



CSTB
le futur en construction

Analyse de la circularité des produits à base de solutions paille

*Mattis BARDIOT, Léo BEN AMOR et
Lucas GERARDIN*

Lot 1031 : Analyse de la circularité

Ce rapport comporte 36 pages

DER/ECAF 25-006RE
JUN 2025

Document sous licence CC BY-ND 4.0 rédigé par le CSTB et le RCP le 10/06/2025



Ce document a été financé par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'ADEME





Sommaire

1. INTRODUCTION	4
2. DESCRIPTION DES PRODUITS A BASE DE PAILLE	6
2.1 Produits étudiés.....	6
2.1.1 Paille en bottes non enduite.....	6
2.1.2 Paille en bottes enduite	7
2.1.3 Paille hachée	7
2.2 Généralités sur les produits.....	8
2.2.1 Filières de fin de vie existantes.....	8
2.2.2 Substances dangereuses dans les produits à base de paille	9
3. DEMONTABILITE DES PRODUITS A BASE DE PAILLE	11
3.1 Introduction à la démontabilité	11
3.1.1 Contexte	11
3.1.2 Théorie des couches	11
3.2 Diagrammes des systèmes constructifs en paille	12
3.2.1 Présentation de la méthodologie	12
3.2.2 Diagrammes de démontabilité	13
4. REEMPLOYABILITE DES PRODUITS A BASE DE PAILLE	20
4.1 Etat des lieux du réemploi.....	20
4.2 Atouts des produits à base de paille en termes réemployabilité	21
4.2.1 Une circularité parfaite	21
4.2.2 Durabilité.....	21
4.2.3 Caractéristiques techniques générales intéressantes	23
4.3 Contraintes des produits à base de paille	24
4.3.1 Stockage et conditionnement	24
4.3.2 Transport	24
4.3.3 Produits en voie de développement.....	25
4.4 Conclusions et analyse de la réemployabilité	26
4.4.1 Note de réemployabilité	26
4.4.2 Développer la filière de réemploi.....	30
5. RECYCLABILITE DES PRODUITS A BASE DE PAILLE.....	32
5.1 Propriétés de la paille et bilan de recyclabilité des produits	32
5.2 Filières proposées	33
6. CONCLUSIONS	34
6.1 Etat des lieux	34
6.2 Perspectives	34
7. BIBLIOGRAPHIE.....	36

Ce document a été financé par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'ADEME

Liste des tableaux

Tableau 1 : Critères de notation des PMCB pour évaluer la réemployabilité	28
Tableau 2 : Notes de réemployabilité des produits à base de paille	28
Tableau 3 : Comparaison avec d'autres isolants du marché de la construction	30

Liste des figures

Figure 1 : Fins de vie des produits et matériaux suivant leur vertu environnementale (Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires., 2025)	5
Figure 2 : Usage de la paille hachée insufflée comme isolant	7
Figure 3 : Enduit de terre crue sur paille	8
Figure 4 : Exemples d'utilisation de la paille en fin de vie	9
Figure 5 : Exemple de FDES où la paille apparaît comme un produit peu dangereux pour la qualité de l'air intérieur	10
Figure 6 : Maison Feuillette, plus ancienne maison en ossature bois et remplissage paille connue à ce jour (Conseil départemental du Loiret, 2020)	21

Contributeurs de l'étude

Mattis BARDIOT - CSTB - Rédacteur
Léo BEN AMOR - CSTB - Rédacteur
Nicolas CANZIAN - RFCP - Coordinateur
Luc FLOISSAC - Eco-études - Expert
Lucas GERARDIN - CSTB - Rédacteur

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'ensemble des acteurs de la construction paille ayant accepté de participer aux entretiens, ainsi que les professionnels du réemploi pour le partage de leurs retours d'expérience et de leurs perspectives sur le développement du réemploi des solutions à base de paille.

1. INTRODUCTION

Dans un contexte d'urgence climatique et de réduction de la consommation de ressources, la construction durable s'impose comme un enjeu majeur du secteur du bâtiment de demain. Le développement et la massification de la construction en paille s'inscrit dans ce schéma, en profitant des qualités de celles-ci à travers le caractère local et biosourcé des matériaux.

Ce document s'inscrit dans les travaux du projet POP 2030 (**P**our des **O**uvrages en **P**aille 2030) et vise à réaliser un tour d'horizon du potentiel de l'isolation paille dans une logique d'économie circulaire.

Le livrable est organisé en plusieurs axes :

- Une première partie présente les solutions constructives considérées dans l'analyse.
- Un deuxième axe est consacré à la démontabilité des systèmes constructifs en paille, à travers la réalisation de diagrammes de modélisation des couches de ces systèmes.
- Les troisième et quatrième volet traitent respectivement du potentiel de recyclage et de réemploi des produits à base de paille.

Afin de faciliter la lecture du document, cette partie introductive du document est complétée par un rappel de la hiérarchisation des modes de valorisation dans le cadre de la mise en place d'une économie circulaire.

Dans une logique d'économie circulaire appliquée au secteur de la construction, il est essentiel de bien comprendre les différentes fins de vie possibles pour les matériaux et produits issus des bâtiments en déconstruction ou en rénovation. Chaque option implique un niveau de transformation, de consommation d'énergie, et d'impact environnemental spécifique.

On distingue généralement les étapes suivantes, classées par ordre décroissant de vertu environnementale, selon la hiérarchie européenne des modes de traitement des déchets :



Figure 1 : Fins de vie des produits et matériaux suivant leur vertu environnementale (Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires., 2025)

Il est important de ne pas confondre réemploi et réutilisation, bien que ces deux termes soient souvent utilisés de manière interchangeable. Le réemploi fait référence à l'utilisation directe d'un produit ou d'un matériau pour le même usage, sans modification ou transformation significative. Par exemple, des fenêtres anciennes, une porte ou une poutre en bois peuvent être réemployées dans leur forme originale. En revanche, la réutilisation implique souvent une modification ou une adaptation du produit ou du matériau pour un usage différent. Le réemploi se distingue ainsi par son approche minimaliste, en préservant au maximum l'intégrité du produit. Cet aspect de définition peut avoir son importance sur des produits comme ceux à base de paille.

Dans ce cadre, le réemploi apparaît comme une option particulièrement vertueuse : il permet de préserver l'intégrité des produits, évite une phase de transformation de matière énergivore, et limite la production de déchets. Le réemploi s'inscrit pleinement dans les stratégies de réduction de l'empreinte carbone du bâtiment. C'est également une grande opportunité pour favoriser le développement de filières locales et d'emplois de proximité.

2. DESCRIPTION DES PRODUITS A BASE DE PAILLE

2.1 PRODUITS ETUDIES

Dans le cadre de ce rapport, trois formes principales de produits à base de paille ont été retenues pour évaluer leur démontabilité, leur potentiel de réemploi et de recyclage. Ces produits, bien que reposant sur une même ressource végétale, présentent des caractéristiques physiques, des modes de mise en œuvre, et des performances différentes, ce qui peut influencer les usages liés à leur fin de vie.

Les trois produits analysés sont :

- La botte de paille non enduite
- La botte de paille enduite pour des applications d'isolation
- La paille hachée.

2.1.1 PAILLE EN BOTTES NON ENDUITE

L'utilisation la plus courante et la plus répandue de la paille dans la construction est la botte de paille.

Voici les propriétés générales pour une botte de paille conforme au cahier des charges des règles professionnelles (RFCP, 2012) :

- Masse volumique : 80 à 120 kg/m³
- Conductivité thermique : 0,048 W/(m.K) avec les fibres perpendiculaires au flux thermique
- Déphasage thermique : entre 12 et 16 heures
- Capacité thermique : 1558 J/(kg.K)
- Coefficient de résistance à la diffusion de la vapeur : 1,04
- Classement de la réaction au feu une fois enduite à la chaux : B - s1 -d0
- Affaiblissement acoustique : -43 dB

La botte de paille non enduite est la forme la plus brute et la plus reconnaissable du matériau. Il s'agit de bottes de paille compressées, généralement issues de céréales comme le blé, le riz ou l'orge, ficelées ou maintenues par des liens synthétiques ou biodégradables. (Collectif Biosourcés Grand Est, 2025).

Ces bottes sont souvent intégrées dans des parois bois-paille, en structure porteuse ou en remplissage. Leur compacité et leur homogénéité leur confèrent de bonnes performances thermiques, à condition d'être protégées de l'humidité. Non enduites et comme tous les biosourcés, elles sont toutefois sensibles aux infiltrations, aux moisissures et à la dégradation biologique. C'est pour cela qu'elles sont enfermées dans des caissons qui les protègent de ces phénomènes.

2.1.2 PAILLE EN BOTTES ENDUITE

La botte de paille enduite reprend donc la forme précédente, mais avec l'ajout d'un revêtement de protection directement appliqué en surface, généralement à base de terre crue, de chaux, voire de plâtre. Ce revêtement remplit plusieurs fonctions : il protège la paille de l'humidité, améliore les performances d'inertie et de résistance au feu, et joue également un rôle esthétique. (APTE ASSO, 2025).

L'enduit confère à l'ensemble une meilleure durabilité, en limitant l'exposition directe de la paille aux agressions extérieures. Il contribue également à la rigidité de l'ensemble, notamment dans les parois à ossature bois.

Les enduits terre et chaux sont les deux principales finitions utilisées sur les parois en bottes de paille, chacun avec leurs avantages et inconvénients. L'enduit terre, s'il est local, est le plus écologique et souvent le plus économique. Il est facile à appliquer, régule bien l'humidité. Il apporte aussi une bonne inertie thermique, idéale pour le confort d'été. Cependant, il est sensible à l'eau liquide, demande un temps de séchage long, et nécessite des essais de formulation en amont.

2.1.3 PAILLE HACHÉE

La paille hachée correspond à de la paille broyée ou défibrée, utilisée sans forme préstructurée. Elle est généralement conditionnée en vrac ou en sacs, et peut être mise en œuvre manuellement ou mécaniquement, notamment comme isolant thermique dans des parois ou des combles. Elle est ainsi insérée dans une superstructure, généralement en bois, directement.

Elle est souvent insufflée dans des caissons fermés ou intégrée à des remplissages de parois verticales. Ce produit présente une bonne capacité de remplissage des volumes et une grande adaptabilité aux formes irrégulières. C'est pour ce dernier point qu'elle peut être appréciée pour les angles des murs. Des cordelettes de Polypropylène peuvent être ajoutées pour maintenir la structure de la paille également, évitant trop de déformation. (Frangéul, 2023).



Figure 2 : Usage de la paille hachée insufflée comme isolant

Cependant, malgré ses qualités techniques et sa faible empreinte environnementale, ce produit reste aujourd'hui très peu utilisé dans la construction. Cela s'explique principalement par son introduction très récente sur le marché, ce qui limite encore son intégration dans les pratiques professionnelles et les systèmes constructifs courants. (APTE ASSO, 2025)



Figure 3 : Enduit de terre crue sur paille

L'enduit chaux, quant à lui, est facile à trouver, résiste à l'eau, et bénéficie de dosages standardisés, ce qui facilite son emploi. Il est aussi plus courant chez les artisans. En revanche, il est plus cher, plus énergivore, et demande des conditions climatiques précises pour sécher correctement. Sa prise rapide le rend moins adapté aux débutants, et il doit être manipulé avec précaution en raison de son agressivité pour la peau.

2.2 GENERALITES SUR LES PRODUITS

2.2.1 FILIERES DE FIN DE VIE EXISTANTES

La fin de vie des produits à base de paille est aujourd'hui principalement orientée vers des modes de valorisation simples, peu énergivores et alignés avec le caractère naturel du matériau. Ces pratiques, bien que parfois perçues comme peu ambitieuses du point de vue de l'économie circulaire, présentent néanmoins des atouts concrets sur les plans agronomique, environnemental et énergétique. (ARPE Normandie, 2025).

Dans le cadre du projet, les scénarios de fin de vie de la paille décrits dans les FDES ont été analysés. Il en ressort une **hétérogénéité**. Dans certaines FDES, notamment la version collective¹, la paille **est orientée vers le compostage et l'amendement agricole**. Les FDES plus récentes² présentent des scénarios différenciés, avec 60% de la paille considérée comme recyclée via une utilisation en litière animale, et 40% déclarés en réemploi sous forme de paillis.

L'un des scénarios les plus courants pour la paille en fin de vie consiste à la réintégrer dans les cycles agricoles. Qu'il s'agisse de paillage, d'apport en matière organique dans les sols, cette solution s'appuie sur le caractère biodégradable et non toxique du matériau.

