ASSOCIATION RÉGIONALE DE PROMOTION DE L'ÉCO-CONSTRUCTION (ARPE)

BIOBAT : PRÉ-ANALYSE DES BESOINS EN RECHERCHE PARTICIPATIVE SUR LES ÉCOMATÉRIAUX LOCAUX NORMANDS

JUIN 2019

ARPE NORMANDIE

Association Régionale pour la Promotion de l'Éco-construction en Normandie

BIO-BAT recherche participative sur les matériaux locaux BIO-sourcés pour les BATiments

Un projet de l'ARPE Normandie

Toutes les infos sur http://arpe-normandie.com/

Travail piloté par Arthur Hellouin de Menibus* (en tant que chercheur indépendant)

En collaboration avec Samuel Courgey, expert en éco-construction, association Arcanne

et avec Lyra Herten, Gregory Boulen, François Glaizot et Aurèle Tesson de l'ARPE Normandie

* Contact : arthur.hdm@zaclys.net

Ce document sera référencé ainsi : « *BIOBAT : pré-analyse des besoins en recherche participative sur les écomatériaux locaux Normands*, Arthur Hellouin de Menibus, Samuel Courgey, François Glaizot, ARPE, juin 2019. »

Ce travail a été rendu possible par les contributions de professionnels normands de l'éco-construction, qui ont accepté de donner de leur temps et de partager leur expérience.

Le projet BIOBAT est réalisé avec le soutien de la Fondation de France

SOMMAIRE

I . Présentation du projet BIOBAT.....6

II . Méthodologie de collecte des besoins de recherche.....11

III . Questions collectées et premières analyses.....13

1 . BOIS.....14

Questions scientifiques.....14

– B1 : Quelle est la compatibilité et les risques de l'emploi de bois locaux et non traités avec des isolants biosourcés ?.....14
– B2 : Quelle est la contribution au contreventement de parois en torchis ?.....16
– B3 : Comment exploiter le bois de haie en éco-construction ?.....16

Questions techniques.....18

– B4 : Est-ce qu'il y a des référentiels récents sur les charpentes à la Philibert Delorme ?.....18
– B5 :Quel bois peut-être mis en paroi verticale en ERP et en quelle épaisseur ?.....18
– B6 :Il est difficile de s'approvisionner en bois local ou de trouver des artisans utilisant ces matériaux (x3).....19

2 . MAÇONNERIE.....20

Questions scientifiques.....20

– M1 :Quelle est la perméabilité à la vapeur d'eau du mortier en construction GREB ?.....20
– M2 :Peut-on faire du pisé avec du béton concassé et de la terre crue normande ?.....20
– M3 :Peut-on étudier les performances de béton de papier - terre crue ?.....21
– M4 :Comment démontrer l'écran thermique constitué par les enduits terre ?.....22
– M5 :Comment s'assurer qu'un enduit terre ne fissure pas sur un poêle de masse ?.....22
– M6 : Peut-on réaliser des recherches sur les dalles en terre crue ?.....23
– M7 :Est-ce que le jus d'ensilage augmente la résistance des enduits terre ?.....23
– M8 : Quel est l'impact de changer la charge (chanvre, lin, paille) dans les bétons de terre allégée ?.....24
– M9 : Quelles sont les performances thermiques et structurelles d'un enduit correcteur thermique terre/végétal ?.....25
– M10 : Peut-on classifier la performance thermique des enduits chaux-chanvre en fonction de leurs dosages et technique de mise en œuvre ?.....26
– M11 : Quelles sont les caractéristiques des briques de chaux-chanvre ? Quelles sont les différences entre terre chanvre et chaux chanvre ?.....26
– M12 : Peut-on avoir des règles professionnelles ou un DTU sur les dalles en chaux-liège ?.....27
– M13 : Que devient le plâtre en fin de vie ?.....27
– M14 : Analyse de Cycle de Vie comparée d'un enduit plâtre vs chaux-sable ?.....29
– M15 : Comment peut-être gérée la fin de vie de mélanges terre-plâtre ?.....30

Questions techniques.....30

– M16 : Quel support d'enduit terre sur un mur de refend porteur de maison paille ?.....30
– M17 : Quelle est l'étanchéité à l'air réelle que l'on peut atteindre avec des enduits ?.....30
– M18 : Est-il nécessaire de tramer les enduits chaux extérieurs ?.....31
– M19 : Quel est l'état des connaissances et les documents techniques applicables pour une pose

directe de carrelage sur chape maigre, sans isolant ni dalle supplémentaire ?.....32
– M20 :Quelles sont les propriétés thermiques des enduits terre ?.....32
– M21 :Quelle technique terre crue est la plus adaptée pour faire une banquette ou une seconde peau de poêle de masse ?.....32
– M22 :Comment développer des compétences sur la terre crue ?.....33

3 . ISOLATION.....34

Questions scientifiques.....34

– I1 :Peut-on développer un isolant souple en éco-matériaux normand ?.....34
– I2 :Quelle est la résistance thermique réelle de la paille ?.....34
– I3 :Peut-on comparer les isolants du marché sur la base de leur rapport prix/performance, durée de vie, résilience et énergie grise ?.....35
– I4 : Quelle est l'incidence d'une végétalisation sur une toiture plate dite en toiture chaude sur la migration de la vapeur d'eau ?.....36
– I5 : Est-ce qu'il peut y avoir des migrations des pesticides dans le bâtiment si l'on utilise des bottes de paille de blé cultivé en conventionnel ?.....37
– I6 : Quelle est la fin de vie des liants pétrosourcés présents dans les panneaux de chanvre ?.....38
– I7 : Est ce que les conditions d'une maison risquent de dégrader les éco-matériaux ?.....39
– I8 : Peut-on définir un étalon à réaliser sur chantier pour valider les performances des bétons biosourcés ?.....40
– I9 : Peut-on avoir une conductivité thermique reconnue officiellement sur les étoupes de lin ?. 40

Questions techniques.....41

– I10 : Où trouver une botteleuse pour faire de petites bottes ?.....41
– I11 : Quels sont les isolants locaux disposant d'une performance thermique reconnue officiellement ?.....41
– I12 : Quels éco-matériaux locaux se prêtent bien à l'ITE ?.....41
– I13 : Quels matériaux naturels permettent l'isolation de parties enterrées ou d'un terre plein ? 42
– I14 : Peut-on avoir un récapitulatif des alternatives pour l'isolation de sous-toiture ?.....42
– I15 : Des recherches spécifiques ou partages de savoir-faire peuvent-ils être menés sur tous les aspects liés à la préfabrication en atelier de murs en paille ou en bétons de chanvre ?.....43
– I16 : Pourrait-il y avoir une structure / personne pour répondre à des questions techniques et scientifiques que l'on rencontre sur chantier ?.....43

4 . QUESTION D'ORDRE GÉNÉRAL.....44

Questions scientifiques.....44

– G1 : Peut-on développer un catalogue sur les ponts thermiques dans l'habitat ancien ?.....44
– G2 : Quelle est la migration de la vapeur d'eau de parois avec des enduits ou des membranes ? 44
– G3 : Quelle est l'impact de la régulation d'humidité sur la performance globale des parois ?.....45
– G4 : Peut-on développer des mesures *in situ* du confort ?.....46
– G5 : Peut-on réaliser une étude générale pour évaluer si les matériaux biosourcés et les matériaux minéraux ont des impacts environnementaux fondamentalement différents ?.....47
– G6 : Quel est le bilan carbone des matériaux locaux ?.....48
– G7 : Peut-on produire une ACV comparée des menuiseries PVC face aux autres menuiseries ?. .48

Questions techniques.....49

– G8 : Quelle est la composition du plastique des menuiseries PVC ?.....49
– G9 : Comment sont recyclées en fin de vie des menuiseries PVC ?.....50
– G10 : Comment être assuré en chantier participatif en tant que professionnel ?.....50
– G11 : Comment être assuré en utilisant des matériaux locaux ?.....51

IV . Bilan des sujets nécessitant de contacter des experts.....52

V . Bilan des sujets nécessitant un travail de R&D.....53

VI . Suites de l'étude.....55

I Présentation du projet BIOBAT

Le point de départ du projet BIOBAT est un échange début 2018 entre Aurélie Lepape (décoratrice d'intérieur) et Sophie Popot (architecte), toutes deux administratrices de l'ARPE, et Arthur Hellouin de Menibus. Cet échange portait notamment sur comment résoudre les questions scientifiques et techniques soulevées par la réalisation du Guide de Bonnes Pratiques sur la construction en Torchis [1]. Le résultat de cet échange est le constat qu'il est aujourd'hui très difficile de réussir à mener des études de fond sur des éco-matériaux locaux et des modes constructifs non industrialisés.

Les anciens construisaient avec des matériaux locaux (bois, terre, paille…). Ces matériaux ont été remplacés depuis 1850 par des matériaux issus des industries fortement carbonées. La prise de conscience des limites environnementales et sanitaires de ces matériaux s'est accentuée avec le dérèglement climatique, orientant de plus en plus de citoyens et de professionnels vers l'éco-construction. Pour diverses raisons (réglementaires, normatives, assurantielles, de facilité d'approvisionnement, de perte de savoir-faire…) les éco-matériaux majoritairement utilisés sur chantiers de nos jours sont issus de filières longues. Or, redévelopper une éco-construction avec des matériaux locaux et adaptée à nos besoins contemporains est un enjeu pour la transition écologique : réduction des émissions carbone, développement économique local, enjeu culturel et patrimonial…

Mais peu de recherches scientifiques sont effectuées sur ces matériaux locaux, qui sont généralement vu comme peu innovants. Ils posent des difficultés en termes de caractérisation liées à la variabilité des ressources disponibles localement et ils ne sont pas soutenus par des filières économiquement suffisamment puissantes pour financer et réaliser facilement des études. Cette situation traduit bien le changement profond lié à l'avènement des matériaux issus des industries carbonées. Avant, les artisans étaient les connaisseurs des matériaux, puisqu'ils devaient les identifier sur le site du chantier puis les mettre en œuvre. De nos jours, des entreprises ou filières produisent des matériaux, et qui sont mis en œuvre par des artisans. Sans entreprise ou filière organisée, il est très difficile pour un professionnel de mener des études scientifiques et de faire valoir les performances de matériaux locaux.

Si des travaux de recherche doivent être menés, il est essentiel que ces travaux de recherche soient co-définis voir co-réalisés par les professionnels expérimentés et qui mettent en œuvre ces matériaux. En effet, d'une part ce sont eux qui sont sur le terrain et qui seront capables de déployer la solution proposée, pour faire que la recherche produite ait un impact réel sur le monde. D'autre part, ils peuvent intégrer des facettes de la problématiques qui échappent au seul questionnement scientifique, notamment concernant l'approvisionnement et la faisabilité technique ou économique, qui sont essentielles pour définir en amont si une solution potentielle est pertinente dans sa globalité. De plus, les performances des modes constructifs avec des matériaux locaux peuvent dépendre du savoir-faire des professionnels qui le mettent en œuvre. Enfin, la méthodologie d'application des résultats sur le terrain doit être conçus avec les professionnels, afin de définir des protocoles ou des exigences qui n'ont pas pour effet de dénaturer les savoir-faire ou de standardiser les matériaux.

