre part.

#### 5.2.3.1 Critères de qualité de la paille destinée à la construction

- Le choix des céréales : généralement froment d'hiver, escourgeon, épeautre...
- La technique et le matériel de récolte
- Le format en **petit ballot rectangulaire** avec une presse à moyenne, voire haute densité
- Le choix d'une ficelle de qualité
- Le mode de stockage : sur palette pour la ventilation, avec une bâche de protection en cas de stockage extérieur.

<sup>43</sup> <https://www.iweps.be/indicateur-statistique/densite-de-population/>

<sup>44</sup> aPROpaille: Vadémécum 1 - La paille matière première

f) **Le cadre légal** : le respect des **Règles Professionnelles de Construction en Paille (RPCP** émises par le RFCP et publiée au Moniteur en 2011, applicables en Belgique) :

- La qualité de la fibre :
  - La longueur des fibres : **minimum 25 cm**
  - La section la plus grande possible (variable d'une céréale à l'autre)
- La dimension des ballots : **petit ballot de format homogène** et conforme à la commande
- La densité du ballot : **entre 90 et 110 kg/m<sup>3</sup>**
- L'orientation de la fibre : idéalement **flux de chaleur perpendiculaire à la fibre**
- La teneur en eau : **15 % d'humidité à la sortie du stockage**
- **A éviter** : la présence de taches ou bien de vert qui révèle souvent un excès d'humidité

### 5.2.3.2 *Contraintes de production pour l'agriculteur*

La construction en paille est fortement influencée par la qualité de la matière première. Cette qualité est elle-même directement influencée par la manière dont la céréale est cultivée et récoltée.

Une paille destinée à la construction doit avoir des brins relativement longs (plus de 25 cm) pour obtenir un ballot qui ne soit pas friable. Cela implique qu'un agriculteur qui ferait appel à des inhibiteurs de croissance pour réduire la hauteur de la tige et ainsi éviter qu'elle ne se casse sous l'effet du vent, ne serait pas en mesure de fournir des ballots de qualité.

Il faut également être vigilant à ce que la paille ne soit pas broyée pour qu'elle garde son pouvoir isolant et que le ballot ne soit pas friable. C'est certainement une des difficultés majeures que l'agriculteur va rencontrer s'il est amené à produire des ballots destinés à la construction. Pour éviter de broyer la tige, plusieurs facteurs qui concernent la méthode de récolte entrent en ligne de compte.

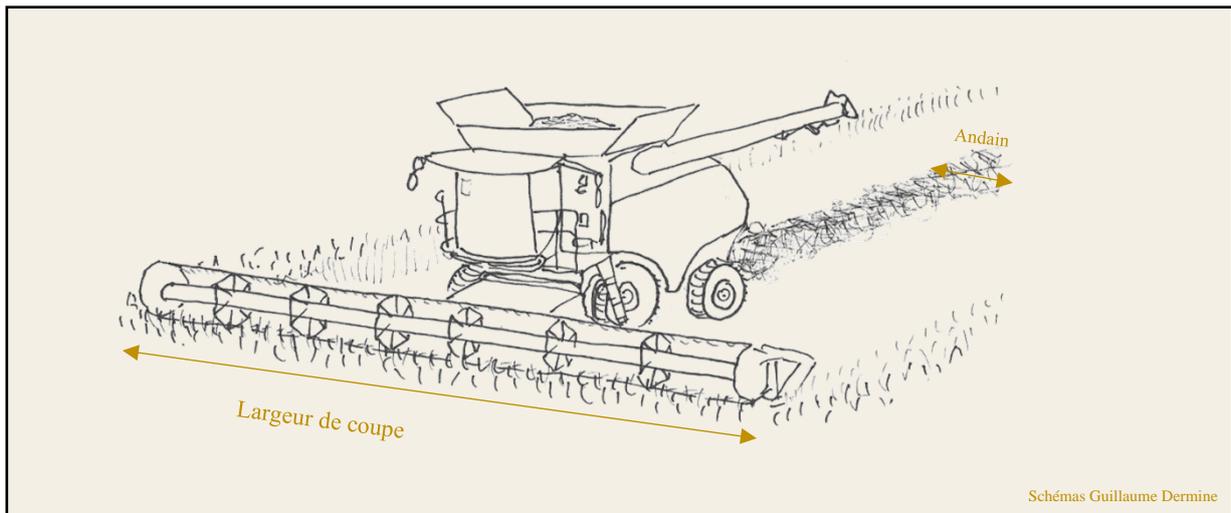
Premièrement, la moissonneuse utilisée doit, dans le meilleur des cas, être une moissonneuse dite conventionnelle à batteurs. La paille qui en sort n'est pas écrasée et donc de qualité. Le seul problème est que la tige qui en sort est souvent trop courte, mais une alternative existe : il faut ouvrir le batteur pour éviter de couper la paille trop courte et ralentir pour ne pas perdre de grain. Cette solution est assez contraignante pour l'agriculteur qui voit sa productivité et donc sa rentabilité réduites. Cela va de soi : une augmentation du prix du ballot est inévitable.

Deuxièmement, il est important de comprendre que la paille destinée à la construction exige le moins de manipulation possible pour éviter toutes dégradations de structure des fibres. La largeur de la coupe ne doit donc pas dépasser les 5,2 mètres pour éviter de se retrouver avec des andains<sup>45</sup> trop hauts et trop larges.

---

<sup>45</sup> **Andain** : rangée d'herbe fauchée

Ceux-ci empêchent l'utilisation de presse de moyenne densité recommandée pour la construction en paille et nuisent à un séchage correct du cœur de l'andain, ce qui implique une paille de moins bonne qualité. Une coupe trop large demanderait une deuxième manipulation destinée à étendre un andain trop haut et trop large en deux andains plus petits et moins hauts pour permettre le passage de la presse et le séchage correct de toute la paille. Cette manipulation demanderait trop de temps à l'agriculteur et abîmerait la structure de la fibre, ce qui réduirait la qualité du ballot tout en augmentant son prix. Cela n'aurait donc d'intérêt pour personne.



Troisièmement, dans l'absolu, il faudrait également avoir un andain très régulier dans sa largeur et hauteur pour bénéficier d'une alimentation homogène de la presse le jour du pressage. Ce paramètre est difficile à maîtriser car cela implique de ne jamais arrêter la presse et la faire rouler à la même vitesse afin que les ballots sortants soient tous les mêmes et puissent être facilement utilisés sur chantier. Ce paramètre est très compliqué à gérer, c'est pourquoi il faut être raisonnablement indulgent quant à l'homogénéité des ballots. Une alternative serait une sélection de chaque ballot, un par un, une fois qu'ils sont tous pressés mais à nouveau, cela demanderait beaucoup de temps et de patience pour l'agriculteur déjà fortement sollicité.

Quatrièmement, il est intéressant de presser des ballots pour la construction en début de soirée pour avoir un taux d'humidité suffisamment élevé sans l'être trop, offrant à cette heure une paille moins cassante. Il est également préférable de prendre des ballots provenant du centre des récoltes et non près de forêts ou en bordure de champs où le taux d'humidité est plus élevé, la croissance moins avancée et le risque d'accumulation de végétaux étrangers à la paille plus grand. Ce risque de surplus d'humidité et donc de pourriture est un réel problème.

Cinquièmement, avant de stocker les ballots, il faut d'abord les rassembler. Pour ce faire, il faut soit utiliser des machines prévues à cet effet, soit le faire à la main. Le problème lié à l'utilisation des machines est que la majorité d'entre elles malmène le ballot et risque d'abîmer la structure. Il est donc

préférable de le faire à la main ou éventuellement à la fourche et de les entasser sur une remorque. Cette étape pourrait être réalisée par le conducteur du chantier au lieu de l'agriculteur qui pourrait alors récupérer le temps perdu à faire des ballots de meilleure qualité.

Enfin, le stockage est l'étape finale avant la mise en œuvre sur site. La manière dont les ballots sont stockés est importante pour en préserver la qualité. Il peut se faire sur le champ : il faut alors les poser sur des palettes pour qu'ils puissent bien sécher et ensuite les bâcher. Ils peuvent également être entreposés dans un hangar. Dans tous les cas, il faut faire attention à une ventilation correcte des ballots pour assurer un séchage correct. Il faut également prendre quelques précautions contre les rongeurs qui peuvent y trouver un magnifique refuge où faire leur nid et par la même occasion abimer les ballots. Il est conseillé de prévoir une quantité de ballots légèrement supérieure pour y faire face.

Toutes ces exigences augmentent la complexité du changement de modèle pour récolter une paille de qualité conforme à la construction. L'augmentation du temps nécessaire à la récolte doit donc être compensée financièrement. En contrepartie du respect des normes de qualité de la construction, ces ballots apportent une plus-value à la production comparativement au ballot destiné au secteur agricole. Leur prix de vente est donc supérieur, jusqu'à 4 fois le prix du ballot agricole.

Ayant connaissance des critères de qualité des ballots destinés à la construction et des contraintes qu'ils impliquent, la question de la quantité de paille conforme au secteur de la construction se pose à nouveau. Parmi les chiffres cités précédemment, nous disposons des informations sur le type de céréales cultivées mais pas sur le type de ballots produits : cylindriques, rectangulaires de grande ou de petite taille ? On notera également que l'agriculture moderne a tendance à privilégier les grands ballots moins chers à produire et donc plus rentables mais plus difficile à manier. Certaines petites exploitations utilisent encore de petites presses mais ce n'est pas systématique et les ballots de petite taille restent également très demandés pour leur facilité de transport et de manutention par d'autres secteurs que celui de la construction.

Ajoutons qu'il n'existe aucune information sur la conformité aux exigences de qualité du RFCP qui est pourtant indispensable pour que le bâtiment soit assurable. Sur les 50 000 tonnes de paille par an évoquées au point précédent, combien répondent réellement à tous les besoins de la construction ? Il n'existe actuellement aucun recensement sérieux sur le sujet.

Cela soulève deux questions. Une telle demande pour les petits ballots induit-elle un risque de rupture de stock ? S'il y a un déséquilibre entre l'offre et la demande de petits ballots, un changement de modèle privilégiant un retour aux petits ballots pour la flexibilité qu'ils apportent tout en tenant compte des contraintes qu'ils représentent est-il envisageable ?

## 5.3 Entreprises wallonnes actives dans la construction paille

Actuellement, quelques entreprises wallonnes travaillent activement la paille destinée à la construction et ce, à plusieurs niveaux, qu'il s'agisse d'agriculteurs spécialisés dans la récolte de paille isolante ou ballots porteurs, d'entreprises de construction ou d'architectes valorisant le matériau.

Créé en 2020, le **Réseau Belge Francophone de la Construction Paille** (RBFPCP, homologue du RFCP en France) rassemble une série d'acteurs engagés et spécialisés dans ce mode constructif. Il permet de mettre en relation les différents intervenants et leur offre une visibilité. Il concentre dix entreprises : un agriculteur spécialisé, une entreprise de construction spécialisée, six bureaux d'architecture et deux centres de formation.

### 5.3.1 Société Agricole Raymakers et Daniel <sup>46</sup>

Située à Hélécinne dans le Brabant wallon, la « Société Agricole Raymakers et Daniel » est une entreprise agricole spécialisée dans la création de ballots de petite taille. Depuis 2006, la ferme familiale est gérée par Fabian Daniel. Bioingénieur, il a décidé de relancer la production de ballots de petite taille, d'abord à destination de l'agriculture pour les facilités de manutention par l'homme. Son intérêt personnel pour les questions énergétiques des bâtiments le pousse à la diversification avec la paille destinée à la construction. La production de ce nouveau produit a été aisée car les outils nécessaires étaient présents et des partenariats ont simplifié les transactions.

L'entreprise propose tout un assortiment de petits ballots (80 x 46 x 36 cm) : une première gamme est destinée à l'agriculture et plus précisément aux animaux et une seconde gamme à la construction. Cette dernière se compose de 3 produits issus du froment et de l'escourgeon :

- les petits ballots standards à fibres horizontales qui se posent sur le champ.
- les petits ballots « spécial passif » à fibres verticales qui se posent sur le plat
- la paille en vrac pour les mélanges notamment destinés aux enduits

Ce fournisseur de ballots n'est pas exclusif et le travail avec des agriculteurs non spécialisés est également possible. Cependant, le produit fini proposé par l'entreprise spécialisée présente un avantage non négligeable d'être certifié d'un point de vue qualité, ce qui permet d'éviter le contrôle intensif des ballots par le maître d'œuvre ou d'ouvrage.

---

<sup>46</sup> [http://www.ballots.be/index\\_fichiers/Page369.htm](http://www.ballots.be/index_fichiers/Page369.htm)

### 5.3.2 Entreprise de construction Paille-Tech <sup>47</sup>

L'entreprise de construction « Paille-Tech » a été créée en 2009 sous l'impulsion de l'asbl Grappaille. Elle fonctionne en coopérative et emploie divers métiers tels que concepteurs, ouvriers, ... Sa particularité est d'être spécialisée dans la **préfabrication des murs en paille**. Pour cela, l'entreprise a développé un système constructif portant son nom (déjà présenté au chapitre précédent).

Après une première expérience plutôt artisanale pour la conception du premier mur, il est apparu évident que cette alternative de préfabrication exigeait un procédé plus industriel pour connaître un développement viable.

En 2015, le journal l'Echo<sup>48</sup> consacrait un article à l'entreprise. Julien Lefrancq, administrateur de Paille-Tech souligne à l'époque : « *En 2009, nous fabriquions une maison par mois. Aujourd'hui, le même chantier ne prend plus que cinq jours* ».

La technique Paille-Tech exploite plusieurs matériaux dans sa préfabrication : le bois, la paille et les enduits à base d'argile. Mais d'où viennent ces matières premières ? S'agit-il d'un approvisionnement local ? Julien Lefrancq répond : « *À part le bois, que nous allons majoritairement chercher en France et en Autriche parce qu'il nous faut des planches longues de 13 mètres, nous n'utilisons que des matériaux locaux. La paille nous est ainsi fournie par un agriculteur d'Hélécine, qui réalise une belle plus-value puisqu'il nous vend le ballot à 4 euros au lieu d'1 euro. Et nous finalisons un partenariat avec Agribat, l'ancienne briqueterie de Wanlin, pour les enduits en terre. Sans compter que nous produisons zéro déchet et le bois est entièrement réutilisable* ».

Très clairement, il y a un impact positif localement en ce qui concerne l'approvisionnement de la paille et des enduits. L'agriculteur auquel il est fait référence à Hélécine est en fait l'entreprise spécialisée « Société Agricole Raymakers et Daniel » évoqué au point précédent. La plus-value évoquée précédemment pour la vente de ballot destiné à la construction est claire : le ballot de qualité de construction plus contraignant pour l'agriculteur est vendu 4 fois plus cher que le ballot agricole traditionnel. Il y a donc clairement compensation de la contrainte.

Quant au bois, il est européen. Donc, il n'y a pas recours à un quelconque bois exotique. Ce n'est pas un approvisionnement local pour autant.

Quant au prix de cette préfabrication, Julien Lefrancq assume qu'il est élevé : « *On se trouve donc dans une échelle de prix comparable aux bâtiments isolés avec de la cellulose de papier* ».