Le paillage constitue alors une excellente protection du sol, favorisant l'activité microbienne des sols et participant à l'amélioration de leur structure. Son rôle dans la limitation de l'évaporation de l'eau ou dans la réduction du recours aux engrais chimiques en fait une solution à la fois durable et vertueuse.

¹ Scénario issu de la FDES collective : <https://base-inies.fr/consultation/infos-produit/30441>

² Scénario issu de la FDES : <https://base-inies.fr/consultation/infos-produit/33929>



Figure 4 : Exemples d'utilisation de la paille en fin de vie

Elle est également largement utilisée dans les exploitations agricoles pour le soin et le confort des animaux, en particulier comme litière.

Ces deux usages en fin de vie constituent des voies de valorisations simples, à faible coût, et très ancrées dans les pratiques agricoles.

La valorisation énergétique est également bien représentée dans les scénarios de fin de vie de la paille. Ce type de valorisation peut prendre plusieurs formes : la combustion directe dans des chaudières biomasse, ou encore la méthanisation lorsqu'elle est utilisée avec d'autres intrants organiques. (FNADE, 2025).

La combustion de la paille présente un bon rendement énergétique et permet de valoriser des matériaux en fin de vie qui ne seraient plus réutilisables ou recyclables autrement. Cette solution est déjà bien intégrée dans certains territoires ruraux disposant d'installations adaptées. En revanche, elle soulève des questions en matière d'utilisation de la paille à son plein potentiel. En effet, dans les scénarios de fin de vie, la valorisation énergétique est toujours à délaissé comparé à des modes de valorisation plus nobles qui permettent d'utiliser les propriétés physiques du matériau (Bartel, 1997).

2.2.2 SUBSTANCES DANGEREUSES DANS LES PRODUITS A BASE DE PAILLE

La présence de substances considérées comme dangereuses dans les produits et matériaux pose des problèmes notamment sur la gestion en fin de vie des déchets correspondants. Ces substances peuvent, entre autres, perturber le recyclage ou risquer de se retrouver de manière non intentionnelle dans des produits neufs et ainsi avoir des impacts sanitaires et environnementaux préoccupants.

De plus, les difficultés liées à la détection de ces substances préoccupantes nécessitent d'identifier dès le départ les déchets les plus susceptibles d'en contenir.

Ces substances ont, dans la majorité des cas, été ajoutées de manière intentionnelle dans les produits et matériaux du bâtiment, afin de leur apporter des propriétés spécifiques. La connaissance de leurs effets néfastes est mieux maîtrisée aujourd'hui : elles ne sont plus utilisées, sont réglementées ou sont recensées. Elles sont donc susceptibles d'être présentes dans les produits encore installés ou dans les déchets qui en sont issus, du fait d'un héritage passé. Des exemples d'usage courant de substances dans le secteur du bâtiment sont proposés ci-dessous :

- Plastifiants : pour augmenter la plasticité
- Retardateurs de flamme : pour prévenir les incendies

- Adhésifs : pour lier différents composants
- Stabilisateurs : pour maintenir la stabilité des composants sous l'effet de la chaleur ou des rayons UV
- Conservateurs/biocides : pour résister à la croissance microbienne

Les produits à base de paille se distinguent par une très grande innocuité en matière de substances dangereuses, ce qui constitue un atout fort tant pour leur mise en œuvre initiale que pour leur fin de vie. La paille n'est ni traitée chimiquement, ni mélangée à des additifs de synthèse susceptibles de poser des problèmes du point de vue sanitaire ou environnemental (aPROpaille, 2025).

Les FDES disponibles sur les bottes de paille utilisées comme isolants dans la construction attestent toutes de l'absence de substances soumises à autorisation dans le cadre du règlement REACH. Cela signifie que ces produits ne contiennent pas de composants chimiques reconnus comme dangereux pour la santé humaine ou pour l'environnement selon les critères réglementaires européens en vigueur. Par ailleurs, leur caractère non transformé leur permet de conserver leur nature 100 % biosourcée, sans ajout de liant, de résine, ni de retardateur de flamme (FDES Collective, 2022).

Cette innocuité est confirmée par les résultats d'émissions de composés organiques volatils où les produits à base de paille obtiennent généralement la meilleure note disponible (classement A+), témoignant d'émissions quasi nulles dans l'air intérieur. Ce point est d'autant plus important que la qualité de l'air intérieur est aujourd'hui reconnue comme un enjeu majeur de santé publique dans les bâtiments (FDES, 2022).

Air intérieur

Le produit étudié entre dans le champ d'application du décret n°2011-321 du 23 mars 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils (cf. liste indicative de 26 janvier 2016 diffusée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie et le Ministère du Logement, de l'Egalité des Territoires et de la Ruralité). Ainsi, les déclarants, individuels ou collectifs, doivent indiquer dans leur FDES la classe affichée pour les produits couverts (A+, A, B ou C). Des essais de mesure des émissions de substances volatiles sur les produits de construction solides selon les normes EN ISO 16000-3, ISO 16000-6, EN ISO 16000-9 et EN ISO 16000-11 ont été réalisés.

Le résultat selon le rapport d'analyse N° D-10713-052300 du 21/08/2013 est **A+**.



Figure 5 : Exemple de FDES où la paille apparaît comme un produit peu dangereux pour la qualité de l'air intérieur

Ainsi, les produits à base de paille ne présentent, à ce jour, aucun signal d'alerte quant à la présence ou à l'émission de substances dangereuses. Cela les rend particulièrement intéressants pour des démarches de réemploi, de valorisation ou de recyclage, puisqu'ils ne nécessitent pas de précautions particulières liées à des composants toxiques ou réglementés. Il est donc utile de le souligner dès cette partie du rapport, car cette caractéristique aura des implications positives pour toutes les réflexions à venir sur les stratégies de fin de vie.

3. DEMONTABILITE DES PRODUITS A BASE DE PAILLE

3.1 INTRODUCTION A LA DEMONTABILITE

3.1.1 CONTEXTE

La conception et l'industrie de la construction et du bâtiment utilisent souvent des méthodes conventionnelles qui ne facilitent pas la déconstruction, rendant difficile le réemploi, le recyclage ou la valorisation énergétique des matériaux, et entraînant ainsi des déchets mis en décharge. En intégrant les principes de démontabilité dès la conception, il est possible d'améliorer l'efficacité des opérations de maintenance et de fin de vie, alignant ainsi le secteur du bâtiment avec les principes de l'économie circulaire.

La démontabilité d'un système constructif doit être évaluée en tenant compte des différentes couches de matériaux, de leur accessibilité, de leur durabilité respective tout en respectant un principe d'indépendance. Un concept clé pour répondre à tous ces enjeux est la théorie des couches, qui distingue plusieurs couches de composants dans un bâtiment selon leur durée de vie utile et leur indépendance.

Dans cette partie, nous proposons une méthodologie pour modéliser les liaisons entre les différents composants pour les systèmes constructifs à base de paille.

3.1.2 THEORIE DES COUCHES

La mise en lumière des différentes connexions et de leur positionnement dans les différentes couches permet de souligner plusieurs concepts importants de la démontabilité :

- L'accessibilité des différents composants (conception pour l'accessibilité)
- Le séquençage de désassemblage (conception pour la démontabilité)
- La visualisation des différents matériaux ainsi que leur mode de liaison

La méthodologie présentée ci-dessous propose des schémas illustrant les différents composants des systèmes constructifs étudiés. Celle-ci met en lumière les différentes liaisons mécaniques ou chimiques liant les différents composants entre eux, et donne une appréciation de l'état des composants à l'issue des opérations de dépose sur la base de leur durée de vie des éléments évalués et de leur intégration dans le système constructifs. L'objectif de cette méthode est donc d'identifier et de visualiser, à l'aide d'un diagramme, les éléments séparables d'un processus et l'impact du démontage sur ceux-ci, qu'il soit ancien ou récent.

Le diagramme schématisera les différents composants qui compose un procédé de construction.

Note : On définit comme procédé un ensemble de composant, organisé et assemblé, qui permet la réalisation d'un ouvrage ou d'une structure.

Un composant est un élément individuel ou spécifique d'un procédé. Chaque composant joue un rôle précis dans la constitution du procédé global.

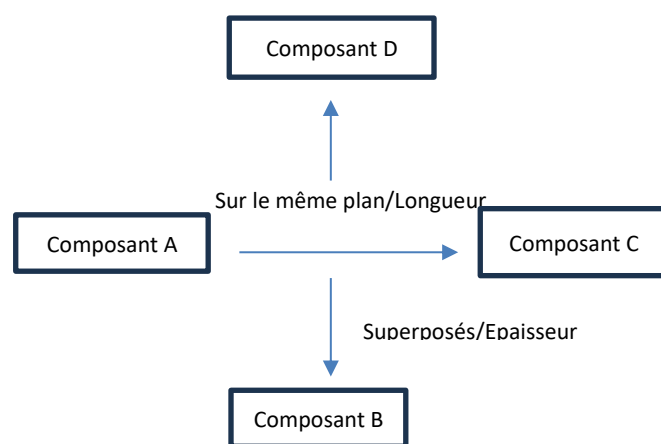
3.2 DIAGRAMMES DES SYSTEMES CONSTRUCTIFS EN PAILLE

3.2.1 PRESENTATION DE LA METHODOLOGIE

La lecture du diagramme s'effectuera de haut en bas avec le composant haut comme étant le premier élément côté intérieur du bâtiment. L'organisation et l'emplacement des composants dans le diagramme devra être représentatif de l'organisation réel des composants du procédé.

Autrement dit, deux produits côte à côte sur le même plan devront être représentés côte à côte sur le diagramme, de même, deux produits superposés devront se superposer dans le diagramme.

Représentation :



Connection chimique direct (enduit, laque, peinture...).



Connection direct (posé, emboîtement...).



Connection par l'intermédiaire d'un composant chimique supplémentaire (colle...).



Connection par l'intermédiaire d'une fixation (vis, cheville...).



Connection par l'intermédiaire d'un composant indépendant supplémentaire (platine, patte...).

Le diagramme doit permettre de visualiser l'ensemble des composants et les types de connexions les reliant associés au procédé de construction identifié. La première phase est donc d'identifier les différentes couches et les connexions associées.

Définitions des connexions :

Ce document a été financé par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'ADEME

- Une connexion chimique se traduit par l'adhérence chimique de deux composants mis en contact (la peinture, le laquage sont des connexions chimiques par exemple) ;
- Une connexion directe est un contact mécanique entre deux composants (un emboîtement entre deux composants par exemple) ;
- Une connexion via une fixation chimique se traduit par l'utilisation d'un produit pour souder chimiquement deux autres (l'utilisation d'une colle par exemple) ;
- Une connexion via une fixation mécanique se traduit par l'utilisation d'une fixation pour fixer deux composants ensemble (l'utilisation de vis ou rivet par exemple) ;
- Une connexion via un 3ème composant indépendant supplémentaire se traduit par l'utilisation d'un composant tier permettant de fixer des composants dimensionnés pour être fixés par le composant tier.

La séparabilité de deux composants est jugée par le type de connexion qui relie ceux-ci. L'endommagement associé se base sur les définitions suivantes :

Le composant peut être démonté proprement (sans impureté des couches adjacentes) sans endommager sa forme, sa structure et ses performances. I	Le composant peut être démonté proprement (présence d'impuretés des couches adjacentes), mais sa forme, sa structure et ses performances sont endommagées ou détruites. III
Le composant ne peut pas être démonté proprement (présence d'impuretés des couches adjacentes), mais sa forme, sa structure et ses performances ne sont pas endommagées. II	Le composant ne peut pas être séparé proprement (présence d'impuretés des couches adjacentes) et sa forme, sa structure et ses performances sont endommagées ou détruites. IV

3.2.2 DIAGRAMMES DE DEMONTABILITE

3.2.2.1 Introduction

Nous avons tout d'abord élaboré trois diagrammes illustrant la mise en œuvre de la botte de paille dans la construction bois. Ces diagrammes ne couvrent pas l'ensemble des systèmes utilisant la paille, mais peuvent être combinés ou adaptés pour représenter d'autres configurations.

Un diagramme spécifique a ensuite été réalisé pour la mise en œuvre de la paille hachée.

Enfin, un diagramme présente l'utilisation de la paille comme isolation thermique par l'extérieur (ITE) sur support béton. Ses systèmes ITE sur support béton intégrant un bardage rapporté n'ont pas été évalués. Les bardages ont été modélisés en considérant qu'ils étaient fixés par fixations traversantes.

