



Restitution des rencontres de professionnels Des terres & des fibres (torchis+terre allégée)

Organisées par **l'ARPE Normandie**
en novembre 2020

Transcription par Gregory Boulén / Arpe Normandie, relectures et compléments réunis par Caroline Charvet & Sophie Popot - architectes

Mai 2022

ARPE Normandie



Association Régionale pour la Promotion
de l'Eco construction en Normandie

2^e couv – Figure : Support de fixation constitué de palessons verticaux entrelacés de liens d’osier avant pose du mélange. Chantier Olivier Berthaut dans l’Aube (Photo Aurélie Le Pape)

4^e couv– Photo : Julia Turpin

Ont participé **et relu** :

Olivier Berthaut, Grégory Boulen, Samuel Courgey, Marie Dano, **Arthur Hellouin de Ménibus, Jean-Luc Le Roux**, Patrice Leu, **Nicolas Maze**, Jan Minne, **Sophie Popot, Christophe Tréhet**

AVANT PROPOS :

Restitution écrite et augmentée des rencontres audio de professionnels des terres & des fibres (torchis+terre allégée)

Organisées par l'ARPE Normandie les 13 et 20 novembre 2020.

Les écrits qui suivent transcrivent des échanges issus de rencontres « en ligne » entre professionnels et praticiens **des terres & des fibres (torchis + terres allégées)** provenant de divers horizons géographiques (Normandie, Bretagne, Champagne) et métiers du bâtiment (charpentier, maçon, référent technique, chercheur, architecte).

Au sein de l'ARPE (association régionale de promotion de l'éco construction) en Normandie, soutenir les professionnels de l'écoconstruction au regard des problématiques et exigences actuelles est primordial. Les techniques de l'éco-construction les plus écologiques s'inspirent des techniques vernaculaires¹.

Comment faire un bâtiment performant, une construction écologique avec **des terres & des fibres** ? Comment s'y prennent les praticiens des **torchis** et des **terres allégées** ? Au travers de ces dialogues se dévoilent quelques savoirs- faire et astuces de chantier mais aussi des réflexions à propos des dernières données disponibles issues de la recherche afin d'améliorer la performance des pratiques. Les éléments d'ouvrage présentés lors de ces rencontres ne figurent pas au rang des exemples à suivre absolument. Au contraire, ils posent question, permettent d'entamer la discussion qui ouvre des pistes d'amélioration. Au cours des discussions, sont apparus des besoins de compléments bibliographiques. Ce recueil les contient. De cette manière, ces données techniques sont entourées d'un contexte (local, ouvrage, personnel) et d'un éclairage plus global. Ces rencontres se sont déroulées à la suite du programme BIOBAT, il y est souvent fait référence².

1 <https://www.cnrtl.fr/definition/vernaculaire>: Vernaculaire adj. Didact. Propre à un pays, à ses habitants. Synon. autochtone, domestique, indigène. Coutumes vernaculaires. [...]

2 [Arthur Hellouin de Menibus, Samuel Courgey, ARPE, mars 2021, BIOBAT : analyse des besoins en recherche participative sur les éco-matériaux locaux Normands, 97p.](#)

DE QUOI PARLE T'ON ?

La plupart du temps, les **torchis** sont catégorisés au rang des systèmes constructifs anciens n'ayant plus aucun rapport avec le bâtiment contemporain. Au contraire, l'artisan est sans cesse confronté aux conditions actuelles. De nos jours, la structuration du secteur de la construction s'éloigne de plus en plus de l'état d'esprit ou du « gouvernement » des techniques vernaculaires³. Ce qui rend l'exercice du métier extraordinairement complexe. Ces rencontres suivent un fil conducteur discuté au sein du groupe rédacteur du **Guide de bonnes pratiques Torchis** : Comment l'artisan ou le praticien s'adapte aux conditions actuelles ?

Sous une apparente simplicité, les **torchis** et les **terres allégées** regroupent des techniques extrêmement variées. Cette variabilité, voir adaptabilité tient d'une part de la diversité des matériaux mobilisables (diversité des terres à bâtir, des fibres végétales et des bois), et d'autre part des multiples combinaisons possibles selon la variété géographique et sociale des acteurs de la construction et des besoins de fonctions et d'usage des bâtiments.

Les **Guides de bonnes pratiques de la construction en terre crue** ont été écrits par des acteurs représentatifs de la profession. Ces guides sont destinés aux maîtres d'ouvrage, architectes et autres acteurs du bâtiment qui méconnaissent ces techniques et nécessitent des référentiels pour rédiger des CCTP (cahiers de clauses techniques particulières).

Pour s'initier, les ouvrages cités dans chaque annexe bibliographique des **Guides de bonnes pratiques** sont indiqués.

Ces **Guides** sont édités par la Confédération de la construction en terre crue. Ils sont gratuits et à télécharger sur ce site :

<https://conf-terrecrue.org/>

3 « En fait le vernaculaire (...), c'est se soumettre à l'occasion. La condition la plus favorable est de satisfaire à la circonstance, en s'adaptant à la fois à l'environnement et à ses moyens disponibles. La qualité du vernaculaire se révèle à chaque occasion : on ne peut jamais faire la même chose, il y a toujours un petit détail, un accident qui fait variation. (...) » André Ravéreau in Pierre sèche; théorie et pratique d'un système de construction traditionnel Eyrolles 2017

Une version papier est disponible à l'achat sur le site de maisons paysannes de France : <http://maisons-paysannes.org/librairie/recueils-techniques/>

Concernant les termes de la construction en terre crue, se référer au **glossaire général des Guides de bonnes pratiques** de la construction en terre crue et aux **glossaires spécifiques Torchis et Terre allégée**.

Les définitions ci-dessous sont extraites des **Guides des bonnes pratiques** de la construction en terre crue :

Torchis : Complexe de matériaux solidaires associant terre, fibres végétales et supports en bois. Les torchis comblent les vides de la structure porteuse à laquelle ils sont reliés.

Terre allégée : Procédé non porteur coffré composé d'une matrice argileuse enrobant des granulats végétaux ou minéraux, ayant généralement une densité* sèche allant de 200 à 1200 kg/m³, mis en œuvre à l'état humide (coffrage* perdu ou non, application manuelle à la truelle ou par projection mécanisée) ou sec (préfabrication). [...] Le mélange terre allégée est mis en œuvre en remplissage pour la construction de murs, cloisons, planchers, ou rampants de toiture, en neuf et en rénovation. Le mélange terre-chanvre est mis en œuvre directement sur certains supports, sans ossature bois, dans le cadre d'une mise en œuvre projetée.

De nombreuses catégories de granulats sont utilisées dans les mélanges de terre allégée : les fibres végétales longues (paille de blé, seigle, orge, lavande, chanvre, riz, etc.) ; des granulats végétaux ou minéraux (balle de grains, chènevotte, anas de lin, roseaux, colza, tournesol, copeaux de bois, pouzzolane, argile* cuite expansée, etc.).

Torchis et terres allégées sont apparentés par nature. Les techniques de mises en œuvre diffèrent. Par conséquent, le terme : « **des terres & des fibres** » regroupe les techniques de remplissage des torchis et terres allégées. De composition parfois similaire, la bauge n'en fait pas partie du fait que la bauge ne nécessite pas de support de fixation au contraire des Torchis et qu'elle supporte les descentes de charge. **Les terres & les fibres** dans des cas particuliers contribuent aux liaisons. L'épaisseur de cet ensemble peut aller de 4 cm à plus de 20 cm et sa masse volumique⁴ de 200 à 1000 kg/m³.

4 Pour compléter voir Annexe Compléments : De multiples variations dimensionnelles y sont décrites

Table des matières

Avant propos :.....	3
De quoi parle t'on ?.....	4
Les rencontres des terres & des fibres - 1^{ère} session : le 13 novembre 2020.....	9
Les animateurs :.....	9
1 Comment gérer l'étanchéité à l'air en torchis ou terre allégée ?..	11
Quelle est la performance des torchis ou des terres allégées en terme d'étanchéité à l'air ?.....	11
La périphérie des fenêtres.....	15
Le remplissage en terre allégée entre colombages.....	19
dispositifs traditionnels et usuels : les enduits.....	22
Résumé technique étanchéité à l'air.....	25
Ressource complémentaire.....	26
Étanchéité à l'air en construction avec des bottes de paille.....	26
Les moustaches du torchis japonais, une autre piste ?.....	29
2 Les torchis sont-ils des isolants phoniques?.....	35
les usages de la terre crue en isolation phonique : planchers, cloisons, murs périphériques.....	35
Essais de comportement acoustique réalisés par Eco-Pertica.....	39
Résumé technique isolant phonique.....	43
3 Comment se comportent les torchis vis-à-vis du feu ?.....	45
État des lieux de la réglementation : caractère coupe-feu et incombustible.....	46
Les dispositifs de protection au feu dans le bâti traditionnel et les transpositions possibles.....	46
Résumé technique - feu.....	48
Les rencontres Des terres & des fibres - 2^e session : le 20 novembre 2020.....	51
Les animateurs :.....	51
4 Que faire en fonction du type de fibres ?.....	53
Utiliser des anas de lin pour réaliser des terres allégées ?.....	55
associer terre allégée et torchis en isolation thermique.....	60
Réaliser une terre-allégée en remplissage d'un pan de bois.....	62
Résumé technique : que faire en fonction du type de fibre ?.....	65

5 Les mélanges fermentés	67
Peut-on laisser fermenter le mélange terre et fibre avant emploi ?.....	67
Résumé technique fermentation du mélange.....	69
6 Des bois locaux.....	71
Comment utiliser des bois locaux dans la préparation du support de torchis ?.....	71
S'inspirer des techniques traditionnelles de torchis pour innover : la vannerie charpentière.....	75
Résumé technique les bois locaux.....	79
7 Un point singulier : le pied du mur.....	80
Comment traiter le pied du mur en torchis et terres allégées ?.....	80

Les rencontres des terres & des fibres

- 1^{ère} session : le 13 novembre 2020

Les terres & les fibres dans le bâtiment écologique performant

LES ANIMATEURS :

Ces rencontres ont été préparées et illustrées (sauf mentions bibliographiques) par :

Grégory Boulén (Arpe Normandie)

Christophe Tréhet (journaliste)

Sophie Popot (Architecte),

Olivier Berthaut (artisan – entreprise SABA),

Marie Dano (SCIC Eco-Pertica) ,

Arthur Hellouin de Ménibus (chercheur en matériaux – SCIC Eco-Pertica).

Patrice Leu (artisan maçon torchis),

Nicolas Maze (Charpentier Normandie)

Jean Rémi Villette (Charpentier Bretagne)

1 Comment gérer l'étanchéité à l'air en torchis ou terre allégée ?

Un bâtiment écologique performant se doit de répondre aux exigences de l'étanchéité à l'air. Est-ce compatible avec les terres à fibres ? Quelles sont les conditions à réunir ?

Quels dispositifs ont été mis en œuvre traditionnellement, ou mis au point par les bâtisseurs d'aujourd'hui pour s'assurer d'une bonne gestion de l'étanchéité à l'air ?

Participants

Christophe Tréhet (journaliste), Nicolas Knapp (Architecte), Olivier Berthaut (artisan – entreprise SABA), Patrice Leu (artisan), Sophie Popot (Architecte), Pauline Jeanne (architecte), Marie Dano (SCIC Eco-Pertica) et Arthur Hellouin de Ménibus (chercheur en matériaux – SCIC Eco-Pertica).

QUELLE EST LA PERFORMANCE DES TORCHIS OU DES TERRES ALLÉGÉES EN TERME D'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR ?

Arthur Hellouin de Ménibus : « Il s'agit d'un chantier sur une maison en torchis sur un pan de bois traditionnel. La terre du rez de chaussée a été décaissée pour isoler, cette terre a été réutilisée pour faire l'intégralité de la projection terre-chanvre, sur toutes les parois de la maison. [Figure 1 et Figure 2]



Figure 1: Chantier de projection terre / chanvre à l'intérieur. Photo: Ecopertica

Ce chantier a été réalisé par Marie Meunier – maçonne artisanne. La première année, nous avons projeté au rez de chaussée et la 2e année à l'étage. Sur les murs, une ossature bois a été préparée pour tenir le terre-chanvre. A l'étage, le lambourrage⁵ était en place lors de la projection, ce qui nous a permis de recycler toutes les chutes de terre-chanvre dans le plancher. A l'étage, les propriétaires n'ont pas encore réalisé les enduits intérieurs. Ils n'habitent pas à l'étage, et lorsqu'il y a des rafales de vent, ils sentent les courants d'air. Le terre-chanvre n'est pas étanche à l'air. L'étage sera étanche à l'air quand les enduits intérieurs seront réalisés. En terme d'isolation thermique, l'idéal serait d'avoir une étanchéité à l'air des 2 côtés de la paroi. [Figure 1 et Figure 2»

Arthur Hellouin de Ménibus : «Avec le CEREMA de l'Est (Philippe Glé), nous avons travaillé pendant 3 ans pour déterminer ce qui fait la performance d'une terre allégée. Nous nous sommes centrés sur le terre-chanvre, car nous avions les échantillons de chantier à disposition. Cette série de graphiques représente une comparaison entre

5 Les lambourdes en bois se posent sur une aire de plancher avant la pose du parquet bois.



Figure 2: Bâtiment en pan de bois en préparation du remplissage terre chanvre. Photo : Ecopertica

chaux-chanvre (croix rouge) et le terre chanvre (rond vert). Chaque point correspond à un échantillon testé. [Figure 3]