---

<sup>47</sup> <http://www.pailletech.be/a-propos-2/histoire-de-paille-tech/>

<sup>48</sup> <https://www.lecho.be/dossier/paris2015/avec-ses-panneaux-de-paille-et-de-bois-paille-tech-mise-sur-l-isolation-100-reutilisable/9709389.html>

Pour donner un ordre d'idée de prix, voici un récapitulatif établi sur base des tarifs mentionnés dans la brochure Paille-Tech 2021 pour une maison de 162 m<sup>2</sup> bruts (soit 128 m<sup>2</sup> nets).<sup>49</sup>

<b>Descriptions</b>	<b>Tarifs</b>	<b>%</b>
Etudes, implantation, coordination et sécurité	10.000,00 €	3%
Fondation, installations enterrées et échafaudage	38.660,00 €	12%
<b>Structure et enveloppe Paille-Tech</b>	<b>83.294,00 €</b>	<b>25%</b>
Toiture, châssis, bardage	48.263,00 €	15%
<b>Sous-total gros œuvre fermé</b>	<b>180.217,00 €</b>	<b>55%</b>
Installations et équipement (électricité, ventilation, sanitaire, chauffage, cuisine)	30.414,00 €	9%
Finitions intérieures * (escaliers, cloisons, faux plafonds, encadrement de fenêtres..., enduits de finition)	41.657,00 €	13%
<b>Sous-total finitions</b>	<b>72.071,00 €</b>	<b>22%</b>
Assurance garantie décennale obligatoire	2.703,00 €	1%
<b>Total HTVA</b>	<b>254.991,00 €</b>	<b>77%</b>
TVA 21%	53.548,00 €	16%
<b>Total TVAC pour entreprise Paille-Tech</b>	<b>308.539,00 €</b>	<b>94%</b>
Honoraires d'architecte TVAC forfait (hors entreprise)	21.175,00 €	6%
<b>Total TVAC client</b>	<b>329.714,00 €</b>	<b>100%</b>
<b>Prix au m<sup>2</sup> brut TVAC</b>	<b>2.035,27 €</b>	

On notera que la structure et enveloppe Paille-Tech représente 25% du budget total de la maison.

En 2015, l'entreprise comptait 10 chantiers par an. Pour parvenir à réduire le prix, il est nécessaire d'augmenter le nombre et la taille des chantiers afin de diminuer les coûts de fabrication. Pour cette raison, dès 2015, l'entreprise élargit son rayon d'action en s'intéressant aux habitats groupés, aux immeubles à appartements et aux bâtiments publics (écoles, crèches...) en prospectant en Flandre, au Luxembourg et dans le nord de la France. Pour un tel développement, il est nécessaire de trouver une entreprise générale partenaire.

En Belgique, l'entreprise bénéficie pour l'instant d'une forme de monopole puisqu'elle est seule sur ce marché de la préfabrication paille mais tout comme pour l'approvisionnement des ballots, il n'est pas obligatoire de passer par elle même si elle présente l'avantage de proposer un système réglementé et agréé. Il faut également noter que si elle est aujourd'hui la seule entreprise belge spécialisée dans la préfabrication, il existe néanmoins des entreprises concurrentes en Europe, par exemple, Isopaille ou Activ Home en France, Modcell au Royaume-Uni ou encore Ecococon en Slovaquie. Evidemment le recours aux services d'entreprises d'autres nationalités perd l'avantage écologique du circuit court.

<sup>49</sup> <http://www.pailletech.be/la-nouvelle-brochure-2021-est-arrivee/>

### 5.3.3 Bureaux d'architecture

Une série de bureaux d'architecture font également partie du réseau : ArtTerre à Liège, Atelier d'Architecture Contemporaine et Ecologique (AACE) à Tournai, Pierre Mahy à Estiennes, Marie Homerin à Tournai et Responsable Young Architects à Bruxelles et enfin Sylvain Duquenne à Mons qui a accepté de partager son retour d'expérience.<sup>50</sup>

Sylvain Duquenne a fait le choix de la construction en paille pour ses multiples qualités : *« C'est un matériau local, abondant, abordable, isolant source de confort été comme hiver, compostable et/ou recyclable en fin de vie tout en étant un puits carbone. »*

A son actif, il a deux maisons construites selon la technique GREB à Saint-Symphorien, une maison Paille-Tech à Saint-Symphorien, une maison ossature bois-remplissage paille (pose des ballots debout) à Mons et un chantier participatif à Ittre.

A partir de ces expériences, il dit privilégier l'ossature bois avec remplissage de paille : *« L'avantage de l'ossature bois réside dans la construction rapide d'un volume hors eau. L'entreposage et la pose des bottes de paille peuvent ainsi se faire à l'abri de la pluie. Il faudra juste veiller lors de la mise en œuvre à assurer un contact franc entre le panneau pare-pluie et la botte de paille afin d'assurer le transfert de la vapeur d'eau et éviter tout phénomène de convection et de condensation. Concernant la pose des ballots, je préfère la pose debout entre montants à la pose sur chant ou à plat. Cette technique de pose est plus contraignante au moment du dessin car le bâtiment doit être calepiné sur les dimensions de la botte de paille mais est plus rapide à mettre en œuvre sur chantier. »*

Sylvain Duquenne est convaincu des qualités de la construction en paille à tel point qu'il a momentanément mis en suspens sa carrière d'architecte pour se lancer dans l'autoconstruction de sa propre maison en paille (chantier en cours développement).

Pour l'approvisionnement de la paille, il a fait appel à un agriculteur retraité. Il souligne que la difficulté est de trouver des agriculteurs possédant encore une petite botteleuse et un lieu de stockage pour les nombreux ballots, contraintes également mises en évidence dans les sections précédentes. Lors de la reprise de son activité professionnelle d'architecte, il souhaiterait travailler avec plusieurs agriculteurs ou agricultrices possédant une petite botteleuse. Comme il le précise, il pourrait *« choisir l'un(e) ou l'autre selon la situation du chantier et rester dans une logique « d'architecture de cueillette ». De plus, créer ce partenariat permettrait également de transmettre un savoir-faire : la confection de ballots de paille pour la construction. »*

---

<sup>50</sup> Interview de Monsieur Sylvain Duquenne, architecte, le 20 juillet 2021

Il termine l'entretien en précisant qu'il espère que la récente création du réseau RBFPC permette un changement des mentalités et le développement de la construction en paille dans les années à venir.

Les autres bureaux d'architecture du RBFPC gèrent des projets de construction paille, ils ont chacun leurs spécificités. Il est à noter que d'autres architectes conçoivent des projets de construction en paille sans être membre du RBFPC.

Certains collaborent aussi avec la « Société Agricole Raymakers et Daniel » mais cette coopération n'est pas obligatoire. Le choix d'entreprises agricoles non spécialisées, éventuellement locales, reste possible comme l'a fait Sylvain Duquenne même si cela implique pour l'architecte un engagement plus contraignant. L'absence de spécialisation du fournisseur signifie qu'il doit y avoir un travail préalable de pédagogie auprès des différentes parties pour obtenir les ballots conformes comme les propose la Société Agricole Raymakers et Daniel, ce qui n'est pas le cas d'un ballot à usage agricole.

Une paille à usage structurel demandera une confiance liée à une connaissance approfondie du matériau de la part de l'architecte, ce qui n'est pas toujours facile à trouver pour la paille en construction. L'expertise des différents intervenants à son sujet reste de manière générale limitée.

#### 5.3.4 Centres de formation

On retrouve finalement dans ce réseau deux **centres de formation** qui s'adressent aux différents corps de métier mais aussi au grand public : IFAPME à Mons et la Fédération de l'éco-construction en Wallonie.

La Fédération de l'éco-construction de Wallonie montre l'exemple avec son nouveau bâtiment conçu par l'Atelier d'Architecture Contemporaine et Ecologique (AACE) et construit en paille en 2019.

L'objectif est que le bâtiment soit un modèle séduisant pour convaincre de nouveaux porteurs de projets de s'orienter vers le secteur bio-sourcé. Pour ce faire, il faut à la fois respecter un budget tout en proposant une « écriture tendance et moderne » avec une technique ossature bois isolée en paille.<sup>51</sup>

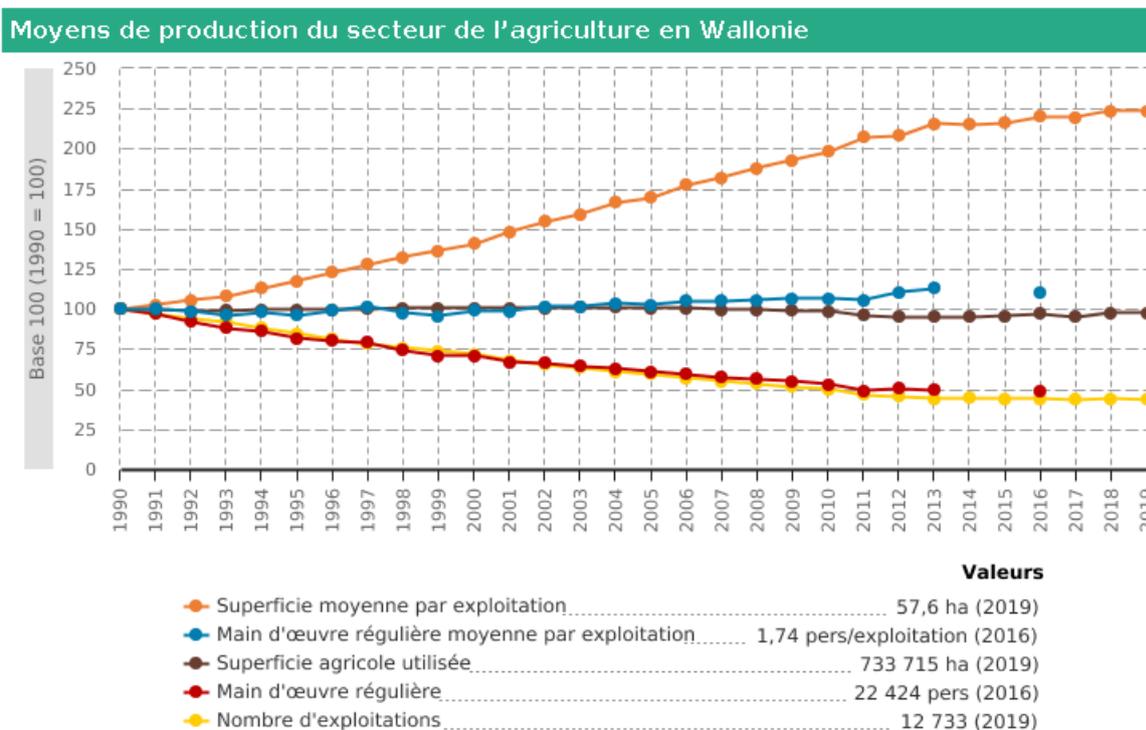


<sup>51</sup> <https://aace.archi/cluster-ecoconstruction-v2-0-et-v2-1/>

## 5.4 Approvisionnement de la paille par le secteur agricole

Avant de poursuivre sur la mise à disposition de la paille par les agriculteurs, il est indispensable de prendre conscience que le secteur agricole wallon a considérablement évolué au fil des 30 dernières années.

L'observation du graphique ci-dessous montre que le nombre d'exploitations agricoles wallonnes qui était 12 733 en 2019 s'est réduit de moitié en 30 ans. Dans le même temps, la superficie moyenne par exploitation a plus que doublé tandis que la surface agricole utilisée est pratiquement restée inchangée en trois décennies.



REEW - Source : Statbel (SPF Économie - DG Statistique)

© SPW - 2020

L'agriculture se fait avant tout à grande échelle. Les petits agriculteurs ont de plus en plus de mal à résister à la pression des grandes exploitations proposant des prix planchers car ils bénéficient d'économies d'échelle.

Ces petites exploitations doivent donc faire preuve d'inventivité pour survivre. Une diversification de leurs productions est souvent une source de stabilité. C'est précisément la démarche de la « Société Agricole Raymakers et Daniel » qui propose des ballots de petite taille recherchés pour leur facilité de manutention. Ces ballots nécessairement produits par de petites exploitations se font de plus en plus rares et ils présentent l'intérêt d'être utilisables dans la construction pour autant qu'ils

respectent certaines spécifications pour satisfaire aux normes en vigueur dans le secteur. Conformément à ce qui a été évoqué précédemment, cela signifie qu'une attention particulière devra être accordée pour assurer la qualité des brins utilisés et la densité du ballot supérieure aux besoins agricoles ... Cela implique une augmentation du prix de vente du ballot de construction qui peut être jusqu'à 4 fois plus élevé que le ballot agricole. Ce qui pourrait permettre à certains petits exploitants d'être plus rentables.

Actuellement, rares sont les agriculteurs qui proposent de tels ballots pour plusieurs raisons. Premièrement, toutes les contraintes matérielles et organisationnelles expliquées précédemment <sup>52</sup>. Deuxièmement, la demande actuellement trop faible en fait une production difficilement rentable s'il faut investir pour en faire l'offre. Troisièmement, certaines petites exploitations produisent elles aussi des ballots de trop grande taille qui sont souvent inadaptés à la construction belge <sup>53</sup> et un changement de modèle impliquerait le remplacement intégral de leurs outils de récolte, presses, chargement... et donc un coût exorbitant sans assurance de débouchés.

Les seuls fournisseurs possibles sont donc les petits agriculteurs possédant déjà les outils adaptés. Ces derniers devront adapter leur manière d'exploiter la paille pour répondre aux normes de la construction sans achat supplémentaire conséquent. Le temps supplémentaire à la récolte et mise en botte de la paille sont rentabilisés par un prix plus important et une possibilité de mettre en valeur ce produit comme une marque de fabrique pour cibler une nouvelle clientèle cherchant de tels ballots.

La démarche d'approvisionnement pourrait également se faire auprès de grandes entreprises si le secteur se développait mais ces dernières n'ont aucun intérêt à remettre en cause leur modèle de production actuel compte tenu que la demande du secteur de la construction reste anecdotique. Les grandes entreprises ou multinationales ne s'intéressent donc pas aux ballots destinés à la construction tout simplement parce que les débouchés sont insuffisants. C'est la raison pour laquelle on trouve un seul exploitant certifié sur toute la Wallonie, à savoir la Société Agricole Raymackers et Daniel.

La relation entre la culture céréalière productrice de paille et la construction en paille est encore incertaine. Mais au vu des demandes de progrès écologique incitant à se tourner vers des modèles plus durables qui vont au-delà du standard passif d'un bâtiment pour rencontrer un objectif écologique de réduction de l'énergie grise du bâtiment, cette filière de construction a certainement un potentiel de développement.

Un travail de pédagogie doit donc être effectué pour changer les mentalités empreintes d'a priori infondés au sujet de la paille. Cependant, il faut toujours garder en tête que ce nouveau modèle ne doit pas mettre en péril le secteur agricole dont il dépend.

---

<sup>52</sup> Contraintes expliquées à la page 76

<sup>53</sup> Au chapitre 3, des réalisations avec grands ballots porteurs ont été présentés. Pour autant, ces réalisations sont rares et ont été construites à l'étranger, pas en Belgique qui travaille peu la paille porteuse.