Il est important de noter que ces diagrammes ont été conçus indépendamment du caractère traditionnel ou non des systèmes d'isolation en paille présentés.

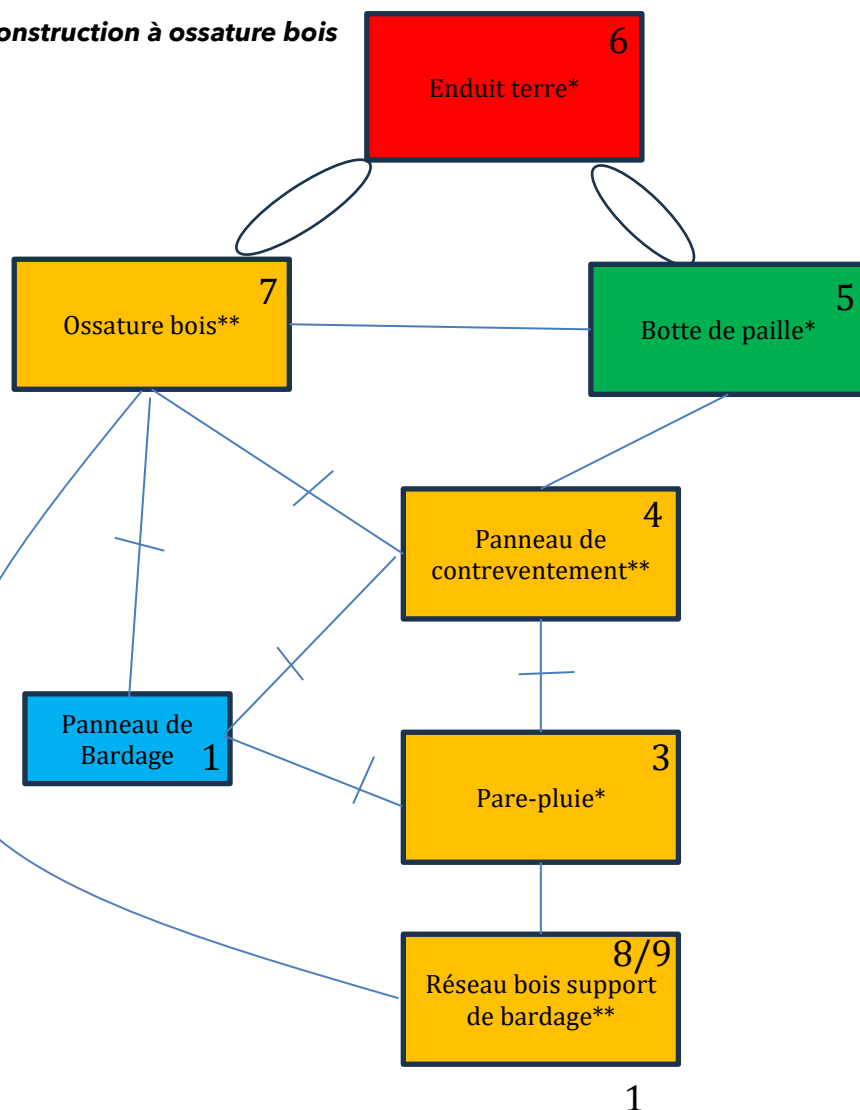
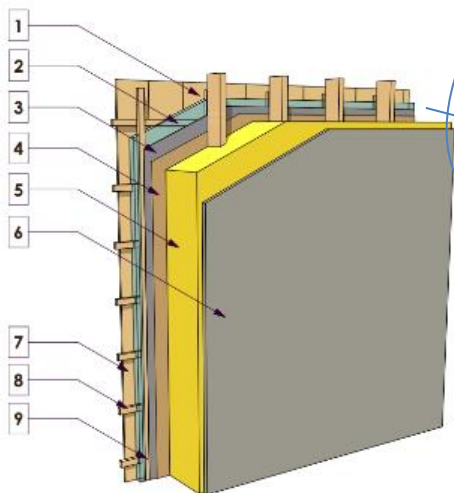
3.2.2.2 Botte de paille en construction à ossature bois

SBW_01

REPLISSAGE EN PAILLE D'UNE OSSATURE BOIS SIMPLE DESAXÉE VERS L'EXTÉRIEUR

(de l'extérieur vers l'intérieur) :

1. Bardage
2. Lame d'air ventilée
3. Pare pluie
4. Contreventement
5. Botte de paille
6. Enduit terre
7. Contre-liteaux
8. Liteaux
9. Montant de 45x145 mm



Fixations utilisées :

Enduit - Botte de paille : Fonction collante de l'enduit

Botte de paille - Ossature : Contact sec uniquement

Botte de paille - Contreventement Ossature : Contact sec uniquement

Contreventement - Ossature : Clou

Pare-pluie - Contreventement : la pare-pluie est agrafé puis tenu définitivement par le 1^{er} réseau bois du bardage

Réseau bois - Ossature : Clou

Bardage - Ossature : Vis traversante. Cette vis traverse le pare-pluie et le panneau de contreventement

Interprétation :

Enduit terre : l'enduit ne se dépose pas, il est détruit pour être séparé. Par sa fonction collante, il peut présenter des impuretés avec les composants qu'il a enduit.

Botte de paille : la séparation avec l'enduit peut laisser des impuretés mais la paille n'est pas endommagée lors de ce processus. Les bottes de pailles peuvent ensuite s'enlever une par une car elles ne sont pas fixées entre-elles.

Ossature bois et réseaux bois : nous avons considéré que l'assemblage de l'ossature bois et du réseau bois est fait par l'intermédiaire de clou qui au démontage risque d'endommager les bois. Le démontage peut s'effectuer sans impureté des couches adjacentes.

Panneau de contreventement : le panneau de contreventement est beaucoup percé par des clous pour son maintien et autres fixations des réseaux bois. Son démontage l'endommage. Le démontage peut s'effectuer sans impureté des couches adjacentes.

Pare-pluie : le pare-pluie est percé par l'ensemble des fixations du réseau bois support de bardage. Il est donc endommagé à son démontage. Le démontage peut s'effectuer sans impureté des couches adjacentes.

Bardage : le panneau de bardage peut être déposé en enlevant les vis traversantes

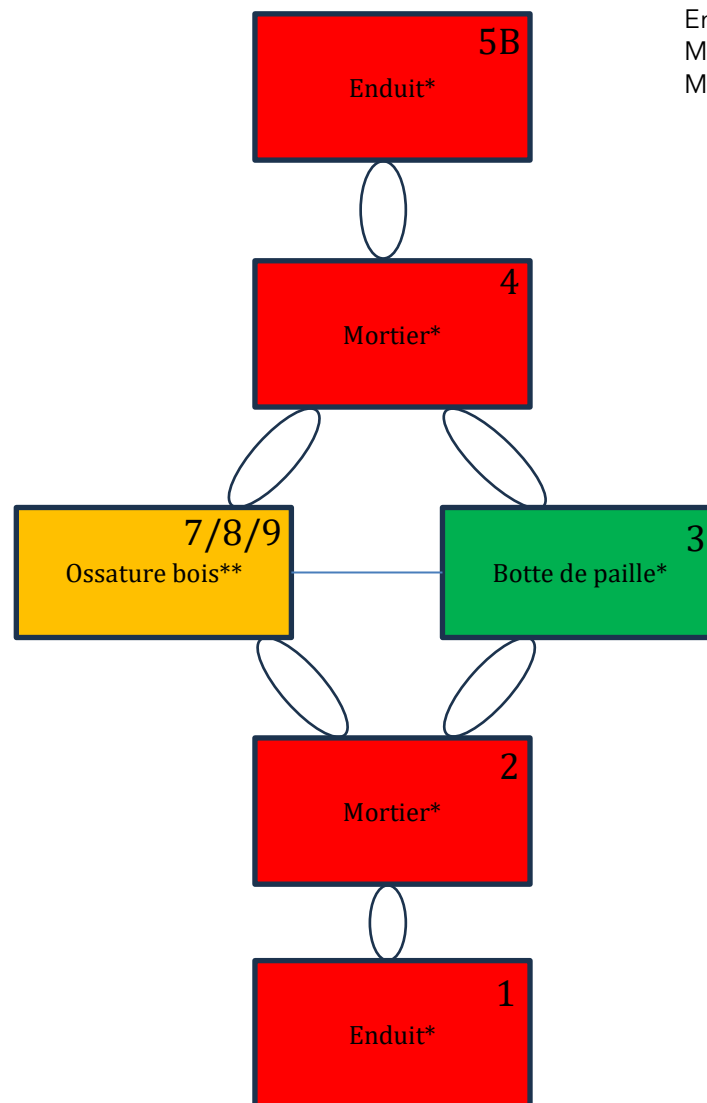
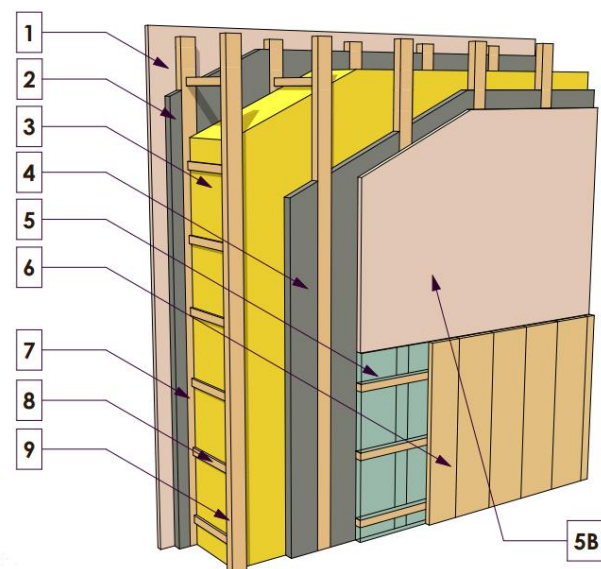
Ce document a été financé par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'ADEME

SBW_03

MUR À REMPLISSAGE EN BOTTES DE PAILLE AVEC DOUBLE OSSATURE BOIS EXTERNE (GREB)

(de l'extérieur vers l'intérieur) :

- | | |
|------------------|------------------------|
| 1. Enduit chaux | 7. Montant extérieur |
| 2. Mortier coulé | 8. Liteau ou feuillard |
| 3. Paille | 9. Montant intérieur |
| 4. Mortier coulé | |
| 5. Enduit chaux | |
| 6. - | |



Fixations utilisées :

Enduit - mortier : Fonction collante de l'enduit
 Mortier - Ossature : Fonction collante du mortier
 Mortier - Botte de paille : Fonction collante du mortier

Interprétation :

Enduit chaux : l'enduit ne se dépose pas, il est détruit pour être séparé. Par sa fonction collante, il peut présenter des impuretés avec les composants qu'il a enduit.

Mortier : le mortier ne se dépose pas, il est détruit pour être séparé. Par sa fonction collante, il peut présenter des impuretés avec les composants voisins.

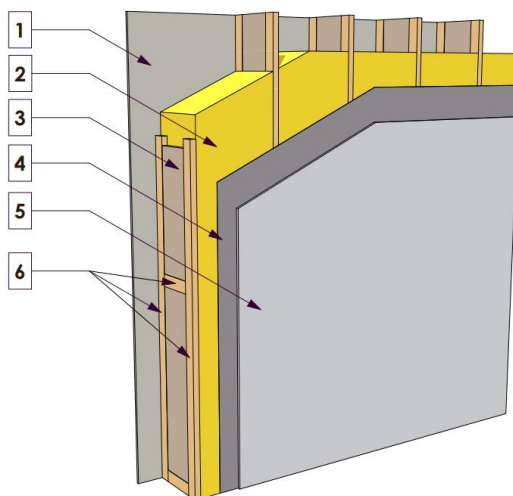
Ossature bois : nous avons considéré que l'assemblage de l'ossature bois est fait par l'intermédiaire de clou qui au démontage risque d'endommager les bois. Le démontage peut s'effectuer sans impureté des couches adjacentes.

Ce document a été financé par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'ADEME

SBW_07

CAISSON À REMPLISSAGE EN BOTTES DE PAILLE AVEC DOUBLE OSSATURE BOIS (de l'extérieur vers l'intérieur) :

1. Pare pluie rigide perspirant
2. Botte de paille
3. Isolant complémentaire
4. Frein vapeur
5. Contreventement
6. Montant



Interprétation :

Panneau de contreventement : le panneau de contreventement est beaucoup percé par des clous pour son maintien et autres fixations. Le démontage des fixations l'endommage. Le démontage peut s'effectuer sans impureté des couches adjacentes.