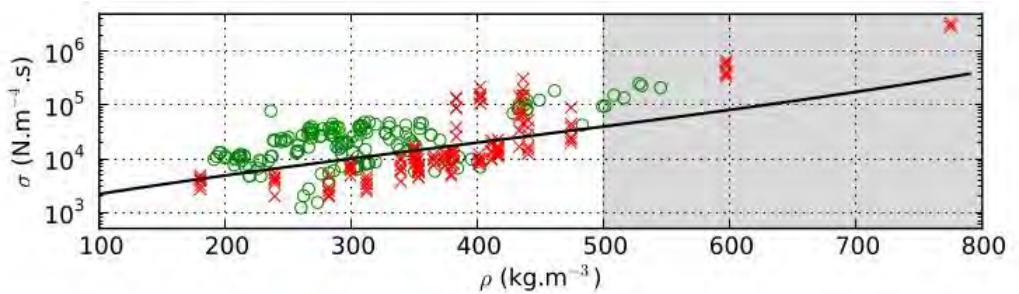


Figure 3: Résistivité au passage de l'air en fonction de la densité du mélange

Le graphique montre la difficulté que l'air a à passer dans un isolant (résistivité au passage de l'air), mais ce n'est pas une mesure de débit de fuite. La résistivité au passage de l'air, c'est intéressant parce que les mélanges de liant-fibres ne fonctionnent pas de la même manière que les isolants standards fibreux qu'on connaît et qui ne sont pas du tout étanches à l'air. Par exemple, prenez une laine de bois, vous ne mettez pas de pare-pluie, pas de frein-vapeur, ce n'est pas étanche à l'air et de fait très ouvert à la vapeur. Vous soufflez dedans, l'air passe. Si vous prenez une terre-allégée à 200 kg/m³, elle n'est pas étanche à l'air, mais plus la masse volumique augmente, plus le matériau résiste au passage de l'air. L'air va avoir du mal à passer au travers. Ça veut dire que si on a un défaut d'étanchéité à l'air sur un enduit (une fissure par exemple), l'air va traverser la fissure mais va avoir du mal à passer au travers d'une paroi si le mélange terre fibrée est dense. On peut penser qu'un défaut d'étanchéité à l'air n'aura pas le même impact sur un isolant terre-fibre ou un isolant classique. »

Sophie Popot : « Je suis maître d'œuvre en mission partielle d'une maison neuve à Coutances (50) et je propose de mettre un torchis fin (4cm), lourd et bien serré, posé en continu sur un lattis bois, côté intérieur des murs bas. Selon le thermicien, le frein vapeur n'est pas nécessaire dans cette situation à condition de bien serrer l'enduit final. Quel est votre avis sur le frein vapeur ? »

Arthur Hellouin de Ménibus : « Cela suppose que l'air ne peut pas passer à travers le mélange torchis. Dans le guide de bonnes pratiques torchis, il est indiqué que la terre est étanche à l'air à partir d'une densité de 900 kg/m³.⁶ »

Patrice Leu : « Dans ce cas, je conseille d'utiliser un torchis foin, avec la fibre la plus fine possible. J'ai essayé avec de la filasse de chanvre, ça donne de bons résultats mais c'est difficile à mettre en œuvre. »

Nicolas Knapp : « 4 cm de torchis, ça marche sur la botte de paille à priori. En terme d'étanchéité à l'air, le risque vient de la fissuration, d'où la nécessité d'utiliser une fibre qui limite la fissuration. »⁷

6 Volhard, Franz, Construire en Terre Allégée, Éditions Actes Sud, Arles 2016, 288 p. (page 209)

7 Attention : Il est fait mention ici d'enduits épais sur paille régis par les règles professionnelles des remplissages paille. Le torchis nécessite un support de fixation généralement en bois ; l'enduit une surface d'accroche. Cependant, dans les deux cas, l'absence de fissuration des surfaces couvertes de tout isolant perméable à l'air est recherchée. [Voir Ressources complémentaires Enduit sur bottes de paille p. 26]



Figure 4: Bande de frein-vapeur en attente. Photo: Ecoperlica

LA PÉRIPHÉRIE DES FENÊTRES

Marie Dano : « Chantier 1 [Figure 4 et Figure 5]- Voici un cas de rénovation globale d'un bâti en pierre où nous avons réalisé une isolation par l'intérieur avec un terre-chanvre projeté. Nous avons une ossature bois mise en place par l'intérieur avec un filet. Le terre chanvre est projeté en 2 passes, une première passe jusqu'au filet, et une 2e passe qui vient en recouvrement des montants, ce qui permet d'éviter les ponts thermiques. Nous allons faire un point plus précis sur les fenêtres : elles sont posées en feuillure avec un compriband. Lors de la pose, nous avons prévu une bande de frein vapeur en attente. Dans le cas d'une finition fermacell[®], cette bande permet d'assurer la jonction avec le frein-vapeur posé sur les murs. Dans le cas d'une finition enduit, nous avons posé une plaque fermacell sur tout l'encadrement de la fenêtre, et nous avons noyé la bande de frein-vapeur dans l'enduit, pour bien reprendre l'étanchéité à l'air entre l'enduit et



Figure 5: Plaque fermacell bloque le retour du frein vapeur / en attente de la finition enduite.

Auteur : Ecopertica

le frein vapeur.⁹ »

Sophie Popot : « A quoi sert le filet ? »

Arthur Hellouin de Ménibus : « Le filet a une maille de 7 cm par 7 cm, il permet de projeter une grande épaisseur de terre-chanvre en une seule fois. 2 solutions existent : réaliser un lattis bois ou projeter à travers un filet. Nous appliquons les 2 techniques. Les 2 techniques ont des

avantages et des inconvénients. »



Sophie Popot : « Cela m'a rappelé que les japonais utilisent beaucoup de cordages : notamment en finition, au moyen de petites moustaches sur le côté qui limitent le passage de l'air.

Les japonais nouent une ficelle de chanvre qui réduit le retrait et donc le passage de l'air. C'est peut-être une technique à essayer¹⁰ .

Fonctionnellement, cela revient un peu à la technique que tu utilises Patrice avec les contre-lattes formant chicane¹¹ [Figure 6]. »

Figure 6: Lattage entre contre-lattes formant chicane. Chantier Grisy, Patrice Ieu. Auteur : Aurélie Le Pape

9 [Ndr1 : Pratique décrite dans l'article : Ressource complémentaire p. 26]

10 Voir p.29 Les moustaches du torchis japonais, une autre piste ? Au Japon, entre autres, les cordages sont employés non seulement en tant que liens entre supports de fixation et ossature, ils sont utilisés aussi en tant que support de fixation à eux seuls.

11 Illustration issue du guide de bonnes pratiques des torchis illus.14 p. 39



LE REMPLISSAGE EN TERRE ALLÉGÉE ENTRE COLOMBAGES

Arthur Hellouin de Ménibus : « Chantier 2 - Sur ce chantier [Figure 7 p. précédente 18 Pan de bois monté en doublage d'un existant vu de l'extérieur destiné à recevoir une isolation en terre / chanvre. Photo : Ecopertica], nous sommes intervenus ponctuellement sans vision globale, et on n'a pas d'étanchéité à l'air, ni à l'intérieur, ni à l'extérieur. Il s'agit d'une maison en torchis, sauvagement bricolée. Le propriétaire actuel a déposé l'enduit ciment qui était sur le torchis, puis a reconstruit une ossature en chêne côté extérieur du mur. Le propriétaire a commencé à réaliser le remplissage entre-colombages de la nouvelle ossature avec des briques de chaux-chanvre mais il passait beaucoup de temps à découper les briques.

Par ailleurs, il se posait la question de comment combler l'espace entre le nouveau mur et l'ancien torchis, qui n'était pas plan.



Figure 8: Système hybride support de fixation en isolation extérieure en attente projection terre – chanvre. Photo : Ecopertica



Figure 9: Projection sur contre ossature extérieure. Photo : Ecopertica

Le propriétaire nous a d'abord sollicité pour que nous fassions une projection en terre chanvre par l'extérieur sur le torchis existant, pour venir jusqu'au nu intérieur de la nouvelle ossature. On est venu, on a projeté sur le torchis existant, et effectivement, on a un passage d'air sur les pans de bois ancien et l'ancien mélange torchis, qu'on n'a pas traité particulièrement.

Sur cette image [Figure 8 et Figure 9], on voit un lattis entre les 2 pans de bois pour que nous puissions projeter jusqu'au lattis. Finalement, comme ça allait assez vite, le propriétaire nous a demandé de remplir toute l'ossature, en 2 passes, une première passe jusqu'au lattis et une 2e passe jusqu'au nu extérieur de l'ossature bois.

En terme d'étanchéité à l'air, ça pose des questions, d'une part parce que qu'on n'a toujours ce passage d'air entre le pan de bois et le torchis ancien. On a une continuité de l'isolant, donc pas de ponts thermiques, mais clairement, le terre-chanvre n'est pas étanche à l'air. A l'extérieur, il y aura un léger retrait entre le terre-chanvre et l'ossature.

Patrice Leu : « Sur les colombages extérieurs, j'aurais créé un crane ou appliqué un liteau pour créer une chicane et freiner le passage d'air à l'interface entre le colombage et la terre allégée. »

Pauline Jeanne : « Je suis architecte et je suis sur un projet de rénovation dans l'Eure d'un bâtiment en torchis, où le torchis est vraiment délabré, j'aimerais avoir des explications sur cette technique. »

Patrice Leu : « Soit le charpentier fait un crane, c'est à dire une feuillure dans le milieu de l'épaisseur des bois, pour créer un creux, ou bien il applique un liteau assez épais ou un demi-chevron dans l'épaisseur du colombage de manière à ne pas avoir une surface lisse. Ça génère une chicane, un frein à l'air. [Figure 6]

Sophie Popot : « Dans le Guide de bonnes pratiques Torchis, on a mis une illustration du dispositif dont parle Patrice, illustration 13 et 14 des pages 38 et 39 du guide. Je voudrais compléter en disant que c'est typiquement une question que se posent les Normands. Les Picards n'ont pas de pans de bois vu, ni à l'intérieur, ni à l'extérieur, et c'est peut-être un point à faire évoluer en Normandie, c'est à dire que si on veut avoir un pan de bois étanche à l'air, il ne peut pas être vu des 2 cotés. »

Arthur Hellouin de Ménibus : « Pour moi, la chicane a son intérêt dans le torchis, par contre, le terre-chanvre a très peu de retrait, il est presque invisible, donc la chicane a moins d'intérêt. »

DISPOSITIFS TRADITIONNELS ET USUELS : LES ENDUITS

Christophe Tréhet : « Je vais passer la parole à Olivier Berthaut en vous proposant de poursuivre sur l'étanchéité. Comment appréhendez-vous cette question en fonction de la commande ? »

Olivier Berthaut : « J'ai la chance de travailler sur du bâti ancien, non soumis à la RT2012. En revanche, cette question m'a beaucoup intéressé, donc je suis devenu formateur pour les parois opaques, pour gérer ces problématiques d'étanchéité à l'air. Je suis originaire de Champagne-Ardennes, et la façon dont était faite l'étanchéité à l'air dans le temps vient de l'enduit.



Figure 10: Maison caractéristique de l'Aube. Photo : Olivier Berthaut

A l'écran, vous avez une maison caractéristique de l'Aube. [Figure 10] C'est une maison en pan de bois, côté ouest, la protection du torchis est faite par un bardage et l'étanchéité à l'air est faite par un lattis extérieur recouvert par un enduit. C'est ce qu'on essaye de reproduire. La plupart des pans de bois ne sont pas fait pour être apparent, les bois de charpente sont relativement pauvres, la plupart du temps en peuplier avec quelques pièces maîtresses en chêne

Ces pans de bois sont protégés par des enduits de terre, de chaux ou de plâtre. A l'heure actuelle, pour la RT2012, 1 cm de plâtre est considéré comme étanche à l'air, en intérieur. On en trouve aussi en enduit extérieur à base de plâtre gros et de chaux aérienne. Ou



Figure 11: Enduit au Plâtre sur support type baccula en façade extérieure. Photo : Olivier Berthaut

parfois, si on a un pan de bois apparent, on va avoir un lattis intérieur, avec soit un torchis puis un enduit, ou directement un enduit au plâtre, qu'on appelait un bacula¹².

Autre exemple [Figure 11] avec un pan de bois recouvert à l'extérieur, avec un enduit plâtre sur le torchis, qui assure la protection aux intempéries et l'étanchéité à l'air.

[Figure 12] Voici un pan de bois horizontal du 16e siècle, avec des



Figure 12: Pan de bois horizontal à trame lâche. Photo: Olivier Berthaut

12 Lattis souple de bois constituant autrefois l'armature sous toiture.



Figure 14: Grange du 15e siècle restaurée. Photo : Olivier Berthaut

Dernier exemple [Figure 14], cette grange du 15e siècle, entièrement restaurée. L'étanchéité à l'air est gérée par l'extérieur avec des panneaux de fibre de bois rainurés-languettes. Pour les bâtiments les plus récents, on va utiliser ce dispositif par l'intérieur, pour s'adapter aux exigences de la RT2012 »



Figure 15: Contre latte visible avant pose du mélange. Auteur: Jan Minne

RÉSUMÉ TECHNIQUE **ÉTANCHÉITÉ À L'AIR**

- Les terres allégées faisant fonction d'isolant thermique ne sont pas étanches à l'air.
- Les torchis présentent une certaine résistivité au passage de l'air, qui augmente à mesure que la densité augmente. « Les remplissages en terre allégée, [...] à partir d'une densité d'environ 900 kg/m³, sont étanches au vent sans autre disposition particulière »¹³
- Actuellement comme hier, l'étanchéité à l'air et à l'eau est assurée non par les torchis ou terres allégées à nu mais par les enduits intérieurs et extérieurs. Le joint entre pan de bois et remplissage doit être le plus fin possible. Cette performance est atteinte en prenant soin d'assurer des dispositifs de continuité de l'étanchéité à l'air aux jonctions avec l'enduit (par exemple, au niveau des fenêtres et des entourages de baies).
- Dans le bâti ancien, plâtre et torchis sont souvent associés. On observe des enduits, des plafonds en plâtre, à partir de 1cm d'épaisseur (le plus souvent 2 à 3 cm). Certains plâtres sous réserve de certaines précautions peuvent être posés en extérieur. Ils peuvent également assurer une étanchéité à l'air. De plus, les plâtres gonflent en séchant au contraire de l'argile qui se rétracte.
- Pour limiter le passage de l'air au sein d'un pan de bois avec du torchis, certains produisent des effets de chicane (reproduisant un effet obtenu avec des éclisses) au moyen d'un contre lattage [Figure 6 ou Figure 15]. D'autres matériaux sont employés : scotch et / ou ficelles de fibres organiques (voir Figure 16p. 26 ou Noren Japonais Figure 23 p. 31).