L'Homme a aujourd'hui le plus de connaissances scientifiques qu'il n'ait jamais eu, mais pour autant nous

1 Ce guide sur le torchis est réalisé en parallèle de 5 autres guides sur des techniques de construction en terre crue : enduits, terre-allégée, pisé, bauge et briques. Ce travail financé par la DHUP (Direction de l'Habitat de l'Urbanisme et des Paysages) vise à rassembler des personnes expérimentées pour produire des guides techniques. L'objectif est de diffuser ces savoir-faire et de faciliter la reconnaissance de ces modes constructifs. La réalisation du guide Torchis a été confiée à l'ARPE et ce guide a été publié en avril 2019.

n’avons jamais été aussi près de faire disparaître l’espèce humaine. Ainsi, il ne suffit pas de financer des recherches pour que des laboratoires travaillent sur les matériaux locaux. La démarche de BIOBAT vise à suivre une autre manière d’acquérir de nouvelles connaissances par la recherche participative, en mettant au même niveau le savoir-faire de terrain et l’expertise de chercheurs professionnels, pour apporter des réponses à des questions complexes nécessitant un travail de R&D.

Le projet BIOBAT a pour objectif de collecter les questions des professionnels normands sur les éco-matériaux locaux, puis de tenter de les résoudre en sollicitant des experts de l’éco-construction, des laboratoires et les professionnels normands concernés. Il est piloté par Arthur Hellouin de Menibus, chercheur indépendant, avec le soutien des salariés de l’ARPE. Samuel Courgey, un des experts indépendant les plus reconnu en France sur l’éco-construction, a été sollicité pour compléter les analyses produites.

L’ARPE, de part la force de son réseau de professionnels de l’éco-construction, est le bon acteur normand pour mener ce projet.

Le projet BIOBAT a été écrit par Arthur Hellouin de Menibus, Gregory Boulen et Sophie Popot. Il a été accepté par le CA de l’ARPE à l’unanimité et présenté à la Fondation de France en mars 2018, qui a décidé de soutenir le projet.

Un logo et un flyer du projet ont été créés, ils sont placés ci-après.

Ils sont intervenus dans la réalisation de BIOBAT

Gregory Boulen
ARPE
Montage, stratégie et suivi admin.

Samuel Courgey
Association Arcanne
Relecture et compléter les analyses produites

François Glaizot
ARPE
Co-pilotage de BIOBAT

Arthur Hellouin de Menibus
Chercheur indépendant
Pilotage opérationnel de BIOBAT

Lyra Herten
ARPE
Communication (flyer, logo, diffusion)

Aurele Tesson
ARPE
Participation à la collecte de question

Participez au projet

BIO-BAT

Projet de recherche participative
sur les matériaux locaux BIO-sourcés
dans les BATiments

BIO-BAT recherche participative sur les matériaux locaux BIO-sourcés pour les BATiments

un projet de l'ARPE Normandie

Qu'est ce que le projet BIO-BAT *?*

Dans un contexte d'urgence climatique, le développement de l'éco-construction est un enjeu primordial. L'utilisation des matériaux bio-sourcés locaux répond aux besoins contemporains tout en œuvrant pour la transition écologique.
Cependant, les matériaux biosourcés locaux peuvent présenter des variabilités liées à leur source d'approvisionnement et il manque parfois des éléments de connaissances sur leurs performances.
Ces matériaux n'ayant pas de producteur puissant, et étant surtout utilisés par des professionnels indépendants, ils font l'objet de peu de travaux de recherches.

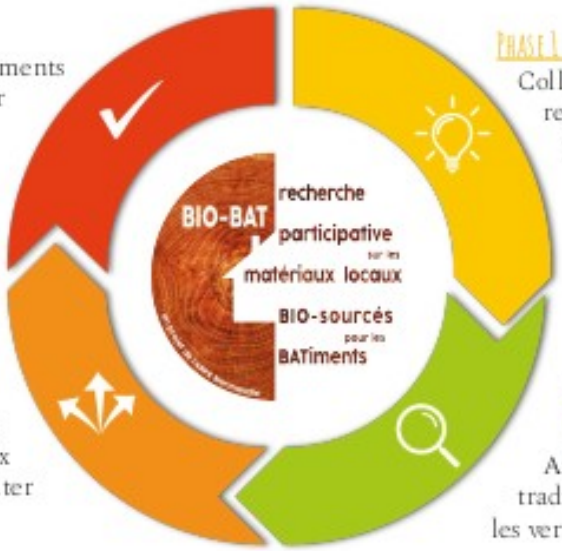
L'ARPE Normandie a monté le projet Bio-Bat afin d'impulser des projets de recherche participatives sur les matériaux normands pour l'éco-construction.
La recherche participative vise à associer des compétences scientifiques (chercheurs) à des experts de métier (artisan, architecte, bureaux d'études...) afin de co-construire des connaissances nouvelles et utiles pour la transition écologique.

Phase 1 : Identifier les besoins de recherche
Collecte des besoins de recherches auprès de professionnels Normands.

Phase 2 : Analyse des sujets de recherche proposés
Analyse des besoins et traduction en sujets de recherche, les verrous scientifiques identifiés.

Phase 3 : Concertation
Présentation des thématiques de recherches à des membres actifs de l'ARPE et experts en biosourcés locaux pour déterminer comment traiter les sujets d'étude identifiés.

Phase 4 : Montage de projet
Élaborer des pistes de financements pour les sujets et accompagner leur montage et réalisation.



II Méthodologie de collecte des besoins de recherche

La collecte des besoins a été réalisée de décembre 2018 à avril 2019, auprès des adhérents professionnels de l'ARPE à jour ou non d'adhésion, par contact mail d'abord puis téléphonique et relances. Le flyer a été distribué sur internet et en version papier, notamment lors du Club Régionale de l'Economie Circulaire en février 2019. Il mentionne un lien internet permettant de compléter un sondage en ligne. Par ailleurs, plusieurs réseaux ont été ciblés pour élargir le panel de sondés : la Fédération Française du Bâtiment (FFB), la Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (CAPEB) Professions Bois Normandie, la Coopérative d'Activité et d'emploi des Chantiers de Demain, l'Association Pierre et masse, le réseau des rénovateurs BBC de Normandie, les associations Maisons Paysannes de l'Eure, du Calvados, de l'Orne et de la Manche, L'Agence Locale de l'Energie et du Climat de l'Eure (ALEC) 27 et le Centre d'Initiation aux Énergies Renouvelables (CIER)14.

Au total, 91 personnes ont été sollicitées :

- 29 architectes, bureaux d'études ou distributeurs : 13 très intéressés, 13 sont intéressés et 3 ne sont pas intéressés par le projet ;
- 26 maçons, charpentiers, isolateurs, électricien/plombiers : 7 sont très intéressés, 16 sont intéressés et 3 ne sont pas intéressés par le projet ;
- 36 n'ont pas donné de réponses.

Les 91 sondés et les 49 personnes ayant déclaré être intéressées par le projet couvrent bien le territoire normand (illustration 1).

Cela représente 90 % de retours positifs pour ceux qui ont répondus. Il y a près de 40 % de non-réponse, que l'on peut attribuer à un désintérêt pour le projet ou pour certains acteurs que nous connaissons par ailleurs, de la difficulté à libérer du temps pour ce sujet ou de la priorisation d'autres problématiques.

La majorité des retours ont été obtenus par téléphone (75) et le reste par sondage (16). Il semble qu'aucun retour ne proviennent directement de membres des structures syndicales du bâtiment (FFB, CAPEB) ou du réseau des rénovateurs BBC normands, sauf pour ceux par ailleurs adhérents de l'ARPE. Une seule personne non membre de l'ARPE a répondu.

Il n'est pas simple d'avoir des retours des professionnels sur ce type de projet, très probablement du fait de la charge de travail des acteurs du bâtiment. Le contact téléphonique est le moyen le plus efficace de mobiliser ce public.

Les personnes intéressées ont posé entre 0 et 4 questions.

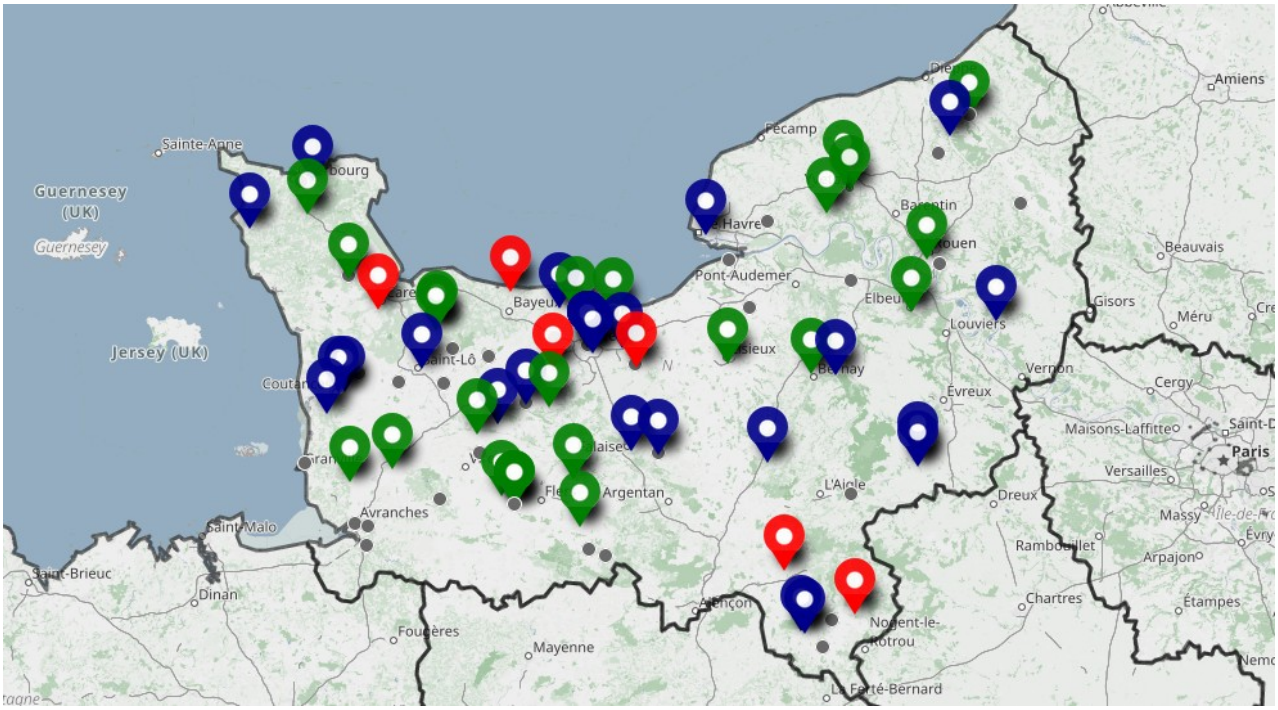


Illustration 1 : bilan de la collecte des besoins de recherche.
En bleu les architectes, bureau d'étude et distributeurs intéressés,
en vert les artisans intéressés,
en rouge les personnes non intéressées
et en cercle gris les non-réponses.

III Questions collectées et premières analyses

Premièrement, certaines questions ont été clarifiées pour faire ressortir clairement la problématique, et les questions similaires ont été rassemblées. Une fois rassemblée, 55 questions sont à traiter. Elles ont été anonymisées pour qu'elles puissent être diffusées.

Elles ont été séparées en 4 grandes catégories :

- 6 questions sur le bois,
- 22 questions sur la maçonnerie (bétons biosourcés inclus),
- 16 questions sur l'isolation,
- 11 questions d'ordre général.

Certaines questions sont transverses, elles ont été classifiées dans une seule des catégories pour éviter les répétitions. Puis deux sous-catégories ont été définies : questions scientifiques (pouvant nécessiter un travail de recherche) et questions techniques (le partage de savoir-faire devrait permettre d'y répondre).

Ces questions ont été présentées une première fois lors de l'assemblée générale de l'ARPE le 27 avril 2019, à l'aide du document « BIOBAT : bilan de la collecte des besoins en recherche participative sur les éco-matériaux locaux normands, Arthur Hellouin de Menibus, ARPE, mai 2019. ».