Frein vapeur : le frein vapeur est percé par ses propres agrafes de fixation et les fixations du panneau de contreventement. Il est donc endommagé à son démontage. Le démontage peut s'effectuer sans impureté des couches adjacentes.

Botte de paille et isolant complémentaire : Les bottes de paille et l'isolant complémentaire étant uniquement en contact des autres composants, ils peuvent s'enlever un par un sans impureté des couches adjacentes.

Ossature bois : nous avons considéré que l'assemblage de l'ossature bois est fait par l'intermédiaire de clou qui au démontage risque d'endommager les bois. Le démontage peut s'effectuer sans impureté des couches adjacentes.

Pare-pluie rigide : le pare-pluie est percé par ses fixations, il peut être fortement endommagé lors de son démontage. Le démontage peut s'effectuer sans impureté des couches adjacentes.

Fixations utilisées :

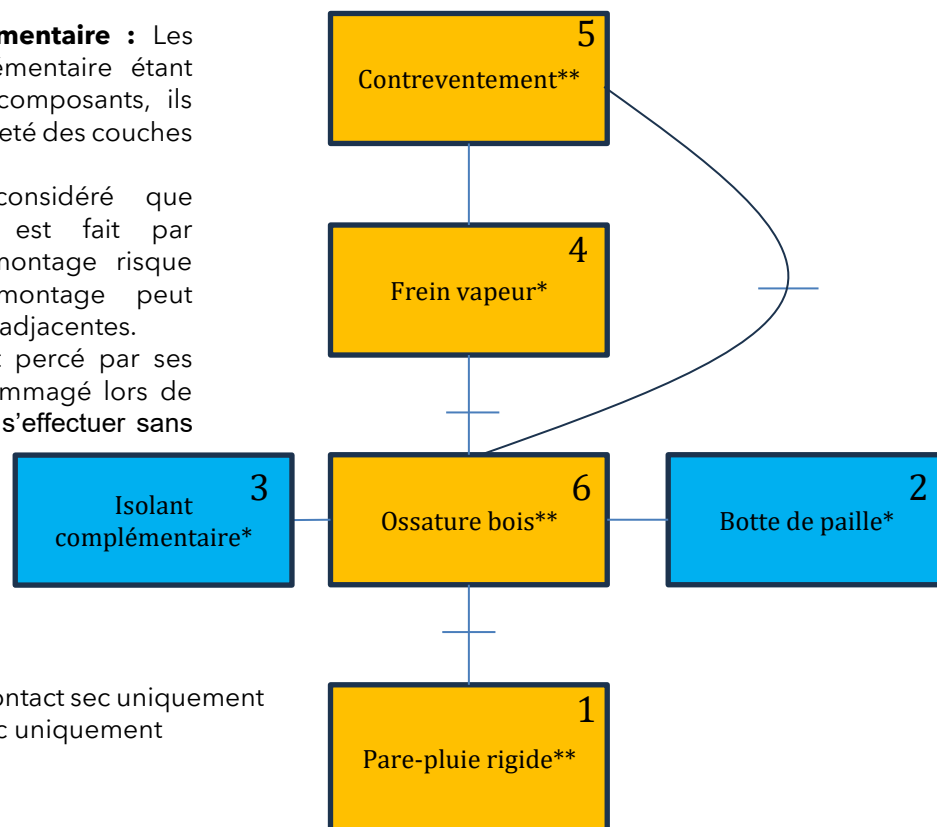
Contreventement - ossature bois : Clou

Frein vapeur - Ossature bois : Agrafe

Pare-pluie rigide - ossature bois : Clou

Isolant complémentaire - ossature bois : Contact sec uniquement

Botte de paille - ossature bois : Contact sec uniquement



Ce document a été financé par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'ADEME

Appréciation de la démontabilité : les diagrammes mettent en avant les types de fixation associés aux différents composants et leurs états après démontage.

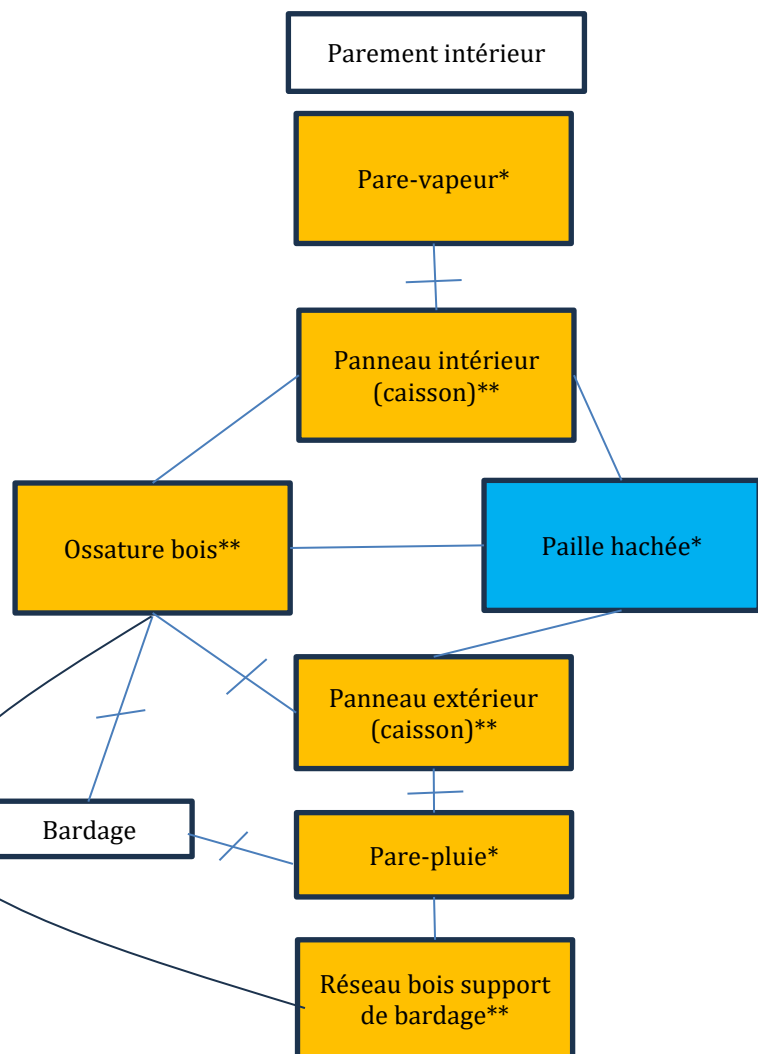
Pour les bottes de paille en construction à ossature bois, il a été considéré que l'enduit n'empêche pas la récupération de celles-ci sans endommagement. En fonction de leur état de vieillissement on peut donc envisager un scénario de réemploi.

Les procédés de construction en botte de paille ci-dessous sont similaires à ceux étudiés ci-dessus. Les conclusions associées aux bottes de paille sont identiques et il est possible de réaliser les diagrammes associés avec la méthode décrite dans ce présent document. Pour les autres composants nous avons considéré le système de fixation le plus défavorable. L'assemblage des bois et panneaux bois par vis par exemple permettrait d'améliorer la facilité de démontage et la récupération des composants.

SBW_02 MUR À REMPLISSAGE EN BOTTES DE PAILLE AVEC OSSATURE BOIS SIMPLE DESAXÉE VERS L'INTÉRIEUR (de l'extérieur vers l'intérieur) : 1. Enduit à la chaux 2. Bottes de paille 3. Panneau contreventement & frein vapeur 4. Vide technique 5. Parement intérieur 6. Montants 7. Linteaux (maintien bottes) 8. Linteaux (support parement intérieur)	SBR_10 TOITURE À STRUCTURE BOIS AVEC REMPLISSAGE EN BOTTES DE PAILLE (de l'extérieur vers l'intérieur) : 1. Pare pluie rigide et perspirant 2. Paille 3. Frein vapeur 4. Panneau rigide 5. Chevron 6. Contrelattage 7. Lattage	SBR_11 TOITURE AVEC REMPLISSAGE EN BOTTES DE PAILLE SUR LA STRUCTURE BOIS (de l'extérieur vers l'intérieur) : 1. Pare pluie 2. Volige 3. Paille 4. Frein vapeur 5. Panneau de support 6. Lattage 7. Contrelattage 8. Raidisseur 9. Chevron	SBR_12 TOITURE TERRASSE AVEC REMPLISSAGE EN BOTTES DE PAILLE ET PLATELAGE VENTILÉ (de l'extérieur vers l'intérieur) : 1. Membrane d'étanchéité 2. Platelage 3. Lame d'air ventilée 4. Panneau rigide et perspirant 5. Paille 6. Frein vapeur 7. Parement 8. Poutre en I & complément d'isolation
SBW_04 MUR À REMPLISSAGE EN BOTTES DE PAILLE AVEC OSSATURE TRAVERSANTE ET VIDE TECHNIQUE (de l'extérieur vers l'intérieur) : 1. Enduit chaux 2. Botte de paille 3. Frein vapeur 4. Plaque 5. Vide technique 6. Parement 7. Poutre en I & complément d'isolation 8. Linteau	SBW_05 MUR À REMPLISSAGE EN BOTTES DE PAILLE AVEC OSSATURE LÉGÈRE CENTRÉE NON PORTEUSE (de l'extérieur vers l'intérieur) : 1. Enduit chaux 2. Botte de paille 3. Enduit terre 4. Montant 5. Linteau	SBW_06 CAISSON À REMPLISSAGE EN BOTTES DE PAILLE AVEC OSSATURE BOIS LMC (Lamellé-collé) FILANT (de l'extérieur vers l'intérieur) : 1. Pare pluie rigide et perspirant 2. Paille 3. Frein vapeur 4. Parement 5. Montant LMC	SBW_08 MUR PORTEUR EN PETITES BOTTES DE PAILLE (de l'extérieur vers l'intérieur) : 1. Enduit chaux 2. Botte de paille 3. Enduit chaux 4. Lisse bois 5. Lisse bois

Ce document a été financé par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'ADEME

3.2.2.3 Paille hachée en construction à ossature bois



Fixations utilisées :

Pare-vapeur – panneau intérieur : agrafe

Panneau intérieur/extérieur – Ossature bois : Clou

Paille hachée – Ossature/panneaux : Contact sec uniquement

Pare-pluie – panneau extérieur : la pare-pluie est agrafé puis tenu définitivement par le 1^{er} réseau bois du bardage

Réseau bois – Ossature : Clou

Bardage – Ossature : Vis traversante. Cette vis traverse le pare-pluie

Interprétation :

Pare-vapeur : le pare-vapeur est percé par ses propre agrafes de fixation et les éventuelles fixations de la finition intérieur. Il est donc endommagé à son démontage. Le démontage peut s'effectuer sans impureté des couches adjacentes.

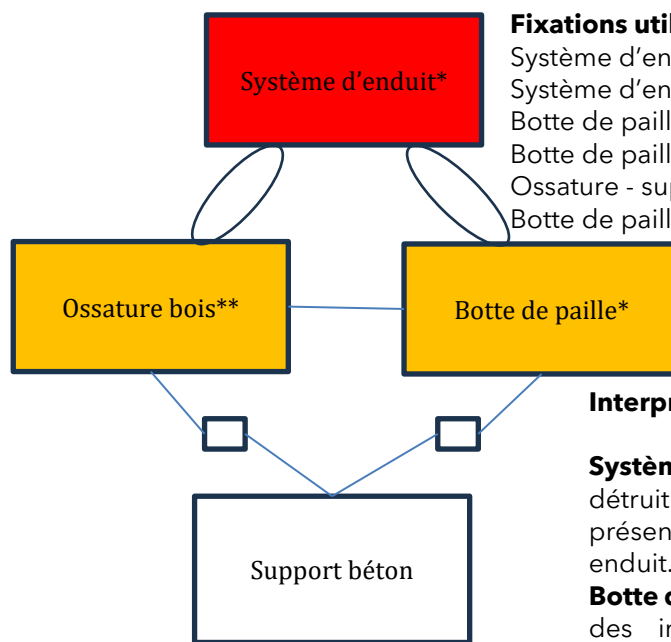
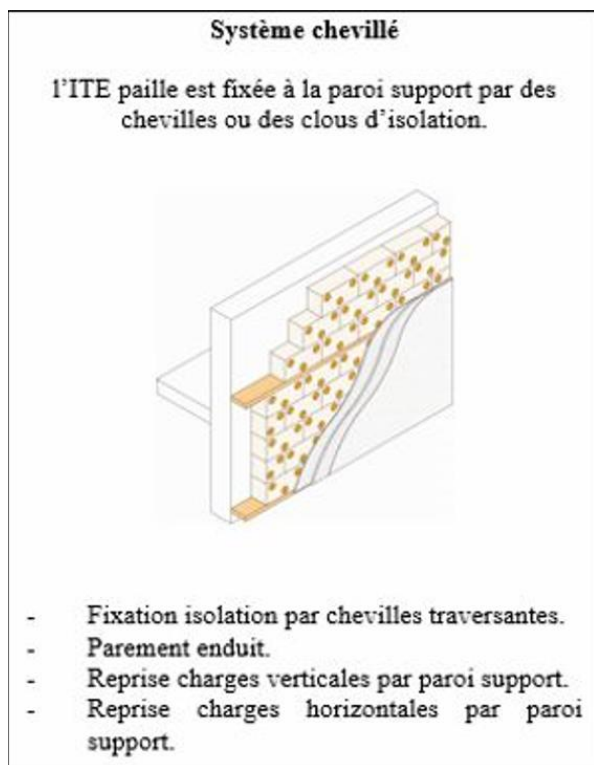
Paille hachée : La paille n'est pas endommagée par le processus de démontage. Il est possible de récupérer la paille hachée tassé proprement.