13 Volhard, Franz, Construire en Terre Allégée, Éditions Actes Sud, Arles 2016, 288 p. (page 209)

RESSOURCE COMPLÉMENTAIRE

ÉTANCHÉITÉ À L'AIR EN CONSTRUCTION AVEC DES BOTTES DE PAILLE

source : Luc Floissac dans REVUE COMPLÉMENT TECHNIQUE - N° 65 - Novembre 2018



Figure 16: étanchéité à l'air soignée au pourtour de fenêtres.
Chantier Soumont. Photo : Guillaume Charrier

EXTRAIT : « Compte tenu de l'importance de l'étanchéité à l'air des bâtiments pour assurer des performances thermiques élevées, les baies et leurs interfaces avec les parois courantes font l'objet de descriptions nombreuses et détaillées dans les règles CP 2012. En effet, l'une des originalités de la construction en paille est que la paille sert de support éventuel d'enduits. [y compris les terres à fibres : terres allégées et torchis]

La mise en œuvre de l'étanchéité à l'eau et à l'air (photos 8, 9, 10 et 11) des interfaces entre les dormants de menuiseries, leurs précadres éventuels et les parements font appel aux techniques couramment utilisées en maçonnerie et en construction sèche (bois).

Par ailleurs, une grande variété de matériaux peuvent être employés pour réaliser ces ouvrages (appuis de bois, de métal, en maçonnerie par exemple) dont chacun présente des spécificités de mise en œuvre qui sont décrites dans les règles CP 2012.

Un frein-vapeur est apposé en sous-face de la toiture ; des bandes étanches à l'air assurent l'interface entre les murs et les planchers, et entre les murs et la toiture.

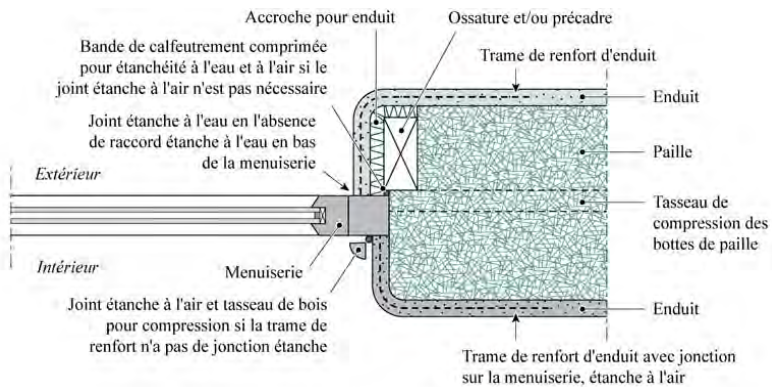
La figure 32 [Figure 19 p. 28].donne des exemples de gestion de l'étanchéité à l'air à l'interface entre les menuiseries et les parois verticales.



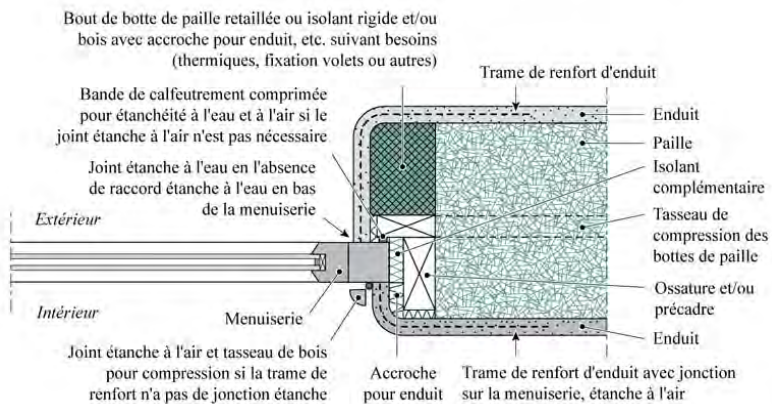
Figure 17: étanchéité autour d'une fenêtre. Photo : Guillaume Charrier



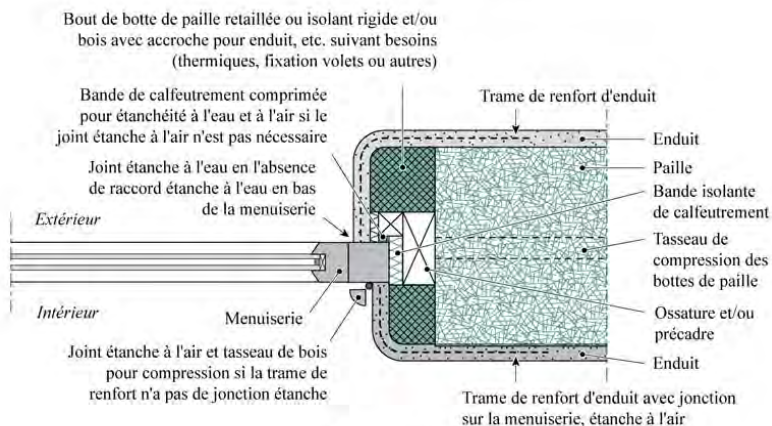
Figure 18: retour de tableau de la baie en arrondi. Photo : Guillaume Charrier



Ossature excentrée côté extérieur



Ossature excentrée côté intérieur



Ossature centrée

Figure 19: FIG. 32: Étanchéité à l'interface entre menuiseries et parois (ossature bois). source : Luc Floissac dans REVUE COMPLÉMENT TECHNIQUE - N° 65 - Novembre 2018

LES MOUSTACHES DU TORCHIS JAPONAIS, UNE AUTRE PISTE ?

Source : Reynolds, Emily, Japan's Clay Walls, A Glimpse into their Tradition of Plastering, Peace Street Publications 2009, 90 p.

Extrait traduit par Caroline Charvet

[...] « L'arakabe, version japonaise du mur de torchis [wattle and daub]

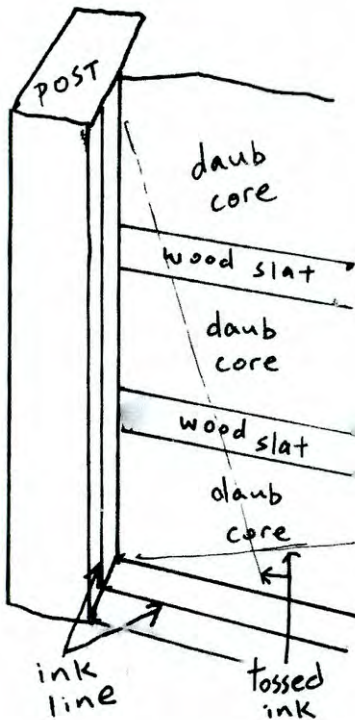


Figure 20: schéma p. 47

La couche initiale de mélange composée de terre grossièrement tamisées et de paille est appelée « ara-tsushi » (littéralement « terre brute/grossière ». Celle-ci, nouée au support, un maillage [support de fixation composé de bambous noué par des cordes]), forme le « ara-kabe » (« mur brut/grossier »).

Nous allons employer le terme « mélange à torchis » pour désigner le mélange terre + paille (aratsushi) et le terme « âme de torchis » pour désigner le support de fixation + terre + paille (arakabe).

L'arakabe, âme de torchis, est généralement la première des trois couches de terre à appliquer; il est ordinairement suivi de la couche centrale [le corps d'enduit ?] dénommé nakamuri et d'une couche de finition. Pour diverses raisons (esthétiques, financières, matérielles, d'usage), un mur peut être fini à l'état terre+paille. Ceux-ci résistent assez fortement [...].

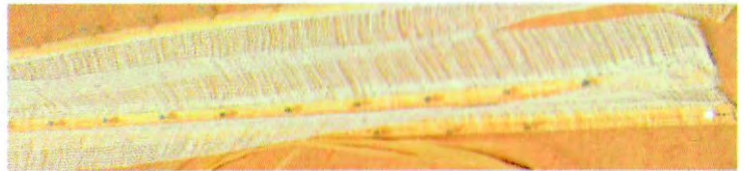


Figure 21: photo p.49

[...] « Le tour des bords – chiri-mawari

Le chiri-mawari veut littéralement dire « faire le tour des bords ». C'est un mélange sableux qui permet de limiter le retrait. Ce type de mélange est utile pour remplir tout type de grandes fissures ou des vides autour des bords. Ici, dans la méthode des « bandes tissées », il permet de combler le retrait entre le bois et le torchis. Il est appliqué avant le travail de l'enduit central / corps d'enduit nakanuri. Le chiri-mawari est appliqué de façon à créer un biseau vers l'intérieur. Le mélange se doit d'être sec et parfait pour accueillir deux passes du nakanuri.

Noren



[...] Une méthode sophistiquée : utiliser des « bande tissées ou des filets»

« Noren » le nom d'un style de « bandes tissées » - C'est également le nom de cette méthode. Il est fait d'une fine baguette de bambou d'environ un pied de long [environ 30 cm], semblable à une baguette de table chinoise, mais de section constante. Un tissu semblable à de la gaze de chanvre est étroitement enroulé et collé dessus avec de la colle transparente. Il y a 12 clous minuscules (similaires aux clous métalliques brillants 3/4 » # 19 par OOK) cloués à égale distance d'[environ 30 cm]. Une fois enveloppé, le filet lui-même mesure environ 1 inch [environ 2,5 cm] de



Figure 22: photos p.50

large. Il est coupé à cinq intervalles réguliers (faire 6 sections/morceaux). Il est ensuite cloué légèrement en retrait du niveau fini autour du panneau à l'aide d'un petit marteau (voir p. 43)).

Figure 22 : À gauche : noren avec un filet coupé, cloué et prêt pour le chiri-mawari. Au-dessus : avec le chiri-mawari appliqué, le filet n'est plus visible. Non seulement les bords, mais aussi les parties des panneaux muraux en terre réservées aux prises électriques et aux interrupteurs sont traitées avec du noren pour assurer l'ensemble structurel de ces sections délicates.

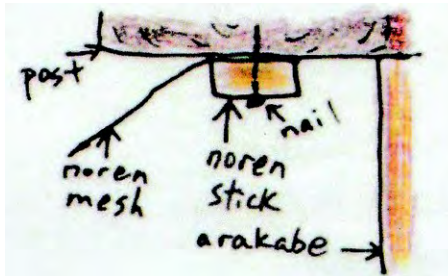


Figure 23: schéma p.50

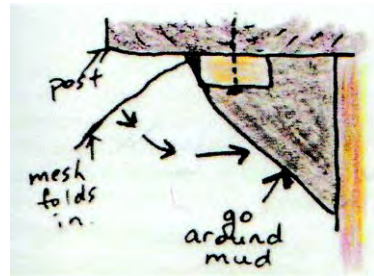


Figure 24: schéma p.51

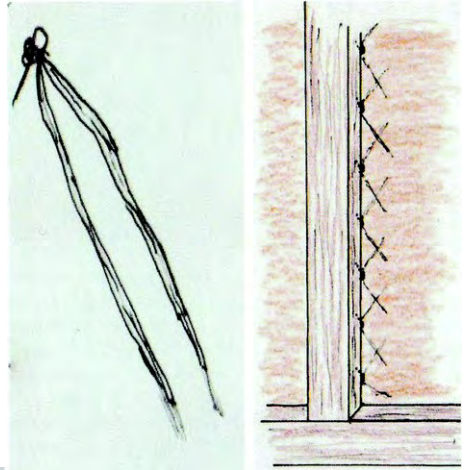
Figure 23 : Le rideau noren est cloué avec le filet tourné vers l'extérieur. La baguette de bambou est alignée au nu du niveau fini. L'extérieur du filet, là où le tissu dépasse, s'aligne légèrement au niveau fini. En général, l'épaisseur du chiri-mawari est juste bien pour deux passes d'enduit central/corps d'enduit nakanuri, et donc le noren est cloué « deux étapes après » l'étape de l'« âme du torchi » arakabe.

Figure 24 : Le biseau de boue sableux de chiri-mawari est légèrement appliqué sur le filet de bambou cloué. Les rideaux coupés sont repliés et frottent légèrement la barbotine de terre du chiri-mawari biseauté, de sorte que le tissu n'est plus visible. Aux coins du panneau, les rideaux sont coupés en biais de sorte que lorsqu'ils sont repliés, ils ne se chevauchent pas.

En utilisant des moustaches « higeko »

A droite : Croquis d'une moustache à fibre de chanvre et à clous.

Plus à droite : Des moustaches vues comme si on avait fait une radiographie au travers du torchis. Les clous sont cloués dans le bois, avec un angle de sorte que la tête du clou ne dépasse ni du mur d'arakabe sec ni du bois.



Les moustaches, qui étaient également utilisées dans un style de revêtement en lattis (nukibuse) décrit aux pages 43 et 44, sont des fibres de chanvre, attachées autour d'un petit clou placé à mi-distance des fibres. Ils sont souvent utilisés à la jonction entre un poteau arrondi et une section de panneau en train d'être enduite, car la pose de bandes tissées (noren) est assez difficile sur une surface arrondie. Les moustaches sont clouées avec le petit marteau à tête carrée illustré à la page 43 et enfoncées à l'aide du bout du marteau, qui est utilisé comme un chasse-clou.