## 5.5 Pistes de développement

Deux grands axes de développement se dégagent de l'analyse : une meilleure diffusion des connaissances sur la paille en tant que matériau et une volonté politique affichée.

### 5.5.1 Diffusion des informations techniques relatives à la paille

Les connaissances sur la paille évoluent de jour en jour. Le nombre de techniques constructives existantes montrent la dynamique de développement de la filière. Le problème auquel le secteur de la construction en paille est confronté n'est pas l'existence d'une expertise au sujet du matériau mais bien la diffusion de ces connaissances à destination du grand public rempli de préjugés et des professionnels de la construction qui restent souvent très conventionnels.

Comme l'a montré le sondage du chapitre 1, les avis à son sujet sont pour la plupart défavorables parce qu'ils sont biaisés, surtout du point de vue technique. C'est regrettable car la paille est techniquement et écologiquement performante. La grande polyvalence quant à sa mise en œuvre, son énergie grise réduite, ses qualités isolantes et de résistance au feu pour un coût raisonnable, sont autant d'arguments en faveur de la construction en paille.

Le secteur de la construction en général maîtrise très peu le sujet et donc valorise peu la construction en paille. Or, ce secteur est le premier à pouvoir en faire la promotion. Les architectes eux-mêmes sont rarement familiers avec ce mode de construction et restent souvent réticents à l'utiliser. Ils devraient pourtant être les premiers à vanter ses qualités auprès des maîtres d'ouvrages.

Mais comme le montre le sondage, même après avoir mis en avant ses avantages, beaucoup restent sceptiques et réticents à son utilisation. On ne peut bien entendu pas forcer l'utilisation d'un matériau et la paille n'est pas le seul matériau digne d'intérêt proposé actuellement. Pour autant, la plupart des réticences proviennent de l'ignorance ou d'un manque de confiance dans l'information donnée. La société dans laquelle nous vivons permet à une information de circuler de plus en plus facilement mais aussi aux « fake news ». Même quand un consensus ultra majoritaire de la communauté scientifique met en avant quelque chose, la réticence d'une petite minorité suffit à faire douter. La confiance dans l'information donnée se résume alors à un ressenti personnel qui est d'ailleurs confirmé par l'expérience du sondage où 82% des répondants reconnaissent exprimer un ressenti par rapport à la paille en construction et non un avis fondé sur des connaissances personnelles.

Heureusement pour la filière de la construction en paille, le nombre de constructions à travers le monde offre un panel d'exemples concrets et palpables. L'architecture, visible et tactile, se différencie

d'une théorie scientifique et d'un modèle microscopique qui ne le sont pas. Les gens peuvent donc se faire une idée concrète en visitant des projets construits.

Il faut pouvoir mettre en avant le matériau de construction en lui-même. La paille ou plus précisément le ballot, doit être vu comme un matériau sérieux et non utopique. Pour cela, des projets phares servent d'exemples concrets, comme la tour Jules Ferry en France qui propose des logements sociaux isolés en paille avec un confort de vie exemplaire et des charges en énergie primaire dérisoires. Elle met en avant la paille auprès d'une population précarisée et leur montre concrètement les avantages dans leur vie quotidienne. D'autres projets comme le Prehistomuseum en Belgique mettent en avant des qualités techniques et écologiques dans un bâtiment public où la paille n'est pas en lien avec les sujets d'exposition et de documentation. Toute une série de logements individuels montrent le potentiel architectural qu'offre le matériau pour des constructions plus conventionnelles ou contemporaines et ce, pour un prix raisonnable.

La société et ses représentants ont donc un rôle à jouer dans la diffusion des informations et en formant les professionnels de la construction. Dans ce contexte, les pouvoirs publics doivent contribuer en intégrant ce type de techniques dans les programmes scolaires ou formations professionnelles. Seul le centre IFAPME de Mons propose une formation actuellement, c'est insuffisant.

La construction en paille s'organise également sous forme de chantiers participatifs. Elle est facile d'accès et permet un apprentissage rapide des novices. Cette diffusion de l'information se fait alors gratuitement au bénéfice de toutes les parties : l'autoconstructeur est aidé tandis que l'aidant apprend. Ce type de chantier est accessible aussi bien à des professionnels que des particuliers qui sont intéressés par la technique comme l'a montré l'expérience « refuge II ». Formés sur le terrain, ils pourront à leur tour lancer leurs propres projets et peut-être initier un nouveau chantier participatif qui diminuera leur coût de construction tout en proposant une expérience formative et socialement bénéfique à d'autres.

Les maîtres mots pour promouvoir la paille en tant que matériau de construction sont : formation, information et communication.

### 5.5.2 Engagement politique

Le projet européen Up-Straw soutenu par la commission européenne a pour but de mettre en avant la paille en construction. La création du RBFCEP en 2020 est également un pas en avant. Il permettra peut-être à terme d'en faire la promotion même si sa jeunesse rend difficile l'appréhension d'un tel impact à brève échéance.

Des prises de positions fortes de la classe politique doivent être mises sur la table pour résoudre les problèmes environnementaux auxquels notre société est confrontée. Les catastrophes naturelles de l'année 2021 devraient réveiller les consciences. Dans le secteur de la construction, le standard passif ne suffit déjà plus car une maison passive n'est pas pour autant écologique et peut émettre énormément de gaz à effet de serre durant son cycle de vie. L'intégration de l'énergie grise d'un bâtiment doit faire l'objet de normes et la paille pourrait y répondre pour un prix raisonnable.

Au même titre que la promotion des panneaux photovoltaïques a été faite en octroyant des primes aux citoyens, on pourrait imaginer l'instauration de primes à l'utilisation de matériaux tels que la paille.

Ajoutons que, sur le plan législatif belge, l'absence de la mention « paille » dans les textes légaux est en soi une absence de reconnaissance de son statut de matériau de construction. Conformément à ce qui a été évoqué précédemment dans le cadre légal, pour la construction paille, il faut se référer aux textes relatifs au bois et à d'autres matières végétales. Pour lui accorder un statut reconnu de tous, la paille doit faire son apparition dans les textes légaux.

Les pouvoirs publics, qu'il s'agisse de l'état fédéral ou des Régions qui ont la responsabilité de l'aménagement du territoire, peuvent encore contribuer d'une autre façon en donnant l'exemple par des choix durables lorsqu'ils investissent dans des bâtiments. Si on observe les projets français, on constate que l'Etat investit régulièrement dans de nouveaux projets durables, notamment plusieurs établissements scolaires maternels, primaires et secondaires qui sont des constructions en paille. Au Royaume-Uni, l'Université de Nottingham utilise aussi la paille comme matériau de construction. Ces bâtiments publics deviennent alors une vitrine pour la paille en tant que matériau de construction capable de répondre au défi environnemental au même titre que d'autres matériaux écologiques.

Au-delà de répondre à des normes écologiques, elle est aussi un matériau issu de la ruralité. Serait-elle en mesure de contribuer à son développement ?

# Chapitre 6

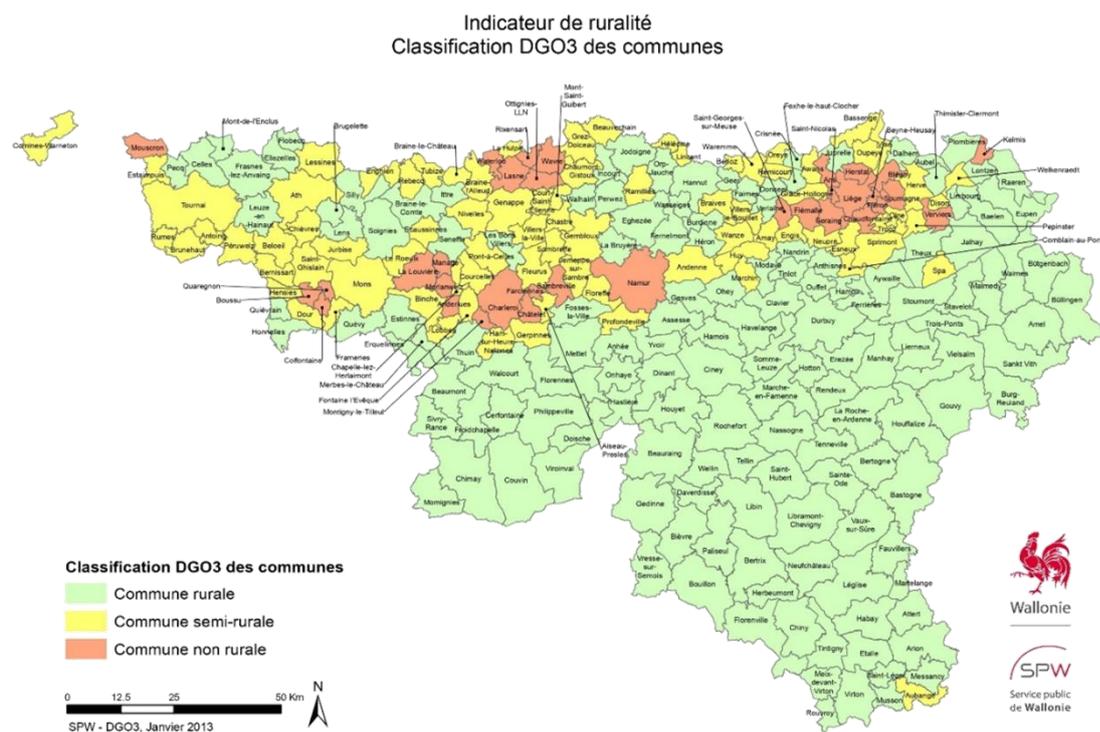
## Rapport à la ruralité

### 6.1 Définition de la ruralité

Ce travail se fonde sur deux définitions de la ruralité : une première définition formelle provenant de la DGO3<sup>54</sup> et une seconde plus sensible alliant architecture et socio-économie du lieu.

#### 6.1.1 DGO3

Selon ce plan, est considéré comme rurale toute commune ayant au minimum 85% de sa surface composée de territoires dit ruraux<sup>55</sup>. Une commune en ayant entre 60% et 85% sera considérée comme semi-rurale et finalement, une commune en ayant moins de 60% sera considérée comme non rurale. Un territoire rural correspond soit à des territoires agricoles, des forêts ou milieux semi-naturels ou bien des zones humides.



<sup>54</sup> <http://www.capru.be/typologie-rural-versus-urbain>

<sup>55</sup> Un territoire rural correspond à une densité de population inférieure à 150 habitants par km<sup>2</sup>

### 6.1.2 Définition sensible

Le point précédent donnait une définition qui situe la ruralité à l'échelle communale. Mais dans bon nombre de communes présentées, des agglomérations plus importantes sont présentes et ne peuvent pas être considérées comme un espace rural à proprement parler. Pour donner un exemple particulier, la commune de Bastogne est considérée comme rurale selon la classification DGO3 mais la ville en elle-même ne peut pas l'être. Il faut donc une définition plus précise de ce que représente la ruralité.

La ruralité peut donc se définir par son contexte socio-économique local au sein même des communes. On peut ainsi retrouver plusieurs sous-espaces ruraux entourant un espace urbain au sein d'une commune dit rurale ou semi-rurale.

Une des premières caractéristiques de la ruralité reste l'échelle de l'ensemble bâti. Théoriquement, à moins de 2 000 habitants, on peut considérer l'appellation « village ». La moyenne théorique du nombre d'habitants par kilomètre carré en ruralité correspond à 150 hab./km<sup>2</sup>, la disparité d'un village à l'autre peut être très importante. Quant à la répartition spatiale de l'ensemble, certains villages peuvent être très concentrés là ou d'autres sont très dispersés. Ce critère de population par kilomètre carré peut donc être, lui aussi, faussé selon les cas.

Mais il peut être réducteur de voir l'échelle comme seul critère de sélection. Un village se définit avant tout par l'ambiance qu'il propose et les relations sociales qui vont de pair. La ruralité correspond dans un idéal à un lieu rassemblant une petite communauté en campagne. Cette communauté a des interactions privilégiées en son sein et met en avant des activités sociales pour l'ensemble des habitants. La vie privée se mêle en partie à l'espace public, le voisinage proche comme lointain propose beaucoup d'interactions sociales. L'activité économique reste locale et est liée à la région environnante. L'agriculture fait partie intégrante de ces relations puisqu'elle reste un élément prépondérant du paysage. Les agriculteurs l'entretenant jouent donc un rôle dans la cohésion du village en interagissant de par leur activité avec lui.

Cette définition reste en partie idéaliste puisque tout village wallon ne fonctionne pas selon ces règles. Certains qui suivaient ce modèle hier ne le respectent plus forcément aujourd'hui. C'est en partie pour cela que l'on se retrouve actuellement face à une crise d'identité de la ruralité en Wallonie.

## 6.2 Crise de l'identité rurale

Une grande partie de la ruralité wallonne perd peu à peu son identité. En cause, une politique de développement non contrôlée laisse une nouvelle typo-morphologie s'installer sans respecter l'existante. Rares sont les villages qui y échappent.

La morphologie de l'époque antérieure correspondait à des besoins souvent liés à l'activité économique et sociale du village. L'église se retrouve habituellement au centre avec, à proximité, quelques maisons de plus grand prestige comme le presbytère. Les jardins sont pour ainsi dire inexistantes à l'époque car les habitations étaient pour la plupart des fermes entourées par la nature. La typologie, quant à elle, correspond à des besoins fonctionnels et d'efficacité d'organisation. Les formes proposées correspondent à des besoins liés aux conditions météorologiques et à un savoir-faire local transmis de génération en génération qui guide l'architecture dans une direction homogène.

De plus, la matérialité ne correspond plus forcément à l'existant. L'architecture historique d'un village est vernaculaire. Elle est donc une réflexion des besoins des habitants de l'époque orientant, telle une sélection naturelle, vers certains types de matériaux pour une tâche bien précise en fonction de leur disponibilité dans la région proche. C'est ainsi que la pierre, le bois et la terre étaient des matériaux locaux proposant une colorimétrie locale. Une cohérence s'installait donc naturellement dans les villages.

Aujourd'hui, les typo-morphologies proposées ainsi que la matérialité qui les accompagne n'ont souvent plus rien à voir avec celles historiquement présentes. En cause, les nouvelles techniques de mise en œuvre, les nouveaux matériaux sur le marché, les différences de mode de conception, l'évolution des besoins et une nouvelle volonté sociale.

Les nouvelles techniques de mise en œuvre et les matériaux allant de pair viennent de partout dans le monde. Là où seules des techniques locales étaient connues précédemment, aujourd'hui, elles proviennent du monde entier grâce à la circulation de l'information partagée au moyen de divers médias. Les conditions climatiques ne sont plus un problème local à régler car des techniques internationales sont en mesure d'y répondre correctement.

Le critère de choix d'un matériau se résume souvent à son prix, du moins pour un résultat à court terme équivalent. Des matériaux étrangers à ceux d'un village de la région sont utilisés car ils sont moins chers que les produits locaux bien qu'ils proviennent de l'autre bout du monde. Les techniques exigeant un matériau en particulier peuvent être mises en œuvre de par le monde grâce à la facilité de transport et des prix réduits. En dehors du problème socio-économique que cela peut poser, cela signifie également que la colorimétrie jadis locale de matériaux l'étant aussi, ne l'est plus vu que les pigments proviennent d'un peu partout dans le monde et non plus de la région.