Illustration 2: Assemblée générale de l'ARPE en 2018

Les questions ont ensuite été pré-analysées par Arthur Hellouin de Menibus, et les réponses apportées ont été complétées par Samuel Courgey. Ces pré-analyses sont indiquées ci-après.

1 Bois

Questions scientifiques

Question	B1 : Quelle est la compatibilité et les risques de l'emploi de bois locaux et non traités avec des isolants biosourcés ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Les classes d'emploi du bois sont définies ainsi : Classe 1 (humidité toujours inférieure à 20 %) Classe 2 (humidité ponctuellement supérieure à 20 %), Classe 3 (Bois soumis à des alternances d'humidité supérieure à 20 % et de sécheresse - divisée en deux sous catégories 3,1 et 3,2), Classe 4 (humidité toujours supérieure à 20 %) et Classe 5 (Bois en contact permanent avec l'eau de mer). Une humidité de 20 % en masse dans un bois correspond à une humidité relative dans l'air de l'ordre de 90 %. Le DTU 31,2[2] indique que les montants d'ossature protégés des intempéries ou un solivage intérieur, un bois classe 2 ou mieux est adapté, hors contact direct avec le sol ou local humide. Une ossature exposées aux intempéries (type pour un torchis) serait classe 3,1 ou 3,2 selon la massivité des bois, leurs défauts et les conditions climatiques affectant la paroi (information du charpentier J.L Le Roux). La lisse basse peut dans ce cas être classe 4. Selon l'utilisation, un bois naturellement durable ou à durabilité conférée par traitement est choisi. Le traitement vise à le protéger de sa dégradation liée à l'humidité, aux insectes xylophages, termites et champignons. Deux traitements existent : par trempage ou aspersion, ou en autoclave. Le DTU31,2 annexe A liste les classes pour lesquelles les bois sont naturellement durables (tableau ci-dessous).			

2 Le DTU 31,2 version 2011 indique dans son domaine d'application qu'il ne « vise pas les constructions à pan de bois comportant des remplissages (maçonnerie, torchis, paille, etc.). ». Il est cité ici comme références sur les classes d'emploi selon les usages. Une nouvelle version du DT31,2 est parue en avril 2019, elle n'a pas été consultée.

Tableau A.1 — Essences originaires des zones à climat Tempéré

Essences de bois	Classe 1	Classe 2	Classe 3.1	Classe 3.2	Classe 4
Bouleau	NON	NON	NON	NON	NON
Charme	NON	NON	NON	NON	NON
Châtaignier	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Chêne (rouvre et pédonculé)	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Chêne rouge d'Amérique	OUI	OUI	OUI	NON	NON
Érable	NON	NON	NON	NON	NON
Eucalyptus globulus	NON	NON	NON	NON	NON
Frêne	NON	NON	NON	NON	NON
Hêtre	NON	NON	NON	NON	NON
Noyer	OUI	OUI	OUI	NON	NON
Orme	OUI	OUI	NON	NON	NON
Peuplier	NON	NON	NON	NON	NON
Robinier (faux Acacia)	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Tilleul	NON	NON	NON	NON	NON
Cèdre	OUI	OUI	OUI	OUI	NON
Douglas (Pin d'Orégon)	OUI	OUI	OUI	NON	NON
Épicéa (Sapin blanc du nord)	NON	NON	NON	NON	NON
Hemlock	NON	NON	NON	NON	NON
Mélèze	OUI	OUI	OUI	NON	NON
Pin maritime	OUI	OUI	OUI	NON	NON
Pin noir d'Autriche et Laricio	OUI	OUI	NON	NON	NON
Pin sylvestre (Sapin rouge du nord)	OUI	OUI	OUI	NON	NON
Pin weymouth	OUI	OUI	NON	NON	NON
Pitchpin	OUI	OUI	OUI	NON	NON
Western Red Cedar	OUI	OUI	OUI	OUI	NON
Sapin	NON	NON	NON	NON	NON

Les isolants biosourcés secs, type ouate de cellulose, chènevotte, laine de chanvre, laine de bois, ont une sorption proche de celle du bois, avec des taux d'humidité de 7 à 10 % en masse à 50 % d'humidité relative. Avec ces isolants, l'ossature est entourée de poches d'air et donc est sollicitée dans des conditions similaires que l'isolant. Dans ce cas, une ossature classe 2 est satisfaisante.

Dans le cas de bétons allégés, chaux-chanvre ou terre-chanvre, terre-paille et torchis, le bois peut-être enrobé dans le mélange et subit la phase de séchage. Les règles professionnelles Construire en Chanvre et le guide de bonne pratique torchis (sur la base de l'observation du patrimoine) recommandent un bois classe 2 si l'ossature est noyée et classe 3 si elle est exposée sur une face. Si l'ossature est noyée, la phase cruciale pour définir la classe des bois est le séchage. Plus la masse volumique du mélange est élevée, plus le séchage sera long, et une mise en œuvre de béton allégé banché induit généralement un séchage plus long qu'en projection. Le terre-paille banché peut à 250 ou 450 kg/m^3 de 30 à 40 cm peut présenter un niveau d'humidité relative supérieure à 90 % à cœur pendant 5 mois ou plus (étude CEREMA). Les torchis « anciens » n'était pas très épais et les bois étaient généralement exposés sur au moins l'une des faces, ce qui justifie probablement pourquoi le patrimoine montre qu'un bois classe 2 peut être suffisant. En l'état des connaissances, si l'ossature est noyée à cœur d'un mélange terre-allégée, un bois classe 3 semble avisé. Le comité de pilotage du Guide de Bonnes Pratiques terre-allégée a prévu un projet de recherche pour affiner cette réponse.

Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Étudier la cinétique de séchage de béton de terre-allégée dans différentes configurations.			

Question	B2 : Quelle est la contribution au contreventement de parois en torchis ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Cette question a émergée dans le guide de bonnes pratiques torchis. Aucune donnée n'est disponible à ce jour sur cette thématique, et la question est rendue complexe par deux aspects : • la diversité de pratiques torchis recensées, tant dans les mélanges que dans les types d'ossatures secondaires. • la difficulté à faire officialiser d'éventuels résultats de recherche pour pouvoir réellement pouvoir intégrer la contribution mécanique du torchis au contreventement. L'apport du torchis pourrait réduire les sections de bois nécessaires pour le contreventement. Un projet devrait démarrer à l'Université de Lorient (en lien avec le charpentier J.L. Le Roux).			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	L'artisan intéressé par cette question sera mis en lien avec l'Université de Lorient. Un bilan de retours d'expérience quant à la réduction des sections de bois contreventantes par rapport aux pratiques actuelles dans la bâti ancien serait intéressant.			

Question	B3 : Comment exploiter le bois de haie en éco-construction ?
Précisions	La question est posée deux fois : • valoriser le petit bois (<7 cm) qui est laissé sur place après collecte des grands bois. Ces branchages peuvent être passés au broyeur à marteaux pour donner du copeau ou broyeur à fléaux pour donner des filaments (qui ont une certaine souplesse). Ces deux matériaux pèsent environ 270 kg/m³ une fois séché en conditions ambiantes. La valorisation est faite pour du paillage notamment entre 30 et 65 €/m³. Stocks importants (certains syndicats des eaux ont plus de 2000 m³/an). Broyage à marteaux Broyage à fléaux • Valoriser le bois de grande section : cloisons, gardes-corps, claire voies, etc.

Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	**Bois de petite section** La masse volumique est élevée (270 kg/m³ contre ~ 100 kg/m³ pour la chènevotte), ce qui pénalise la performance thermique, avec une conductivité thermique estimée entre 0,06 et 0,08 W/m.K. Ainsi, il n'y a pas d'intérêt fort pour utiliser ces copeaux en isolant sèche ou en mélange de terre allégée dont on attend des performances d'isolation. Par contre, ils **peuvent être utilisés en remplissage de planchers.** Attention toutefois à la surcharge induite comparé à un isolant sec classique et la forte masse volumique complexifie le transport vers le chantier, puis sur chantier (notamment s'il faut isoler un plancher à l'étage). Le fait que la masse volumique soit plutôt élevée (270 kg/m³) n'est pas un avantage en réduction de la transmission phonique par rapport à d'autres granulats ou fibres, où l'idéal est de faire des assemblages masse – ressort – masse. Pour un emploi en remplissage de cloison intérieur, une étude complémentaire serait nécessaire pour s'assurer que le matériau ne se tasse pas. Une autre utilisation possible est un mélange de terre-allégée utilisé en cloison séparative. Pour conclure, le petit bois de haie n'a pas de fort potentiel de valorisation en éco-construction compte tenu des biosourcés déjà disponibles (anas de lin, chènevottes, fibres végétales), et complexifie les opérations du fait de sa masse volumique relativement élevée. Si du bois est disponible sur un terrain, il peut toutefois être utilisé « en remplissage » pour des travaux dans une démarche de valorisation des ressources locales et puisqu'il est moins cher que les granulats (à titre de comparaison, la chènevotte est vendue ~ 70 €HT/m³). Il peut aussi servir en bois énergie ? **Bois de plus grande section** Le rapport « produire du bois d'œuvre dans le bocage », Chambre d'agriculture d'Ille-et-Vilaine 2015 est intéressant à ce sujet. Il montre des exemples de réalisations et donne des indicatifs de coûts et de rentabilité de valorisation du bois de haie. Les bois peuvent être abattus (15-20€/m³ de grume), puis travaillés à la scie mobile (70-90€HT/m³ grume). La valeur sur pied d'un chêne ou châtaigner de bonne qualité sur pied est de 90 à 180 €/m³. Un bois de moins bonne qualité mais utilisable en construction vaut sur pied entre 60 et 90 €/m³. L'expérimentation à Bréteil (Ille et vilaine)« Valorisation des haies bocagères en bois d'œuvre pour les projets d'aménagements » est documentée par l'association bretonne BRUDED. Le but était d'exploité le bois de haie pour des projets sur la commune. Les quatre partenaires du projet sont : La Chambre d'Agriculture, L'association « l'arbre indispensable », L'association « des hommes et des arbres » (charpente traditionnelle), L'agence Folk Paysages. Le travail a été réalisé avec deux charpentiers (Guillaume Horbowa et François Beau). Des exemples montrent que c'est possible, mais cela semble limité par le peu de professionnels suivant ces pratiques. Lorsque des bois de section suffisante sont présents, il serait pertinent d'utiliser des bois ronds en ossature bois noyée dans un béton végétal.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Des expérimentations de chantier ont-elles déjà eu lieu ? Si oui, il serait utile d'en faire le retour d'expérience en première étape.			