Avec les fibres de chanvre croisées et incrustées dans l'enduit, et les clous enfoncés dans le bois, l'enduit ne peut pas rétrécir au niveau du bord, évitant ainsi les fissures liées à la jonction entre la terre et le bois.

Figure 25: Higeko photo p. 53



Figure 26: photo p.52

Cette image (Figure 26) montre que, d'un côté, des moustaches (higeko) ont été utilisées en combinaison avec le chiri-mawari du côté gauche, mais pas du côté droit. Pourquoi ? Si vous regardez attentivement, vous pouvez voir que le poteau au milieu est arrondi. Habituellement, lorsqu'un poteau est rond, des moustaches sont utilisées à la place des rideaux car cela donnerait des résultats laids de clouer le bâton de bambou sur le poteau rond, souvent inégal. Bien qu'il semble qu'il y avait suffisamment d'espace sur le côté droit du poteau arrondi pour permettre le rideau, car aucune moustache n'est visible. [il continue jusqu'en haut.] Le sakan qui a pris cette décision travaille dans des maisons de thé depuis des décennies. Malheureusement, je n'ai pas découvert le « pourquoi » de ce détail particulier. J'ai simplement trouvé cette photo dans mes archives et je l'ai trouvée intéressante. On dirait que les moustaches sont utilisées en combinaison avec les rideaux (noren) le long du haut sur le côté gauche. Pourquoi pas à droite ? Peut-être que le mur de gauche avait davantage besoin d'un renforcement que celui de droite.

En passant, remarquez à quel point cette ligne sur le poteau rond est plate. Une partie du travail du sakan consiste à « tromper » l'œil, pour que quelque chose d'impossible (une ligne plate sur une surface bosselée) ait l'air réel. Cool.

[...]

2 Les torchis sont-ils des isolants phoniques?

Usagers et professionnels de la terre crue témoignent de l'excellent confort phonique ressenti dans une maison présentant des parois en torchis. Pouvons-nous expliquer et caractériser le comportement acoustique des terres & des fibres ?

Participants

Christophe Tréhet (journaliste), Patrice Leu (maçon), Olivier Berthaut (artisan – entreprise SABA) et Arthur Hellouin de Ménibus (chercheur en matériaux – SCIC Eco-Pertica).

LES USAGES DE LA TERRE CRUE EN ISOLATION PHONIQUE : PLANCHERS, CLOISONS, MURS PÉRIPHÉRIQUES

[l'isolation phonique se décline sous deux problématiques parfois entremêlées : lutter contre la propagation des ondes à travers les parois et l'acoustique par limitation de la réverbération des parois¹⁴].

14 Source : Jean-Louis Beaumier, l'isolation phonique écologique, éditions terre vivante, 2011, 192 p.

LIMITER LA PROPAGATION DES ONDES D'UNE PAROI A L'AUTRE

Christophe Tréhet : « Patrice Leu : Vous refaites des planchers en terre crue [Figure 27]. Quel est votre point de vue sur l'intérêt du torchis en terme d'acoustique ? »

Patrice Leu : « Je conseille souvent aux gens de restaurer ou de refaire des planchers en terre, ne serait-ce que pour l'acoustique. Contre [la propagation]acoustique, il faut lutter soit par absorption, soit par réflexion. Avec la terre, on a les deux. La terre, c'est souple et c'est relativement lourd. En terme de confort acoustique, il n'y a pas mieux. C'est économique si on doit mettre en place un protocole important pour assurer l'acoustique d'un étage à l'autre. »

Christophe Tréhet : « Est-ce que vous réalisez également des cloisons ? »

Patrice Leu : « Oui, des cloisons de refends en torchis sur lattis, bien compacté, on a un affaiblissement acoustique important »

Guillaume Charrier : « Sur des projets où on ferait des chapes de terre sur des planchers d'étage, on a un solivage bois, un lattis sur lequel on va étaler un mélange terre fibre qui va faire 6-8cm. Est-ce que pour l'acoustique, c'est important de continuer le travail type masse-ressort-masse, est ce que pour la finition du plancher d'étage, c'est important de travailler sur un plancher bois qui serait léger, et ferait une autre densité par rapport à la terre, ou est ce que déjà une chape de terre avec un revêtement fin ou un revêtement lourd comme les tomettes ne ferait pas déjà une bonne atténuation acoustique ? »



Figure 27: Terri (plancher, chape de torchis) vu par dessous dans un bâtiment en maçonnerie de pierre sèche dans le Calvados, vallée de l'Orne. Photo Sophie Popot



Figure 28: Paleçons sur solivage en Champagne. Photo : Olivier Berthaut

Olivier Berthaut : « Traditionnellement en Champagne, nous avons un solivage avec soit des palissons bloqués dans une rainure à l'horizontale soit ce qu'on appelle de la « déballe », des planches de peuplier. Puis, au dessus, un torchis assez lourd, damé. Si c'était habité, on rajoutait une fine chape à la chaux avec de la tomette. Au niveau de l'absorption, on est très bien, à la fois en terme de continuité et de masse. »
[Figure 28]

Arthur Hellouin de Ménibus : « Dans le Perche, globalement on a une structure bois-torchis qui marche très bien pour de l'habitation. Structure bois, plancher bois, torchis. Peut-être que c'est optimisable, mais pour de l'habitation ça marche très bien.

Pour des projets plus complexes, peut-être que c'est intéressant d'optimiser davantage. Sur plusieurs chantiers où il fallait intervenir sur un plancher torchis existant ancien, on a fait une dalle sèche en chènevotte, On a déversé et nivelé puis damné le chènevotte sur le plancher existant, puis on a posé des plaques de fermacell seules et enfin du parquet, Là, on conserve la masse existante et on vient justement rajouter un ressort-masse. Le ressort va être le chanvre, la masse, le fermacell. Certes, ça amène du confort phonique, mais peut-être que le torchis était suffisant. Nous sommes intervenus parce qu'il fallait faire un ragréage, on récupère un niveau qu'il n'y avait plus. Il y a probablement un travail intéressant à faire de lister un certain nombre de modes constructifs traditionnels de plancher [Figure 29] d'estimer leur performance, et ensuite de mettre en place des solution d'isolation des planchers de différentes natures selon différentes contraintes et



Figure 29: Vu par dessous : Terri fraîchement posé: à gauche chape sur ganivelle / à droite quenouilles préfabriquées. Coutances (50) Chantier Guillaume Charrier / architecte sophie Popot

de voir qu'est-ce que ça change ? Est ce que le surplus de travail nous fait gagner 10 dB ou est que globalement on gagne 3-4 dB et ça ne mérite pas le travail supplémentaire que ça va demander ?



Figure 30: Microfilm de terre chanvre en partie haute d'un mur dans une salle polyvalente. Photo : Ecopertica

ESSAIS DE COMPORTEMENT ACOUSTIQUE RÉALISÉS PAR ECO-PERTICA¹⁵

ATTÉNUATION PHONIQUE D'UNE PIÈCE

Christophe Tréhet : « Côté Eco-Pertica, vous avez travaillé sur une salle polyvalente où vous avez pu mesurer les qualités acoustiques du mélange que vous utilisez. ? »

15 M. Degrave-Lemeurs, A. Hellouin de Menibus, P. Glé, Acoustical properties of hemp concretes for buildings thermal insulation: Application to clay and lime binders, *Construction and Building Materials*, 2018, 160, pp.462-474. In *Rapport d'avancement du projet ECO-TERRA n°4 (livrable définitif)*, Arthur Hellouin de Menibus, Thibaut Lecompte, Thibaut Colinart, Théo Vincelas, Hélène Lenormand, Erwan Hamard, Philippe Glé, Olivier Mareschal, Christophe Poilane, François Glaizot, Lionel Dujardin, Eco-Pertica, octobre 2020.

Arthur Hellouin de Ménibus : « Le premier chantier public qu'on ait fait, c'est un ERP catégorie 5 qu'on a réalisé en terre allégée, c'est une salle des fêtes. [Figure 30] Le terre allégée a été mise en œuvre sur le mur de refend, recouvert par un placo en partie basse et laissé apparent sur la partie haute. Le besoin exprimé est d'apporter de l'absorption phonique. On cherche des matériaux avec une certaine rugosité pour éviter d'avoir une réflexion du son et d'avoir de l'écho. On a réalisé des travaux pour réaliser un microfilm de barbotine. On a projeté une très fine couche d'argile, pas corrigée avec du sable car justement on veut qu'elle craquelle. Elle vient durcir la surface tout en donnant accès à la rugosité. »

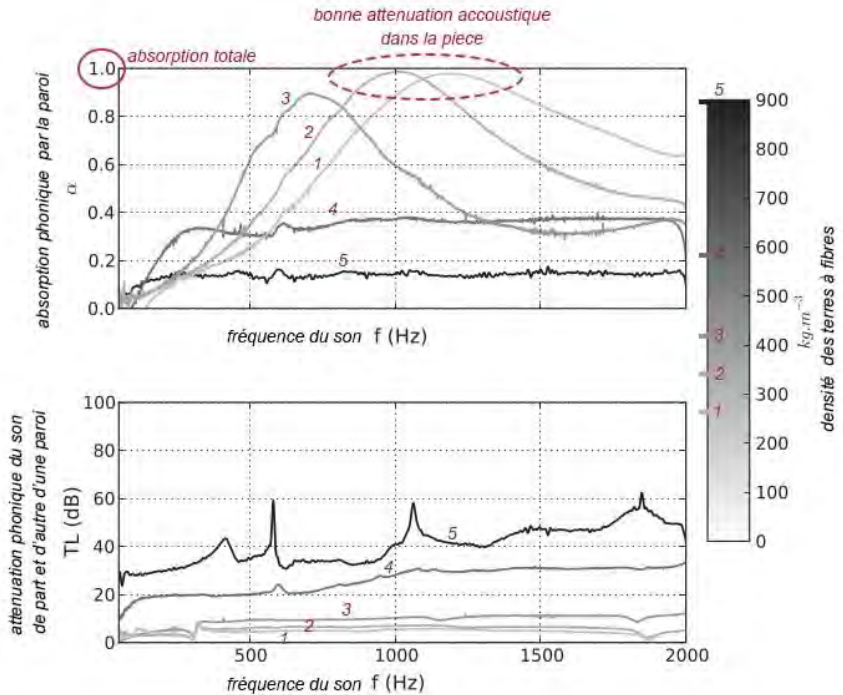


Figure 31: Graphiques d'absorption et d'atténuation phoniques sur des échantillons de terre allégée n°1- Auteur : Construction and Building Materials 160 (2018) 462–474, Acoustical properties of hemp concretes for buildings thermalinsulation: Application to clay and lime binders. Matthias Degraeve-Lemeurs , Philippe Glé , Arthur Hellouin de Ménibus

Rappel : Avec le CEREMA de l'Est, nous avons travaillé pendant 3 ans pour déterminer ce qui fait la performance d'une terre allégée. Nous nous sommes centrés sur le terre-chanvre, car nous avons des échantillons de chantier à disposition.

Le graphique [du haut Figure 31] correspond à l'absorption, c'est à dire le son absorbé par la paroi et qui ne revient pas. Il est nommé « alpha » et est représenté en ordonnée. En abscisse, la fréquence. Généralement, on cherche à atténuer la fréquence autour de 1000 Hz car elle est centrale dans la plage de fréquence de la parole humaine. On observe en partie haute des courbes claires, c'est à dire des mélanges assez légers, autour de 200-250-300 kg/m³. A cette densité, on observe des pics à 1000 htz qui sont à 1 en ordonnée, c'est à dire que 100 % du bruit que j'émetis est absorbé par la paroi et ne revient jamais.

Dès lors que la masse volumique augmente, entre 600 et 900 kg/m³, ce qui correspond à un torchis, le pic d'absorption redescend : plus le mélange terre-fibre est lourd et moins il a de capacité d'absorption phonique.

Le graphique du bas [Figure 31], correspond à l'atténuation phonique ou transmission phonique de part et d'autre d'une paroi. On observe que plus le mélange est lourd, plus on atténue le bruit pour les voisins.

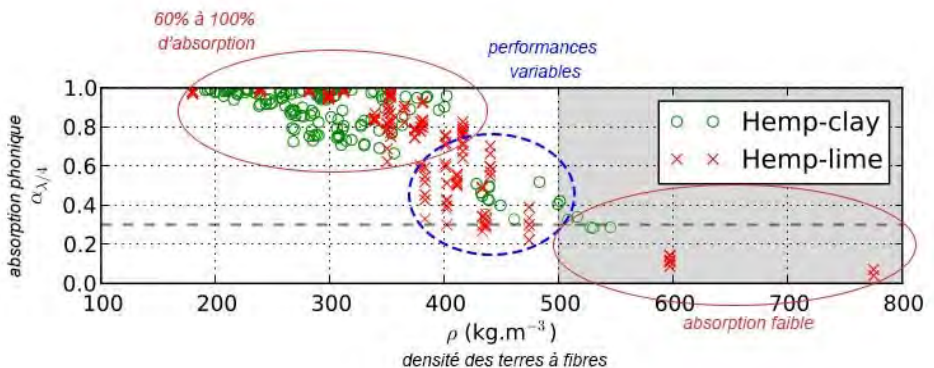


Figure 32: Graphiques d'absorption et d'atténuation phoniques sur des échantillons de terre allégée n°2- Auteur : Construction and Building Materials 160 (2018) 462–474, Acoustical properties of hemp concretes for buildings thermalinsulation: Application to clay and lime binders. Matthias Degrave-Lemeurs , Philippe Glé , Arthur Hellouin de Menibus

On peut donc optimiser les terres allégées en fonction de la problématique phonique. Si on veut une très bonne correction phonique, pour une salle de spectacle, cantine, salle des fêtes, on va optimiser les terres allégées et leurs finitions. Si on cherche à atténuer la transmission des bruits entre voisins, on va réaliser un mélange plus dense, ou alors constituer un système masse-ressort-masse.