Ossature bois, panneaux bois (caissons), réseaux bois : nous avons considéré que l'assemblage de l'ossature bois, des caissons et du réseau bois est fait par l'intermédiaire de clou qui au démontage risque d'endommager les bois. Le démontage peut s'effectuer sans impureté des couches adjacentes.

Pare-pluie : le pare-pluie est percé par l'ensemble des fixations du réseau bois support de bardage. Il est donc endommagé à son démontage. Le démontage peut s'effectuer sans impureté des couches adjacentes.

Ce document a été financé par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'ADEME

3.2.2.4 Botte de paille en ITE sur support béton



Fixations utilisées :

Système d'enduit - Botte de paille : Fonction collant du système d'enduit
 Système d'enduit - Ossature : Fonction collant du système d'enduit
 Botte de paille - Ossature : Contact sec uniquement
 Botte de paille - Contreventement Ossature : Contact sec uniquement
 Ossature - support : système de fixation permettant la reprise des charges
 Botte de paille - support : chevilles traversantes

Interprétation :

Système d'enduit : l'enduit ne se dépose pas, il est détruit pour être séparé. Par sa fonction collante, il peut présenter des impuretés avec les composants qu'il a enduit.

Botte de paille : la séparation avec l'enduit peut laisser des impuretés, la fixation par cheville et son démontage peut aussi l'endommager. Une fois la cheville démontée, les bottes de pailles peuvent s'enlever une par une car elles ne sont pas fixées entre-elles.

Ossature bois : l'ossature bois est fixée par l'intermédiaire d'un système de fixation (platine, autre...), le démontage risque d'endommager les bois. Le démontage peut s'effectuer sans impureté des couches adjacentes.

Appréciation de la démontabilité : les chevilles permettant le maintien des bottes de paille traversent celles-ci. Nous avons considéré que les bottes de paille sont impactées par ce type de fixation pouvant les endommager. Il convient d'expérimenter l'impact du démontage d'une cheville afin de vérifier l'endommagement associé.

Ce document a été financé par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'ADEME

4. REEMPLOYABILITE DES PRODUITS A BASE DE PAILLE

4.1 ETAT DES LIEUX DU REEMPLOI

À ce jour, le réemploi des matériaux reste assez marginal sur le marché, et les produits à base de paille sont quasiment absents des initiatives recensées. La littérature technique et les retours d'expérience (REX) sont encore peu fournis, ce qui rend difficile l'identification précise des freins, leviers et conditions de faisabilité pour leur réemploi.

Encore en voie de développement, le marché du réemploi s'est principalement orienté vers les produits plus conventionnels et acceptables pour le réemploi comme les sanitaires, les faux planchers techniques, les menuiseries, etc. (FCRBE, 2023).

Cette tendance s'explique par plusieurs facteurs :

- Disponibilité : Ces matériaux sont largement présents sur les chantiers de déconstruction, souvent en quantités importantes et dans des formats relativement standardisés, ce qui facilite leur repérage, leur stockage et leur revente ;
- Perception de la valeur : Les acteurs du bâtiment identifient plus facilement la valeur économique potentielle de ces produits, ce qui favorise leur récupération et leur remise sur le marché ;
- Cadre réglementaire et assurantiel plus favorable : Certains produits, équipements ou matériaux bénéficient déjà de référentiels techniques ou d'avis d'experts permettant leur réemploi dans de bonnes conditions.

En conséquence, sur la base de ces 3 critères, les produits à base de paille sont aujourd'hui peu visibles dans les filières de réemploi, malgré leur fort potentiel environnemental. Il reste donc un travail de structuration, de démonstration et d'accompagnement technique à mener pour favoriser leur intégration progressive dans ce marché en croissance.

Bien souvent, dans une démarche d'éco-conception, les volets *matériaux biosourcés* et *réemploi* sont dissociés et font partie d'analyse différentes, qui suivent malgré tout une même approche. C'est le cas par exemple d'un projet de réhabilitation à Ivry-sur-Seine (CAUE94, 2023). Il est toutefois possible de trouver des projets qui tentent d'associer paille et réemploi comme ce projet d'ajouter de la paille sur des conteneurs de réemploi à Saint-Denis (Association Territoires, 2024). Cependant, c'est toujours autour d'un produit tiers que le réemploi est mis en place.

Pourtant, les premiers indicateurs issus de chantiers expérimentaux ou de démonstrateurs semblent plutôt positifs sur les caractéristiques techniques de la paille, notamment en termes de maintien des performances thermiques ou mécaniques dans le temps. La maison *Feuillette* située à Montargis est souvent prise en exemple pour sa longévité, grâce à une ossature bois et isolée en ballots de paille. Construite en 1920, elle défie bon nombre de bâtiments pourtant construits dans des matériaux jugés, à tort, plus résistants. (Réseau Français de la Construction Paille (RFCP), 2016).



Figure 6 : Maison Feuillet, plus ancienne maison en ossature bois et remplissage paille connue à ce jour (Conseil départemental du Loiret, 2020)

Ce manque de retour sur le réemploi ne reflète donc pas nécessairement un défaut du matériau, mais plutôt probablement une lacune en documentation, en capitalisation d'expérience et en diffusion des bonnes pratiques. C'est ce qui va être étudié dans les parties suivantes avec, dans un premier temps, les atouts puis les contraintes.

4.2 ATOUTS DES PRODUITS A BASE DE PAILLE EN TERMES REEMPLOYABILITE

4.2.1 UNE CIRCULARITE PARFAITE

En réemployant ces matériaux en fin de vie, la circularité devient une réalité presque parfaite. En effet, la paille peut être récupérée et employée telle quel dans un autre bâtiment ou édifice. Cela permet de prolonger son cycle de vie, réduisant ainsi la demande en nouvelles ressources et limitant les impacts environnementaux liés à la fabrication de nouveaux matériaux.

Dans un contexte où la prise en compte des critères environnementaux devient un élément décisif dans les choix de la construction des bâtiments de demain, l'utilisation de matériaux parfaitement circulaires comme la paille voire la paille réemployée peut constituer un véritable avantage compétitif. La paille, étant un matériau local et le réemploi s'inscrivant également dans une logique d'économie locale, cela peut permettre de réduire les coûts globaux des projets. Ce qui constituerait une réussite économique et environnementale de taille pour les projets intégrant ces produits.

4.2.2 DURABILITE

Contrairement à certaines idées reçues, la paille, lorsqu'elle est correctement mise en œuvre, présente une durabilité technique très satisfaisante pour des applications dans la construction. Cette durabilité repose sur plusieurs facteurs essentiels : la protection contre l'humidité, la densité de mise en œuvre, les techniques de pose, et le bon dimensionnement des parois (Construction Durable, 2025).

En France, avec plus de 5 000 bâtiments recensés sur le territoire, et environ 500 nouvelles constructions chaque année, cette durabilité est fortement établie et valorisée. La France fait donc office de pionnier dans ce domaine. Ce développement concerne aussi bien des maisons individuelles que des bâtiments publics tels que des écoles, des salles de spectacles ou des logements sociaux (Reporterre, 2017).

Il est plus difficile de trouver beaucoup d'exemples dans la littérature pour les produits à base de paille comparé à des produits plus réguliers du secteur de la construction. Toutefois, un exemple emblématique de cette longévité, qui a déjà été présenté plus haut dans le rapport, est la maison Feuillette, construite en 1920 à Montargis par l'ingénieur Émile Feuillette. Ce bâtiment, le plus ancien connu en ossature bois et remplissage en paille, est toujours en excellent état après plus d'un siècle. Il a été classé monument historique en 2020, témoignant de la pérennité de ce mode constructif **lorsqu'il** est réalisé selon les règles de l'art.

Bien que ces produits aient parfois mauvaise presse suivant certains contextes, ils s'adaptent parfaitement quand ils sont mis en œuvre intelligemment :

- La paille hachée est naturellement **inflammable** (classe E selon la norme EN 13501-1), mais lorsqu'elle est compressée sous forme de bottes et enduites, l'air disponible à l'intérieur est limité, ce qui ralentit considérablement la propagation du feu. Cela rend la botte de paille enduite **résistante au feu (classe B s1, d0 selon le RFCP)**, la faisant brûler très lentement tout en offrant une isolation thermique remarquable durant un incendie. Lorsque l'enduit, qu'il soit à base de terre ou de chaux, est appliqué directement sur la paille, il renforce cette résistance, empêchant efficacement la propagation du feu. Ces éléments sont également traités dans d'autres livrables du projet POP2030.
- La paille ne **constitue pas un aliment attrayant pour les insectes** quand elle est bien densifiée sous la forme de bottes. Par exemple, les termites sont incapables de se nourrir de la paille et en meurent rapidement. Dans les constructions, la paille est généralement protégée à l'intérieur de parements, ce qui limite encore davantage les risques liés aux insectes.
- Étant dépourvue de grains, la paille comprimée **n'attire pas les rongeurs**, contrairement à d'autres matériaux. Cependant, si des espaces vides ou des cavités sont laissés ouverts dans les structures en paille, les rongeurs peuvent y trouver un refuge. Pour éviter ce phénomène, il est crucial de garantir l'étanchéité et l'absence de fissures dans la construction, ce qui est un principe fondamental dans la réalisation de bâtiments performants (Vegetal(e), 2025).
- Bien que la paille soit **sensible à l'humidité**, une mise en œuvre soignée et des précautions appropriées permettent de construire des bâtiments durables et résistants à l'humidité. La combinaison de bottes de paille sèches, de protections contre l'humidité du sol, d'enduits perméables et d'une conception adaptée de l'enveloppe du bâtiment assure la longévité des constructions en paille (ISOL'en Paille, 2020).

En outre de nombreuses sources présentent les produits à base de pailles comme particulièrement durable avec des durées de vies estimées supérieur à 50 et 100 ans suivant les techniques de constructions. Si cette durabilité est avérée, il s'agit d'un atout pour le potentiel de réemploi des produits à base de paille. Un produit qui dure longtemps et conserve sa valeur dans le temps contribue également à créer un marché pour les matériaux récupérés. Plus les produits en paille seront durables, plus ils seront attrayants pour le réemploi. Ils permettront aux entreprises de construction de récupérer des matériaux encore solides et fonctionnels, réduisant ainsi leur dépendance aux matériaux neufs et contribuant à la diminution des déchets de construction. Ce marché du réemploi devient plus stable et fiable à mesure que la durée de vie des produits s'allonge.

4.2.3 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES GENERALES INTERESSANTES

En complément des aspects liés à la durabilité des produits, il convient de mentionner, sans entrer dans le détail de l'ensemble des avantages des produits à base de paille, les caractéristiques intrinsèques du matériau lui-même. En effet, ces atouts sont importants pour pousser leur choix dans un premier temps pour une première vie et ensuite favoriser leur réemploi pour une seconde vie.

La légèreté et la maniabilité des bottes de paille représentent des atouts majeurs non seulement lors de la phase initiale de construction, mais également en vue de leur réemploi. En effet, ces caractéristiques permettent une manipulation aisée sans recours à des engins lourds, ce qui simplifie les opérations de démontage, de manutention et de remise en œuvre. Lorsqu'un bâtiment est déconstruit dans une optique circulaire, ces qualités rendent le processus plus simple et plus rapide, ce qui en réduit aussi les coûts. La paille étant en général mise en œuvre sous forme de bottes standardisées, leur démontage peut se faire de manière ordonnée, facilitant le tri, le stockage temporaire et la réintégration dans un nouveau projet. Ainsi, leur légèreté contribue à préserver leur intégrité lors des manipulations, limitant les pertes et les dommages, ce qui est un prérequis essentiel pour une seconde vie du matériau.