Questions techniques

Question	B4 : Est-ce qu'il y a des référentiels récents sur les charpentes à la Philibert Delorme ?			
Précisions	Technique très intéressante pour valoriser des bois locaux de petite section. Recherche notamment des éléments sur le dimensionnement.			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	L'article « Nouvelles inventions : l'interchangeabilité et le génie national » de Gœgory K.Dreiœr, 1992, édition du Centre de recherche sur la culture technique, brosse un panorama intéressant de la construction en petites sections. Le bureau d'étude Gaujard Technologies a été contacté pour identifier des documents techniques. Il indique que : • Le livre original de Philibert Delorme (1561) est disponible à cette adresse : https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k85634s.image • Une transcription de cet ouvrage en français moderne est disponible à cette adresse : http://architectura.cesr.univ-tours.fr/Traite/Textes/Masson643.pdf. (Pour les gravures et image se référer à l'œuvre originale) • Un point de vue légèrement plus récent est le Nouveau traité de charpente ou Vignole de 1849 : https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5432014f/f2.item.r=delorme • Plusieurs charpentiers ont eu des chantiers sur des charpentes à la Philibert Delorme. Notamment Guillaume Hutteau pour la restauration du Manège de Fontainebleau en 2016.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

Question	B5 :Quel bois peut-être mis en paroi verticale en ERP et en quelle épaisseur ?			
Précisions	ERP : Établissement Recevant du Public			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Le document de www.catalogue-construction-bois.fr « REACTION AU FEU DE BOIS MASSIFS EN PAREMENTS EXTÉRIEURS ET INTÉRIEUR » de 2017, précise les obligations imposées par l'arrêté du 24 septembre 2009. Selon la configuration du plafond (poutre apparentes ou non), la surface de bois classés D-S2-d0 maximale en parois verticales varie de 50 à 100 %, avec un isolant derrière classé A2. Le classement des bois est défini dans la norme NF EN 14915 et sont indiqués dans le rapport de www.catalogue-construction-bois.fr cité ci-dessus. On peut ainsi utiliser des lambris ou des plaques de bois (type Medite…). Il est possible d'atteindre un classement C avec le douglas dans des configurations particulières décrites dans le rapport d'étude de 2011 intitulé « REACTION AU FEU DE BOIS MASSIFS EN PAREMENTS EXTÉRIEURS ET INTÉRIEURS » du FCBA.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Le regard d'un bureau de contrôle serait utile.			

Question	B6 :Il est difficile de s'approvisionner en bois local ou de trouver des artisans utilisant ces matériaux (x3).			
Précisions	- Où trouver du Douglas sec local ? - Problème de qualité pour avoir du bois local purgé d'aubier - Difficultés à trouver des artisans qui mettent en œuvre du bois local			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	L'information est passée à Profession Bois Normandie. Il existe une initiative à vocation inter-régionale, mise en place en Bretagne, de mise en lien pour s'approvisionner en bois local (http://www.comptoirdesboislocaux.fr/). La mise en place d'un groupe local nécessite de nommer un référent pour modérer les annonces postées. La plateforme est concurrencée par Le bon coin.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

2 Maçonnerie

Questions scientifiques

Question	M1 :Quelle est la perméabilité à la vapeur d'eau du mortier en construction GREB ?			
Précisions	Recette typique :1 vol de chaux, 1 vol de ciment, 3 vol de sable, 4 vol de sciure. Il est souvent décrié comme étant peu perspirant principalement à cause de la présence de ciment.			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Le RFCP indique avoir réalisé un essai (rapport du CODEM du 12/06/2014), dont le résultat est un µ(sec) = 8,5, une valeur typique pour un enduits chaux. D'après D. Hoxha et al. « Hydromechanical properties of some mortars used in some ecologic construction techniques », 2012, la perméabilité sèche aurait été meilleure en absence de ciment. Une autre propriété importante est la capacité de transport de l'eau en phase liquide par capillarité. Aucune information n'a été trouvée à ce sujet. Cela pose plus largement la question de l'évolution des performances hygriques en fonction de l'hydraulicité, des mortiers chaux, chaux-ciment et ciment, en distinguant capillarité et perméabilité, ainsi que l'impact d'ajout de particules végétales sur la performance de ces enduits.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	- Nécessite de faire quelques essais de capillarité sur mortier GREB - Sur l 'étude des évolutions des performances hygriques en fonction de l'hydraulicité, cela nécessite de faire une étude bibliographique en premier lieu.			

Question	M2 :Peut-on faire du pisé avec du béton concassé et de la terre crue normande ?			
Précisions	Terre crue normande argilo-limoneuse.			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Le pisé se fait avec certains types de terre, dont un des paramètre est la granulométrie. Le béton concassé servirait à compléter la granulométrie d'une terre fine. Un pisé à base de béton concassé semble possible, à valider sur site selon la terre utilisée, le type de béton concassé utilisé et la mise en œuvre avec une obligation de résultat : le guide de bonnes pratiques sur le pisé et celui sur la bauge recommandent la réalisation de muret tests, réalisés dans la même configuration que le chantier, pour s'assurer que la performance est atteinte. L'intérêt de travailler avec une terre locale adaptée est de s'épargner la phase d'homogénéisation de la ressource (le mélange de la terre avec le béton concassé), dont il faut estimer le coût et le temps de mise en œuvre. Les parties grossières d'un pisé sont des éléments dont la forme ne sera pas similaire à celle du béton concassé, qui aura des arêtes vives. Par ailleurs, le béton concassé absorbera potentiellement plus d'eau que les partie minérales d'un pisé traditionnel. Ces deux phénomènes peuvent affecter la résistance mécanique. La quantité de poussière dans le concassé peut être contrôlée car elle va affecter le mélange, et pour des questions de confort et de santé des travailleurs.			

Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	La première étape pourrait être de réaliser des murets pour valider la technique. Puis solliciter les experts du guide de bonnes pratiques bauge et pisé si besoin pour valider les murets réalisés. En région, il y a F. Streiff du PNR des Marais du Bessin et du Cotentin.			

Question	M3 :Peut-on étudier les performances de béton de papier - terre crue ?			
Précisions	En remplacement du papercrete (chaux - sable – papier). On peut également utiliser du carton au lieu du papier, en laissant tremper du carton dans de l'eau et en l'ajoutant au mélange terre dans la bétonnière. Est-il intéressant d'ajouter de la chaux ? L'application d'isolant non porteur est recherchée, mais il doit être possible de faire tenir un plancher simple sur ces murs.			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Les travaux déjà réalisés sur le terre-allégée peuvent donner des premiers éléments sur les performances thermiques attendues. À ce jour, il y a le livre de Franz Volhard « Construire en terre allégée », édition Actes Sud, les travaux sur le terre-paille (voir le site internet terre-paille.fr) et sur le terre-chanvre à Eco-Pertica, puis le guide de bonnes pratiques du terre-allégée. Il est probable que le papier / carton apporte du collant, mais n'allège pas le mélange autant que la chènevotte ou de la paille. Si besoin, il pourrait être complété par une autre charge pour le rendre plus isolant. L'ajout de chaux n'est pas nécessaire et pénalise l'impacte carbone.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Le premier travail est de déterminer la gamme de masse volumique qui peuvent atteintes selon les dosages, types de constituants et mises en œuvre. La mesure de la masse volumique des échantillons permettront d'avoir un ordre de grandeur de la performance thermique, hygrométrique et acoustique selon le mode constructif. Une problématique peut-être la durabilité, car le papier est très putrescible. Cela peut être examiné après la phase de séchage des échantillons. Cette étape permet de définir le domaine d'application du matériau, ce qui orientera les potentiels futurs tests à réaliser. Jusqu'à ce stade, pas besoin « d'essais » en laboratoire.			

Question	M4 :Comment démontrer l'écran thermique constitué par les enduits terre ?			
Précisions	La notion d'écran thermique est liée à la résistance au feu			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	L'arrêté du 21 novembre 2002 indique que les enduits terres sont incombustibles tant qu'ils sont composés à moins de 1 % en masse ou en volume de matière combustible (végétale). Néanmoins, le rôle d'écran thermique n'est pas démontré à ce jour pour les enduits minéraux (terre, chaux…) et éventuellement en présence de végétal, et dépend du substrat (chaux-chanvre, terre-chanvre, torchis…).			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Cette question est complexe et nécessite une approche avec des essais reconnus pour que les résultats soient utilisables. Eco-Pertica et les Chanvriers en Circuits courts font progresser la question, en lien avec le groupe torchis et terre allégée. Il s'agit de R&D de labo liée à de la R&D de terrain, compte tenu des maquettes à réaliser en concertation avec le laboratoire. Une vidéo de comparaison de différents matériaux à l'instar de celle produite par NOVIDEM serait instructive.			

Question	M5 :Comment s'assurer qu'un enduit terre ne fissure pas sur un poêle de masse ?			
Précisions	Température max ~ 100°C.			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	On peut ajouter une trame dans l'enduit, par exemple en fibres de verre. L'enduit est réalisé avec une première passe (10 mm) sur laquelle la trame est placée à frais. La trame est noyée par ~ 5 mm d'enduit. Après séchage complet, la couche de finition peut être posée (5 mm). L'utilisation de trames ou fibres naturelles est possible mais leur composition chimique peut évoluer selon la température (les cires se dégradent autour de 120°C). Enfin, une autre solution est de réduire la capacité de retrait du mélange, soit en ajoutant de la chaux aérienne ou faiblement hydraulique (autour de 10 %) ou avec du plâtre (~ 20 % - des taux inférieurs semblent possibles). Richard Lacortiglia (formateur au Gabion) indique que l'ajout de plâtre à hauteur de 20 % en volume est extrêmement agréable pour la mise en œuvre. Un retardateur peut être utilisé pour faciliter la mise en œuvre. L'entreprise Plâtre Vieujot est expérimentée sur les mélanges plâtre-terre. L'inconvénient est que la terre stabilisée perd sa réparabilité. Le corps d'enduit peut-être fait ainsi, et la couche de finition sans stabilisation, pour maintenir la réparabilité.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Un travail de collecte de retour d'expérience auprès de fumistes serait intéressant pour compléter l'analyse.			

Question	M6 : Peut-on réaliser des recherches sur les dalles en terre crue ?			
Précisions	Cela remplacerai avantageusement le plancher en béton, qui est coûteux en CO2 et en coût pour le neuf ou la réhabilitation. Par exemple : 1) plancher terre avec carrelage scellé, 2) terre + isolant (liège 80mm) + chape et carrelage scellé, 3) hérisson compacté, + isolant (liège 80mm) + terre et carrelage scellé. Quelles sont les épaisseurs minimales atteignables pour le complexe de dalle ? Peut-on réaliser ces dalles en s'appuyant sur des documents techniques officiels ?			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Plusieurs expériences sont documentées sur le site d'ARESO, le rapport de stage d'Anne Lemarquis ou le livre « Les sols en terre » aux éditions Terre Vivante. Deux techniques sont documentées : dalle tirée à l'état frais ou dalle damée à l'état de plasticité similaire à celui du pisé. La terre peut-être stabilisée, mais à un coût environnemental à évaluer et en perdant généralement sa réparabilité. Le plâtre limite de retrait. Par exemple, au Gabion, des enduits extérieurs ont été fait en terre-plâtre, à raison d'environ 20 % en volume de plâtre. Alors que l'on aurait pu s'attendre à avoir un retrait fonction de la quantité de plâtre, ils ont observé que le plâtre semble « bloquer » le retrait. Les techniques dites de terre coulées (rendre la terre liquide tout en limitant la quantité d'eau) testées notamment par Craterre peuvent être regardées. Le développement de bétons de terre stabilisée (type technologie HP2A d'Argilus et diverses expérimentations de ce type) pourrait permettre d'atteindre de plus hautes performances mécaniques. Néanmoins, l'efficacité de ce type stabilisation dépend de la nature de la terre, ce qui favorise le développement de terres issues d'un gisement caractérisé une fois pour toute, plutôt que de valoriser les terres présentent sur un site de chantier. Cela correspond à un schéma d'industrialisation où l'artisan perd la maîtrise du mélange.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Le sujet est vaste car les terres et les mises en œuvre sont diverses. Les actions qui pourraient être menées : 1) collecter le retour d'expérience et contacter la fédération des professionnels de la construction en terre-crue pour avoir des retours d'expériences de professionnels. 2) Identifier les professionnels intéressés, 3) Réaliser tests de chantier 4) R&D en laboratoire. (Laboratoire régional à identifier)			