Le graphique [Figure 32 p. 41] fait partie d'une étude de comparaison entre chaux-chanvre (croix rouge) et le terre chanvre (rond vert). Chaque point correspond à un échantillon testé.

Il montre que jusqu'à environ 400 kg/m^3 , on a un pic d'absorption entre 60 et 100 %, ce qui est énorme, et dès lors qu'on passe au dessus de 400 kg/m^3 , on a une zone un peu brouillée, qui montre que la performance est très dépendante du dosage, de la texture, de la finition, et dès lors qu'on passe au dessus de 500 kg/m^3 , le mélange absorbe très peu.

RÉSUMÉ TECHNIQUE **ISOLANT PHONIQUE**

- Les témoignages qualifiant les **torchis** présentant d'excellentes propriétés acoustiques abondent. Mais les données techniques, instrumentées manquent. De plus, on confond souvent les problématiques : limiter la propagation des bruits à travers les parois ou améliorer l'acoustique d'une pièce ?
- La zone de basculement entre absorption et atténuation se situe autour de 400 à 500 kg/m³. C'est à dire que les variations de densité sont à maîtriser afin de choisir, selon les besoins, d'atténuer le son dans une pièce, de limiter la propagation des ondes ou de trouver un compromis entre les deux. Nous disposons de valeurs qui permettent de caractériser le comportement phonique du terre-chanvre et de proposer son utilisation dans les équipements publics.
- Application de l'effet masse-ressort-masse : l'intérêt des torchis est de mettre en œuvre différentes couches plus ou moins « molles » et « dures » qui vont contribuer à la qualité acoustique. Il est toujours conseillé de coincer entre 2 couches « dures », une couche « molle ». L'intérêt des torchis et terre-fibre est que l'on peut faire le mode constructif et le mélange que l'on veut selon notre besoin.
- La finition joue un rôle important dans le comportement acoustique des torchis en terme d'absorption phonique. La densité dans l'atténuation. Ainsi, il semble acquis que le terri ou plancher de torchis en complément de l'usage en cloisons, murs et rampants contribue fortement au confort global des constructions.
- L'étanchéité à l'air est essentielle pour l'acoustique. La meilleur façon de ne pas entendre son voisin, c'est de fermer la porte et avoir une bonne étanchéité à l'air. Dans la réflexion, ne pas oublier d'y ajouter la problématique des réseaux, qui peuvent représenter autant de ponts phoniques.

3 Comment se comportent les torchis vis-à-vis du feu ?

Usagers et professionnels de la terre crue témoignent de l'excellent comportement des matériaux à base de terre vis-à-vis du risque incendie, alors que les idées reçues et la réglementation ne sont pas favorables aux torchis en tant que matériau coupe-feu. Quelle est la situation ? Sur quelles techniques pouvons-nous nous appuyer ?

« J'ai assisté des experts sur des sinistres incendie, quand il y a un plancher en terre à l'étage et que l'incendie s'est déclaré au rez-de-chaussée, l'étage n'est pratiquement pas touché. » - Patrice Leu, maçon du bâti ancien.

Participants

Christophe Tréhet (journaliste), Nicolas Knapp (Architecte), Olivier Berthaut (artisan – entreprise SABA), Léa Chevrier (Architecte), Elwire Wittmer (Architecte) et Arthur Hellouin de Ménibus (chercheur en matériaux – SCIC Eco-Pertica).

ÉTAT DES LIEUX DE LA RÉGLEMENTATION : CARACTÈRE COUPE-FEU ET INCOMBUSTIBLE

Arthur Hellouin de Ménibus : « il faut distinguer la réaction au feu [et le caractère incombustible], c'est à dire à quel point le matériau se comporte comme un combustible, et son caractère coupe-feu.

Concernant la réaction au feu, la réglementation est très sévère : dès qu'il y a plus de 1 % de masse végétale dans un mélange, le mélange devient combustible. Or, il y a largement plus de 1 % de masse végétale dans le torchis. Nous avons fait des petits essais en laboratoire et on observe qu'au delà de 600/700 kg/m³, le mélange terre fibrée est en réalité incombustible. Les fibres sont tellement enrobées qu'elles ne sont pas accessibles au feu.

Concernant le caractère coupe-feu, la mesure en laboratoire s'effectue ainsi : on applique le feu d'un côté de la paroi, et de l'autre, on mesure l'élévation de température, et on observe l'étanchéité aux flammes et gaz chaud. Pour des éléments porteurs, on regarde également le maintien de la portance. La cinétique de montée en température en face opposée au feu e temps dépend essentiellement du caractère isolant & déphasage de la paroi, ainsi que de son inertie. Une paroi très légère, comme le terre-chanvre, a peu d'inertie, une paroi très lourde, comme la bauge, a beaucoup d'inertie, on peut supposer que les torchis, qui ont une masse volumique intermédiaire, soient de bons coupe-feu car ils présentent à la fois un assez bonne inertie mais aussi une certaine capacité d'isolation, mais aucun essai n'a encore été fait¹⁶. »

LES DISPOSITIFS DE PROTECTION AU FEU DANS LE BÂTI TRADITIONNEL ET LES TRANSPOSITIONS POSSIBLES

Patrice Leu : « Pour la stabilité [éviter la propagation] au feu d'un étage à l'autre, on s'est aperçu en assistant à des sinistres, que des parties de bâtiment avec des planchers en terre n'étaient quasiment pas touchées par l'incendie.»

Nicolas Knapp : « Pour un plancher en terre fibrée [torchis], la terre devrait être considérée comme pare-flamme par un bureau de contrôle sans trop de difficulté,

16 Voir norme NF EN 13501-1 & annexe 3 de l'arrêté du 21 novembre 2002 modifié : Produits bénéficiant des classements conventionnels A1 ou A1FL : Les éléments en argile

cependant, la question se pose de la protection des solives. Les solives doivent être calculées pour être stables au feu 30 minutes, il faut les surdimensionner. »

Olivier Berthaut : « Dans le bâti ancien, les solives supportaient un plafond en plâtre sur lattis, le plâtre étant naturellement incombustible. Les plafonds pouvaient également être en terre, sur une base de terre très fine fibrée avec du crin, recouverts d'un badigeon à la chaux. »

Patrice Leu : « A Paris¹⁷, le plâtrage des façades était obligatoire pour empêcher la propagation du feu. Le plâtre gros est un matériau très pérenne, qui peut s'entretenir très facilement avec un badigeon à base de chaux aérienne. »

Léa Chevrier : « Comment se gère le plâtre en extérieur ? »

Olivier Berthaut : « Le plâtre gros est un plâtre peu cuit, assez brut, c'est un plâtre d'extérieur. Contrairement aux plâtres d'intérieur, ce plâtre durcit et devient aussi raide que de la pierre. C'est ce qu'on appelle les enduits du Marais, beaucoup de façades sur Paris, en pans de bois, sont recouvertes de plâtre avec en enduit en faux appareillage. On a l'impression que c'est de la pierre mais c'est du plâtre. »

Elwire Wittmer : « Il faut simplement prévoir des corniches pour éloigner l'eau des façades ».

Nicolas Knapp : « Est-ce que cet enduit va carbonater avec le temps ? »

Olivier Berthaut : « Le plâtre gros, c'est compliqué à travailler car ça prend en 5 minutes, c'est très physique à faire, il faut travailler très vite. On peut l'adjuvanter avec de la chaux aérienne pour ralentir un peu la prise. Dans le temps, une carbonatation se fait grâce aux éléments incuits et aussi parce que le plâtre gros n'est pas composé uniquement de gypse, il y a naturellement du carbonate de calcium. Avec le temps, il devient très raide. »

17 Du fait de l'exportation du plâtre depuis Paris vers Le Havre, les types constructifs de toute la vallée de la Seine en Normandie sont apparentés aux constructions d'île de France et présentent de nombreux emplois du plâtre. Voir : Sophie Popot, article *le torchis en Normandie* in Collectif : sous la direction de Claire-Anne de Chazelles, Emilie Léal et Alain Klein, *Construction en terre crue : torchis, techniques de garnissage et de finition, architecture et mobilier. Échanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue*, volume 4. Actes de la table-ronde internationale de Lattes (34), 23-25 novembre 2016. de. Editions de l'Espérou. 2018. 543 p.)

RÉSUMÉ TECHNIQUE - FEU

- Il convient de bien distinguer : la réaction au feu et le caractère coupe – feu.
- La réaction au feu :

Source : étude BIOBAT¹⁸ / « - La **réaction au feu** qui caractérise comment un matériau se comporte comme combustible.

A1	Aucune contribution au feu
A2	Très faible contribution au feu
B	Contribution faible au feu
C	Contribution significative au feu
D	Contribution élevée au feu
E	Contribution importante au feu
F	Contribution très importante au feu
NPD	Pas de comportement en réaction au feu déterminé

Classement européen de réaction au feu

Le matériau Terre constitué d'argile est classé A1

Source : étude d'opportunité PN TERRE¹⁹ / « Le caractère incombustible de la terre crue permet de le classer M0 (A1 ou A2-s1-d0) et peut aisément être étayé par l'emploi de l'annexe 3 « classements conventionnels » de l'arrêté du 21/11/2002 concernant la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement. Cependant, cet argumentaire n'est communément admis que pour des techniques de construction en terre n'employant pas de fibres végétales ou autres matériaux organiques : le classement A1 n'est admis que pour une teneur en matières organiques inférieur ou égal à 1%, en poids ou en volume (selon la valeur la plus faible). Par conséquent, des essais de détermination de la résistance au feu (essai feu) pour classer la réaction au feu des parements issus de 8 techniques constructives en terre crue amendée de fibres végétales, devraient être menés afin de valider le classement Mo pour toutes les parois contenant majoritairement de la terre. »

Source :

20200429_Les_risques_incendie_dans_la_construction_paille_Olivier_Gaujard_Paillardage_

18 [Arthur Hellouin de Menibus, Samuel Courgey, ARPE, mars 2021, BIOBAT : analyse des besoins en recherche participative sur les éco-matériaux locaux Normands. 97p.](#)

19 https://projet-national-terre.univ-gustave-eiffel.fr/fileadmin/contributeurs/PN_Terre/Etude_opportunite.pdf

RFCP.pdf : « La loi du 10 août 2018 pour un Etat au Service d'une SOciété de Confiance – dite loi ESSOC – donne la possibilité d'utiliser des « solutions d'effet équivalent » pour répondre à certaines exigences réglementaires (article 49).

A notre connaissance, les essais de réaction ou de résistance sur des torchis font défaut. Si, vous détenez ces données, nous vous remercions par avance de les signaler à l'ARPE Normandie ou à la Confédération de la construction en terre crue : contact@conf-terrecreue.org

- **Le caractère coupe-feu :**

Seuls les enduits en tant qu'écran thermique ont été testés ; et dans certains cas seulement, sur botte de paille par exemple.

La complexité des enduits c'est qu'il faut les tester sur leur support, car le coupe-feu est maintenu notamment tant que l'enduit reste accroché sur son support.

- **A retenir en première approche :**

D'après les dernières mesures, quelques principes se dessinent mais restent à confirmer :

- - la présence de fibres végétales est pénalisante en réaction au feu.
- - l'inflammabilité est relative à la masse volumique quelque soit le type de fibre ou de liant.
- Les matériaux fibrés < 600 kg/m³ restent combustibles.
- Ceux qui présentent une masse volumique > 800kg/m³ ne sont pas combustibles. (Attention, résultat qui reste à officialiser)
- Des essais dans cette fourchette entre 600 et 800 kg/m³ sont donc nécessaires au développement de la construction avec **les terres & les fibres**. De ce fait, il convient d'être extrêmement

vigilant aux techniques mobilisées pour édifier des cloisons ou élément d'ouvrage de terres & de fibres.

Autres sources :

RFCP Classement de réaction au feu d'un mur en bottes de paille enduit à la chaux ou terre crue (masse volumique 100kg/m³) : Classement de réaction au feu (EN 13501-1:2007) : **B – S1 – d0**

La SCIC Ecopertica a obtenu le même résultat (**B-S1-d0**) pour un mélange terre chanvre projeté à 319 kg/m³

Le site <https://terrepaille.fr/conception> recense les essais et évaluations des terre-paille nu (non enduit). Avec une densité de 400kg/m³, le résultat est : C-S1-D0 – l'absence de revêtement (enduit terre ou autre) démontre l'importance de l'écran thermique (pare feu).²⁰

20 [Les auteurs de cet essai n'avaient pas appliqué de barbotine sur les quelques brins de paille qui rebiquaient. Par ailleurs, la paille a un comportement curieux, les brins de surface se relèvent lors de l'exposition à la flamme, ce que ne fait pas le chanvre, et cela pourrait aussi expliquer le classement un peu moins-bon du terre-paille. C'est un effet de surface, globalement, cela ne rend pas le terre-paille plus dangereux que le terre-chanvre.]

Les rencontres Des terres & des fibres - 2^e session : le 20 novembre 2020

Revue de quelques éléments constitutifs des terres & des fibres

LES ANIMATEURS :

Les rencontres ont été préparées et illustrées (sauf mentions bibliographiques) par :

Grégory Boulén (Arpe Normandie)

Christophe Tréhet (journaliste)

Sophie Popot (Architecte),

Olivier Berthaut (artisan – entreprise SABA Aube),

Jan Minne (artisan – entreprise 6 pieds sur terre Normandie)

Nicolas Maze (Charpentier Normandie)

Samuel Courgey (référent technique , association Arcanne)

Jean-Luc Le Roux (charpentier Bretagne)



Figure 33: Le mélange en cours au premier plan; la barbotine au fond. Photo : Jan Minne



Figure 34: Le mélange obtenu. Photo : Jan Minne

4 Que faire en fonction du type de fibres ?

De multiples fibres végétales et animales ont été utilisées pour confectionner les torchis. Les méthodes et productions agricoles évoluant, les artisans s'adaptent à de nouveaux courants d'approvisionnement. En Normandie, l'industrie textile à partir de chanvre et de lin se développe et génère de nouvelles ressources.