Grâce à sa structure fibreuse, la paille offre une excellente isolation thermique, contribuant à maintenir une température intérieure stable et à réduire les besoins en chauffage. Elle présente également de bonnes performances en isolation phonique, atténuant efficacement les bruits extérieurs et intérieurs, ce qui améliore le confort acoustique des occupants (RFCP, 2025).

Ces performances isolantes jouent un rôle déterminant dans l'attractivité de la paille dès la première mise en œuvre, mais elles prennent également tout leur sens dans une logique de réemploi. Un matériau naturellement performant permet de conserver une valeur technique élevée au fil du temps, à condition qu'il soit bien conservé, comme expliqué lors de la partie précédente. Dans le cas de la paille, tant que les bottes sont protégées de l'humidité et des dégradations mécaniques, leurs propriétés thermiques et acoustiques restent stables, ce qui permet de les intégrer dans un nouveau projet sans perte significative de performance. Cela ouvre la voie à des pratiques où les bottes sont réemployées telles quelles. Cette continuité dans la qualité de l'isolation favorise une approche circulaire crédible et techniquement robuste.

4.3 CONTRAINTES DES PRODUITS A BASE DE PAILLE

4.3.1 STOCKAGE ET CONDITIONNEMENT

Le stockage et le conditionnement des produits à base de paille représentent une contrainte importante dans une perspective de réemploi. En raison de leur nature hygroscopique et de leur sensibilité à l'humidité, les produits à base de paille qui se retrouvent à l'air libre sont généralement enduites pour éviter tout contact et ainsi leur offrir une certaine protection. Cette barrière peut être rompue lors du démontage des éléments constitutifs du bâtiment à base de paille.

Les bottes de paille extraites nécessitent donc des conditions de stockage strictement contrôlées pour éviter toute altération de leurs performances mécaniques et thermiques. Une exposition prolongée à l'humidité peut provoquer le développement de moisissures ou entraîner une dégradation structurelle de la paille, la rendant impropre à une seconde utilisation.

De plus, dans le cas d'une paille qui n'est pas liée sous la forme de bottes, la volumétrie relativement importante de la paille, combinée à sa faible densité, pose des défis logistiques : elle occupe un espace conséquent par rapport à leur poids, ce qui rend leur entreposage peu optimisé en termes de rendement au sol. Cela implique la nécessité de disposer d'espaces de stockage secs, souvent couverts, et assez vastes – ce qui peut représenter un frein, notamment en milieu urbain ou dans des contextes de chantiers avec une temporalité relativement courte. Pour ces raisons, les produits à base de paille encore sous la forme de botte semblent plus facilement réemployables car l'opération devrait être moins coûteuse et plus facile.

Enfin, le conditionnement en vue du réemploi doit également garantir une traçabilité du matériau : sans indication sur l'âge, l'état, et les conditions de conservation de la botte, il devient difficile de certifier sa réemployabilité. Cette exigence de contrôle qualité impose la mise en place de procédures spécifiques, qui peuvent complexifier et alourdir les démarches logistiques pour les acteurs du réemploi surtout pour un produit encore peu courant dans les pratiques.

4.3.2 TRANSPORT

Le transport des produits à base de paille constitue une autre contrainte significative au réemploi, directement liée aux problématiques de stockage et de conditionnement. Comme mentionné précédemment, si la paille vient à être déliée, les produits sont volumineux tout en étant légers, ce qui engendre un faible taux de remplissage pondéral des camions. Cela signifie que le volume transporté atteint rapidement la capacité maximale du véhicule, bien avant que son poids autorisé ne soit atteint. Cette inefficacité logistique augmente les coûts de transport par unité de matériau, tout en alourdissant l'empreinte carbone des déplacements.

Cette contrainte logistique liée au transport et au stockage est également l'un des principaux freins identifiés pour le réemploi des laines minérales, telles que la laine de verre ou la laine de roche. En effet, ces matériaux partagent avec la paille une faible densité et une forte sensibilité aux dégradations liées à l'humidité, ce qui rend leur manutention délicate et leur transport coûteux pour un faible volume utile réemployable. À cela s'ajoute le fait que les laines minérales, une fois déposées, perdent souvent leur forme et leur

cohésion, ce qui complique leur reconditionnement et leur redéploiement dans de nouveaux ouvrages. Ainsi, les enjeux logistiques en font des matériaux rarement réemployés malgré leur large diffusion dans le secteur de la construction.

En parallèle, les exigences strictes en matière de protection contre l'humidité s'appliquent également pendant le transport. Les bottes doivent être à l'abri pour éviter toute condensation ou infiltration d'eau, ce qui implique souvent l'usage de véhicules couverts ou de systèmes de bâchage soignés, voire de palettes ou containers spécifiques. Cela demande une attention particulière de la part des opérateurs.

4.3.3 PRODUITS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT

Le dernier frein au développement du réemploi à grande échelle des produits à base de paille réside dans le manque de connaissances et d'expérience généralisée autour de ce matériau. Il est donc plutôt relatif à la filière qu'aux produits en eux-mêmes. Bien que la paille soit utilisée depuis des siècles dans la construction, elle reste encore aujourd'hui marginale dans les pratiques courantes du secteur, particulièrement en dehors des cercles de projets exemplaires. Cette faible diffusion se traduit par un déficit de compétences partagées, tant chez les concepteurs que chez les entreprises de construction ou de déconstruction. Peu de professionnels sont formés à ses spécificités techniques, à son comportement dans le temps, ou encore aux bonnes pratiques pour la démonter sans l'endommager.

Ce manque de maîtrise impacte directement la capacité à envisager le réemploi de la paille de manière fiable et sécurisée à grande échelle pour le moment. En l'absence de retours d'expérience standardisés ou de protocoles éprouvés, les acteurs pourraient être réticents à engager leur responsabilité sur des matériaux dont les performances ou l'état ne sont pas garantis selon des critères connus. Ce flou technique pourra freiner la création de filières organisées autour du réemploi, qui nécessitent au contraire un haut degré de rigueur, de traçabilité et de prévisibilité.

Enfin, l'absence d'outils spécifiques d'évaluation de l'état d'un produit à base de paille après usage (tests de performance thermique, d'humidité, d'intégrité mécanique...) constitue un autre obstacle. Le développement de tels outils, ainsi que la montée en compétence des professionnels, seront essentiels pour que la paille trouve pleinement sa place dans une économie circulaire du bâtiment.

Dans ce contexte, il serait pertinent d'envisager la production de notes méthodologiques spécifiques au réemploi des produits à base de paille, à l'image de ce qui a été réalisé dans le cadre du projet SPIROU pour d'autres produits et matériaux de la construction. Ces documents pourraient servir de références communes aux acteurs du secteur pour encadrer les pratiques de dépose, d'évaluation, de stockage et de remise en œuvre de la paille. La formalisation de telles ressources constituerait un levier fort pour structurer la filière et faciliter la montée en compétence collective autour de ce matériau biosourcé.

4.4 CONCLUSIONS ET ANALYSE DE LA REEMPLOYABILITE

Cette dernière section vient clore la réflexion en proposant une synthèse de l'analyse menée en portant un regard global sur la faisabilité, les enjeux et les perspectives de réemploi de ces produits.

4.4.1 NOTE DE REEMPLOYABILITE

Dans le cadre de cette étude, la note de réemployabilité attribuée aux produits à base de paille s'appuie sur une méthode développée par le CSTB, déjà utilisée dans d'autres projets portant sur les Produits et Matériaux de Construction du Bâtiment (PMCB). Cette méthode permet d'évaluer de manière homogène et objective la capacité d'un produit à être réemployé, en tenant compte de différents critères techniques, logistiques et économiques.

Elle offre un cadre structuré pour comparer les familles de produits entre elles, en identifiant les leviers et les points de vigilance propres à chaque matériau. Dans cette partie, cette grille d'analyse sera appliquée aux produits à base de paille, afin d'en positionner la réemployabilité au regard des exigences observées sur le terrain.

Les critères pris en compte sont détaillés ci-après.

Critère	Contenu	Niveaux	Note
Facilité de dépose	Ce sous-critère caractérise la facilité technique de réalisation des étapes de dépose du PMCB considéré. Il prend par exemple en compte l'expertise nécessaire à la dépose, le temps de dépose, les besoins en moyens techniques (outils, appareils spécifiques, etc.) et humains pour la dépose. Il prend également en compte l'état dans lequel le PMCB se trouve à l'issue de la dépose (dégradation éventuelle du PMCB lors de la dépose).	Facile : la dépose du PMCB est simple et rapide, ne nécessite pas une forte expertise ni des moyens techniques et humains trop importants, et ne dégrade pas son état.	3 pts
		Moyen : la dépose du PMCB est relativement simple mais une des étapes peut être un peu plus longue, nécessite une certaine expertise sur le PMCB, des moyens techniques et humains particuliers (par exemple outil spécifique mais manuable, au moins 2 compagnons, etc.), ou peut légèrement dégrader tout ou une partie du gisement.	2 pts
		Difficile : la dépose du PMCB est difficile d'un point de vue technique (besoin d'une forte expertise/ de moyens techniques lourds) et/ou ne peut pas être réalisée sans endommager le gisement.	1 pt
Requalification du PMCB	Ce sous-critère caractérise la facilité technique de requalification du PMCB. La requalification comprend à la fois la remise en état et le reconditionnement des PMCB qui peuvent être réemployés mais également la transformation des PMCB qui sont davantage destinés à de la réutilisation. Il prend par exemple en compte l'expertise nécessaire à la requalification, le temps nécessaire aux différentes étapes de requalification, les besoins en moyens techniques (outils, appareils spécifiques, etc.) et humains pour la requalification. La requalification inclut toutes les prestations ou actions nécessaires pour passer d'un produit/matériau brut de démontage à un produit/matériau prêt à la repose. Exemple des radiateurs : La requalification concerne notamment les actions suivantes :	Facile : La requalification du PMCB est simple et rapide et ne nécessite pas d'étapes trop lourdes ni trop coûteuses en termes de moyens techniques et humains.	3 pts
		Moyen : la requalification du PMCB est relativement simple mais une des étapes peut être un peu plus longue, nécessite une certaine expertise sur le PMCB, des moyens techniques et humains particuliers (par exemple outil spécifique mais manuable, etc.).	2 pts
		Difficile : la requalification du PMCB est difficile car nécessite des étapes techniques, et des moyens spécifiques lourds demandeurs d'une expertise pas encore assez développée dans la filière.	1 pt

Ce document a été financé par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'ADEME