Les modes de conception ont également changé. Les visions architecturales circulent désormais comme les connaissances des techniques de construction. En un clic, une vision architecturale d'Asie peut être comprise en Belgique. Cela permet certes de remettre en question notre architecture mais les besoins d'un pays ne sont pas forcément ceux d'un autre. Et donc l'architecture de qualité d'un pays n'a peut-être pas de sens dans un autre. L'inspiration peut venir de l'international mais elle ne doit pas impacter négativement la cohérence architecturale nationale ou régionale.

Les besoins sociaux évoluent aussi. Aujourd'hui, le lieu d'habitation est presque systématiquement séparé du lieu de travail alors que précédemment, ils étaient souvent liés l'un à l'autre. La ferme avait jadis son corps de logis accolé à l'étable, le charpentier son atelier jouxtant son logement, ... De nos jours, les deux sont séparés, même les nouvelles fermes proposent deux installations séparées pour l'habitation et l'exploitation. Cela rend les besoins d'un particulier très clairs et semblables, une habitation demande presque systématiquement les mêmes pièces de vie et de nuit.

Les volontés de privatisation d'un espace poussent à agrandir les terrains pour profiter de jardins avec de grandes pelouses tondues et à se barricader derrière des haies ou barrières mettant fin aux contacts directs entre voisins. Cette nouvelle volonté sociale de s'enfermer dans un espace privé change fondamentalement les relations d'un village. Là où anciennement, l'espace de jeu était la rue, il se trouve aujourd'hui réduit à un jardin clos. Là où à l'époque, on mangeait à l'extérieur devant chez soi, on le fait actuellement à l'abri des regards à l'arrière. Les contacts sont donc coupés car la volonté de repli sur soi-même, sauf occasion exceptionnelle, ne le permet plus.

La délocalisation des lieux de travail en dehors du village pousse la plupart des villages à devenir des dortoirs. Pour une question de visibilité, d'efficacité, ... rares sont les entreprises, petites ou moyennes, qui restent dans les villages. Elles préfèrent les plus grandes agglomérations et donc se privent de ce créateur de lien sociaux qu'est la vie active. De plus en plus de villages sont vidés de leurs activités quotidiennes qui les faisaient vibrer la journée. Cette perte de liens impacte la vie et pousse à un plus grand repli sur soi-même car le peu de contacts « forcés » par la nature même du village disparaît. Le modèle se transforme : l'idée du village uni ne fait plus forcément de sens pour les gens qui veulent simplement habiter un endroit tranquille proche du peu de nature qu'il nous reste. Cela va même jusqu'à des tensions vis-à-vis des agriculteurs dont l'activité peut être bruyante ou odorante, les poussant parfois à quitter l'enceinte du village pour travailler en périphérie.

Ces changements poussent le modèle du village à évoluer. Les attentes changent et il faut pouvoir s'y adapter. Sans pour autant rester statique, il faudrait pouvoir conserver une partie du passé afin d'éviter que l'évolution attendue se transforme en corrosion de l'existant. Il faut donc une réflexion sur un nouveau modèle partant de l'existant et capable d'aider la ruralité à se réaffirmer en prenant en compte ses acquis et ses qualités tout en rencontrant les besoins contemporains.

## 6.3 Pistes de réflexion

Des pistes de réflexion ont déjà été proposées par des organismes tels que la fondation rurale de Wallonie. Pour aider la ruralité, il faudrait une prise de conscience collective, une recherche architecturale et d'aménagement du territoire respectant les caractéristiques déjà établies et un redéploiement des services dans le village.

Les responsables politiques sont là pour refléter la volonté des électeurs mais aussi pour orienter les mentalités sur des sujets plus complexes en régulant et en justifiant un changement de modèle et son intérêt. Cela aiderait à la prise de conscience collective face à des sujets comme l'aménagement du territoire et l'importance de la ruralité pour notre société. Une partie de la population est déjà en accord avec cette démarche mais quelques actions contreproductives peuvent mettre en péril ces avancées. Il faudrait donc un large consensus sur le sujet. Dans les cas extrêmes, une intervention de l'urbanisme devrait être possible pour empêcher un particulier de malmener le projet d'un village tout entier.

Cela implique que l'urbanisme utilise ses responsabilités à bon escient plutôt que s'attarder sur des détails. Par exemple, la mise en place de règles urbanistiques qui obligerait les habitants des villages à respecter les caractéristiques originelles de la localité serait utile pour tendre vers une cohérence globale tant pour la volumétrie que l'implantation et la matérialité.

Il faut laisser une marge de manœuvre à l'originalité sans qu'elle puisse impacter l'harmonie d'un village. Chacun d'entre eux ayant des caractéristiques propres, le choix reste varié et n'empêche pas l'émergence de nouveaux modèles. Il faut trouver le village approprié où l'intégrer. La cohérence architecturale n'empêche pas la créativité, elle la guide.

Cette cohérence, quand elle est bien maîtrisée, peut donner naissance à des villages harmonieux faisant une forme de consensus, à un point tel qu'ils en deviennent touristiques. Cette perspective offre une ressource économique non négligeable pour les villages qui en ont trop souvent besoin. De plus en plus de villages perdent en effet leur activité économique au profit des agglomérations ou périphéries. Ce serait l'occasion de réimplanter une activité économique au sein du village non pas en se basant sur un modèle urbain mais bien rural car la ruralité demande davantage de la flexibilité. Le choix et l'implantation des services doivent être réfléchis pour correspondre au mieux aux besoins du village et être dimensionnés en fonction. Cela nécessite une diversité des services utiles au quotidien proposés dans un lieu commun du village. Cette mixité de services les rend plus rentables et permet à son gestionnaire de s'adapter plus aisément à une évolution de la demande de la clientèle.

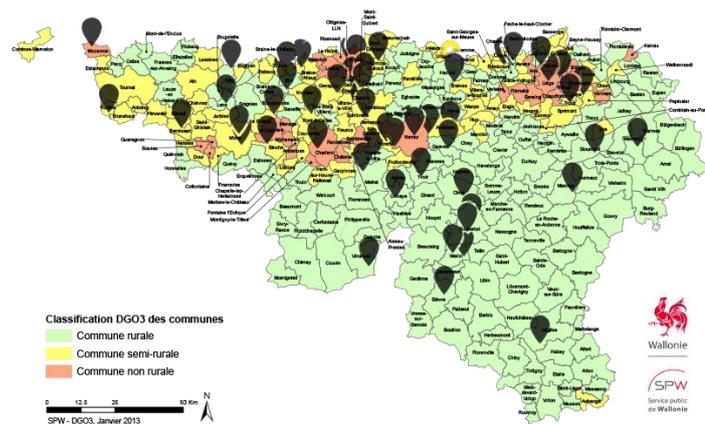
La construction en paille peut-elle être un élément de réponse à ces défis ruraux ?

## 6.4 La paille en ruralité

La paille est et a toujours été un produit de la ruralité. Les agriculteurs qui la récoltent sont pour la plupart des enfants de ces régions et y habitent encore aujourd'hui. La paille provient des cultures céréalières et est la plupart du temps réutilisée par le secteur agricole. Le cycle du matériau en fait un produit de la ruralité à part entière. Mais cela ne signifie pas qu'elle ne peut pas être utilisée ailleurs.

Ces agriculteurs vivent pour la plupart dans les villages proches de leurs cultures, du moins pour des exploitations familiales de petite échelle. Une relation sociale entre l'agriculteur et le reste des habitants du village est donc possible s'ils y sont favorables. Etant un des seuls pavillons économiques d'un village aujourd'hui, une ferme peut même avoir un certain poids dans son développement. Il n'est pas rare de voir les agriculteurs prendre la tête de projets qui concernent tout le village car ces prises de décisions auront un impact bien plus important pour eux que pour un simple résident. En effet, une décision pourrait impacter leur vie privée au même titre que tout autre habitant mais aussi leur activité professionnelle.

Si la paille revêt depuis toujours une grande importance pour la ruralité, elle commence à en prendre davantage. La construction en paille ajoute un nouvel éventail de possibilités à son utilisation. Mais celle-ci n'est pas exclusive à la ruralité comme le montre la carte ci-dessous qui superpose les réalisations en paille en Wallonie sur les zones rurales, semi-rurales et non rurales.



Un nombre non négligeable de constructions en paille se trouve en zone semi ou non rurales prouvant qu'elle se développe tout autant près ou dans les villes qu'en campagne, notamment en province de Namur probablement influencée par la présence de Paille-Tech dans la région.

Comme le souligne Sylvain Duquenne, « *la construction paille a tout son sens à la campagne comme en ville. L'énergie grise liée au transport sera peut-être plus élevée dans le cas d'une construction en ville. Elle aura néanmoins toujours le mérite d'être un matériau "puits carbone", confortable été comme hiver, sain et compostable en fin de vie.* ». D'ailleurs, plusieurs projets présentés dans les chapitres précédents ont été construits en milieu urbain notamment en France, en Suisse, en Autriche, au Royaume-Uni... Toutefois 58% des répondants au sondage estiment que c'est un matériau exclusivement destiné à la ruralité.

## 6.5 La paille, un matériau vernaculaire

La paille en fonction de son utilisation pourrait devenir un matériau vernaculaire, ce qui implique qu'il soit local et parle de la région où il est mis en œuvre par des techniques et savoir-faire locaux qui se transmettent pour répondre à des impératifs climatiques environnants.

Les différentes techniques de construction donnent suffisamment de choix quant aux possibilités de conception mais l'origine du matériau pourrait à la fois aider un modèle local à développer un langage commun.

Dans un modèle où la construction en paille serait bien accueillie par la population et qu'au minimum un agriculteur local serait en capacité de récolter la paille selon les standards de la construction, la paille pourrait devenir un matériau ultra local. Mieux encore, si le modèle se développait, les techniques utilisées pourraient être partagées par la population. Pour ce faire, il faudrait privilégier des techniques autorisant facilement l'autoconstruction. Nebraska, GREB, CST et Casacalida seraient idéales à la différence des techniques telles que Paille-tech ou l'autrichienne qui ne mettent pas suffisamment en avant le matériau ou n'autorisent pas l'autoconstruction. Un savoir-faire local pourrait se développer et permettrait de valoriser le matériau et sa provenance. Les agriculteurs pourraient au-delà de leur activité de récolte se former à ces techniques et ainsi devenir une forme de référent pour les populations locales. Ce savoir-faire pourrait évoluer selon les envies et les besoins des villages concernés.

Ces trois techniques (Nebraska, GREB et CST), de par leur contrainte de conception, favoriseraient naturellement une plus grande homogénéisation des architectures sans pour autant les contraindre complètement non plus. Elles forceraient néanmoins à bâtir selon des standards communs.

La colorimétrie des finitions extérieures pourrait également être influencée par l'utilisation de matériaux plus locaux. Une démarche demandant de construire en paille impose une réflexion sur l'écologie inscrite dans la vision populaire du matériau. La recherche d'autres matériaux locaux devient plus facilement une évidence d'autant plus que des techniques comme la Nebraska ou la CST imposent des enduits extérieurs souvent à base de terre et de chaux. Le pigment de la terre donnerait alors une colorimétrie naturellement locale. La contrainte des parements pousse vers une homogénéité sur les réflexions du concept architectural.

Cette vision reste malgré tout théorique, voire utopiste, mais montre dans quelle mesure la paille pourrait être considérée comme vernaculaire si elle était utilisée plus souvent en construction.

## 6.6 Impact de la construction paille pour la ruralité

La paille pourrait jouer un rôle important dans le renouveau de la ruralité. Au-delà d'être une réponse aux défis énoncés, elle pourrait aussi ralentir la disparition des plus petits agriculteurs. Il faut toutefois rester prudent car elle n'est pas une solution absolue pour autant.

La paille peut proposer un nouveau modèle constructif susceptible de remettre l'agriculture à l'avant-plan en ruralité. Selon les techniques, l'aspect vernaculaire de la construction en paille pourrait prendre tout son sens et en faire une spécificité d'une construction locale réfléchie. Comme nous l'avons évoqué, elle pourrait aider à trouver un modèle poussant vers des volumétries communes et une colorimétrie harmonieuse.

La construction en paille pourrait également aider certains agriculteurs qui ont du mal à survivre. En les remettant au centre du système de développement du village en tant que fournisseur de paille, ils reprendraient une place prépondérante dans celui-ci en jouant un rôle quasi éducatif. Au-delà d'habiter la ruralité, d'y travailler, ils contribueraient à la construire. Cette place centrale offrirait des opportunités pour une cohésion générale de la ruralité. En plus de leur rôle crucial, ils pourraient davantage rentabiliser leurs cultures céréalières par la vente des ballots de construction bien plus chers que les ballots agricoles au vu des exigences de qualité du secteur.

Les chantiers participatifs possibles dans le cas des techniques d'autoconstruction seraient en eux-mêmes des vecteurs relationnels très importants susceptibles d'aider des villages en manque de tissu social. Ils pourraient mettre en avant un savoir-faire local tout en resserrant les liens. Pour des personnes d'un même village, des liens très forts et durables se créent dans ce contexte de création du projet d'une vie qu'est son habitation.

A côté de ces points positifs, une des difficultés demeure : le manque de prise de conscience des défis de la ruralité à la fois par les citoyens y compris locaux et par les politiciens. La paille ne peut résoudre ces difficultés mais elle peut donner des arguments supplémentaires. L'impact très réduit de la paille sur l'environnement en tant que matériau de construction en fait un premier argument de remise en question plus générale du modèle actuel. L'apport d'un nouveau matériau souvent méconnu permet de bousculer les habitudes et force les mentalités à évoluer. Elle pourrait devenir une forme de symbole dans ce combat « écolo-rural » où elle est presque omniprésente.

A côté de cette évolution des mentalités par choix citoyen, les politiciens disposent d'une série d'outils pour y amener la population : le dialogue et les normes urbanistiques. Peut-être qu'imposer une matérialité de façade ne suffit plus et qu'une technique constructive répondant à des critères précis devrait être imposée pour certains villages. Elle devrait respecter des normes environnementales au-delà des capacités énergétiques, être écologique où l'énergie grise serait le critère de choix. L'obligation de

respect d'une technique de construction en paille correspondrait aux demandes actuelles en termes d'écologie, de coût de construction et d'aide à l'interaction sociale. Certaines techniques plus contraignantes forceraient à tendre vers une homogénéité du bâti en volumétrie, voire d'une matérialité équivalente.

En dépit de tous ces arguments favorables, il faut noter les revers à court terme et possiblement à plus long terme car la construction en paille impose son approvisionnement et donc sa culture. Les externalités négatives présentées au chapitre précédent impactent non seulement l'environnement mais également la ruralité où les cultures céréalières sont principalement localisées et causent une pollution des sols et de l'air qui peut elle-même même impacter la santé des habitants. De même, dans le contexte des récentes inondations, l'actualité climatique a douloureusement rappelé la part de responsabilité des méthodes de culture et de l'aménagement du territoire qui relèvent des compétences des régions, en l'occurrence la Région wallonne. Une fois de plus, les pouvoirs publics ont un rôle à jouer : d'un part, d'un point de vue urbanistique et d'autre part en mettant en œuvre une politique encourageant l'agriculture responsable et dissuadant l'agriculture intensive.