Question	M7 :Est-ce que le jus d'ensilage augmente la résistance des enduits terre ?			
Précisions	-			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Des informations sont dans le document « Argile et Biopolymères : les stabilisants naturels pour la construction en terre », piloté par Aurélie Vissac, qui reprend des résultats d'expérimentation de Tom Rijven « Entre paille et Terre », ainsi que dans le « Rapport technique Projet Terre – Association LESA 25/03/2015 » et le document « Les enduits terre intérieurs » de Pierre Delot. Le rapport du LESA montre que des mélanges avec des végétaux fermentés améliore quasi-systématiquement la résistance à l'abrasion et à l'érosion, mais l'ampleur de l'amélioration est variable. La macération doit être faite sur plusieurs jours (typiquement 10 jours) et si possible en présence de chaleur. Les végétaux sont laissés à macérer, mais pas jusqu'à ce qu'ils pourrissent. Les végétaux libèrent des biopolymères (amidon et de la cellulose) qui vont renforcer l'enduit. L'ajout			

	de jus de végétaux macérés (ensilage, eau orgée) apporte des biopolymères et d'autre part favorise le démarrage de la fermentation des fibres ajoutées au mélange. La macération peut induire un changement de teinte. La réponse est donc oui, les jus d'ensilage semble améliorer la résistance (abrasion, érosion) des enduits terres. Un effet n'a pas été étudié à notre connaissance : les jus d'ensilage sont corrosifs car acides (pH autour de 4). Cela peut favoriser la floculation des argiles, et donc d'augmenter la demande en eau pour atteindre un état de plasticité donné, ce qui augmenterait le risque de fissuration.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Le gain induit par le jus d'ensilage est complexe à démontrer car il y a des nombreux paramètres (type de fibre, type de terre, type de jus, dosage, mise en œuvre). De plus, il n'est pas évident que tous les jus macérés aient le même impact (ensilage d'herbe, de maïs), selon le type de végétal et le temps de macération. D'un point de vue applicatif, un test de chantier (test d'arrachement par exemple) est suffisant pour que l'artisan sache si son enduit rempli la fonction voulue. Pour aller plus loin dans la compréhension de la stabilisation naturelle, il serait intéressant de : • faire une étude bibliographique sur le sujet, notamment sur la composition de différents jus macérés. • définir un protocole de réalisation d'échantillons d'enduits tests sur chantier, puis d'inciter de nombreux artisans à les réaliser lorsqu'ils ont un chantier à réaliser. D'ici quelques années, il sera possible de mener une étude de R&D de terrain et de labo pour évaluer l'effet de plusieurs stabilisations naturelles sur des terres différentes.			

Question	M8 : Quel est l'impact de changer la charge (chanvre, lin, paille) dans les bétons de terre allégée ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Plusieurs travaux de recherche ont été réalisés sur des mélanges de terre-allégée. En France, les plus significatifs sur le volet technique sont : • Terre-chanvre : thèse en cours de T. Vinceslas (fin en 2019) et la thèse de C. Flament (2013). • Terre-paille : Travaux de N. Oudhof • Terre-roseau : Thèse d'I. Niang (2018), travaux d'E. Samin (2018), thèse de Mathilde Honoré (en cours, fin en 2020), travaux au PNR du Marais du Bessin et du Cotentin (non publiés). • Terre-tournesol ou colza : thèse de Y. Brouard (2018) **Thermique** Changer la charge modifie les performances du béton biosourcés. La paille de blé n'a pas la structure poreuse de la chènevotte, les mesures officielles disponibles à ce jour montrent que le terre-chanvre est légèrement plus isolant à masse volumique identique. Mais en première estimation, le guide de bonnes pratiques sur le terre allégée propose une corrélation pour estimer la conductivité thermique en fonction de la masse volumique.			

	Mécanique La balle de riz, les anas de lin, la chènevotte ou la paille de blé ne fibrent pas le mélange de la même manière. Cela modifiera le comportement mécanique. Le paramètre essentiel est que le matériau se tienne et sa rigidité, pour pouvoir enduire. La présence de brins courts uniquement (chènevotte fine, balle de riz) est peu favorable pour résister au cisaillement, mieux vaut avoir un fibrage mixte, avec des fibres courtes et longues. Dans une application d'isolation, le mélange est léger et non porteur, l'artisan juge sur chantier si le mélange est suffisamment résistant pour enduire. Dans ce cas, toutes les fibres citées ci-dessus peuvent convenir. **Hygro** Le comportement hygroscopique dépend du liant et de la charge, mais si l'on utilise de chaux ou de la terre avec des charges végétales, alors ce sont généralement des mélanges ouverts à la vapeur d'eau et capillaires. En termes de sorption et d'absorption, les résultats peuvent varier selon la charge végétale. Par exemple, le roseau absorbe beaucoup moins l'eau que la chènevotte. En termes de régulation d'humidité dans un logement, ce qui importe au premier ordre c'est le parement de finition. Donc changer la charge ou le liant n'aura a priori pas d'effet significatif sur la régulation d'humidité.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Il serait utile d'avoir : • un travail comparatif de différents bétons biosourcés mené dans la même étude, suivi de mesures de conductivité thermique officielle pour différents mélanges de terre-allégée. Cette étude devra intégrer les mises en œuvre banché et projeté. • Une étude scientifique comparative entre ces différents bétons allégés. Car les différences entre matériaux sont parfois tenue et les études différentes complexifie l'analyse comparative. Des travaux sont en cours sur ce sujet (Université de Bretagne, Eco-Pertica, PNR des Marais du Bessin et du Cotentin), peut-être est-il pertinent d'attendre les résultats de ces travaux avant de lancer un projet de recherche.			

Question	M9 : Quelles sont les performances thermiques et structurelles d'un enduit correcteur thermique terre/végétal ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Un enduit dit correcteur thermique désigne les mélanges gras appliqués à la truelle. L'air est chassé du mélange par la pression appliquée avec l'outil. Cela permet d'atteindre des masse volumique de 700 à 1000 kg/m³. **Thermique** La conductivité thermique des correcteurs thermique est comprise entre 0,15 et 0,2 W/m.K. Ces enduits sont 2 à 3 fois moins isolants que les bétons allégés mis en œuvre par banchage manuel ou projection (0,07 et 0,10 W/m.K.). **Mécanique** La performance mécanique essentielle d'un béton biosourcé est sa rigidité. La thèse d'A. Youssef et les travaux de T. Vinceslas montrent que les valeurs suivantes sont atteintes : • 10 MPa autour de 300 kg/m³ (terre-chanvre, chaux-chanvre)			

	• 40 MPa autour de 600 kg/m³ (chaux-chanvre) • 80 MPa autour de 850 kg/m³ (chaux-chanvre)			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

Question	M10 : Peut-on classifier la performance thermique des enduits chaux-chanvre en fonction de leurs dosages et technique de mise en œuvre ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Il existe quatre méthodes de mise en œuvre : stabilisé (150 – 250 kg/m³), banché ou projeté (200 – 500 kg/m³), à la truelle (700 à 1000 kg/m³). La conductivité thermique peut varier selon plusieurs facteurs, notamment l'anisotropie de la microstructure (le fait que les particules végétales aient une orientation préférentielle). Les valeurs suivantes peuvent être retenue en première approche : 200 kg/m³ : 0,05 – 0,06 W/m.K 300 kg/m³ : 0,07 – 0,09 W/m.K 600 kg/m³ : 0,10– 0,13 W/m.K 900 kg/m³ : 0,20– 0,30 W/m.K			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

Question	M11 : Quelles sont les caractéristiques des briques de chaux-chanvre ? Quelles sont les différences entre terre chanvre et chaux chanvre ?			
Précisions	-			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Les briques chaux-chanvre sont plutôt légères avec une masse volumique autour de 300 kg/m³, ce qui correspond à une conductivité thermique entre 0,07 et 0,09 W/m.K L'avantage des briques est que le séchage est géré en amont du chantier, seul reste le mortier à sécher. Un avantage par rapport au banché manuel est que les briques sont pressées à plat, donc une fois la brique maçonnée les chènevottes sont majoritairement orientées perpendiculairement au flux de chaleur ce qui est favorable. En banché manuel, le mélange est pressé par le haut, donc une partie des chènevottes se retrouvent parallèle au flux de chaleur. Le gain est de l'ordre de 10 à 15 % sur la conductivité thermique, en faveur des briques. En projection mécanisée, les chènevottes sont également orientées favorablement, c'est-à-dire majoritairement perpendiculaires au flux de chaleur. Le terre-chanvre ou le chaux-chanvre diffèrent par l'impact écologique (en faveur du terre-chanvre), la réparabilité et possibilité de réemploi (en faveur du terre-chanvre), la disponibilité locale des ressources (en faveur du terre-chanvre). D'un point de vue mécanique, ces mélanges sont similaires (hormis présence d'agents stabilisants – pouzzolane, ciment…). Le chaux-chanvre est couvert par des règles professionnelles, le terre-chanvre par un guide de bonnes pratiques. Enfin, le nombre de professionnels			

	formés au chaux-chanvre et plus important que ceux proposant du terre-chanvre.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

Question	M12 : Peut-on avoir des règles professionnelles ou un DTU sur les dalles en chaux-liège ?			
Précisions	-			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Le Document Technique Unifié applicable aux dalles et chapes est le DTU 26.2. Il ne s'applique qu'aux liants ciments. Ainsi, les dalles à base de chaux ne sont aujourd'hui pas concernées, à l'exception des dalles chaux-chanvre couvertes par les règles professionnelles de Construire en Chanvre. Les dalles chaux-chanvre sont néanmoins à préconiser uniquement sur sol ne présentant pas de risque d'exposition prolongée à de hauts niveaux d'humidité. Le liège résiste mieux que le chanvre à l'humidité, ainsi que les billes d'argiles. ALIECOR (spécialiste du liège) met à disposition une fiche technique, mais indique qu'il n'a as connaissance de documents techniques validés par la profession ou de règles de l'art. Saint Astier met à disposition une fiche sur les dalles chaux – billes d'argiles.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Créer un document technique de type DTU nécessite de collecter le retour d'expérience de chantier et éventuellement d'identifier des pratiques anciennes proches dans la littérature, puis d'avoir plusieurs acteurs pour porter la démarche. La question peut-être posée à Up'Chaux (Union des producteurs de chaux) et au CESA (St Astier).			