Critère	Contenu	Niveaux	Note
	- Sablage pour enlever la peinture d'origine et la rouille éventuelle - Désembouage - Vérification d'étanchéité à l'aide d'un pressiomètre - Redimensionnement éventuel du radiateur pour s'adapter à la puissance de chauffe souhaitée (qui consiste à enlever ou ajouter ce qu'on appelle les "éléments" d'un radiateur en fonte) - Remise en peinture.		
Facilité de repose	Ce sous-critère caractérise la facilité technique de réalisation de l'étape de repose du PMCB considéré et revient à se demander s'il est plus difficile de poser le PMCB de réemploi qu'un PMCB neuf équivalent. Il prend par exemple en compte l'expertise nécessaire à la repose, le temps de repose, les besoins en moyens techniques (outils, appareils spécifiques, etc.) et humains pour la repose. Il prend également en compte les éventuels besoins d'adaptation du PMCB pour son futur usage et réemploi ou réutilisation.	Facile : la repose du PMCB peut se faire de manière identique à la pose du produit neuf équivalent. La repose est simple et rapide et ne demande pas de moyens techniques et humains spécifiques.	3 pts
		Moyen : la repose du PMCB peut se faire de façon assez simple et identique à un produit neuf mais nécessite une petite adaptation du PMCB.	2 pts
		Difficile : la repose du PMCB est difficile car demande une grosse adaptation du PMCB.	1 pt
Exigence sur la performance du PMCB	Ce critère permet d'évaluer le niveau d'exigence attendu concernant les performances que doit atteindre le PMCB considéré pour que son réemploi ou sa réutilisation soit possible. En effet, pour qu'un PMCB soit réemployé/ réutilisé, il doit présenter des performances qui permettent de justifier son aptitude à l'emploi. Ces exigences sur les performances peuvent concerner à la fois le volet normatif et réglementaire, mais également le volet assurantiel. Exemple des radiateurs : Ceci concerne notamment : - la nécessité de vérifier l'étanchéité du radiateur (performance : étanchéité sous une pression de 4 à 8 bars) - l'application d'une couche anticorrosion (performance : résistance à la corrosion).	Faible : les exigences de performance attendues pour le PMCB considéré sont relativement faibles. Le produit ne doit pas présenter de performances normatives ou réglementaires trop contraignantes pour son réemploi ou sa réutilisation, et il n'est pas considéré comme un produit sensible du point de vue assurantiel (PMCB du second œuvre par exemple).	3 pts
		Moyenne : le PMCB considéré doit répondre à certaines exigences normatives et réglementaires, pour son réemploi ou sa réutilisation, qui nécessitent des vérifications ou essais particuliers. Il peut également s'agir d'un PMCB dont le réemploi peut être soumis à certaines vérifications d'un point de vue assurantiel (éléments du clos couvert par exemple).	2 pts
		Élevée : le PMCB, pour un réemploi ou une réutilisation effective, doit répondre à des exigences fortes, liées au contexte normatif ou réglementaires. Aussi, il peut s'agir d'un PMCB structurel dont le réemploi est soumis à un contexte assurantiel contraignant.	1 pt
Demande sur le marché du réemploi	Ce critère caractérise la réintégration du PMCB dans de nouveaux projets et la demande faite par les MOA pour le réemploi de ce PMCB dans leurs projets.	Forte demande : le PMCB est fréquemment demandé par les MOA pour être réemployé dans de nouveaux projets. Il est demandé en grande quantité.	3 pts
		Demande modérée : le PMCB est demandé par les MOA mais pour des projets plus ponctuels ou dans des quantités moindres.	2 pts
		Peu de demande : le PMCB est très peu demandé par les MOA pour être réintégré dans des projets car présente des enjeux spécifiques (techniques, coûts, etc.).	1 pt
Compétitivité économique	Ce critère caractérise l'intérêt économique du PMCB pour le réemploi.	Compétitif : le PMCB est intéressant pour le réemploi car son prix est inférieur au prix du produit équivalent neuf.	3 pts
		Pas encore compétitif : le PMCB présente un fort potentiel, mais la filière est en cours	2 pts

Ce document a été financé par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'ADEME

Critère	Contenu	Niveaux	Note
		de structuration pour permettre un coût du réemploi intéressant par rapport au produit neuf équivalent.	
		Pas du tout compétitif : le coût du réemploi du PMCB est trop élevé par rapport au produit neuf équivalent, la filière n'est pas assez structurée pour assurer un équilibre économique du réemploi de ce PMCB.	1 pt

Tableau 1 : Critères de notation des PMCB pour évaluer la réemployabilité

Chaque critère étant évalué sur 3, la note totale accordée aux produits de la construction est donc de 21. De manière générale, une note de 1 traduit une faible compatibilité ou des freins importants, une note de 2 indique une compatibilité moyenne ou des conditions favorables sous réserve de certaines adaptations, tandis qu'une note de 3 correspond à une compatibilité forte, avec peu ou pas de contraintes identifiées. Ainsi, plus la note sur 21 est élevée, plus le produit est compatible avec le réemploi.

Critère	Paille hachée	Botte de Paille non enduite	Botte de Paille enduite
Facilité de dépose	2. Moyen	3. Facile	2. Moyen
Facilité de repose	2. Moyen	3. Facile	3. Facile
Requalification nécessaire	3. Facile	3. Facile	3. Facile
Exigence sur la performance du produit	2. Moyenne	2. Moyenne	2. Moyenne
Présence du produit dans le parc existant	1. Rare	1. Rare	1. Rare
Demande sur le marché du réemploi	1. Peu de demande	1. Peu de demande	1. Peu de demande
Compétitivité économique	2. Pas encore compétitif	2. Pas encore compétitif	2. Pas encore compétitif
Note globale de réemployabilité /21	13	15	14

Tableau 2 : Notes de réemployabilité des produits à base de paille

Le tableau met en évidence des résultats globalement favorables pour les bottes de paille, qu'elles soient enduites ou non. Avec une note de élevés ces deux formes présentent un bon potentiel de réemploi. Leur légèreté, leur maniabilité et leur structure standardisée permettent une dépose et une repose relativement aisées, ce qui en fait des produits simples à manipuler, même après une première vie. La présence d'un enduit ne constitue pas un frein significatif, puisque celui-ci peut au contraire contribuer à maintenir l'intégrité du matériau tout en le protégeant, notamment lors de la phase de démontage.

La paille hachée, bien qu'évaluée légèrement en dessous avec la note de 13 sur 21, reste un produit réemployable sous certaines conditions. Sa manipulation est plus complexe, notamment lors de la dépose et de la repose, en raison de son absence de forme structurée et de sa volumétrie plus grande. Cela implique un conditionnement spécifique et des précautions supplémentaires lors du stockage et du transport, ce qui peut compliquer sa réintégration dans un second projet. Néanmoins, comme pour les autres formes de paille, la requalification du matériau reste simple, ne nécessitant ni tests coûteux ni transformation complexe.

En revanche, des freins communs apparaissent sur plusieurs critères transversaux. La rareté de ces produits dans le parc bâti existant limite encore leur récupération à grande échelle. De la même manière, la demande actuelle sur le marché du réemploi reste faible, faute d'habitude ou de filière structurée. Enfin, la compétitivité économique des produits à base de paille en seconde vie n'est pas encore avérée, notamment face à des matériaux plus largement industrialisés et disponibles.

Malgré ces limites, la bonne performance sur les critères techniques et opérationnels laisse entrevoir un potentiel prometteur. À mesure que les pratiques se développent et que la filière gagne en reconnaissance, ces freins pourraient être levés, renforçant ainsi la réemployabilité de ces produits biosourcés.

Comme expliqué précédemment, cette grille d'analyse avait été appliquée à plusieurs produits du bâtiment. Il est donc intéressant de comparer les produits entre eux pour voir où ceux à base de paille se situent par rapport à des équivalents sur le marché. Cette comparaison se trouve dans le tableau suivant :

Critère	Isolant « classique »
Facilité de dépose	2. Moyen
Facilité de repose	2. Moyen
Requalification nécessaire	2. Moyen
Exigence sur la performance du produit	1. Difficile
Présence du produit dans le parc existant	2. Fréquent
Demande sur le marché du réemploi	2. Demande modérée
Compétitivité économique	2. Pas encore compétitif
Note globale de réemployabilité /21	13

PMCB	Isolant classique	Paille hachée	Botte de Paille non enduite	Botte de Paille enduite
Note	13	13	15	14

Tableau 3 : Comparaison avec d'autres isolants du marché de la construction

Le potentiel de réemploi des isolants plus traditionnels souffre de plusieurs limitations : ils se dégradent facilement lors de l'usage et la dépose, sont sensibles à l'humidité et s'avèrent souvent difficiles à reconditionner de manière satisfaisante. Leur conception initiale n'intègre généralement pas les exigences d'un usage prolongé ou d'un démontage propre, ce qui limite fortement leur réintégration dans des projets futurs.

Les produits à base de paille ont une composition à 100% biosourcées. Contrairement à la plupart des isolants conventionnels, ils ne contiennent ni additifs, ni liants synthétiques, ni fibres irritantes, ce qui facilite leur manipulation, leur stockage et leur remise en œuvre, tout en garantissant un impact minimal sur la santé et l'environnement. Cet aspect renforce encore leur pertinence dans une approche circulaire et responsable, où la simplicité des matériaux va de pair avec leur performance et leur capacité à être réutilisés sans transformation lourde ni traitement spécifique.

4.4.2 DEVELOPPER LA FILIERE DE REEMPLOI

À ce jour, les retours d'expérience sur le réemploi des produits à base de paille dans le secteur de la construction restent très limités, voire inexistants. Il n'y a pas de projets documentés qui intègrent explicitement une démarche de réemploi de bottes de paille ou de paille hachée, et encore moins en fin de cycle complet. Ce manque de données de terrain pourrait laisser penser que le réemploi de ces matériaux présente des obstacles techniques ou réglementaires. Pourtant, à la lumière des analyses menées précédemment, aucun frein majeur ne semble empêcher leur réintégration dans de nouveaux cycles de vie.

Les produits à base de paille bénéficient d'un ensemble d'atouts objectifs : leur durabilité avérée, leurs propriétés techniques isolantes fortes, et leur caractère 100% naturel. Ces caractéristiques plaident en faveur d'un réemploi possible dans des conditions maîtrisées. De plus, la simplicité de leur composition facilite leur désassemblage et leur reconditionnement sans recours à des procédés lourds ou coûteux. Autrement dit, la paille coche déjà de nombreux critères de la réemployabilité, même si le cadre opérationnel de sa mise en œuvre reste à construire.

Dans cette perspective, le développement du réemploi de ces produits ne passe donc pas tant par une transformation du matériau que par un accompagnement de la filière. La première piste à explorer est la production de guides pratiques dédiés au réemploi des matériaux à base de paille, visant à combler le déficit d'information des acteurs du terrain. Anticiper une fin de vie d'un produit est toujours le meilleur moyen de s'assurer de la circularité des produits mis en place. Ces supports pourraient détailler les bonnes pratiques de dépose, les conditions de stockage temporaire, les tests à réaliser avant réemploi (ex : vérification de l'état mécanique ou de l'humidité résiduelle), ainsi que les limites d'usage en fonction des types de bottes ou de constructions. Ces documents pourraient être produits en lien avec les structures déjà engagées dans la construction paille comme le RFCP et alimentés par des retours d'expérience à venir. Des initiatives comme le projet SPIROU, qui a produit des notes méthodologiques sur le réemploi pour plusieurs familles de matériaux,

peuvent servir de modèle pour structurer une telle démarche autour des produits à base de paille.

Par ailleurs, une stratégie pour développer le réemploi consisterait à intégrer les produits à base de paille dans les plateformes de réemploi existantes, plutôt que de chercher à créer une filière dédiée à part entière. En effet, le gisement issu de la déconstruction ou de la rénovation d'ouvrages en paille restera probablement trop diffus et trop faible en volume, du moins à court et moyen termes, pour justifier une organisation sectorielle autonome. L'approche la plus pertinente pourrait être donc de s'appuyer sur les circuits de réemploi généralistes, déjà en place pour d'autres matériaux (bois, menuiseries, métaux, etc.), et d'y référencer les matériaux paille avec les critères d'identification et de traçabilité adaptés. Cette intégration permettrait non seulement de leur offrir une visibilité, mais aussi de créer un lien entre les gisements disponibles et les porteurs de projets susceptibles d'avoir recours à ces matériaux.

En complément de cette approche, une autre piste, peut-être plus réaliste et donc plus opérationnelle à court terme, consisterait à s'appuyer sur les acteurs déjà familiers de la paille dans le secteur agricole, tels que les agriculteurs ou les négociants en paille et foin. Habituels à manipuler et stocker les bottes, disposant de l'espace nécessaire, et répartis sur l'ensemble du territoire, ces acteurs pourraient constituer un maillage logistique pertinent pour collecter, stocker et redistribuer des matériaux en paille issus du réemploi. Leur mobilisation offrirait une solution décentralisée, plus souple et potentiellement plus efficace, notamment dans les zones rurales ou périurbaines dans lesquels les produits à base de paille sont plus rependus. Une version hybride de ces deux modèles pourrait être envisageable avec un premier accompagnement qui pourrait être mené par un acteur du secteur de la paille conjointement avec un acteur du réemploi. Ensuite, après ce premier pilote, la filière serait laissée aux mains des acteurs plus agricoles qui disposent d'espaces de stockages conséquents.

Enfin, à plus long terme, le développement du réemploi nécessitera également un travail de sensibilisation auprès des maîtres d'ouvrage, architectes, entreprises et collectivités. Tant que le réflexe de réemployer des bottes de paille ou de la paille hachée ne sera pas intégré dans les pratiques professionnelles, les matériaux risquent d'être considérés comme des déchets, et donc recyclés. L'enjeu est de faire évoluer les représentations, en montrant que ces matériaux conservent de réelles qualités après une première vie, et que leur réemploi est techniquement et économiquement viable.

En somme, même si les références opérationnelles sont encore rares, les fondations techniques et environnementales sont déjà solides pour envisager le développement du réemploi des produits à base de paille. Il s'agit désormais de structurer l'écosystème autour de ces matériaux, en l'inscrivant dans les dynamiques existantes, pour faire émerger des pratiques concrètes et reproductibles à plus grande échelle.