A côté de ces considérations environnementales et sanitaires qui concernent la ruralité, il existe également un risque socio-économique à plus long terme. En effet, dans l'hypothèse où la demande du secteur de la construction deviendrait trop importante, la rentabilité assurée deviendrait attractive. Les plus petits agriculteurs devraient alors faire face à une concurrence de plus en plus rude avec de grandes exploitations qui changeraient le modèle. Le prix du ballot baisserait, et donc le bénéfice d'une petite ferme aussi. Ayant des difficultés à suivre la baisse des prix pratiquée par de grandes entreprises, les petites fermes ne pourraient plus jouer le rôle de fournisseur du secteur de la construction en paille. Au-delà de la concurrence interne au secteur agricole, le développement de plus grandes entreprises de construction en paille un peu partout en Wallonie retirait aussi aux agriculteurs le rôle potentiel de formateur en techniques de construction qui perdraient ainsi leur aspect vernaculaire. L'intérêt annoncé pour la ruralité serait alors perdu au profit d'une grande consommation impersonnelle qui supprimerait les interactions sociales durables et augmenterait l'énergie grise du modèle. L'aspect ultra local d'une exploitation disparaîtrait pour laisser place à des ballots moins cher, quitte à devoir les approvisionner à l'étranger.

Il existe un autre risque : certains agriculteurs ne cultivent pas eux-mêmes la paille qu'ils utilisent. Si le secteur de la construction paille se développait rapidement, ils pourraient être confrontés à une augmentation du prix du ballot suite à une offre de meilleure qualité et mais plus chère. Pour l'usage agricole, cette qualité supérieure n'est pas nécessaire. Le surplus de coût n'a donc aucun intérêt pour lui et met en danger la rentabilité déjà fragile de son exploitation.

La paille est digne d'un grand intérêt pour la ruralité mais son développement en construction doit rester raisonné pour que les avantages qu'elle procure puissent persister.

# Conclusion

Née aux Etats-Unis à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, la construction en paille a fait du chemin. Technique émergente en Belgique, le premier bâtiment est construit en 1999. D'autres pays européens pionniers dans le domaine, notamment la France ou l'Autriche, sont des modèles de référence pour notre pays. Voici un siècle déjà, la France a mis en valeur l'intérêt du matériau avec des constructions ayant traversé l'épreuve du temps comme la maison Feuillette à Montargis. Entretemps, de nouvelles techniques constructives ont émergé de part et d'autre de l'Atlantique pour être ensuite perfectionnées.

Les quelque vingt années d'expérience acquise en Belgique donnent progressivement une visibilité à la paille en tant que matériau mais il reste encore une grande partie du chemin à parcourir avant une reconnaissance publique mais également politique, voire du secteur de la construction lui-même. Le manque de maîtrise des connaissances, en particulier au niveau technique, se fait ressentir. Un ensemble d'a priori porte préjudice à la construction en paille.

Et pourtant, le ballot de paille possède de nombreuses qualités techniques : une capacité porteuse relative, une très bonne isolation thermique et acoustique, une très bonne inertie pour un matériau isolant, une grande durée de vie sans modification majeure de ses propres capacités techniques, la possibilité d'être un support d'enduits, une bonne résistance au feu pour une mauvaise réaction contournée par la mise en œuvre des finitions qui la privent de tout contact direct avec une flamme et enfin un bilan carbone négatif et une énergie grise minimale. Une précaution à la conception toutefois : il faut éviter l'humidité dans la paroi tant par la pluie battante que la condensation de la vapeur d'eau. Toutes ces caractéristiques qui en font un matériau de construction de qualité sont souvent méconnues du public par manque de diffusion de ces informations.

La paille répond à toutes les exigences actuelles voire futures. L'écologie devenant une préoccupation de premier plan dans notre société, les mentalités vont évoluer dans le sens d'un durcissement quant aux normes imposées au modèle constructif. La question de l'énergie consommée par un bâtiment construit ne suffit plus, c'est l'énergie grise qui doit être prise en compte dans la construction tout comme dans les autres secteurs d'activité. La paille est une excellente réponse à ce défi tant pour l'énergie d'usage que l'énergie grise.

En Belgique comme en France, la majorité des bâtiments en paille recensés sont des logements individuels. Or, les possibilités de mise en œuvre des ballots de paille sont intéressantes par leur diversité : construction par une entreprise spécialisée sur chantier ou partiellement grâce à une préfabrication en atelier mais aussi en autoconstruction. Seules quatre techniques sont adaptées aux besoins des autoconstructeurs : Nebraska, GREB, CST et Casacalida. Le choix de l'autoconstruction a un impact majeur sur le budget nécessaire pour accéder à la propriété mais est plus contraignante pour

la conception et l'expression architecturale. En fonction des critères de choix du maître d'ouvrage, l'une ou l'autre technique sera plus appropriée : un concept sous contrainte pour un prix réduit ou une marge de liberté qui se paie.

D'une technique à l'autre, le rôle constructif de la paille n'est pas exactement le même. La paille peut être porteuse, semi-porteuse, support d'enduit, simplement isolante ou une combinaison des différentes capacités. Cette polyvalence est perceptible dans les projets existants en Belgique. Trois techniques de mise en œuvre sont répandues en Wallonie : GREB qui rend possible l'autoconstruction, Paille-Tech qui implique la préfabrication des murs et Autrichienne où la préfabrication est possible mais pas systématique. Elles offrent une polyvalence face à la demande.

La paille reste à ce jour principalement mise en avant pour ses avantages écologiques, il faudrait pouvoir la valoriser pour l'ensemble de ses caractéristiques techniques afin qu'elle puisse devenir un matériau comme les autres sans étiquette spécifique qui divise l'opinion à son sujet.

En tant que sous-produit de l'agriculture céréalière, elle véhicule toujours son image de produit agricole utilisable par quelques constructeurs écolos. Elle doit passer au stade de matériau de construction à part entière et le secteur doit lui accorder les lettres de noblesse qu'elle mérite. La reconnaissance du secteur amènerait la population à évoluer si l'information sur ses qualités techniques était correctement diffusée. Des initiatives sont déjà en cours au niveau européen avec le projet UP-Straw mais doivent maintenant se concrétiser localement. En 2020, le Réseau Belge Francophone de la Construction en Paille a vu le jour. C'est un premier pas et les projets existants montrent le potentiel. Pour assurer le développement de la construction en paille, il faut un appui politique et une diffusion ciblée des connaissances à destination de tous les métiers du secteur qu'ils soient architectes, entrepreneurs, ouvriers ou agriculteurs...

Les statistiques démontrent que les ressources en paille en Wallonie sont suffisantes pour tableer sur le développement de la construction. Pour proposer un ballot de qualité conforme au secteur de la construction, il faut respecter certaines méthodes de récolte et de pressage. Aujourd'hui, il apparaît que ce sont les petits agriculteurs qui sont les plus à même de produire ces petits ballots rectangulaires fortement concentrés car ils sont les seuls à encore utiliser le matériel adapté à ce type de récolte. Cela signifie que ces petits exploitants agricoles, bien souvent en difficulté ces dernières années face à de grandes exploitations plus rentables, pourraient compter sur un nouveau débouché pour leur production avec une plus-value importante car le ballot de construction peut se vendre jusqu'à quatre fois le prix du ballot agricole. Alors qu'ils sont confrontés aux fluctuations des marchés céréaliers mondiaux où ils ne maîtrisent pas leurs revenus à cause de la concurrence étrangère, ce nouveau débouché local que représente la construction amènerait un complément de revenu indépendant des marchés agricoles européens voire mondiaux.

La paille, produit de la ruralité par excellence, pourrait contribuer à la renaissance du monde rural actuellement en perte de vitesse. Peu à peu transformé en banlieue de la ville, servant de dortoir, il perd son identité historique. Les liens sociaux, jadis forts, deviennent rares voire inexistantes. La typologie morphologique de chaque village se perd face à une urbanisation non contrôlée. L'apport de techniques et matériaux internationaux font disparaître les spécificités de chaque village sans pour autant harmoniser l'ensemble. Il faut donc remettre en question l'évolution actuelle sans pour autant l'empêcher. Le modèle socio-économique a lui-même évolué. Il faut donc réinventer un modèle capable de respecter les caractéristiques historiques du bâti tout en incluant les nouvelles aspirations d'une société en évolution constante.

Ce modèle demande des politiques d'accompagnement de la ruralité avec des aides financières et un modèle plus normatif qui pousse à responsabiliser les citoyens.

Il faut relocaliser l'activité économique dans les villages, au moins partiellement pour recréer un tissu social fort. L'agriculteur est un acteur clé de la ruralité car il y vit et façonne les paysages par son activité professionnelle. C'est donc en toute logique que les agriculteurs pourraient jouer un rôle important dans le renouveau du modèle de la ruralité en Wallonie. L'agriculteur retrouverait une place centrale socialement valorisante en tant que fournisseur d'un matériau ultra local où il nouerait de nouvelles relations elles aussi indispensables. Le tissu social reconstitué créerait une dynamique favorable au développement de la ruralité qui pourrait aller jusqu'au partage des techniques de construction et la mise en place de chantiers participatifs au bénéfice de tous.

La construction en paille pourrait ainsi rapidement prendre un tournant vernaculaire. Les demandes et intérêts locaux influenceraient les techniques utilisées qui seraient mises en œuvre par les habitants ou du moins une partie. Le savoir-faire pourrait se transmettre localement et créer un modèle architectural propre à chaque région. La démarche vernaculaire tendrait vers une volumétrie commune et la matérialité des revêtements extérieurs aurait une colorimétrie locale par l'approvisionnement en circuit très court de la paille et des enduits utilisés.

Il faut toutefois émettre quelques réserves quant aux avantages du développement de la construction en paille pour la ruralité. Il est indéniable que l'agriculture céréalière dont la paille est un sous-produit est malheureusement source de diverses pollutions. Mais elle le serait indépendamment de l'exploitation de la paille en construction car les céréales sont cultivées avant tout pour les filières agroalimentaires. Une fois de plus, les pouvoirs publics peuvent jouer un rôle en incitant les agriculteurs à se tourner vers l'agriculture biologique ou raisonnée, ce qui serait un atout supplémentaire pour la ruralité.

La seconde réserve concerne l'échelle du développement. Pour qu'il soit durable pour la ruralité, il faut un développement maîtrisé du secteur de la construction en paille. Un accroissement important de la demande pour la construction en paille pourrait remettre en cause le caractère local de son

approvisionnement. Dans ce cas, les petits agriculteurs que l'on souhaite privilégier entreraient en concurrence avec de plus grandes entreprises agricoles, voire des entreprises étrangères alléchées par une rentabilité devenue attractive. Un développement très important permettrait de promouvoir le matériau paille mais n'aiderait pas la ruralité. Une telle situation serait contreproductive en premier lieu pour les petits agriculteurs et compromettrait le développement espéré pour la ruralité.

La construction en paille a donc un avenir certain. Mais à quel rythme et à quelle échelle ? Difficile à dire.

La diffusion efficace des informations techniques sur la construction en paille à l'attention du grand public et du secteur de la construction lui-même est un prérequis à son développement. Ensuite, l'engagement politique sur les choix stratégiques en matière de construction mais aussi de ruralité va jouer un rôle crucial. Pour atteindre un développement du secteur de la construction en paille au service de la ruralité, il faut, par le biais de la sensibilisation ou de normes contraignantes, l'encourager tout en préservant un dimensionnement raisonné à son échelle.

# Bibliographie et Iconographie

- 4ème Forum International Bois Construction 2014. (2014). RESIDENCE JULES FERRY BATIMENT TOUT BOIS/PAILLE R+7 LABELLISE PASSIV HAUS.
- Association pour la PROMotion et la Construction d'Habitations Ecologiques en Paille. (2007). *Construire en paille avec LA TECHNIQUE DU GREB*.
- (2012). *CAHIER DES CHARGES POUR L'UTILISATION DES BOTTES DE PAILLE DANS LA CONSTRUCTION*. RFCP.
- Delcourt, H. (2021). *LA PAILLE Spécificités techniques, règlementaires et organisationnelles d'un projet de construction en paille*. Cluster Eco-construction asbl .
- Dubois, S. (2010). *Conception et instrumentation d'un*. FACULTE UNIVERSITAIRE DE GEMBLOUX AGRO BIO-TECH.
- Energy and buildings*. (2011). Elsevier.
- Evrard, A., Biot, B., Keutgen, G., Lebeau, F., Courard, L., Louis, A., & Bonnert, A. (2011). *aPROpaille: Vadémécum 1 - La paille matière première*.
- Evrard, A., Biot, B., Keutgen, G., Lebeau, F., Courard, L., Louis, A., & Bonnert, A. (2011). *aPROpaille: Vadémécum 2 - La paille parois performantes*.
- Evrard, A., Biot, B., Keutgen, G., Lebeau, F., Courard, L., Louis, A., & Bonnert, A. (2011). *aPROpaille: Vadémécum 3 - La paille - projets construits*.
- Florence, D. (2016). *Analyse du cycle de vie et coûts du cycle de vie de matériaux régénératifs : Analyse comparative dans le secteur résidentiel belge*. ULG.
- GRELAT, A. (2004). *UTILISATION DE LA PAILLE EN PAROIS DE MAISONS INDIVIDUELLES A OSSATURE BOIS*.
- Holzemer, L. P. (2016). *LA FILIÈRE ÉCO-CONSTRUCTION chanvre et paille*. ULB.
- <http://aiud.be/index.php/portfolio-item/prehistomuseum-2-2/>. (s.d.).
- <http://gabionorg.free.fr/PDF/assises2010/Armadillo-GAIA%20module%20voute.pdf>. (s.d.).
- <http://www.ballots.be/>. (s.d.).
- [http://www.ballots.be/index\\_fichiers/Page369.htm](http://www.ballots.be/index_fichiers/Page369.htm). (s.d.).
- <http://www.capru.be/typologie-rural-versus-urbain>. (s.d.).
- <http://www.changeonsdagriculture.fr/inondations-la-responsabilite-oubliee-des-sols-agricoles-a115066100#:~:text=Mieux%20encore%20%3A%20cette%20capacit%C3%A9%20d,300%20m%2Fh%2C%20cf>. (s.d.).
- <http://www.pailletech.be/a-propos-2/histoire-de-paille-tech/>. (s.d.).
- <http://www.pailletech.be/la-nouvelle-brochure-2021-est-arrivee/>. (s.d.).

<https://aace.archi/cluster-ecoconstruction-v2-0-et-v2-1/>. (s.d.).

<https://afrique.latribune.fr/economie/strategies/2016-11-25/crise-petroliere-la-diversification-sauve-le-gabon-selon-le-fmi.html>. (s.d.).

<https://agriculture.wallonie.be/documents/20182/43924/Rapport2019.pdf/da2b01ba-1f78-4fd2-a09f-2b03b5a5bdd4>. (s.d.).