Question	M13 : Que devient le plâtre en fin de vie ?			
Précisions	Sa dégradation semble libérer du souffre.			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Le plâtre est issu d'une roche, le gypse, déshydratée par cuisson. Lorsque le plâtre est mélangé à de l'eau, il se réhydrate pour durcir en reconstituant du gypse. Ainsi, le plâtre est recyclable à l'infini. Le plâtre recyclé constitue 15 à 25 % des plaques de BA13. Les stocks de gypse sont évalués à 350 Millions de tonnes, dont 70 % en région parisienne et de celle-ci seule 10 % sont exploitables du fait de l'urbanisation. Le stock réellement mobilisable est de l'ordre de 130 Millions de tonnes. La consommation est de 4,5 millions de tonnes, ce qui représente un peu plus de 28 ans de capacité d'exploitation avant rupture d'approvisionnement. Le rapport « Déchets de plâtre – Évaluation des risques semi-générique » du BRGM, en 2005 donne des éléments sur la gestion de fin de vie du plâtre. Lorsque le déchet contient moins de 10 % de plâtre ou qu'il s'agit d'un supports inertes avec une faible quantité de plâtre, alors le plâtre peut être mis en décharge classe 3 (déchets inertes) avec tous les gravats du BTP. Si les déchets contiennent plus de 10 % de plâtre, ou qu'il s'agit de plâtre exclusivement ou de déchets contenant du plâtre sur des supports non			

	inertes, alors il est orienté vers une décharge classe 2 (déchets non dangereux). La décharge classe 2 est basée sur une gestion des flux, notamment les lixiviats, alors que la décharge classe 3 s'appuient sur le principe d'atténuation naturelle des flux (ce qui rend la mise en décharge classe 3 moins onéreuse). Les deux risques liés au plâtre est la solubilisation dans l'eau et des réactions en contact de matières organiques. Le principal risque identifié dans ce rapport est la pollution des eaux souterraines. Le gypse ($CaSO_4$ $2H_2O$) est soluble dans l'eau et libère des ions calcium Ca^{2+}à et sulfate SO_4^{2-}. L'ion sulfate n'est pas particulièrement toxique semble-t-il, mais un seuil à 250 mg/L d'eau est défini par la réglementation française compte tenu d'effets gastro-intestinaux (laxatifs). Par contre, l'ion sulfate se transforme en sulfure d'hydrogène (H2S), qui est un gaz à l'odeur d'œuf pourri et qui est toxique (irritation des yeux, nez, gorge). Le sulfure d'hydrogène peut se former lorsque le pH de l'eau est basique, ce qui arrive notamment en présence de matière organique (présentes dans l'eau ou venant du plâtre), qui sont dégradées par des bactéries consommant par ailleurs de l'oxygène. L'eau devient impropre à la consommation de part son odeur. Le BRGM indique que les décharges de classe 2 peuvent placer les déchets de plâtre dans des casiers spécifiques (qui fonctionnent comme des décharges de classe 3), si la quantité de matière organique est inférieure à 3 % en masse, ou 5 % s'il n'y a pas que du plâtre. Les cas au-dessus de ce seuil sont le lattis bois – plâtre en plafond (~ 50 % de bois), les cloisons alvéolaires avec deux plaques de plâtre et du carton (~ 8 %). Les plaques de plâtre sont limites (~ 4 % avec le carton). Un béton de plâtre-chanvre entrerait dans cette catégorie, avec autour de 25 % en masse de chanvre. Un risque semble être « l'effondrement de cavité gypseuse ». Le plâtre, s'il est placé en quantité a un endroit dans un site d'enfouissement, peut progressivement se dissoudre, laissant ainsi un vide pouvant créer un effondrement. **Trois valorisations des déchets sont possibles :** - Le recyclage en produits de construction. En 2017, les industriels du plâtre annonce avoir recyclé 91 000 t de plâtre pour 400 000 t de déchets produits. Cela comprend les déchets peu facilement séparables, tels que les enduits, mélanges, staff… Ainsi, près de 3/4 des déchets de plâtre sont aujourd'hui traités comme déchets. Le site https://collecteurs.lesindustriesduplatre.org/ référence les points de collecte du plâtre. Le plâtre collecté est ensuite envoyé vers l'un des 3 sites français de recyclage : Chambéry (73), Vaujours (93) ou Cognac (16) - L'utilisation en cimenterie (ajout de gypse dans le clinker). - L'utilisation en filière d'amendement agricole. La filière cimenterie utilise environ 15 % du plâtre produit. La filière agricole consomme une quantité marginale de plâtre, semble-t-il principalement issus de production plâtrières de qualité inférieure.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

Question	M14 : Analyse de Cycle de Vie comparée d'un enduit plâtre vs chaux-sable ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Le plâtre naturel est obtenu après cuisson entre 120 à 200°C (une partie du gypse des plaques de plâtre provient de desulfurisation des gaz de fumée de centrales thermiques), la chaux autour de 800°C et le ciment entre 500 et 1200°C (naturel) ou 1450°C (artificiel). Nous avons réalisé un bilan carbone approximatif pour évaluer les ordres de grandeur du bilan carbone de ces matériaux. L'impact carbone du ciment artificiel type CEM I est de 866 kg CO2 eq/ t de liant[3], dont environ 15 % sont récupérés par carbonatation. Soit ~ 730 kg de CO2 eq / t de liant (cette approche néglige le fait que les émissions et stockage ne sont pas simultanées). En enduit, pour 35 kg de ciment, il faut compter 140 kg de sable, de masse volumique de 1700 kg/m³ et dont l'impact est de l'ordre de 11 kgCO2 eq/t[4]. La masse volumique de l'enduit est de l'ordre de 1800 kg/m³. Soit 182 kgCO2 eq/t d'enduit (ce résultat est proche de celui de la FDES collective « enduit minérale » sur la base INIES qui indique 207 kgCO2 eq/t d'enduit), **soit 3,28 kg CO2 eq / m² / cm d'enduit.** L'impact de la chaux est comprise entre 335 et 870 kg CO2 eq/ t de liant[5], dont environ 75 % sont récupérés par carbonatation (si la chaux est majoritairement à prise aérienne). Soit un bilan net ~ 150 kg CO2 eq / t de liant. La chaux en poudre à une masse volumique de l'ordre de 500 kg/m³. Elle est associée à du sable à raison de 1 vol de chaux pour 3 vol de sable. Cela revient à 3 kg de chaux pour 30 kg de sable. La masse volumique est de l'ordre de 1600 kg/m³. Soit au bilan 23 kgCO2 eq / t d'enduit **soit 0,37 kg CO2 eq / m² / cm d'enduit.** L'impact du plâtre a été calculé dans une étude scientifique tchèque[6]. La masse volumique est de l'ordre de 1000 kg/m³. L'impact est de 140 kg CO2 eq / t de gypse d'origine naturelle **soit 1,4 kg CO2 eq / m² / cm d'enduit.** Cette approche approximative montre que l'enduit chaux semble plus écologique qu'un enduit plâtre sur la base d'une analyse carbone. Notons que les enduits chaux et ciment consomment du sable, qui est une ressource qui va se raréfier. Remarque : Samuel Courgey mentionne le site allemand www.baubook.info comme une source possible pour obtenir des informations sur les impacts environnementaux de matériaux.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Il serait utile de solliciter les producteurs de chaux et de plâtre pour fournir une analyse carbone détaillée de leur produits.			

3 ACV de l'ATIL (Association Technique de l'Industrie des Liants hydrauliques)

4 Association française des professionnels de l'eau et des déchets

5 Site http://www.fabricantdechaux.fr consulté le 17/06/2019 & Base carbone version 2014 de l'ADEME

6 Fort et al., Carbon footprint analysis of calcined gypsum production in the Czech Republic, Journal of Cleaner Production, 177, 2018

Question	M15 : Comment peut-être gérée la fin de vie de mélanges terre-plâtre ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Le plâtre va empêcher la réparabilité de la terre. En deçà de 10 % en masse, le déchet sera géré en déchet inerte, au-delà de 10 % en tant que déchet non dangereux. Attention néanmoins, car la terre à bâtir peut avoir de l'ordre de 5 % en masse de matière organique, ce qui s'ajoute aux éventuelles particules végétales, qui favorise la création de sulfure d'hydrogène (voir question ci-dessus sur le devenir du pâtre en fin de vie).			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

Questions techniques

Question	M16 : Quel support d'enduit terre sur un mur de refend porteur de maison paille ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	La solution de support d'enduit terre dépend de la nature du mur de refend. Ou le mur de refend peut être choisi pour être compatible avec un enduit (mur en pisé, bauge…). Pour ce qui concerne les enduits terre, voici les deux ouvrages de références : les règles professionnelles des enduits terre (édition le Moniteur) et le guide de bonnes pratiques des enduits terre (en libre téléchargement). Les règles professionnelles de la construction en paille (édition le Moniteur) mentionnent le cas des enduits terre sur botte de paille.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Contacter l'ARPE pour identifier un artisan proche du chantier qui pourra vous aiguiller.			

Question	M17 : Quelle est l'étanchéité à l'air réelle que l'on peut atteindre avec des enduits ?			
Précisions	Dans la pratique il est difficile de traiter les points singuliers : jonction poutre/murs, menuiseries… Par ailleurs en partie courante, la fissuration éventuelle de l'enduit intérieur garantit-elle la pérennité de l'étanchéité à l'air ? Dans le bâti ancien, le film frein-vapeur est-il plus efficace que des enduits pour assurer l'étanchéité à l'air ?			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Les enduits minéraux sont à même d'assurer une étanchéité à l'air suffisante, mais leurs éventuelles imperfections (fissures…), la gestion de leurs interfaces (avec plancher, plafond, traversées de poutres, entourages de baies…), et les installations électriques les traversant dégradent généralement totalement leur potentiel. Mais ce fait n'est pas obligé, car une utilisation judicieuse d'adhésifs avec trame, de joints souples et de boites électriques étanches peut permettre d'atteindre une réelle performance. Dans le cas d'une isolation par l'extérieur on part du principe que c'est le mur de maçonnerie qui assure l'étanchéité à l'air. C'est alors principalement l'interface enduit intérieur/ menuiserie qui correspond au point à traiter avec soin.			

	Si les enduits vont de pair avec une isolation intérieure en béton biosourcé, deux nouvelles options permettent de limiter les risques : • la mise en œuvre d'enduit en pourtour des boites électriques, voire également dans l'idéal des tubes et autres canalisations ; • la pose de liteaux courants sur les parois de pourtour (sur plafond, plancher ou murs contigus) afin de stopper la fissure traversante / d'imposer une chicane aux éventuels flux d'air. Si les enduits sont mis en œuvre sur panneaux, on demandera alors aux panneaux, ou aux membranes placées derrière d'assurer l'étanchéité à l'air recherchée.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Collecter des retours d'expériences auprès de bureaux d'études thermiques, sociétés réalisant des tests d'étanchéité à l'air et filières (terre, paille, chanvre…) ?			

Question	M18 : Est-il nécessaire de tramer les enduits chaux extérieurs ?			
Précisions	Lors d'un chantier d'une maison en botte de paille, cela n'a pas empêché des micro-fissurations nombreuses. Quelle évolution dans le temps, l'étanchéité à l'eau sera bien assurée ?			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Plusieurs pratiques sont relevées. D'après une membre du RFCP, les constructeurs semblent favoriser un tramage systématique avant enduit de toute la surface, pas seulement des zones techniques. Cela sécurise. Des trames de sols sont préférées, avec des mailles de 2 cm voir un peu plus, au lieu des trames fines (mailles de ~ 1 cm), car cela permet une bonne cohésion entre la botte et l'enduit. Si la trame est trop fine, cela peut générer une décohésion. Compte tenu du fait que les bottes sont aujourd'hui disposées avec la partie lisse apparente, pour obtenir la meilleure performance thermique possible, le besoin de tramer est plus fort que lorsque les bottes sont placées avec les brins perpendiculaires à la surface. Mais les pratiques ne sont pas uniformes, un formateur à l'éco-construction indique que *« Sur support botte de paille, il est important d'appliquer un corps d'enduit de l'ordre de 3 cm en terre et paille ou chaux-paille pour avoir une bonne planéité avant d'appliquer l'enduit de finition de 5 à 8 mm en chaux sable, et dans ce cas il n'y pas besoin de tramer. La trame ne sert que pour le risque de fissuration en cas de support avec des matériaux différents. »*. La jonction entre deux matériaux différents (paille et ossature bois) doit effectivement être gérée avec des bandes de pontage.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

Question	M19 : Quel est l'état des connaissances et les documents techniques applicables pour une pose directe de carrelage sur chape maigre, sans isolant ni dalle supplémentaire ?			
Précisions	Historiquement les carrelages étaient posés ainsi, mais les artisans ne veulent plus faire ça et cela semble compliqué réglementairement.			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Une chape maigre correspond à un dosage de liant divisé par deux, de l'ordre de 6 volumes de sable pour 1 de liant, en chaux ou ciment, ce qui correspond à 150 kg/m³ de liant. Le DTU 26.2 concerne les dalles ciments. Il spécifie que le dosage minimum est de 300 kg/m³ pour les locaux d'habitation, ce qui correspond aux dalles classiques. Le DTU 52.1 régie les chapes maigres pour poser du carrelage, mais posés nécessairement sur un support à base de ciment. Ainsi, il semble aujourd'hui n'exister aucun document technique officiel sur lequel s'appuyer pour réaliser une chape maigre à la chaux.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Il faudrait confirmer ce point avec un contrôleur technique et un ancien carreleur.			