« Dans les coopératives près de chez moi, les linières vendent des anas²¹ utilisés comme litière pour chevaux, sans la graine, et parfois, ils ont des anas où les graines n'ont pas été retirées, qui sont très bon marché, donc, c'est une ressource importante et disponible » Jan Minne, maçon

Participants

Christophe Tréhet (journaliste), Jan Minne (maçon), Guillaume Charrier (maçon), Laurent Bouyer (association Enerterre), Olivier Berthaut (maçon), Nicolas Maze (charpentier), Samuel Courgey (réfèrent technique).

21 Ne pas confondre : la fillasse qui va devenir la fibre textile, extraite de l'extérieur de la fibre. L'Étoupe de chanvre ou de lin est une fillasse impropre. Les Anas de lin : Fragments de paille récupérés lors du teillage proviennent de l'intérieur de la fibre. Chènevotte : Granule végétale provenant de la fragmentation de l'intérieur de la fibre de chanvre. Graines et l'huile sont aussi extraits de cette plante.



Figure 35: Test 1 de terre allégée en cloison intérieure. Photo : Jan Minne

UTILISER DES ANAS DE LIN POUR RÉALISER DES TERRES ALLÉGÉES ?

Jan Minne : « [Figure 33 à Figure 35]: j'ai commencé à faire ce premier test, on voit que l'anas de lin est une fibre très courte. J'ai réalisé la barbotine de terre à la bétonnière, tamisée à l'état liquide puis retour à la bétonnière avec la fibre. Lors de la première tentative, je n'ai pas trop tassé, dans l'idée qu'il fallait que ça soit pas trop tassé pour que ce soit isolant. Ça n'a pas bien marché, le mur ressemblait un peu à un isolant souple, inapte à recevoir un enduit. J'avais utilisé la terre du torchis de démontage, elle n'était pas très argileuse et pas très collante. J'ai démonté et recommencé en tassant beaucoup plus le mélange.

Ensuite, [Figure 36 à Figure 38]: j'ai réalisé un 2e chantier en terre-lin, une cloison intérieure dans un garage, d'une épaisseur entre 10 et 15 cm. J'ai bien tassé et j'avais une terre plus argileuse. Au final, le résultat était vraiment satisfaisant, bien rigide pour supporter un enduit. J'ai réalisé un enduit terre en 1 couche.

Christophe Tréhet : « Que retenir-vous de vos expériences autour de l'usage des anas de lin ? Est-ce que cela renforce votre envie de mettre en œuvre ce matériau disponible chez vous?

Jan Minne : « Je pense que la fibre est trop fine et trop courte, dans la plupart des cas, pour que les fibres se croisent et aient suffisamment de maintien. J'ai fait d'autres essais avec du terre chanvre, et la fibre [la chènevotte] est plus grosse, plus longue, et là, le résultat est plus satisfaisant. Sur mon 2° chantier terre-lin, bien tassé, le résultat était satisfaisant. Je serais vraiment intéressé à faire un test de performance thermique du terre-lin pour savoir si c'est intéressant. » [voir tableau 1 Figure 44 p. 66]

Guillaume Charrier : « Je peux partager un retour d'expérience d'un chantier réalisé par Anne Lequertier, elle a beaucoup travaillé sur les mélanges banchés, je suis passé sur un chantier à Landigou [Figure 39 p.59]. Elle a travaillé avec des anas de lin et la terre issue du torchis d'origine, la terre n'était pas très argileuse mais ça s'est bien passé. Ce qui est intéressant, c'est le système de montant. Il n'y a pas d'ossature à l'intérieur de la terre-allégée. Les montants sont positionnés, puis les banches sont posées contre les montants, vers le mur, puis le mélange est bien tassé. Pour des épaisseurs où il n'y a pas besoin d'ossature dans le mélange de terre allégé, le résultat est correct et c'est bien tassé. Elle a déjà réalisé plusieurs chantiers en terre-lin et ça se passe bien. »

Jan Minne : « Il n'y a pas d'ossature ? L'épaisseur me semble importante. »



Figure 36: Test 2 : cloisonnement en terre allégée en cours. Photo : Jan Minne



Figure 37: Test 2 : terre allégée bien tassée

Guillaume Charrier : [Figure 40 p. 60]
« Le mur n'était pas du tout droit. La démarche était plutôt de recréer un plan, avec une épaisseur moyenne de 5 cm, mais avec des endroits à 3 cm et des endroits à 10cm. Avec ce système, c'est assez facile de contourner les boîtiers d'électricité en mettant une banche de chaque côté. Les pieds de murs étaient traités avec des plaques de liège collées à la chaux. »

Olivier Berthaut : « Je m'interroge sur l'interface entre le mur existant et le terre-lin, et je me pose la question de l'accroche avec le mur existant. Ça fait penser à du chaux-chanvre, mais généralement, on crée une petite structure bois avec des vis lardées dans les montants, pour créer une accroche. »

Guillaume Charrier : « Personnellement, je ferai un gobetis ou quelque chose d'appliqué sur le torchis. Puis on pose le terre-lin à frais pour créer une liaison humide avec le support. »

Olivier Berthaut : « Sur le problème de la fibre courte, le lin et le chanvre sont des fibres courtes difficiles à enchevêtrer. A l'IUMP de Troyes, on a fait des essais, en plus des lattes à l'horizontale, on a tressé de l'osier pour densifier la trame, et on a de bons résultats, une bonne tenue. Tressage assez serré à 5-10 cm. »

Laurent Bouyer : « Dans le cadre de nos chantiers participatifs, nous avons mis en œuvre des mélanges terre-fibre, avec du lin, du chanvre ou du myscanthus. Le chanvre présente une grosse absorption d'eau, ça fait des grosses quantités d'eau, et ce n'est pas facile à travailler. A la fin, le chanvre absorbant beaucoup d'humidité, on est obligé de retravailler le mélange. Le lin, la mise en œuvre est complexe car le mélange est difficilement ouvrable. Le myscanthus pourrait être intéressant à travailler avec des fibres beaucoup plus longues. On travaille sans banchage, mais on souhaite le développer. On travaille beaucoup avec Simon Martin, ancien des Guêpes Maçonnes, qui a mis en œuvre



Figure 38: Test 2 achevé, après enduit de finition.
Photo: Jan Minne



Figure 39: Terre-lin banché à Landigou. Photo: Anne Lequertier

dans son habitat un terre lin banché avec très peu de terre, et l'application au préalable d'une barbotine sur le mur. Il est très satisfait du résultat, le terre-lin banché fait entre 7 à 8 cm d'épaisseur. »

Samuel Courgey : « Concernant les expériences présentées, selon moi, la première question à se poser est : est-ce que je veux d'abord une isolation thermique, d'abord de l'inertie ou un mélange entre les 2 ? Si vous voulez de l'isolation, je pense que les fibres longues sont séduisantes car une partie de cohésion de l'ensemble est liée à l'entremêlement des fibres. »



Figure 40: Terre Lin banché à Landigou. Photo : Anne Lequertier

ASSOCIER TERRE ALLÉGÉE ET TORCHIS EN ISOLATION THERMIQUE

Nicolas Maze :
[Figure 41] « J'ai
pratiqué cet été un
mélange où on a
une structure
porteuse dans
laquelle on va avoir
un terre-paille très
allégé et une trame
de petits bois sur
laquelle on va venir
appliquer un
torchis, donc un
mélange lourd, en
remplacement du
banchage.

Vous voyez un
chevronnage qui
tient le terre paille,
et par devant, nous
avons appliqué un
torchis avec un
mélange de paille
et de foin, pour
avoir de la fibre
longue, en chantier



participatif. La trame est faite avec de la petite latte de chêne délégné en biais, sur laquelle nous avons ajouté une latte verticale pour avoir notre épaisseur de torchis, donc 3 cm de torchis et 8 cm de terre paille, en isolation par l'intérieur d'une maison en pierre. Ça se tient vraiment bien. En finition, on peut faire des enduit ou fixer du placo. »

Figure 41: Torchis de paille avec trame de petit bois. Photo : Nicolas Maze

RÉALISER UNE TERRE-ALLÉGÉE EN REMPLISSAGE D'UN PAN DE BOIS

Jan Minne : [Figure 42] « Pour réaliser un remplissage entre colombages, j'ai testé un terre-paille de blé avec fibre longue et banché. Assez satisfaisant, parfois le coffrage n'était pas bien plaqué contre le colombage, et parfois le mélange n'était pas assez bien tassé dans les coins, donc il y a des points de vigilance à avoir. Pour créer le retrait nécessaire à la réalisation de l'enduit extérieur, j'ai décapé la surface avec une meuleuse et un disque râpe, c'est efficace mais ça fait beaucoup de poussières. La prochaine fois, je mettrai des plaques d'OSB entre les colombages pour créer le retrait. »

Guillaume Charrier : « Pour les remplissage entre colombages, j'ai beaucoup réfléchi et je pense que la paille de blé n'est pas le plus pratique car la terre-allégée arrive au nu du bois et on n'a plus la place pour réaliser l'enduit. Découper des planches de coffrage entre colombage, c'est galère. Je pense que la paille de blé n'est pas très adaptée et qu'il est plus facile d'utiliser de la fibre courte et de venir gratter après la mise en œuvre pour créer le retrait nécessaire à la réalisation de l'enduit. »

Olivier Berthaut : « Quand je fais du chaux-chanvre ou du terre-paille, je mets un talochon, l'arrière du talochon vient à fleur des colombes, on a automatiquement le retrait pour l'enduit. Je rentre l'épaisseur de la taloche à fleur du parement des colombes et ça me laisse un bon cm pour réaliser les enduits. Je le monte au fur et à mesure que je réalise le remplissage. »



Figure 42: Essai en enveloppe vu de l'extérieur. Terre Lin décoffré à gratter pour faire un enduit à fleur du colombage vu de l'extérieur . Photo : Jan Minne

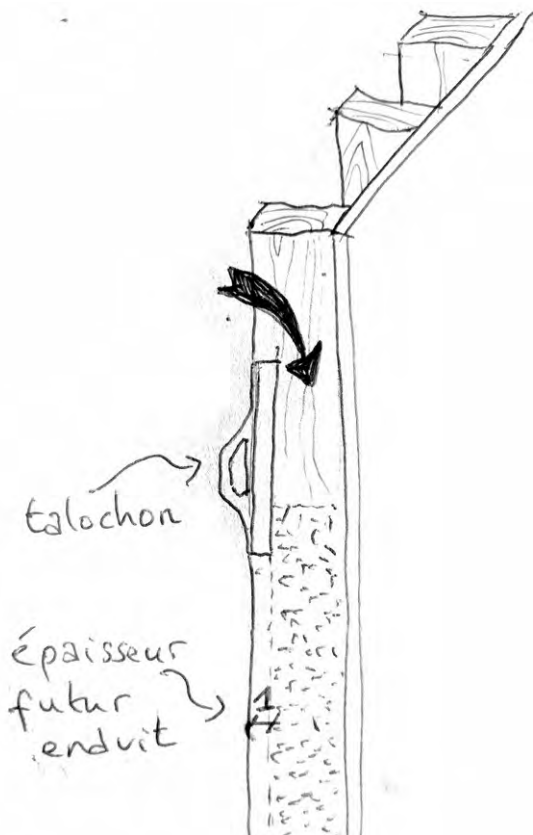


Figure 43: Schéma illustrant la technique du talochon pour maintenir un creux nécessaire à l'enduit dans l'entre colombages (la banche étant fixée au colombes) AUTEUR : Caroline Charvet

RÉSUMÉ TECHNIQUE : QUE FAIRE EN FONCTION DU TYPE DE FIBRE ?

- Il est possible d'utiliser toutes sortes de fibres, courtes ou longues, souples ou rigides (mais s'assouplissant avec l'humidité du mélange) dans la confection de **torchis** et de **terres allégées**, en fonction de :
 - la performance recherchée (isolant thermique et/ou acoustique, aspects de surface)
 - la position (cloisonnement intérieur, enveloppe, plancher ...),
 - du support de fixation ou d'accroche,,
 - des contraintes de la structure, de l'épaisseur, de la terre associée, et
 - des opportunités d'approvisionnement ...
- Point de vigilance à la cohérence et à l'adhésion des doublages / contre parois à parfaire avec l'apport des ossatures secondaires, des supports de fixation des **torchis** et des supports d'accroche des **terres allégées** projetées ou compactées...(Les cloisons de toute nature doivent notamment résister au choc latéral d'une masse de 50kg : voir le NF-DTU 20.13 des cloisonnements en maçonnerie des petits éléments et carton plâtre décrivant les tests à effectuer)
- Les **terres allégées** se caractérisent par des propriétés thermiques isolantes. En général, ce n'est pas l'effet recherché en cloisonnement intérieur, sauf aux étages, où l'on peut préférer une terre allégée si la structure ne permet pas de supporter de surpoids. Si la structure accepte ce surpoids, on privilégie, les **torchis** de cloisonnement, de doublage ou de plancher avec de l'inertie thermique (plus grande proportion de terre), des propriétés

coupe feu et une performance acoustique accrue en associant judicieusement les effets masse ressort masse et des finitions lisses et rugueuses.