<https://architectureaward.bigmat.com/fr/building-for-the-cycle-of-life-refuge-ii-by-wim-goes-architectuur-3/>. (s.d.).

<https://baubiologie.at/strohballenbau/lasttragendes-strohballenhaus-in-dornbirn-5/>. (s.d.).

<https://baubiologie.at/strohballenbau/spiral-house-in-irland-3/>. (s.d.).

[https://environnement.brussels/sites/default/files/user\\_files/pres\\_20170117\\_rhpe\\_1\\_3isolp\\_fr.pdf](https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/pres_20170117_rhpe_1_3isolp_fr.pdf). (s.d.).

<https://fr.surveymonkey.com/mp/margin-of-error-calculator/>. (s.d.).

[https://issuu.com/laureg5/docs/gadret\\_laure\\_m\\_moire\\_janvier\\_2017\\_v](https://issuu.com/laureg5/docs/gadret_laure_m_moire_janvier_2017_v). (s.d.).

<https://journalmetro.com/actualites/monde/530687/quel-est-lheritage-de-la-grande-guerre/>. (s.d.).

<https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=11161>. (s.d.).

<https://rbfcpaille.wixsite.com/website>. (s.d.).

<https://rbfcpaille.wixsite.com/website/les-membres>. (s.d.).

<https://rfcp.fr/wp-content/uploads/presse/presse-ecrite/juin2014/140603-Maison-ecologique-n81-juin-juillet2014-p.44a48-entier-compress.pdf>. (s.d.).

[https://statbel.fgov.be/sites/default/files/files/documents/landbouw/FR\\_Kerncijfers%20landbouw\\_2018\\_Web.pdf](https://statbel.fgov.be/sites/default/files/files/documents/landbouw/FR_Kerncijfers%20landbouw_2018_Web.pdf). (s.d.).

<https://strawbuilding.eu/batiment-contemporain-a-blanden/>. (s.d.).

<https://strawbuilding.eu/spiral-house-ireland/>. (s.d.).

<https://topophile.net/savoir/sandhills-nebraska-le-berceau-de-la-construction-en-botte-de-paille/>. (s.d.).

<https://www.archdaily.com/293112/ecologic-pavilion-in-alsace-studio-1984>. (s.d.).

<https://www.archdaily.com/800577/refuge-ii-wim-goes-architectuur>. (s.d.).

<https://www.architectes-lille.com/projets/projet-en-paille-belgique-1206.html>. (s.d.).

<https://www.atelierschmidt.ch/gartist-bubikon>. (s.d.).

[https://www.batic2.eu/sites/default/files/04.%20Technicom%20-%20Stro\\_Paille\\_FR.pdf](https://www.batic2.eu/sites/default/files/04.%20Technicom%20-%20Stro_Paille_FR.pdf). (s.d.).

<https://www.build-green.fr/produit/paille-performances-acoustiques/>. (s.d.).

<https://www.constructionpaille.fr/statistiques/>. (s.d.).

<https://www.futura-sciences.com/maison/dossiers/architecture-construction-maison-paille-967/>. (s.d.).

<https://www.futura-sciences.com/maison/dossiers/batiment-ecomateriaux-cle-construction-ecologique-1933/page/3/>. (s.d.).

<https://www.iweps.be/indicateur-statistique/consommation-denergie-secteur-vecteur/>. (s.d.).

<https://www.iweps.be/indicateur-statistique/densite-de-population/>. (s.d.).

<https://www.iweps.be/indicateur-statistique/taux-daccroissement-de-la-population/>. (s.d.).

<https://www.lecho.be/dossier/paris2015/avec-ses-panneaux-de-paille-et-de-bois-paille-tech-mise-sur-l-isolation-100-reutilisable/9709389.html>. (s.d.).

<https://www.lemoniteur.fr/article/up-straw-programme-europeen-de-promotion-de-la-construction-paille-est-lance.1497024>. (s.d.).

<https://www.neomedia.com/saguenay-lac-st-jean/actualites/societe/261221/lexpert-jean-baptiste-thevard-partage-son-experience-pour-les-25-ans-du-greb>. (s.d.).

[https://www.researchgate.net/figure/Un-exemple-des-premieres-presses-agricoles-stationnaires-1908-Les-rendements-de\\_fig1\\_305880299](https://www.researchgate.net/figure/Un-exemple-des-premieres-presses-agricoles-stationnaires-1908-Les-rendements-de_fig1_305880299). (s.d.).

[https://www.reseau-pwdr.be/sites/default/files/Indicateur\\_ruralite\\_DGO3\\_CARTE.pdf](https://www.reseau-pwdr.be/sites/default/files/Indicateur_ruralite_DGO3_CARTE.pdf). (s.d.).

[https://www.rfcp.fr/?doing\\_wp\\_cron=1629498482.7250549793243408203125](https://www.rfcp.fr/?doing_wp_cron=1629498482.7250549793243408203125). (s.d.).

<https://www.swarch.co.uk/work/stock-orchard-street/>. (s.d.).

<https://www.theguardian.com/artanddesign/2020/jun/07/return-sarah-wigglesworth-straw-bale-house-stock-orchard-street>. (s.d.).

<https://www.veilleconstruction.be/189-construction-durable/4587-la-construction-paille-une-reponse-ambitieuse-aux-objectifs-de-performances-techniques-et-environnementales.html>. (s.d.).

[https://www.youtube.com/watch?v=3d\\_AQDeqEHE](https://www.youtube.com/watch?v=3d_AQDeqEHE). (s.d.).

<https://www.youtube.com/watch?v=jY3GMuySLu8&t=406s>. (s.d.).

<https://www.youtube.com/watch?v=ON0MFoi8euQ>. (s.d.).

Ir Clémentine Antier, I. T. (s.d.). *QUelles agricultures en 2050*. UCL.

Jérôme Quirant, J. A. (2018). *Murs en paille porteuse : mise en oeuvre et comportement*.

(2015). *La construction en paille*. RFCP.

La paille porteuse d'avenir. (2014). *La maison écologique*.

Lamache, G. (1921). Fraiche en été, chaudes en hivers, les maisons de paille sont avant tout économiques. *La Science et le Vie*.

Lawrence, M. H. (2009). *DETERMINING MOISTURE LEVELS IN STRAW BALE CONSTRUCTION*. Université de BATH.

(2015). *LES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS DANS LE BÂTIMENT*. FFB.

LIVOS. (2010). *La construction (en ballots) de paille : une technique de construction alternative*.

(2012). *Maison Feuillette, construite en 1920 à Montargis (Loiret) – Remplissage d'ossature porteuse*.

- (2008). *MÉTHODES DE CONSTRUCTION. BÂTIMENTS NEUFS OU EXISTANTS : DIFFÉRENTES STRUCTURES POSSIBLES*. BRUXELLES ENVIRONNEMENT.
- Myriam Olivier, F. R. (2012). *CONSTRUCTION EN PAILLE PORTEUSE METHODOLOGIE D'ESSAIS DU COMPORTEMENT MECANIQUE*. Toulouse.
- Nishida, M. (1995). *Ardenne Herbagère*.
- P. C. Anderson, L. S. (2003). *De la récolte au stockage Éclairages carpologiques sur les opérations de traitement des céréales à l'âge du Bronze dans le sud de la France*. APDCA.
- Paille, L. F.-R.-R. (2012). *Règles professionnelles de Construction en Paille*.
- Paille-Tech. (2021). *Paille-Tech La maison positive*.
- Paysages de l'après-pétrole. (2018). *PAYSAGES ET TRANSITIONS, RÉPONSES À TRAVERS L'EUROPE*.
- PERMASILVA. (s.d.). *Bâtir en bottes de paille Redécouverte d'un ancien matériau de construction*.
- PICHON, P. (2012). *Remplissage isolant*. Cerema.
- (2021). *Quand l'Europe s'empare du système constructif bois-paille*. Batirama.
- (2012). *Règles professionnelles de construction en paille*. RFCP.
- RFCP. (2015). *LA CONSTRUCTION EN PAILLE Construire en paille, construire l'avenir*.
- RFCP. (2019). *L'isolation en paille Un " déjà-là " au service de l'humanité*.
- Rijven, T. (s.d.). *La cellule sous tension*.
- Schaal, S. (2020). *ISOLER EN BALLOTS DEPAILLE, UNE VOIE D'AVENIR!* Écohabitation.
- Stéphane, F. (s.d.). *LA CONSTRUCTION EN BOTTE DE PAILLE Étude de faisabilité, Lausanne, mars 2009*.
- Steve Goodhew, R. G. (s.d.). *An investigation of the moisture content in the walls of a straw-bale building*. University of Plymouth, School of Engineering.
- Up Straw. (s.d.). *La construction en paille, la nature au service de la performance*.

# **Annexes**

## Annexe 1 : questionnaire du sondage diffusé en ligne

Il s'agit d'un questionnaire Forms sur Office 365 diffusé en ligne en juillet 2021 consultable sur le lien suivant ou en scannant le QR code :

<https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=Q28vdWaEvki-cOrPUBEtSEn5j6luK4RNrfRyfCHWA0ZUNIAySjgxWTINQ041Uk5FMjVLUFRTVDIQWi4u>



### Sondage dans le cadre d'un travail de fin d'études en faculté d'architecture

Bonjour,

Actuellement étudiant en fin de 2ème master de la faculté d'architecture de l'ULiège, je réalise un sondage sur la perception de la construction en paille.

Mon TFE a pour objectif principal d'évaluer l'intérêt de la construction en paille en milieu rural. Quelle est la vision populaire de la paille en tant que matériau de construction ?

Ce sondage ne vous prendra que quelques minutes et l'anonymat des répondants est respecté.

De manière à obtenir les résultats les plus objectifs possibles, il vous est demandé de répondre spontanément à chacune des questions sans jamais revenir en arrière afin de ne pas être influencé(e) dans vos réponses par la lecture des questions suivantes. De même, n'hésitez pas à partager le lien avec vos proches car plus vous êtes nombreux à répondre, plus les résultats seront fiables.

Merci d'avance pour votre participation qui sera une aide précieuse pour affiner mes données sur le sujet !

Guillaume



\* Obligatoire

1. Vous êtes ... \*

- Un homme
- Une femme

2. A quelle tranche d'âge appartenez-vous ? \*

- Moins de 18 ans
- 18 à 25 ans
- 26 à 40 ans
- 41 à 60 ans
- Plus de 60 ans

3. Dans quelle province se situe votre domicile ? \*

Si vous habitez ailleurs qu'en Belgique, cochez l'option "autre" et indiquez le pays de votre domicile.

- Brabant wallon
- Hainaut
- Luxembourg
- Liège
- Namur
- Bruxelles capitale
- Anvers
- Brabant flamand
- Flandre orientale
- Flandre occidentale
- Limbourg
- Autre

4. Dans quel milieu habitez-vous ? \*

- Campagne
- Village
- Petite agglomération
- Ville

5. Votre métier a-t-il un lien quelconque avec la construction ? \*

Si vous êtes étudiant, répondez à cette question par rapport à vos études.

- Métier du secteur de la construction (ex: architecte, entrepreneur, maçon,...)
- Métier en lien avec le secteur de la construction (ex: fournisseur de matériaux de construction ...)
- Métier sans lien avec le secteur de la construction

6. Pourriez-vous préciser le métier lié à la construction ?

Entrez votre réponse

7. A priori, si on vous proposait de construire votre maison en paille, accepteriez-vous ? \*

- Oui
- Non

8. Quelle est votre perception des caractéristiques suivantes pour la paille en tant que matériau de construction ? \*

Cotez la paille pour chaque caractéristique avec une **note variant de 1 à 5**.

1 signifie faible

5 signifie élevé

	1	2	3	4	5
Le coût de construction	<input type="radio"/>				
La qualité	<input type="radio"/>				
Respect de l'environnement	<input type="radio"/>				
La sécurité (incendie...)	<input type="radio"/>				
La durée de vie de la construction	<input type="radio"/>				

9. Pensez-vous que la paille en tant que matériau de construction soit destinée à un milieu particulier ? \*

- Milieu rural
- Milieu urbain
- A la fois rural et urbain

10. Dans l'état actuel de vos connaissances, pensez-vous que la paille, en tant que **matériau de construction**, ait un avenir ? \*

- Oui
- Non

11. Actuellement, quelle est votre vision de la paille en termes d'utilisation ? \*

- La paille est avant tout un produit agricole
- La paille est avant tout un matériau de construction
- La paille se positionne de manière équivalente dans le secteur agricole et le secteur de la construction

12. Selon vous, une construction en paille implique-t-elle un contact rapproché avec un agriculteur de manière à obtenir des ballots de paille de qualité conforme au secteur de la construction ? \*

- Oui
- Non

13. Si la paille connaissait un développement important dans le secteur de la construction, pensez-vous que la production actuelle de paille belge (et en particulier wallonne) suffirait à satisfaire la demande sans impacter négativement le secteur agricole ? \*

- Oui
- Non

14. Les sources d'approvisionnement de la paille destinée à la construction peuvent varier.

Dans ce contexte, si vous envisagiez une construction en paille, quelle serait votre préférence en termes de fournisseurs de paille ? \*

- Un **petit** agriculteur **local, non spécialisé** dans la paille de construction
- Une **grande** exploitation **spécialisée** dans la paille de construction **non locale**

15. Quelle est votre **vision technique** de la paille dans la construction ? \*

*Cochez toutes les affirmations que vous estimez vraies.*

- Un mur en ballots de paille a nécessairement besoin d'un soutien complémentaire pour supporter le poids d'un étage et d'une toiture.
- Un mur en ballots de paille a une bonne résistance au feu. (**La résistance au feu** correspond à la capacité d'un produit ou d'un élément à conserver ses propriétés en présence d'un incendie pendant un temps donné.)
- Un mur en ballots de paille empêche la surchauffe d'un bâtiment en été.
- La paille est un bon isolant.
- Une construction en paille a une faible durée de vie (inférieure à 50 ans)

16. Quelle est votre **vision environnementale** de la paille dans la construction ? \*

*Cochez toutes les affirmations que vous estimez vraies.*

- La paille est un matériau de construction écologique
- L'agriculture céréalière (nécessaire à la production de la paille) a un impact négatif sur l'environnement
- Une maison en paille est une maison passive (c-à-d une maison ne consommant théoriquement pas d'énergie)
- Une maison passive est écologique

17. Après avoir répondu aux questions précédentes, quels sont les facteurs qui ont influencé vos réponses et donc votre **vision technique et environnementale** de la paille en tant que matériau de construction ? \*

*Vous pouvez cocher plusieurs réponses.*

- Ressenti personnel (sans connaissance précise)
- Connaissances personnelles sur la paille
- Connaissances personnelles sur d'autres matériaux de construction
- Contes populaires (par exemple: "les trois petits cochons")
- Vision grand public
- Autre

18. Selon vous, quels sont les critères de choix (par ordre d'importance) pour lesquels la paille est sélectionnée comme matériau de construction ? \*

Parmi les choix, "1er" représente le critère le plus important et "3ème" le moins important.