Question	M20 :Quelles sont les propriétés thermiques des enduits terre ?			
Précisions	-			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Conductivité thermique : 0,8 à 0,9 W/m.K Masse volumique : 1600 – 1800 kg/m³ (si terre-sable uniquement, sans fibres) Chaleur spécifique : 1 kJ/kg.K			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

Question	M21 :Quelle technique terre crue est la plus adaptée pour faire une banquette ou une seconde peau de poêle de masse ?			
Précisions	Pisé, bauge, terre coulée ?			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	La technique pisé ou banché dépend de la terre disponible. Le pisé est mis en œuvre plus sec que la bauge, il séchera donc plus rapidement. Une autre solution, pour s'épargner le séchage est d'utiliser des briques types BTC (Brique de terre comprimée) ou des adobes (fabrication manuelle) qui peuvent être achetées ou préparées en amont du chantier. Par contre, cela rend plus complexe la réalisation de formes arrondies. La terre coulée est une méthode qui se développe récemment. L'enjeu est de pouvoir couler la terre et la décoffrer rapidement. Plusieurs techniques existent, celles jugées les			

	plus écologiques sont indiquées ici. Le plâtre doit pouvoir être utilisé. Le plâtre gonfle à la prise, ce qui réduit la fissuration. Des silicates ou carbonates de soude peuvent-être ajoutée à moins de 1 % en masse pour disperser l'argile et ainsi pouvoir utiliser moins d'eau et réduire le risque de fissuration. Sinon, des recherches montrent l'intérêt d'alginates (glucides obtenus à partir de sucre issus d'algues), mais leur impact dépend de la nature de la terre. AMACO a produit plusieurs vidéos sur la terre-coulée.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Il serait intéressant de collecter des retours d'expériences de fumistes.			

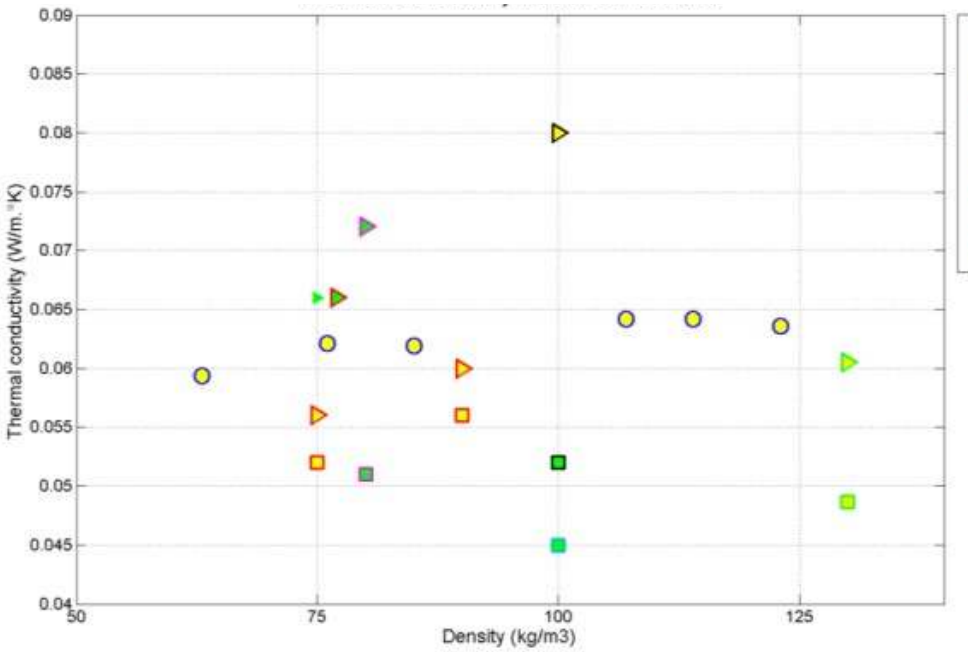
Question	M22 :Comment développer des compétences sur la terre crue ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Il y a plusieurs pôles de compétences en région : • le PNR des Marais du Bessin et du Cotentin, avec François Streiff, qui organise plutôt des formations longues. • Enerterre, une filière terre de la Manche qui organise des chantiers participatifs, ce qui permet d'apprendre en situations réelles • Eco-Pertica dans l'Orne, spécialisé dans le terre-allégée projeté. Ils prévoient d'organiser une seconde séance de formation pour maçon et architecte en fin d'année. En dehors de la Normandie, le Gabion organise des stages de formations techniques courtes de qualité. Il y a également le centre de formation « De la matière à l'ouvrage », avec S. Dugelay, ou AMACO plus orienté architecte. Pour s'acculturer sur le sujet, plusieurs ouvrages existent, entre autres : • Traité de construction en terre de H. Houben, H. Guillaud • Règles professionnelles des enduits sur supports composés de terre crue du réseau Ecobâtir • Construire en terre allégée de F. Volhard			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

3 Isolation

Questions scientifiques

Question	I1 :Peut-on développer un isolant souple en éco-matériaux normand ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Le marché des isolants souples est difficiles d'accès car les investissements industriels sont de l'ordre de plusieurs millions d'euros. Une usine produit les rouleaux de laine de chanvre / lin etc en Vendée et la ligne représente 6,5 M€ pour 300 000 m³ d'isolants produits par an (donnée journalistique de 2008 non vérifiée). Une ligne de teillage d'une coopérative linière coûte environ 4M€ (information transmise par une linière). Une usine commence à produire des panneaux à base de paille de riz en Provence-Alpes-Côte d'Azur. Une ligne de production de fibre de Polystyrène expansé ou laine de roche supplémentaire dans l'usine Knauf en Bourgogne France-comté représente 5 M€ pour de l'ordre de 500 000 m³ de production (donnée journalistique de 2017 non vérifiée). L'usine Pavatex (60 M€ pour une production de 50 000 t soit environ 1M de m³ d'isolants – donnée de 2017 non vérifiée). La concurrence entre rouleaux biosourcés est difficile avec le fibre de bois qui produit des panneaux 20 % moins chers que les panneaux à base de chanvre/lin etc (prix public). Une étude menée en 2019 en nouvelle aquitaine sur la structuration de la filière chanvre a conclus que la mise en place d'une unité de fabrication d'isolant souple est trop coûteuse pour leur projet de territoire. Il est possible de développer un isolant souple Normand si la filière peut mobiliser un tel investissement. En Normandie, la filière lin semble la plus solide pour s'engager sur un tel projet. Une part importante des fibres est aujourd'hui exportée en Chine et pourrait ainsi rester en région. Mais compte tenu des débouchés et de la valorisation actuelle des fibres, ce projet n'est peut-être pas prioritaire.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

Question	I2 :Quelle est la résistance thermique réelle de la paille ?			
Précisions	Suivant l'épaisseur et densité des bottes.			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Deux méthodes sont utilisables pour démontrer la performance des isolants en France : la plaque chaude gardée et des mesures fluxmètriques. Ces appareils sont conçus pour caractériser des matériaux de 10 cm d'épaisseur au plus, ce qui pose des difficultés sur la botte de paille. D'autres techniques existent, mais les résultats peuvent différer selon les méthodes. Cela rend difficile la comparaison entre études. Par ailleurs, la conductivité thermique dépend de l'humidité dans l'échantillon, et donc notamment de la précision du conditionnement réalisé en laboratoire. L'article J.P. Costes et al. « Thermal Conductivity of Straw Bales : Full Size Measurements			

	Considering the Direction of the Heat Flow », Buildings 2017, 7, 11 indique une bibliographie étoffée. Cela montre que la paille est clairement plus isolante lorsque les fibres sont perpendiculaires au flux, mais que l'effet de densité est peu marqué (voir graphique ci-après).  Fait intéressant, cet article rapporte des mesures réalisée avec une plaque chaude gardée spécifiquement développée pour des échantillons de grande dimension, pour une masse volumique variant de 68 à 123 kg/m³. L'auteur indique que la conductivité augmente avec la masse volumique mais la dispersion des résultats est forte. L'effet de la masse volumique sur la conductivité thermique de la botte semble donc être inférieur à la dispersion de mesure entre échantillons et entre laboratoires. Le RFCP indique en référence la résistance thermique l'Arrêté du 26 octobre 2010 (annexe RT 2012), avec 0,052 W/m.K dans le sens transverse et 0,080 W/m.K dans le sens long, lorsque la masse volumique de la botte est comprise entre 80 et 120 kg/m³.

Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

Question	I3 :Peut-on comparer les isolants du marché sur la base de leur rapport prix/performance, durée de vie, résilience et énergie grise ?			
Précisions	La résilience : modification des performances ou durée de vie si présence d'humidité ou de malfaçons lors de la pose.			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Il serait très utile de faire ce travail, mais le sujet est complexe. Les comparaisons proposées par S. Courgey sur cette question sont intéressantes. • le prix dépend fortement du type de mise en œuvre. Ainsi il est parfois difficile d'avoir un prix au m² défini pour comparer les matériaux. Par contre, sur une disposition constructive donnée, on peut évaluer le prix de différentes solutions.			

	Pour aller plus loin, une analyse en coût global sur tout le cycle de vie est intéressante. Le CD2E a produit une étude en coût global comparant le béton de chaux-chanvre à la laine de verre. (voir également étude Enertech que je cite dans mon diaporama envoyé avec ma dernière newsletter) • la performance doit-elle être réduite à la conductivité thermique ? Et si c'est le cas, les effets de l'humidité sont encore sujets à des recherches (cela pénalise la performance thermique mais pourrait contribuer à des échanges de calories liés au changement de phase de l'eau) ; • la durée de vie est aujourd'hui estimée à, de l'ordre de 50 ans pour les isolants. Quid de cette estimation, car la durée de vie d'une isolation dépend au premier ordre de la bonne conception initiale des parois et de l'entretien du bâti. La durée de vie d'un isolant semble donc moins liée au matériau qu'à la qualité de mise en œuvre et à la fréquence de rénovation des habitations ; • la résilience est un sujet essentiel car aujourd'hui les performances des isolants sont mesurées dans des conditions optimales, qui ne sont pas toujours retrouvées sur chantier. Or, quelle est la capacité de l'isolant à maintenir ses performances en cas de situations imprévues (passage de rongeurs, dégâts des eaux…) ? Quelle est la performance moyenne sur 50 ans ? Cela reste un sujet inexploré à ce jour, mais comment le traiter ? Une simple approche de bon sens permet de répondre à certaines questions, mais une collecte massive de retour d'expériences pourrait apporter des éléments factuels, d'autant plus que nous avons à présent des exemples d'éco-construction neuve qui ont plus de 30 ans. • l'énergie grise et le bilan carbone représentent d'intéressants critères de comparaison, mais la pertinence de ce travail dépendra de la justesse et de la représentativité statistique de la base de données utilisée. Pour ce qui est de la base française (INIES, qui regroupe les « FDES », pour « Fiche de Déclaration Environnementales et Sanitaire »), des améliorations sont en cours. La comparaison avec d'autres sources d'information (Baudbook, Ecoinvent, données scientifiques) permettent de conforter une analyse.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Voir question G5.			