Pour aller plus loin sur la valeur du lambda en fonction de la masse volumique ou le type de fibre :

- **voir BIOBAT - M10** ²²: Peut-on classer la performance thermique des enduits chaux-chanvre en fonction de leurs dosages et de la technique de mise en œuvre ?
- **Tableau ci dessous :**

Figure 44: Extrait de : Hélène Lenormand, Angélique Mahieu, Nathalie Leblanc, Alexandre Vivet. Nouvelles agroressources pour panneaux de particules 100% biosourcés. Conférence Matériaux 2014 - Colloque Ecomatériau, Nov 2014, Montpellier, France. Hal-01144554-

ATTENTION : ces valeurs ne sont pas mesurées à 10°C comme c’est le cas conventionnellement pour les isolants.

Agroressource	Λ à 20°C (w/m/K)	Masse volumique apparente (kg/m³)
Chênevotte	0,064 (mini 0,056 / maxi 0,072)	106 (mini 99 / maxi 113)
Anas de lin	0,068 (mini 0,062 / maxi 0,074)	113 (mini 110 / maxi 116)
Écorce de tournesol	0,070 (mini 0,067 / maxi 0,073)	135 (mini 132 / maxi 138)
Paille de Colza	0,067 (mini 0,063 / maxi 0,071)	78 (mini 77 / maxi 79)
Bois (colle)	0,074 (mini 0,069 / maxi 0,079)	160 (mini 155 / maxi 165)

22 [Arthur Hellouin de Menibus, Samuel Courgey, ARPE, mars 2021, BIOBAT : analyse des besoins en recherche participative sur les éco-matériaux locaux Normands, 97p.](#)

5 Les mélanges fermentés

« Au moment de la rédaction du Guide des bonnes pratiques, il y a eu un débat sur la durée d'utilisation du mélange à torchis. Pendant ma formation, on m'a enseigné qu'il faut l'utiliser très rapidement. Mais j'ai des doutes après avoir observé certains phénomènes. Qu'en pensez vous ? » Jan Minne, maçon, entreprise 6 pieds sur terre.

Participants

Christophe Tréhet (journaliste), Jan Minne (maçon) et Emy Galliot (architecte – s'lehmbau atelier)

PEUT-ON LAISSER FERMENTER LE MÉLANGE TERRE ET FIBRE AVANT EMPLOI ?

Jan Minne : « Cette année, j'ai préparé le torchis au malaxeur planétaire en septembre et on l'a posé en novembre. Il avait 2 mois complet entre la fabrication et la pose, il avait bien fermenté. Il s'est très bien comporté, il n'a pas fissuré. On l'a préparé au malaxeur planétaire pour avoir un mélange bien liquide et incorporer beaucoup de fibres. La fermentation utilise la cellulose qui est dans la fibre. Probablement, si on laisse le mélange fermenter pendant 1 an, il ne restera plus grand-chose de la fibre, mais là après 2 mois, ça a très bien marché. La pose du torchis était vraiment très agréable, la fibre s'est bien assouplie. Il y avait de la paille de seigle, de blé, du foin, ça a bien marché. »

Jan Minne : « Si le mélange fermente, il sera probablement plus résistant pour les enduits en terre. Ma seule référence, c'est le petit livret de Amaco sur les stabilisants organiques pour les enduits en terre [voir p.70]. J'ai bien envie de tester. »

Emy Galliot : « Je suis basée en Alsace et je fais un retour de la part d'un artisan, Patrick Martinez, entreprise Habiterre. Il utilise vraiment, voire toujours, la technique de fermentation, il laisse reposer le torchis fermenté pendant 2/3 mois, ou bien avec du crottin de cheval. Il a réalisé la façade de sa maison comme ça, la façade est exposée avec une petite avancée de toit. Pareil pour les enduits. L'enduit est nickel 10 ans après. »

Fibres naturelles	% Cellulose	% Hémicellulose	% Lignine	% Pectine	% Graisses	% Eau	Angle de microfibrille (°)
Chanvre	70 - 74	17,9-22,4	3,7-5,7	0,9	0,8	6,2-12	2-6,2
Lin	71	18,6-20,6	2,2	2,3	1,7	8-12	5-10
jute	61-71,5	13,6-20,4	12-13	0,2	0,5	12,5-13,7	8
Coton	85-90	5,7	-	0-1	0,6	7,85-8,5	-
Sisal	66-78	10-14	10-14	10	2	10-22	10-22
Ramie	68,6-76,2	13,1-16,7	0,6-0,7	1,9	7,5-17	0,3	7,5
Kénaf	45-57	21,5	8-13	3-5	-	-	-

Figure 45: Composition de différents types de fibres végétales Mohanty, A.K., Misra, M., Drzal, L.T., et al. (2005) Natural Fibers, Biopolymer and Biocomposites. CRC Press, Boca Raton, 20-21.

RÉSUMÉ TECHNIQUE **FERMENTATION DU MÉLANGE**

- La fermentation des mélanges des **terres & des fibres** avant application est usuelle et se pratique en préparation des mélanges à torchis. Il s'agit de la fermentation des fibres dans le milieu humide du mélange. Ce phénomène est aussi employé dans les enduits dont les matériaux de composition sont souvent issus des mélanges à torchis.
- L'expérience montre qu'une fermentation de 2 à 3 jours à 2 mois assouplit les fibres et ne crée pas de désordre une fois en œuvre (voir 1 an dans Reynolds Emily, Japan's Clay Walls, Peace street publications, 2009).
- En général, cela entraîne une meilleure cohésion du mortier, en séchant, on obtient une surface hydrophobe (qui rejette l'eau) et plus dure (résistante à l'abrasion), plus fermée au passage de l'air si la densité le permet. L'inconvénient pouvant être l'absence de réversibilité de la terre crue (avec l'adjonction d'huile de lin crue ou tout siccatif par exemple, mais cela reste surfacique et pour des emplois très spécifiques)
- En France, les témoignages les plus courants emploient :
 - - la bouse de vache et le crottin de cheval (éléments cellulose pré décomposés)
 - - la balle et la fibre végétale fermentée (apport cellulosique améliorant la cohésion et facilitant la viscosité des mélanges)

Pour aller plus loin : consultez :

Vissac, Aurélie, Ann Bourguès, David Gandreau, Romain Anger, et Laetitia Fontaine. Argiles et biopolymères. Villefontaine: CRAterre, 2017

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01682536/document>

[extrait : p. 18 : « La macération de fibres végétales conduit, lorsque les conditions de température et d'humidité sont favorables, à leur décomposition par des micro-organismes (bactéries et champignons). Ils dégradent peu à peu la matière organique en commençant par absorber des sucres simples. Ils s'attaquent ensuite, par leurs enzymes extracellulaires, à des biopolymères plus ou moins aisément dégradables (pectines, amidon, cellulose, etc.). En revanche, certaines macromolécules comme la lignine sont difficilement dégradées. Au fur et à mesure de cette dégradation, les molécules de cellulose et autres fibres microscopiques se séparent, la matière végétale se divise : la surface de contact entre les argiles et ces fibres végétales microscopiques est très grande, leurs chances d'interagir se multiplient. De plus, certaines bactéries fabriquent des biopolymères appelés exopolysaccharides. Ce sont souvent des polysaccharides complexes : des grandes molécules stables, capables de former des gels et de lier les particules minérales entre elles. Ce sont de véritables colles, des argiles qui peuvent rendre le mortier plus visqueux et faciliter sa mise en œuvre. »

6 Des bois locaux

Comme toute technique issue de l'habitat vernaculaire, les torchis sont issus de ressources disponibles à proximité et facilement mobilisables. A l'aune des défis sociaux et environnementaux actuels, la relocalisation des approvisionnements en matériaux de construction est une nécessité qui donne un nouvel intérêt à l'utilisation des techniques vernaculaires de construction. Et le bois ? Comment utiliser des bois locaux²³ ?

Participants

Christophe Tréhet (journaliste), Nicolas Maze (charpentier), Jean-Luc Le Roux (charpentier), Sophie Popot (architecte), Samuel Courgey (réfèrent technique)

COMMENT UTILISER DES BOIS LOCAUX DANS LA PRÉPARATION DU SUPPORT DE TORCHIS ?

Christophe Tréhet : « Est-ce que vos chantiers illustrent le soucis de valoriser des bois locaux ? »

Nicolas Maze : « [Figure 47 p.73] J'ai utilisé du douglas pour les chevrons, c'est normé. Pour la petite latte, c'est du bois de palette que je récupère en scierie, essentiellement du chêne que je purge d'aubier lors du débit. Je suis assez conscient de valoriser le bois

23 Voir introduction dans BIOBAT, opus cité [Arthur Hellouin de Menibus, Samuel Courgey, ARPE, mars 2021, BIOBAT : analyse des besoins en recherche participative sur les éco-matériaux locaux Normands. 97p.](#)

local puisque c'est la scierie du coin. En tant que charpentier, je destine²⁴ les bois que j'utilise, c'est mon métier.

Quand un bureau d'étude demande des bois certifiés, ça devient compliqué parce que dans le bocage, on n'a pas ça sur les différentes essences, par exemple merisier, frêne. Surtout, on pratique avec de la scierie mobile pour aller au plus proche. Donc les bois que je vais avoir, je vais les destiner en fonction de leur qualité intrinsèque, c'est ma responsabilité.

C'est difficile dans un système où tout est plus ou moins normé et stabilisé d'intégrer le règne végétal. Il sera important un jour de tendre davantage vers des artisans formés à reconnaître les bois et leur capacité.

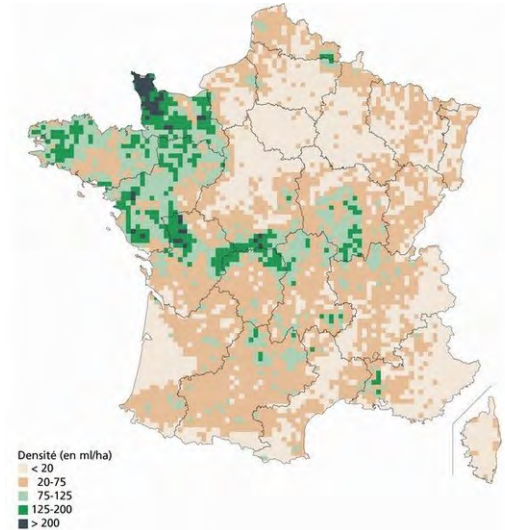


Figure 46: La densité de haies en France -sources IFN, 2007

Jean-Luc Le Roux : « Techniquement, il n'y a aucun problème à utiliser les bois locaux si les savoir-faire sont respectés, c'est à dire si les conceptions sont drainantes et qu'on évite les connexions métalliques causes des points de rosé. Le vrai problème se trouve au niveau de la prescription, qu'on retrouve dans les documents de marchés avec des prescriptions contradictoires. Il y a encore des prescriptions qui indiquent que la conception de l'ossature sera faite selon le DTU 31.2. Or le DTU 31.2, dans son domaine d'application, dit que les remplissages paille et torchis sont hors domaine d'application. »

Sophie Popot : « Il y a eu une modification dans la publication du DTU 31.2 à propos du remplissage paille. A présent, à partir du moment où la technique est couverte par des règles professionnelles, le DTU 31,2 n'exclue pas cette disposition. En revanche, les torchis, les terres allégées ne sont pas compatibles avec le DTU 31.2 [donc un projet avec remplissage de terres et de fibres se fait sous DTU 31.1]. Dans le Guide de bonnes

24 Ndlr : Choisir la destination de son bois : Le charpentier vérifie que le bois qu'il va utiliser est bien conforme à sa destination et à toutes les performances ou contraintes qui s'y rapportent.



Figure 47: Torchis de paille avec trame de petits bois. Photo : Nicolas Maze

pratiques du torchis²⁵, il y a pas mal d'éléments qui permettent d'expliquer au prescripteur comment se débrouiller pour que le bois à l'intérieur du torchis ne soit pas marqué CE ou sec et puisse être de diverses essences non caractérisées. »

Jean-Luc Le Roux : « Une structure au DTU 31.1, pour réaliser des charpentes et pans de bois, est tout à fait apte à recevoir du torchis. L'utilisation de bois locaux devient facile à partir du moment où les documents de marché font expressément référence au DTU 31-1 et évitent strictement toute référence au DTU 31-2. C'est la condition nécessaire et suffisante pour prescrire et utiliser des bois locaux. Sauf sur la tolérance de planéité, qu'il est parfois difficile à respecter si on utilise des bois de forme ou des bois courbes. Dans ce cas, le prescripteur peut faire ses prescriptions

de marché dans des clauses techniques particulières. Pour prescrire des bois non certifiés non marqués, le CCTP doit faire référence aux dérogations à l'établissement d'une déclaration des performances prévues par le RPC 305/2011.»

Nicolas Maze : « Ce que j'ai pu comprendre en travaillant sur des recherches personnelles, c'est que la pratique du torchis remonte très loin et est un lien entre le monde de la maçonnerie, de la charpente et du petit bois, et que cet élément est sorti de notre culture constructive. Mais c'est une pratique très intéressante à vivre avec des personnes qui ont choisi de construire en commun, vraiment intéressante socialement. En attendant des règles sur le torchis validées [ndlr : par la C2P], on peut dire que c'est quelque chose qui est un peu difficile à vivre en tant que professionnel, mais une technique intéressante à pratiquer collectivement. Comment arriver à le mettre dans le grand temple des systèmes constructifs normés ? Je n'ai pas beaucoup d'idée à part réintégrer le monde végétal dans nos pratiques. »

25 Voir Chapitre 2 – références normatives : In Le guide de bonnes pratiques de la construction en terre crue / torchis

Jean-Luc Le Roux : « Il faut garder les documents d'application volontaires, comme les guides de bonnes pratiques, et éviter les Règles professionnelles. [En construction écologique] Est-ce que je fais travailler les bûcherons à côté de chez moi ou bien est-ce que je fais travailler les camions qui transportent du bois ? »

Samuel Courgey : « L'appellation souvent utilisée est « conforme aux règles de l'art ». Cette appellation fait référence aux DTU²⁶, Règles professionnelles, normes, mais aussi au savoir faire partagé. Ça veut dire que si vous appliquez votre métier maçon avec les savoir-faire partagés, c'est conforme aux règles de l'art. Le DTU 31.2 indique que les isolants doivent être à base de laine minérale en panneaux. Je ne critique pas les personnes qui écrivent les DTU, c'est complexe, malheureusement, ça bloque l'innovation, C'est pour ça que je suis attaché à l'expression «conforme aux règles de l'art » car elle ne fait pas référence uniquement aux règles écrites.»