	1er	2ème	3ème
Critères techniques	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Critères écologiques	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Critères financiers	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

19. Pour que votre sondage soit utile, il vous est demandé de **ne pas modifier les réponses aux questions précédentes** suite aux révélations qui vont vous être communiquées. \*

*Sur base d'observations et d'expériences scientifiques, il est démontré que :*

*Un mur en paille peut bel et bien supporter à lui seul le poids d'au moins un étage et la toiture.*

*Il a une très bonne résistance au feu.*

*En fonction du revêtement, il réagit bien au feu.*

*Il est un bon isolant et peut éviter la surchauffe en été.*

*L'impact environnemental de la paille est globalement très faible par rapport aux matériaux traditionnels.*

Sur base de ces informations, pourriez-vous construire votre maison en paille ?

- Oui
- Non
- J'aurais besoin de plus de preuves pour me faire un avis

20. Comment évalueriez-vous votre confiance dans une construction en paille sur une échelle de 1 à 10 ?

Une cote de 1 indique que vous n'avez pas du tout confiance.

Une cote de 10 correspond à une confiance totale. \*

- 1   2   3   4   5   6   7   8   9   10
- 

21. Avez-vous des commentaires personnels à ajouter sur votre perception de la construction en paille : avantages, inconvénients, questionnement ... ?

Entrez votre réponse

Envoyer

## Annexe 2 : récapitulatif des résultats du sondage

Le sondage totalise 227 réponses pour lesquelles vous trouverez le récapitulatif Forms ci-dessous.

227  
Réponses

07:01  
Durée moyenne de remplissage

Actif  
État

### 1. Vous êtes ...

Insights

Un homme	94
Une femme	133



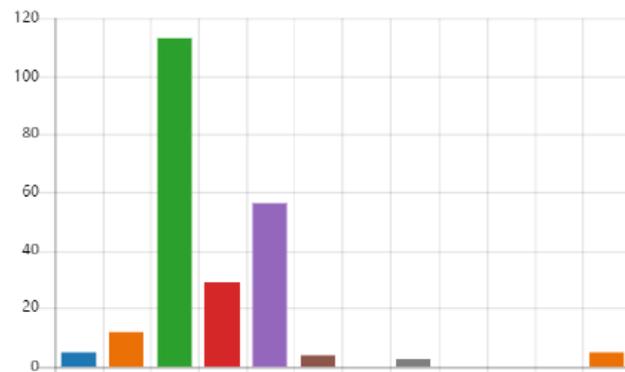
### 2. A quelle tranche d'âge appartenez-vous ?

Moins de 18 ans	9
18 à 25 ans	108
26 à 40 ans	57
41 à 60 ans	39
Plus de 60 ans	14



### 3. Dans quelle province se situe votre domicile ?

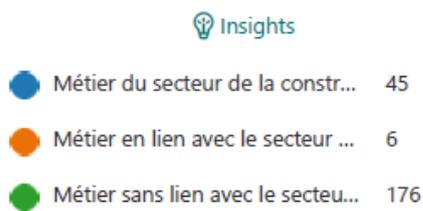
Brabant wallon	5
Hainaut	12
Luxembourg	113
Liège	29
Namur	56
Bruxelles capitale	4
Anvers	0
Brabant flamand	3
Flandre orientale	0
Flandre occidentale	0
Limbourg	0
Autre	5



#### 4. Dans quel milieu habitez-vous ?



#### 5. Votre métier a-t-il un lien quelconque avec la construction ?



#### 6. Pourriez-vous préciser le métier lié à la construction ?

48  
Réponses

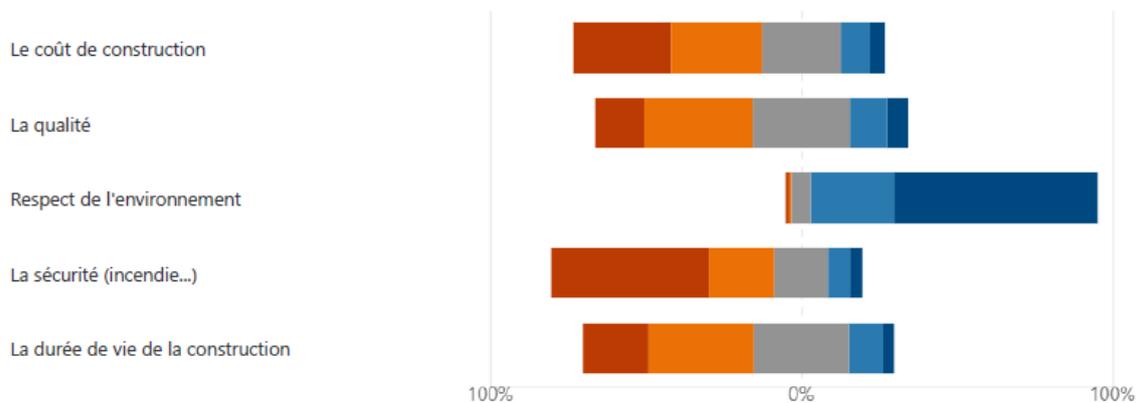
Dernières réponses

#### 7. A priori, si on vous proposait de construire votre maison en paille, accepteriez-vous ?



8. Quelle est votre perception des caractéristiques suivantes pour la paille en tant que matériau de construction ?

1 2 3 4 5



9. Pensez-vous que la paille en tant que matériau de construction soit destinée à un milieu particulier ?

Insights

Milieu rural	133
Milieu urbain	11
A la fois rural et urbain	83



10. Dans l'état actuel de vos connaissances, pensez-vous que la paille, en tant que **matériau de construction**, ait un avenir ?

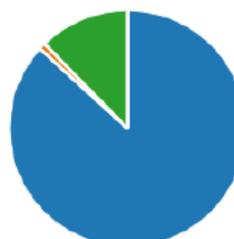
Insights

Oui	109
Non	118



11. Actuellement, quelle est votre vision de la paille en termes d'utilisation ?

La paille est avant tout un pro...	197
La paille est avant tout un mat...	2
La paille se positionne de man...	28



12. Selon vous, une construction en paille implique-t-elle un contact rapproché avec un agriculteur de manière à obtenir des ballots de paille de qualité conforme au secteur de la construction ?

💡 Insights

● Oui	137
● Non	90



13. Si la paille connaissait un développement important dans le secteur de la construction, pensez-vous que la production actuelle de paille belge (et en particulier wallonne) suffirait à satisfaire la demande sans impacter négativement le secteur agricole ?

💡 Insights

● Oui	46
● Non	181



14. Les sources d'approvisionnement de la paille destinée à la construction peuvent varier.

Dans ce contexte, si vous envisagiez une construction en paille, quelle serait votre préférence en termes de fournisseurs de paille ?

💡 Insights

● Un <b>petit</b> agriculteur <b>local</b> , <b>no...</b>	126
● Une <b>grande</b> exploitation <b>spéc...</b>	101



15. Quelle est votre **vision technique** de la paille dans la construction ?

● Un mur en ballots de paille a ...	152
● Un mur en ballots de paille a ...	29
● Un mur en ballots de paille e...	82
● La paille est un bon isolant.	158
● Une construction en paille a u...	109



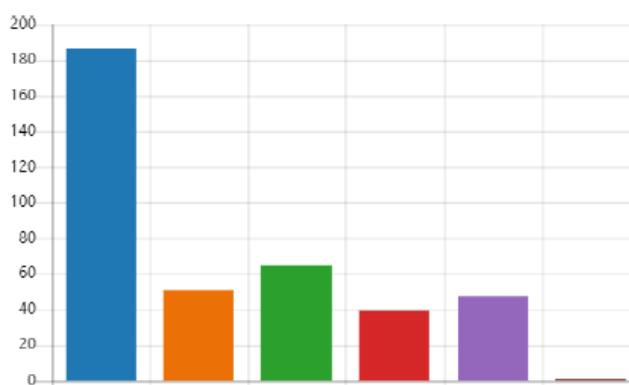
16. Quelle est votre **vision environnementale** de la paille dans la construction ?

- La paille est un matériau de co... 198
- L'agriculture céréalière (nécess... 37
- Une maison en paille est une ... 76
- Une maison passive est écolo... 101



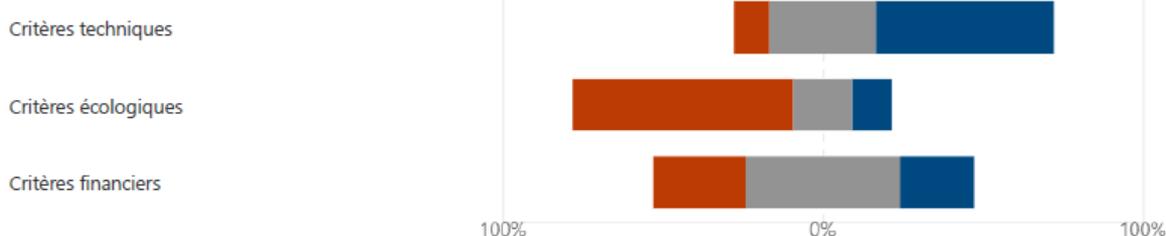
17. Après avoir répondu aux questions précédentes, quels sont les facteurs qui ont influencé vos réponses et donc votre **vision technique et environnementale** de la paille en tant que matériau de construction ?

- Ressenti personnel (sans conn... 186
- Connaissances personnelles s... 51
- Connaissances personnelles s... 65
- Contes populaires (par exempl... 39
- Vision grand public 47
- Autre 1



18. Selon vous, quels sont les critères de choix (par ordre d'importance) pour lesquels la paille est sélectionnée comme matériau de construction ?

- 1er
- 2ème
- 3ème



19. Pour que votre sondage soit utile, il vous est demandé de **ne pas modifier les réponses aux questions précédentes** suite aux révélations qui vont vous être communiquées.

Insights

- Oui 71
- Non 40
- J'aurais besoin de plus de pre... 116



20. Comment évalueriez-vous votre confiance dans une construction en paille sur une échelle de 1 à 10 ?

Une cote de 1 indique que vous n'avez pas du tout confiance.

Une cote de 10 correspond à une confiance totale.



227

Réponses

5.36

Moyenne

21. Avez-vous des commentaires personnels à ajouter sur votre perception de la construction en paille : avantages, inconvénients, questionnement ... ?

58

Réponses

Dernières réponses

*"Les constructions en paille semblent prometteuses. Cela semble être u...*

ID ↑	Nom	Réponses
1	anonymous	J habite dans une région où les fermes d'époques se faisait beaucoup en pisé dont le liant était de la paille. Et les murs tiennent toujours
2	anonymous	Peu d'infos à ce sujet, même en études d'architecture (ou alors j'ai pas assez écouté)
3	anonymous	Avec quels matériaux la paille compose-t-elle un mur porteur?
4	anonymous	je respire de la paille, je bois de la paille, je mange de la paille, ma vie est la paille
5	anonymous	Ce qui me retiendrait de construire en paille est le fait que la paille attire les rongeurs. Je n'aurais donc pas un sentiment de sécurité. De plus, j'ai le sentiment qu'elle ne vieillit pas bien et donc qu'au fur et à mesure des années, son pouvoir isolant (ou structuel) ne soit plus à son maximum. Je peux me tromper, ça reste deux sentiments pour lesquels je n'ai pas encore reçu de réponse/d'argument me permettant de changer d'avis.
6	anonymous	tout ce qui m'était connu a été cité dans ce questionnaire
7	anonymous	La paille n'est qu'un élément de la construction, on ne peut évaluer un projet que dans son ensemble. Il y a différentes techniques pour mettre ce matériaux en œuvre et les variantes sont nombreuses (revêtement, utilisation, contexte, ...) (Petit manque de précision)

8	anonymous	Je pense que la construction en paille est assez bien utilisée pour l'auto construction "écologique" (que ce soit en porteur, semi porteur ou isolation) et du coup c'est un matériau accessible à tous, pas seulement à des professionnels ultra formés techniquement. Bonne rédaction et bon courage !
9	anonymous	Youhouuuuu
10	anonymous	Odeur et attirera les animaux
11	anonymous	Une construction en paille entraînerait la présence d'animaux nuisibles
12	anonymous	il y a un article sur une maison en paille dans le livre "tour de france des maison écologiques " contacte moi si tu veux
13	anonymous	Peu d'infos sur la paille
14	anonymous	/

15	anonymous	Une telle perspective urbanistique ne risque-t-elle pas de n'être qu'un "feu de paille" ? :-)) Mais bon courage dans ce projet !
16	anonymous	Non
17	anonymous	Actuellement, avec les inondations qui viennent de se produire, j'aurais des questions sur la résistance à l'eau. Y a-t-il des restrictions par rapport à certaines zones "humides ou inondables" ? Existe-t-il des précautions supplémentaires et d'éventuels ajouts à la paille qui confèreraient une meilleure résistance à l'eau.
18	anonymous	/
19	anonymous	/
20	anonymous	Quelle est la résistance de la paille en cas d'inondation ?
21	anonymous	Manque d'information sur ce matériau.... Innovant

22	anonymous	L'utilisation de ce matériau comme moyen de construction est une totale découverte ! A creuser. Bon Tfe!
23	anonymous	Très instructif !
24	anonymous	Comment faire des ballots dont les caractéristiques techniques sont suffisantes dans une agriculture sans pétrole?
25	anonymous	Je viens de en pays où la maison de mes parents c'était construit avec des briques faites avec de la paille. Tout est résistant et même maintenant certains font encore avec de la paille écologique et moins cher

26	anonymous	Régulation hygrométrie ?
27	anonymous	La résistance aux intempéries (orages,...) Je suppose que la paille est mélangée à autre chose? C'est un sujet super intéressant peu connu du grand public, est ce que c'est intéressant économiquement parlant?
28	anonymous	Je suis tellement bête que je pensais qu'on parlait de paille en plastique, j'ai honte. heureusement j'ai pu changer mes réponses 😞😞😞
29	anonymous	ayant travaillé au ramassage de la paille 3 saisons d'affilée dans ma jeunesse, je connais un peu la paille , la qualité , le fermier par exemple gardait la bonne paille pour lui mais revendait celle de moins bonne qualité , a 60a il savait déjà sur pied si la tige allait faire des bons ballots donc un petit producteur sait reconnaître cela la resistance au feu je doute un peu , quoique compactée elle le serait peut etre un peu plus mais bon dans une ferme c'est souvent le fenil qui part en fumée le premier
30	anonymous	Étant agriculteur, je pense qu'il faut laisser les produits agricoles aux agriculteurs. Notre métier dépend des marchés mondiaux et c'est assez compliqué. Je crains le tassement de la paille avec les années et je crains également que les rongeurs ne s'y installent. Je craindre également pour la situation électrique du bâtiment (surchauffe-incendie)
31	anonymous	Bonne merde pour la suite!
32	anonymous	vous ne parlez pas des nuisibles (souris), pourtant quand l' agriculteur empile et stocke ses ballots de paille il doit veiller à cela .
33	anonymous	C'est la peur du feu qui me freine
34	anonymous	le problème de son utilisation actuelle sont les normes de résistance au feu. travaillant actuellement dans l'élaboration d'un bâtiment publique au Luxembourg, la paille a certaines contraintes qui complexifient le projet.
35	anonymous	En voyant ce qu'il se passe actuellement (inondation, grands changements de températures,) je ne partirais pas la dessus pour construire ma maison tant que la paille n'a pas 10 ans de vie et de setudes approfondie. Bonne aprem
36	anonymous	Plutôt perçu comme un isolant plutôt qu'un matériau de construction "porteur". Un peu sceptique quant à sa résistance au feu face à d'autres matériaux muraux. Plus ou moins efficace que le chanvre comme isolant ?