5. RECYCLABILITE DES PRODUITS A BASE DE PAILLE

Après avoir exploré la question du réemploi, qui vise à conserver le produit dans son intégrité pour lui offrir une seconde vie sans transformation majeure, cette partie abordera à présent une autre trajectoire possible en fin de vie : le recyclage.

Contrairement au réemploi, le recyclage implique une transformation de la matière, ce qui implique un passage par le statut de déchet. C'est donc un procédé moins vertueux que le réemploi comme le montre la hiérarchie des traitements des déchets montrée en introduction de la partie traitant du réemploi.

Cependant, c'est une démarche particulièrement intéressante quand le produit ne peut pas être réemployé en l'état, soit en raison de son usure, de sa dégradation, soit parce qu'il ne répond plus aux exigences d'usage initial. Le recyclage ouvre alors une nouvelle voie de valorisation, où les matériaux, une fois triés, traités et transformés, peuvent intégrer de nouveaux cycles de production. Pour les produits à base de paille, cela suppose de repenser leur devenir en tant que matière première secondaire, en tenant compte de leurs propriétés spécifiques et de la manière dont ils interagissent avec les processus industriels existants.

5.1 PROPRIETES DE LA PAILLE ET BILAN DE RECYCLABILITE DES PRODUITS

En tant que matériau 100 % biosourcé, non transformé et sans additif, la paille ne nécessite pas de traitement complexe une fois retirée d'un bâtiment. Contrairement aux laines minérales, liées par des résines, ou aux isolants pétrochimiques contenant des retardateurs de flamme, la paille ne génère pas de polluants ni de poussières irritantes en fin de vie. Même les autres isolants biosourcés comme la ouate de cellulose contiennent des additifs qui viennent gêner le recyclage ou une valorisation agronomique (heero, 2024).

Par conséquent, la paille ne requiert pas de recyclage à proprement parler, au sens industriel du terme. Elle peut être valorisée directement en compostage, en amendement organique, ou utilisée pour la production d'énergie via des procédés de valorisation énergétique. Ces options sont techniquement simples, peu coûteuses et disponibles localement, ce qui en fait une solution beaucoup plus accessible que les chaînes de recyclage complexes exigées par les isolants minéraux ou synthétiques.

Enfin, la question de la recyclabilité prend une autre tournure avec un matériau comme la paille, dont l'approche se rapproche davantage d'un modèle circulaire basé sur le retour à la terre que sur le retour à l'usine. Là où les isolants minéraux ou synthétiques peinent à boucler une boucle fermée, la paille, par sa simplicité et son ancrage territorial, offre une forme de circularité « naturelle », à condition que les pratiques de pose et de dépose soient adaptées à cette logique.

Un point de vigilance concernant la recyclabilité de la paille tient à un détail souvent négligé : la présence de ficelles en polypropylène utilisées pour maintenir les bottes. Bien que la quantité de plastique reste marginale par rapport à l'ensemble du matériau, elle peut suffire à compromettre certaines filières de valorisation, notamment celles visant un retour direct

au sol. Leur présence complique aussi la mécanisation des traitements comme le broyage en provoquant des bourrages ou en nécessitant des étapes de tri manuel.

Ces ficelles bien que normalement systématiquement retirées, introduisent un élément non biodégradable dans un matériau par ailleurs 100 % biosourcé. Cela va à l'encontre de la logique de mono-matière qui rend justement la paille si intéressante d'un point de vue circulaire. Il pourrait être bénéfique de diriger la filière vers d'autres matériaux plus naturels.

La présence de chaux en surface des parois en paille, souvent utilisée comme enduit de protection ou de finition, ne constitue pas un obstacle majeur à la valorisation en fin de vie. Contrairement à des matériaux synthétiques ou composites, la chaux reste un liant minéral naturel, dont la compatibilité avec les matériaux biosourcés est bien connue.

Lors de la déconstruction, l'enduit à la chaux peut généralement être séparé mécaniquement de la paille, par grattage, en particulier lorsque les parois ont été posées en bottes non enduites sur toutes leurs faces. En somme, la chaux n'induit pas une pollution du matériau, mais plutôt une contrainte technique de préparation. Elle s'inscrit dans une logique de construction naturelle, et sa présence ponctuelle n'entrave pas une stratégie de fin de vie simple, cohérente avec les principes de circularité.

5.2 FILIERES PROPOSEES

Au regard des caractéristiques intrinsèques de la paille énoncées précédemment, il apparaît peu pertinent de chercher à développer des filières de recyclage complexes ou énergivores pour les produits en découlant. Contrairement aux isolants techniques qui nécessitent des procédés industriels lourds pour espérer une seconde vie, la paille peut, en fin de cycle, suivre des voies de valorisation sobres, locales et peu mécanisées.

Ces filières, déjà accessibles, peu coûteuses et alignées avec les principes de l'économie circulaire, offrent un potentiel réaliste et durable pour assurer la fin de vie des constructions en paille sans générer de surcharge environnementale ou technique inutile.

6. CONCLUSIONS

6.1 ETAT DES LIEUX

Les produits à base de paille restent encore peu présents dans les démarches de réemploi et de recyclage matière à grande échelle, en grande partie en raison d'un manque de retours d'expérience concrets. Cette rareté des données ne reflète cependant pas un manque de potentiel, mais plutôt un faible historique d'usage structuré autour de la circularité. En réalité, les analyses menées tout au long de ce travail montrent que la paille ne présente aucun frein technique ou sanitaire majeur à son réemploi. Bien au contraire, ses propriétés de durabilité, de stabilité dimensionnelle, d'inertie thermique et d'innocuité environnementale en font un matériau parfaitement réemployable ou recyclable, à condition que les opérations de dépose soient pensées en amont.

Cependant, il faut aussi reconnaître que la paille bénéficie déjà de filières de valorisation en fin de vie bien établies, notamment via la valorisation énergétique ou en amendement agricole. Ces voies sont simples à mettre en œuvre, peu coûteuses, et relativement peu exigeantes en matière de logistique. Elles ont donc toute leur place dans la gestion actuelle des fins de vie de la paille, et peuvent même freiner le développement d'une filière plus ambitieuse autour du réemploi ou du recyclage, car elles offrent une solution déjà considérée comme satisfaisante dans beaucoup de cas. Il sera tout de même préférable d'envisager une valorisation agronomique, circulaire, qui exploite la paille en fin de vie à son plein potentiel.

En somme, si les flux de paille en fin de vie sont aujourd'hui peu structurés autour du réemploi, c'est moins en raison de blocages techniques que du manque d'initiatives, de cadres de référence, et d'opportunités concrètes sur les chantiers. Rien, donc, ne semble empêcher un développement de pratiques de réemploi pour ces produits biosourcés. Néanmoins, certaines réserves peuvent être formulées concernant le développement du recyclage matière pour les produits à base de paille. Ce type de valorisation peut s'avérer énergivore et, dans certains cas, altérer le caractère naturel du matériau, notamment lorsqu'il implique l'ajout de liants ou d'autres composants synthétiques. Une telle approche risquerait de compromettre la recyclabilité de la paille, en conduisant à la création de composites peu compatibles avec une logique de circularité.

6.2 PERSPECTIVES

Pour initier ce développement et faire émerger le réemploi autour des produits à base de paille, plusieurs leviers peuvent être activés. Tout d'abord, l'inscription de ces produits dans des chantiers pilotes est une étape clé. Ces expérimentations permettraient de tester, documenter et évaluer les conditions concrètes de réemploi de la paille en situation réelle, tout en apportant de la visibilité à ces pratiques encore marginales. Ces chantiers offriraient également un cadre idéal pour fédérer les différents acteurs du secteur autour de cet objectif commun.

Parallèlement, la rédaction de guides de bonnes pratiques pour la conception, la pose, la maintenance et la dépose des produits à base de paille est une condition indispensable pour fiabiliser les opérations futures de réemploi. Ces documents devront à la fois s'adresser aux professionnels de la construction et aux filières de valorisation, en intégrant des critères de qualité, de traçabilité, de conditionnement et de transport compatibles avec

les exigences du réemploi. Anticiper la fin de vie des produits est toujours la meilleure manière de s'assurer de leur mise en place.

Enfin, et cela recoupe les points précédents, un enjeu central réside dans la formation et la sensibilisation des professionnels. La paille, bien que réglementée, reste encore peu connue du grand public et des acteurs du bâtiment. Son image reste parfois associée à des pratiques artisanales ou expérimentales, alors même que ses performances techniques sont aujourd'hui largement reconnues. Une meilleure connaissance des propriétés de la paille et de son potentiel dans une logique de circularité permettrait de lever de nombreuses réticences, et d'ouvrir la voie à une structuration progressive de la filière.

En conclusion, si les quantités disponibles ne permettent probablement pas à ce stade de développer une filière de réemploi autonome dédiée aux matériaux en paille, leur intégration progressive dans les dynamiques existantes de réemploi, via les plateformes déjà actives, constitue une voie réaliste, prometteuse et cohérente avec les enjeux actuels de la construction durable.

7. BIBLIOGRAPHIE

- Actu-Environnement. (2018). Isover lance la première filière de recyclage des déchets de laine de verre.
- aPROpaille. (2025). La paille, matière première.
- ARPE Normandie. (2025). La filière Paille.
- Association Territoires, A. Z. (2024). *Pose de bottes de paille et enduit de terre crue sur conteneurs réemployés*.
- Bartel, Y. (1997). Valorisation énergétique de certains produits de l'agriculture par densification.
- CAUE94. (2023). *La paille et le réemploi à l'honneur à Ivry*. Récupéré sur <https://www.caue94.fr/content/la-paille-et-le-reemploi-a-l-honneur-a-ivry>
- ClimaMaison. (2022). Recycler les isolants thermiques en rénovation.
- Conseil départemental du Loiret. (2020). La maison Feuillette, à Montargis, classée monument historique.
- Construction Durable. (2025). *Techniques de construction en paille*.
- FCRBE. (2023). *Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements in Northwestern Europe*. Interreg NWE Project.
- FDES. (2022). *Isolation en bottes de paille de plein champs issues de l'agriculture biologique*. Récupéré sur <https://base-inies.fr/infos-produit/30441>
- FDES Collective. (2022). *Isolation en bottes de paille de plein champs issues de l'agriculture conventionnelle*. Récupéré sur https://www.materiaux-naturels.fr/doc/product/fdes_1794.pdf?srsId=AfmBOor_efaNxGiZhC1iViJ7w-VBVOvLxa4CwV9qnkauZFKNY9_pqfoq
- FNADE. (2025). Valorisation énergétique des déchets.
- heero. (2024). Comment est faite la ouate de cellulose ?
- ISOL'en Paille. (2020). La qualité, maîtrisée !
- Jardiner Autrement. (2023). Les effets du paillage au jardin.
- Le Moniteur. (2021). Isover recycle la laine de verre, et compte augmenter les volumes.
- L'énergie tout compris. (2025). Recyclage d'isolant : quand est-ce possible ?
- L'Énergie Tout Compris. . (2025). Durée de vie des isolants : à combien s'élève-t-elle ?
- Maison Responsable. (2025). Avantages et Inconvénients du Béton de Chanvre, un matériau écologique et polyvalent.
- Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. (2025). *Plateforme PEMD*. Récupéré sur <https://plateformepemd.developpement-durable.gouv.fr/>
- PASCHAL, C. (2022). Le polyuréthane du futur sera-t-il vert ? *Techniques de l'ingénieur*.
- Reporterre. (2017). La construction en paille se développe en France.
- RFCP. (2016). *La construction en paille : la performance au naturel*.
- RFCP.(2012) Règles professionnelles de Construction en Paille
- RFCP. (2025). Maison en paille : principe de construction, avantages et inconvénients.
- RFCP. (s.d.). *Impacts environnementaux de la construction en paille*.
- Vegetal(e). (2025). Données techniques de la paille. *Le Portail des matériaux bio-sourcés*



Le futur en construction

Établissement public au service de l'innovation dans le bâtiment, le CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, exerce quatre activités clés : la recherche et expertise, l'évaluation, la certification et la diffusion des connaissances, organisées pour répondre aux enjeux de la transition énergétique dans le monde de la construction. Son champ de compétence couvre les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes.

Avec plus de 900 collaborateurs, ses filiales et ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux, le groupe CSTB est au service de l'ensemble des parties prenantes de la construction pour faire progresser la qualité et la sécurité des bâtiments.

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

Siège social > 84 avenue Jean Jaurès – Champs-sur-Marne – 77447 Marne-la-Vallée cedex 2

Tél. : +33 (0)1 64 68 82 82 – www.cstb.fr

MARNE-LA-VALLÉE / PARIS / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA ANTIPOLIS