26 Voir préambule général des guides de bonnes pratiques de la construction en terre crue : « - *Rappel des précautions à prendre en cas d'intervention sur un bâtiment édifié avant 1948 : (Extrait de l'avant-propos commun à tous les NF DTU) «Le marché de travaux doit, en fonction des particularités de chaque projet, définir dans ses documents particuliers, l'ensemble de dispositions nécessaires qui ne sont pas définies dans les NF DTU ou celles que les contractants estiment pertinent d'inclure en complément ou en dérogation de ce qui est spécifié dans les NF DTU. En particulier, les NF DTU ne sont généralement pas en mesure de proposer des dispositions techniques pour la réalisation de travaux sur des bâtiments construits avec des techniques anciennes. L'établissement des clauses techniques pour les marchés de ce type relève d'une réflexion des acteurs responsables de la conception et de l'exécution des ouvrages, basée, lorsque cela s'avère pertinent, sur le contenu des NF DTU, mais aussi sur l'ensemble des connaissances acquises par la pratique de ces techniques anciennes » . Mais, en pratique, les assureurs et contrôleurs techniques sont le plus souvent réticents à l'application de ces règles non écrites. »*



Figure 48: Vannerie charpentièrerie ou support de fixation des torchis. Photo : Nicolas Maze



Figure 49: Vannerie Charpentièrerie et en bas mélange torchis frais posé. Photo : Nicolas Maze

S'INSPIRER DES TECHNIQUES TRADITIONNELLES DE TORCHIS POUR INNOVER : LA VANNERIE CHARPENTIÈRE

Nicolas Maze : « Dans la pratique historique du colombage, on observe régulièrement des formes qui se rapprochent du losange ou de biais structurels. Dans les trames qu'on a pu retrouver historiquement, on retrouve des éléments mis en diagonale, qui se rapprochent des principes de voile travaillant. J'ai travaillé sur des enchevêtrements biais et des enchevêtrement du dessus et du dessous, composés de plusieurs couches : des couches qui partent à gauche, des couches qui partent à droite, et un remplissage en terre fibrée entre les différents éléments. Une fois l'ensemble des éléments secs, ils se serrent, jouent un rôle structurel. Empiriquement, moi-même et les clients sentent que c'est relativement solide. A partir de là, j'ai regardé différents modèles et j'ai essayé de comprendre les démarches de clayette, de treillis, les différents systèmes jouent un rôle majeur dans la solidité de l'ensemble de l'ouvrage. Je me suis demandé comment intégrer ça dans ma pratique. Moralement, ça ne me dérange pas mais dès lors qu'on est devant les assurances, c'est compliqué car la plupart des documents normatifs



Figure 50: Chantier, isolation extérieure en bottes de paille support de vannerie charpentière. Photo : Nicolas Maze

rapportent une séparation entre la structure, la trame et la terre. J'ai testé des choses différentes : Système structurel sur une épaisseur de bottes de paille de 35cm. De part et d'autre de ces bottes de paille, on a des montants mis en quinconce (ça forme des triangles équilatéraux). A chaque botte de paille, on a une traverse. On a des bois horizontaux, verticaux et des trames biaises remplis d'un torchis.

Tout l'ensemble est mis à frais. La couche de terre s'entremêle entre les différents tasseaux, on a ce que je considère comme un voile travaillant. Pas de retour scientifique, en expérience, c'est un mur plutôt bien réussi. Tout en utilisant du bois de petites sections, c'est ce que j'appelle de la « vannerie charpentière », il n'y a pas encore de DTU là dessus ! » [Figure 48 à Figure 53]



Figure 51: Vannerie charpentière, autre exemple.
Photo: Nicolas Maze



Figure 52: Principes de voile travaillant de la vannerie charpentière. Axes structurels soulignés en rouge et vert. Photo : Nicolas Maze



Figure 53: Système de voile travaillant à base de torchis et de petits bois -Photo : Nicolas Maze

RÉSUMÉ TECHNIQUE **LES BOIS LOCAUX**

- Suivant la définition adoptée par les auteurs du **Guide de bonnes pratiques Torchis**, les torchis ne désignent pas seulement le mélange, ils contiennent aussi du bois, un système de fixation. Sinon, ce sont des enduits qui s'appliquent sur un support.
- L'utilisation des bois locaux dans le torchis relève à la fois de l'observation des pratiques locales et traditionnelles et ouvre un vaste champs d'expérimentations (utilisation de bois gauches, de petites sections, de bois ronds...)
- Une revue des DTU relatifs à l'emploi du bois et leur articulation est présentée par Rodolphe Maufront : http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/20210402_umb_ffb.pdf
- Le **Guide** des bonnes pratiques de la construction en terre crue / **torchis** comporte des indications particulières :
 - D'une part, il n'est pas exclu de concevoir le support de fixation en tant que constituant de la charpente ou du pan de bois à condition d'adopter des dispositions spécifiques.
 - D'autre part, si le support de fixation ne participe pas à cette ossature, il est alors possible de recourir à toutes sortes de bois locaux non certifiés, non marqués, alors le CCTP doit faire référence aux dérogations à l'établissement d'une déclaration des performances prévues par le RPC 305/2011. L'utilisation de bois locaux devient facile à partir du moment où les documents de marché font expressément référence au DTU 31-1 et évitent strictement toute référence au DTU 31-2. Des mélanges hétérogènes sont possibles, du réemploi etc. Les torchis, mobilisent des bois de petites sections et peuvent favoriser la valorisation de bois locaux.

7 Un point singulier : le pied du mur

Les constructions contenant de la terre crue et des matériaux non pérennes en situation humide (certains bois, les pailles ...) nécessitent une rupture de remontée capillaire provenant du sol. Le pied de mur requiert une attention toute particulière où il faut gérer à la fois une rupture de matériaux et la continuité de l'isolant (absence de pont thermique). Comment procéder ? Des propositions avec du liège.

Participants

Luc Dubuisson (Maisons paysannes de l'Eure), Jan Minne (artisan), Samuel Courgey (réfèrent technique) et Laurent Bouyer (association Enerterre)

COMMENT TRAITER LE PIED DU MUR EN TORCHIS ET TERRES ALLÉGÉES ?

Jan Minne : « En pied de mur sur bâti ancien, on peut proposer des plaques de liège expansé collées sur le mur afin de répondre à la problématique de l'humidité, Est-ce que quelqu'un a déjà tenté de coffrer un mélange de chaux et de liège en vrac ? Parce que ici il y a une association, La Chaîne du Liège au nord de Rouen, qui récupère les bouchons et qui les broie pour faire du liège en vrac. Quand je peux, j'essaie un maximum d'utiliser ce matériau là plutôt que de faire venir des plaques de loin. J'ai essayé durant un stage, entre colombages, mais évidemment quand on décoffre, ça ne tient pas parce que ce n'est pas de la fibre. Mais je suppose, si on coffrait, on mettrait ce mélange de liège en



Figure 54: Mélange chaux-liège banché avec ossature. Photo : Mylène Gajic

vrac et de chaux et on laisserait une ou deux journées pour faire sa prise, ensuite on le décoffrerait doucement, Est-ce que quelqu'un a déjà tenté cette expérience ? Je pensais aussi, en parement, entre ce mélange là et le coffrage, peut-être aussi mettre de la toile de jute ou de la trame de verre pour maintenir l'ensemble par ailleurs.

Luc Dubuisson « J'ai réalisé cette expérience très récemment de banchage en chaux-liège avec le conseiller technique d'un fabricant de chaux. J'ai fait une structure bois à l'intérieur du banchage qui permet de maintenir l'ensemble, et c'était très satisfaisant.



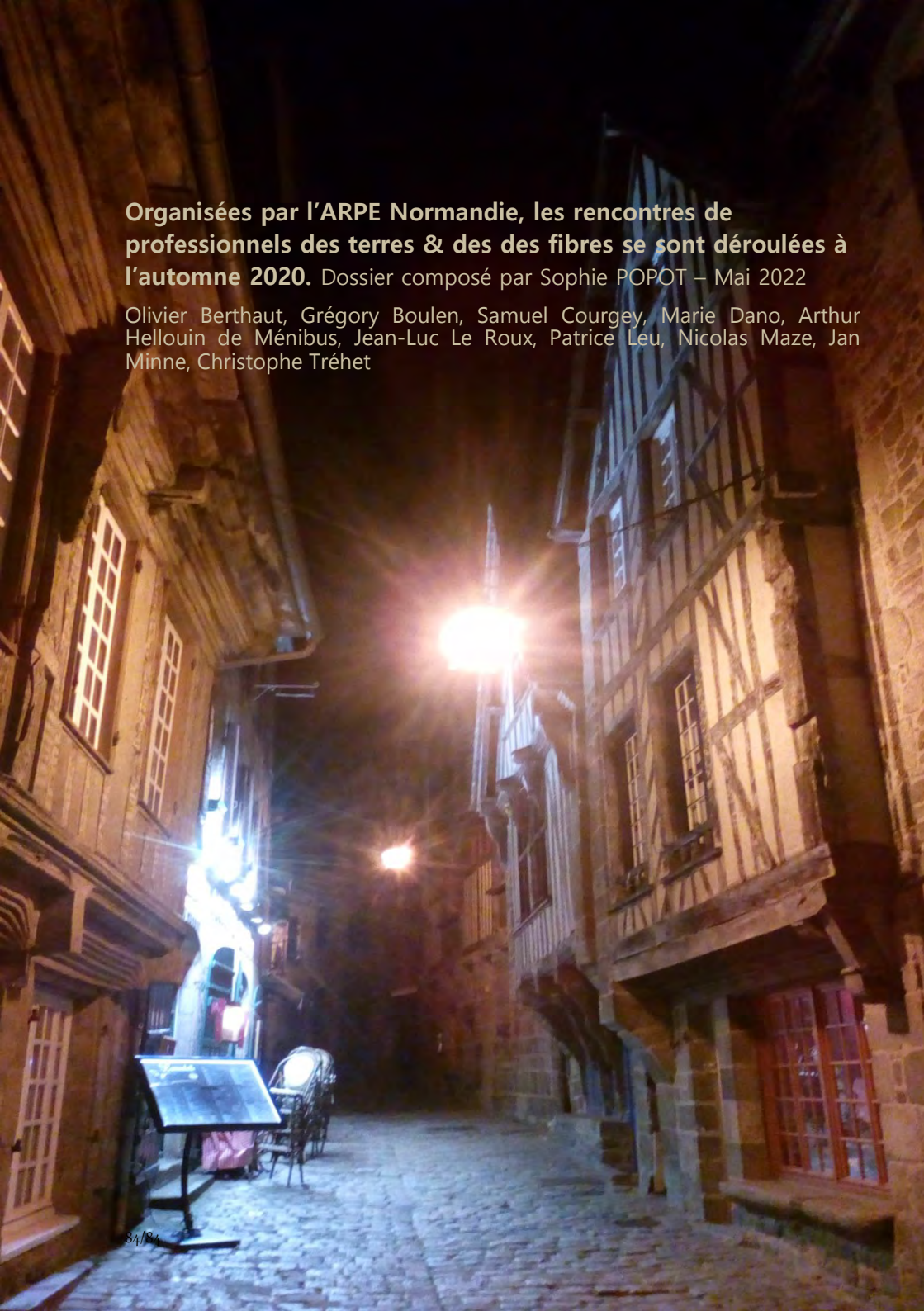
Figure 55: Pied de mur en chaux / liège en soubassement d'un doublage en terre allégée. Photo: Mylène Gajic

Laurent Bouyer : « Dans le cadre de nos chantiers participatifs, ça nous est arrivé de mettre en œuvre du chaux-liège en pied de mur. Ce n'est pas facile à mettre, car on ne le banche pas, on l'applique à la taloche avec au préalable un gobetis, en tout cas une barbotine épaisse sur le mur.

Samuel Courgey : « Voici une photo d'un chantier en Normandie, avec du chaux-liège [Figure 54 et Figure 55.] Pour ma part j'ai essayé beaucoup de mélanges, et quand je n'étais pas complètement sûr de la cohésion ou de l'accrochage, ce qui était souvent le cas, (il y a 20-30 ans on maîtrisait moins le sujet qu'actuellement), je mettais systématiquement une ossature pour tenir l'ensemble. Encore aujourd'hui je pense que c'est quand-même une réelle garantie, quand on fait des mélanges pour lesquels on n'est pas complètement surs de la cohésion et de l'accrochage de laisser une ossature. Après il fallait gérer les interfaces sur le bois puisque je finissais généralement en enduit.²⁷

27 Samuel Courgey, Quand il faut isoler la maison ancienne, article dans Maisons paysannes de France n°211- mars 2019

Notes :



Organisées par l'ARPE Normandie, les rencontres de professionnels des terres & des des fibres se sont déroulées à l'automne 2020. Dossier composé par Sophie POPOT – Mai 2022

Olivier Berthaut, Grégory Boulén, Samuel Courgey, Marie Dano, Arthur Hellouin de Ménibus, Jean-Luc Le Roux, Patrice Leu, Nicolas Maze, Jan Minne, Christophe Tréhet