37	anonymous	Je ne suis sans doute pas assez informée, car je ne cherche pas à construire (Je suis déjà propriétaire)
38	anonymous	Non
39	anonymous	Non
40	anonymous	Je ne connaissais pas dutout et je trouve ça plutôt sympa, mais à analyser de plus prêt
41	anonymous	De par le manque de connaissance et le fait de n'en avoir jamais entendu parlé, j'ai répondu que je ne ferais pas construire une maison en paille. Par contre je ne demande qu'à être surpris, ce pourquoi j'ai mis la note de 5 pour la confiance envers une construction en paille.
42	anonymous	En terme d'isolation, il est aussi important de prendre en compte la place que prend l'isolant. En ville, l'espace coute plus cher qu'à la campagne. Est-ce que la paille à ceci comme inconvénient ?
43	anonymous	quid de l'humidité???
44	anonymous	Non....pas encore assez connus pour m en faire une idée .....
45	anonymous	Je suis surprise partiellement par certaines estimations scientifiques de ce type de construction. Néanmoins je reste favorable pour cette méthode écologique mais je suis septique vis-à-vis de la longévité de ce produit ! Si la durée de vie est supérieure à 50 ans, est-ce que la qualité de la paille n est-elle pas amoindrie ? Même si la paille est bien sèche et compactée et bien isolée ; y aurait il à longue durée une infiltration d humidité ou alors possibilité d invasion/ de prolifération de rongeurs comme des mulots ou autres insectes ou encore peut-être certaines maladies de la matière première (moisissures, décomposition)ou autres concernant la durée dans le temps ? Comment fait on après un demi siècle pour constater l état des murs, sa fiabilité et ainsi vérifier la qualité de la paille ? Ça, ce sont des questions qui m interpellent mais quoi qu'il en soit je reste confiante pour ce genre de réalisation, qui je pense va se développer à l avenir puisque de source sûre : les agriculteurs vendent déjà actuellement leur surplus de balots de paille à la France. Voilà, j espère vous avoir un peu aidé en vous souhaitant bonne chance pour votre projet qui, je trouve est très intéressant et bonne continuation. Bien à vous. PS : je trouve que la question 7 est mal formulée.
46	anonymous	L'image des maisons en paille nous fait penser à l'ancien temps. Il faudrait nous montrer que la paille peut être utiliser pour construire de manière « moderne » (pour supprimer cette image du vieillot/paysan)

47	anonymous	Question 13. Ne pas faire venir de la paille de l'autre bout du monde . impact écologique négatif !!! Beau projet :-)
48	anonymous	Mon avis est que c'est bien (envisageable de construire avec ce matériaux) mais uniquement pour les constructions "moins importante" tel que garage, abri de jardin, abri pour animaux,...
49	anonymous	existe-t-il beaucoup de constructions de ce genre et ont-elles prouvées leur résistance à long terme?
50	anonymous	Un questionnement majeur pour moi est la perte dans le temps des caractéristiques interressa

51	anonymous	J'ai vécu dans une maison à la campagne construite avec un mélange de boue (Argile) et paille, toiture en paille dans mon pays d'origine. Il y a un avantage de garder la fraîcheur à l'intérieur. En y ajoutant d'autres matériaux d'armature (ossature) pour consolider les murs. Pour ce qui est d'inconvénient, je me pose quand même la question de savoir, s'il n'y aura pas des odeurs avec les changements de température. Pour le reste, la maison en paille est Écologique et moins énergivore. Van Keer Guy
52	anonymous	est ce que la paille a un impact sur les différents pays ?
53	anonymous	Si c'est toi GUILLAUME qui nous dessine notre maison ... nous sommes prêts à tester ce nouveau concept!
54	anonymous	Aucun

55	anonymous	Ai vu la construction dans la région d1 maison en paille. Ça fait 10 ans qu'elle est en route et toujours pas terminée ! Problèmes techniques ? Financiers ?
56	anonymous	non
57	anonymous	Les constructions en paille semblent prometteuses. Cela semble être un bon substitut aux matériaux traditionnels car c'est à la fois accessible et écologique. Néanmoins, je reste perplexe par rapport à son efficacité à long terme.
58	anonymous	Je m'interrogeais sur la résistance au feu: cela m'interpellait . J'en sais plus maintenant . Merci .

## Annexe 3 : interview d'Antoine Bonnert

### Questionnaire :

#### 1. Pourquoi avez-vous choisi de ce type de parois et ce rôle d'isolant non-porteur pour la paille ?

La paille porteuse est un terme un peu faussé ; les études montrent que ce sont les panneaux d'enduits, liés par la paille qui sont structurels ; or, les enduits de terre ont peu de valeur normalisée utilisable par les ingénieurs, et spécialement en cas de dégât des eaux, ce qui rends la validation stabilité très très compliquée ; De plus, les contraintes architecturales deviennent très grandes si l'on supprime l'ossature en bois.

Nous avons donc décidé de prendre l'ossature bois comme élément structurel, et d'utiliser la paille comme isolant et support d'enduit

#### 2. Quels sont selon vous les avantages de la construction en paille ?

Cela nous permet de retourner aux bases de la construction, avec des matériaux peu ou pas transformés (et donc bon marché) et donc de valoriser de la main d'œuvre locale; Les bases, c'est d'analyser le fonctionnement d'un mur vernaculaire, massif, qui joue le rôle de finition extérieur, d'isolation/inertie, de frein vapeur, de finition intérieure, de régulateur d'humidité, ... La construction conventionnelle, qui utilise beaucoup de matériaux inerte, est obligé de créer une couche de matière pour chacun de ses rôles.

La construction écologique conventionnelle copie le système constructif conventionnel, en utilisant des matériaux manufacturés (et donc plus cher) pour chaque couche également; La construction en paille comme nous la pratiquons, essaie de retourner vers le fonctionnement d'un mur massif, avec la paille qui est support d'enduit, l'enduit qui est frein vapeur, finition et "plein technique", et l'ossature bois, qui permet une validation de la stabilité et une manipulation des éléments préfabriqués.

#### 3. Quelles sont selon vous les contraintes de la construction en paille ?

Quelques nœuds constructifs, spécialement au niveau du soubassement, demandent une bonne réflexion ; pour le reste, les contraintes sont celles qui devraient être prise en compte dans tous les projets : la complexité structurelle à impact sur le prix et la qualité thermique de l'ouvrage, et n'apporte pas toujours un plus en qualité de vie... donc, plus qu'une contrainte, il s'agit plutôt de bon sens de réfléchir à des travées structurelles simples, plutôt que les exploits architecturaux...

La plus grosse contrainte, si elle n'est pas anticipée, est l'épaisseur du mur ; il n'est parfois pas possible de trouver une alternative lorsque le permis est déjà accordé et que les murs dessinés ne font que 30cm toutes finitions comprises ; il est donc important, si les clients souhaitent garder comme option la construction en paille, de dessiner un mur plutôt de 60cm pour le permis, et si finalement la paille n'est pas retenue, cela fait gagner un peu de place dans la maison.

#### 4. Construire en paille est-il un choix écologique, économique, technique ?

Écologique (une maison en bois en paille stocke du CO2 à la construction), économique ce n'est pas moins cher, mais à qualité égale, ce n'est pas possible de faire moins cher, technique c'est plus gai de travailler avec des matériaux naturels... ? et social - payer de la main d'œuvre locale plutôt que d'exploiter des gens au bout du monde pour acheter des matériaux manufacturés faciles à mettre en œuvre.

5. Quelle relation entretenez-vous avec l'agriculteur vous fournissant la paille ?

Une très bonne collaboration depuis le début, il a pas mal cherché pour trouver les cultures qui fournissent la meilleure paille à balloter, il fait attention à produire des ballots les plus constants possible, il a une belle capacité de stockage, ne produit presque plus qu'exclusivement de la paille bio, ...

6. Pensez-vous que la construction en paille ait plus de sens en ruralité ?

Pas qu'en ruralité, l'impact CO2 et social est énorme, et nous pensons que c'est la direction que toute la construction devrait prendre.

7. Pensez-vous ou avez-vous connaissance d'une réticence d'agriculteurs à changer leurs méthodes pour produire des ballots de paille destinés à la construction ?

Les agriculteurs les plus réticents sont les agriculteurs bio qui travaille sur de plus petites surfaces et qui réutilise la paille comme intrant sur leurs champs ; mais d'une manière générale, un ballot de construction apporte une belle plus-value sur la valeur de la paille, ce qui est intéressant pour l'agriculteur.

8. Pensez-vous que la construction en paille puisse se développer davantage dans les années à venir ?

Vu le pourcentage que la construction en paille représente par rapport à l'ensemble de la construction, cela ne peut (et doit) qu'augmenter.

## Annexe 4 : interview De Gil Honoré

Questionnaire :

1. Pourquoi avez-vous choisi de construire ce bâtiment en paille ?

Paroi en ossature bois remplissage paille : bilan CO2 favorable, énergie grise minimisée, matériaux renouvelables, biosourcés, locaux (circuit court).

2. Quelle(s) technique(s) constructive(s) utilisez-vous et pourquoi celle(s)-là en particulier ?

La paille est non porteuse du bâtiment. La paille porteuse est réservée aux bâtiments d'un seul niveau avec de faibles charges sur les murs. Utilisation de petits ballots pour placer facilement la paille dans la structure bois (les murs n'étaient en effet pas préfabriqués).

3. Quelles sont selon vous les contraintes de la construction en paille ?

Protéger la paille des intempéries lors de la construction, et éviter tout contact de la paille avec l'humidité au niveau des détails du bâtiment. De plus la paille est un « déchet » de la récolte des céréales. Il faut pouvoir la stocker dans de bonnes conditions si la construction n'est pas en phase avec cette récolte.

4. Construire en paille est-il un choix écologique, économique, technique... ?

Voir point 1

5. Quelle relation entretenez-vous avec l'agriculteur vous fournissant la paille ?

Aucune car c'était un marché public. Néanmoins la paille provenait de la région (d'un agriculteur de Hesbaye)

6. Pensez-vous que la construction en paille puisse se développer davantage dans les années à venir ?

Oui

7. Avez-vous des remarques, conseils ?

Lire la littérature spécialisée

[Ecomatériaux : la construction en paille Maçonnerie Normes]

8. Avez-vous également construit d'autres projets en paille ? **Non malheureusement**

9. Puis-je me permettre de faire apparaître vos documents graphiques dans mon TFE ? **Oui**

## Annexe 5 : interview de Sylvain Duquenne

Questionnaire :

1. Pourquoi avez-vous choisi de construire certains bâtiments en paille ?

J'ai choisi de construire en paille pour les nombreuses qualités de ce matériau :

- local ;
- abondant (avec 1% de la paille produite en Belgique, on peut construire 1500 habitations !) ;
- abordable ;
- isolant assurant aussi bien le confort d'hiver que celui d'été ;
- "puits carbone" ;
- compostable et/ou recyclable en fin de vie.

2. Quelle(s) technique(s) constructive(s) utilisez-vous et pourquoi celle(s)-là en particulier ?

Je privilégie une ossature bois remplissage paille.

L'avantage de l'ossature bois réside dans la construction rapide d'un volume hors eau. L'entreposage et la pose des bottes de paille peuvent ainsi se faire à l'abri de la pluie. Il faudra juste veiller lors de la mise en œuvre à assurer un contact franc entre le panneau pare-pluie et la botte de paille afin d'assurer le transfert de la vapeur d'eau et éviter tout phénomène de convection et de condensation.

Concernant la pose des ballots je préfère la pose debout entre montants à la pose sur chant ou à plat. Cette technique de pose est plus contraignante au moment du dessin car le bâtiment doit être calepiné sur les dimensions de la botte de paille mais est plus rapide à mettre en œuvre sur chantier.

3. Quelles sont selon vous les contraintes de la construction en paille ?

Selon moi les principales contraintes sont de trouver :

- des agriculteurs/trices possédant encore une petite botteuse ;
- un lieu de stockage pour les nombreux ballots.

4. Construire en paille est-il un choix écologique, économique, technique... ?

Tout à la fois (cf. question 1)

5. Quelle relation entretenez-vous avec l'agriculteur vous fournissant la paille ?

Comme mentionné ci-dessus, je n'ai pas une longue expérience dans le domaine. Dans le cadre de l'autoconstruction de ma maison, j'ai travaillé avec un ami agriculteur aujourd'hui à la retraite.

Quand je reprendrai mon activité d'architecte, mon souhait est de travailler avec un(e) ou plusieurs agriculteurs/trices possédant une petite botteuse. Je pourrai ainsi choisir l'un(e) ou l'autre selon la situation du chantier et rester dans une logique d'"architecture de cueillette".

Créer ce partenariat permettrait également de transmettre un savoir faire : la confection de ballots de paille pour la construction. Les qualités requises étant une densité sur base sèche comprise entre 80 et 120 kg/m<sup>3</sup> et un taux d'humidité lors du stockage et de la mise en œuvre inférieure à 20%

6. Pensez-vous que la construction en paille ait plus de sens en ruralité ?

Je pense que la construction paille a tout son sens à la campagne comme en ville. L'énergie grise liée au transport sera peut-être plus élevée dans le cas d'une construction en ville. Elle aura néanmoins toujours le mérite d'être un matériau "puits carbone", confortable été comme hiver, sain et compostable en fin de

vie. Ce dernier point me paraît important quand je vois la démolition de certains bâtiments aujourd'hui et la quantité de déchet non trié mis en décharge.

7. Pensez-vous ou avez-vous connaissance d'une réticence d'agriculteurs à changer leurs méthodes pour produire des ballots de paille destinés à la construction ?

Je n'ai pas connaissance de ce type de réticence

8. Pensez-vous que la construction en paille puisse se développer davantage dans les années à venir ?

Je l'espère. Mais les mentalités ont du mal à changer dans le secteur du bâtiment. J'espère que la création du RBFCP (Réseau belge francophone de la construction paille) permettra de développer ce type de construction dans les années à venir.

9. Avez-vous des remarques, conseils ?

/

10. Pouvez-vous également me renseigner vos projets construits en paille ? Puis-je me permettre de vous demander certains documents graphiques significatifs et également de pouvoir les faire apparaître dans mon TFE ?

Concernant les projets construits en paille :

- 2 maisons construites selon la technique GREB à Saint-Symphorien suivies lors de mes stages (pour des documents graphiques, je peux vous mettre en relation avec mon ancien maître de stage (Denis Delpire) ou avec les 2 autoconstructeurs)

- Maisons Paille-Tech à Saint-Symphorien (idem pour les documents graphiques)

- Maison personnelle ossature bois-remplissage paille (pose des ballots debout) à Mons. Je peux transmettre des documents graphiques concernant ce projet.

J'ai également participé à un chantier participatif à Ittre pour lequel je peux retrouver les coordonnées des propriétaires si cela vous intéresse