Question	I4 : Quelle est l'incidence d'une végétalisation sur une toiture plate dite en toiture chaude sur la migration de la vapeur d'eau ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Une toiture terrasse « chaude » est une toiture sans espace d'air entre le complexe d'étanchéité et l'isolant. Par exemple, depuis l'intérieur : plafond, membrane pare-vapeur, isolant, matériau(x) d'interface, membrane d'étanchéité type EPDM et éventuel lestage (gravier, dalles sur plots, toiture végétalisée…). À l'inverse, une toiture terrasse est dite froide lorsque un espace d'air ventilé existe entre l'isolant est le complexe d'étanchéité. Par exemple : plafond, membrane pare-vapeur, isolant, panneaux pare-pluie, espace ventilé, panneau et membrane d'étanchéité type EPDM. Les toitures terrasses font l'objet du DTU 43,4. Le document suivant est intéressant sur la conception de ces toitures : « Isolation des toitures terrasses en bois » de J. Lamoulie,			

	FCBA, 4e Forum International Bois Construction 2014. La membrane EPDM étant étanche à la vapeur, une toiture terrasse chaude est par définition non perspirante. Le fait d'avoir une toiture végétalisée va néanmoins légèrement modifier son comportement : • si le choix est fait d'avoir coté intérieur un pare-vapeur extrêmement fermé (solution proposée par le DTU), on peut penser que, du fait de la terre, la sous-face de l'EPDM sera moins froide en hiver. De fait cela limitera les risques de condensation, déjà très faibles, dans l'isolant. C'est donc là une incidence positive ; • si le choix est fait d'avoir coté intérieur une membrane hygrovariable en complément d'un isolant hygroscopique, le fait d'avoir une toiture végétalisée limitera en été la température de l'isolant, et donc l'évaporation de la condensation qui s'y sera réalisée en hiver. C'est là une incidence négative. D'ailleurs les fabricants de membranes qui proposent cette solution réalisent chaque fois, avant de s'engager sur le projet, une simulation de la paroi, qui tient compte du fait qu'elle soit lestée, végétalisée…			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

Question	I5 : Est-ce qu'il peut y avoir des migrations des pesticides dans le bâtiment si l'on utilise des bottes de paille de blé cultivé en conventionnel ?			
Précisions	Des traces auraient été retrouvées sur des enduits terre.			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Cela suppose deux questions :quelle est la teneur en pesticide dans la plante, puis est-ce que ces pesticides peuvent migrer de la plante vers l'habitat ? Tous les biosourcés pouvant faire l'objet de traitements au champ sont concernés. Greenpeace indique « *que le blé est la 4e culture la plus consommatrice de pesticides (loin derrière la pomme de terre mais proche du colza et de la betterave sucrière).* » Dans le domaine alimentaire des « Limite maximale des résidus » ont été définis. Ils représentent le seuil réglementaire autorisé pour les résidus de pesticides contenus dans l'alimentation humaine ou animale. Le rapport des Amis de la Terre « Glyphosate : Contamination des humains » indique que la « *LMR européenne pour le blé et les pois est de 10 mg/kg, ce qui signifie qu'un kilogramme de blé peut contenir jusqu'à 10 mg de glyphosate* ». De nombreuses études sur des fruits, du blé, des légumineuses ou du pain montre que des traces de glyphosates sont retrouvées, généralement en dessous de cette LMR. Ainsi, il y a bien trace des pesticides dans la plante, et donc dans la botte de paille. Mais la LMR est définie pour une pollution par ingestion, ce qui n'est pas une situation rencontrée avec les isolants. Concernant la migration de pesticide dans le bâti, un chercheur expérimenté en biologie sur le sujet des pesticides (C. Vélot, Université Paris-Sud 11) indique qu'aucune d'étude n'a été fait à ce sujet à sa connaissance. De nombreuses études ont été réalisées sur la migration dans des sols, où l'eau liquide est un vecteur de diffusion[7], mais un bâti n'est pas soumis à ces quantités d'eau liquide. Tant que le végétal ne se dégrade pas, il semble peu probable que des pesticides soient relargués dans l'habitat.			

7 M. Voltz et al. « Devenir et transfert des pesticides dans l'environnement et impacts biologiques » de l'INRA, 2005

	Le RFCP (Réseau Français de la Construction Paille) a fait tester les émissions de COV de la botte de paille : la note est A+. Sur le sujet des taches sur les enduits terre ou chaux, c'est une problématique commune, et les explications peuvent être nombreuses, notamment du fait du séchage ou de la composition de la terre.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	La question a été posée à MEDIECO (Suzanne Déoux).			

Question	I6 : Quelle est la fin de vie des liants pétrosourcés présents dans les panneaux de chanvre ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Les panneaux de laine de chanvre contiennent 5 à 20 % de liant polyester pour lier les fibres entre elles. Ce liant a un impact environnemental non négligeable : la production du liant émet de l'ordre de 8 fois plus de carbone que la production de la laine de chanvre[8]. Par ailleurs, cela empêche le compostage en fin de vie. Les trois exutoires des plastiques sont l'enfouissement, l'incinération (avec émission de gaz vers l'atmosphère) ou le recyclage. La fin de vie probable des panneaux est un enfouissement (c'est d'ailleurs le scénario retenu sur la FDES des panneaux BIOFIB TRIO). Une étude[9] témoigne de « la bonne stabilité chimique des fibres » de polyester noyées dans du remblai pendant 20 ans. La durée de vie du polyester dépend des conditions du milieu, mais des durées comprises entre 50 et 200 ans sont évoquées. Une autre possibilité est le ré-emploi. La présence de fibres longues favorisent une cohésion d'ensemble du panneau. Par ailleurs, les biosourcés ont une capacité à gérer l'humidité tant qu'elle n'est pas en excès. Ainsi, les panneaux de fibres biosourcés pourraient potentiellement être réutilisables en fin de vie dans une plus grande proportion que les panneaux en laine minérale peu denses (autour de 20 kg/m^3). Cela demande à être vérifié par les retours d'expériences. Notons néanmoins que la présence de fibre polyester permet de structurer la matière et améliore ainsi la conductivité thermique. À 30 - 35 kg/m^3, un rouleau de laine de chanvre a une conductivité thermique de 0,039 W/m.K, contre 0,051 W/m.K pour la laine en vrac. Plus la masse volumique de la laine de chanvre vrac est élevée, plus sa conductivité thermique se rapproche de celle du panneau.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

8 « Life Cycle Assessment of Hemp Cultivation and Use of Hemp-Based Thermal Insulator Materials in Buildings », Luca Zampori, Giovanni Dotelli, and Valeria Vernelli, Environmental Science & Technology, 2013

9 « Evolution des caractéristiques des fibres polyester d'un remblai en Texsol après 20 ans » de S. Lavaud et al en 2011

Question	I7 : Est ce que les conditions d'une maison risquent de dégrader les éco-matériaux ?			
Précisions	Car si un matériau biodégradable, on peut craindre qu'il se dégrade. Exemple du cas d'un éco-matériaux en ITI derrière un frein vapeur.			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Les matériaux 100 % biosourcés sont dégradables s'ils sont soumis à forts niveaux d'humidité et de température. La clé de la durabilité réside dans les dispositions constructives (la durabilité d'une fibre de bois en ITE dépend au premier ordre de la durabilité du bardage bois). Les situations à risques (dégâts des eaux, remontées capillaires…) doivent être anticipées, que les matériaux soient biosourcés ou non. Pour ce qui est d'un critère de durabilité, le CSTB et le FCBA[10] indiquent que la limite pour éviter la dégradation des matériaux biosourcés est de 8 semaines cumulées (pas forcément consécutives) au-delà de 23 % d'humidité en masse dans le matériau, en ne comptant pas les durées d'exposition inférieures à 1 semaine. Ce critère suscite trois questions. Il pourrait être complété d'une condition supplémentaire sur la température (supérieure à 5°C), qui stimule le développement fongique. Il ne distingue pas les matériaux biosourcés, or tous les biosourcés ne sont pas tous égaux en termes de facilité à moisir[11], mais aucun tableau exhaustif pour les différents biosourcés n'a été identifié. Enfin, il est basé sur la connaissance de la courbe de sorption à fort taux d'humidité, une zone où elle peut présenter de fortes variabilité d'une étude à l'autre. Un tel critère permettrait permet dès à présent d'analyser la susceptibilité de dégradation des matériaux biosourcés sur la base de simulation de transferts hygro-thermiques. Un critère complémentaire est lorsque l'humidité du bois dépasse 30 %.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Il serait pertinent de suivre les analyses scientifiques qui seront produites à l'avenir sur ce sujet.			

10 « Étude hygrothermique de l'influence de plusieurs paramètres dans des parois à ossature bois », 2011

11 « Mould resistance assessment of building materials – Material specific isopleth-systems for practical application », W. Hofbauer et al., 2008, Indoor Air conference, Danemark.

Question	I8 : Peut-on définir un étalon à réaliser sur chantier pour valider les performances des bétons biosourcés ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Oui, c'est possible. Pour « faire parler cet étalon », il faut l'adosser a une cartographie des performances mesurées en laboratoire. C'est le travail qui est en cours sur le terre-chanvre à Eco-Pertica. Pour une mise en œuvre banchée, la réalisation d'un échantillon test est facile. Pour un échantillon projeté, il est difficile de produire un petit échantillon. Une autre stratégie de contrôle in situ est en cours de développement à Eco-Pertica. L'idée est bien de permettre à l'artisan sur chantier de valider ce qui a été produit. Ce sera diffusé en 2020.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

Question	I9 : Peut-on avoir une conductivité thermique reconnue officiellement sur les étoupes de lin ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Oui. Une étude de R&D peut d'abord être prévue pour analyser la performance hygro-thermiques de la fibre, sa dépendance à la masse volumique et au tassement. Néanmoins, la première étape est de solliciter la filière lin pour identifier la variabilité du gisement. Compte tenu de la valorisation de l'étoupe, la filière lin n'est pas particulièrement active sur le développement des débouchés de ce matériau, mais souhaiterai plutôt valoriser les anas.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Contacter les lignes de teillage pour leur demander celles qui commercialisent de l'étoupe en vrac pour la construction.			

Questions techniques

Question	I10 : Où trouver une botteleuse pour faire de petites bottes ?			
Précisions	Pour un chantier chez un agriculteur			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	L'ARPE est correspondante du RFCP (Réseau Français de la Construction Paille) en région Normandie. Par ailleurs, l'ARPE travaille au développement d'une filière paille sur le territoire du Cingal-Suisse normande. L'ARPE peut vous aiguiller s'ils ont connaissance de personnes travaillant la paille dans la construction près du chantier. Sinon, vous pouvez poser la question aux CUMA proches de chez vous pour trouver une petite botteleuse.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

Question	I11 : Quels sont les isolants locaux disposant d'une performance thermique reconnue officiellement ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	• Botte de paille = 0,052 ou 0,080 W/m.K selon la direction (données RT2012) • Chènevotte standard = 0,045 W/m.K (10°C sec - donnée officielle) • Chènevotte grossière = 0,050 W/m.K (10°C sec - donnée officielle) • Laine de chanvre 35 kg/m^3 = 0,051 W/m.K (10°C sec - donnée officielle) • Laine de chanvre 50 kg/m^3 = 0,046 W/m.K (10°C sec - donnée officielle) • Terre-chanvre = 0,090 W/m.K (10°C sec à 319 kg/m^3 - donnée officielle)			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

Question	I12 : Quels éco-matériaux locaux se prêtent bien à l'ITE ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	L'ITE en éco-matériaux est possible sur un mur sain, non sujet à des remontées capillaires importantes. L'isolant doit être protégé de la pluie, et placé sur un soubassement imputrescible (bloc ponce, liège…). Les solutions possibles en matériaux locaux : • Étoupes de lin : mise en œuvre en vrac, pas de mesures de la performance thermique reconnues officiellement. • Botte de paille : forte épaisseur et pas de règle pro en ITE. Une filière de petites bottes est en montage avec l'ARPE. Isolation éligible aux aides financières. • Béton biosourcé : terre-chanvre ou chaux-chanvre… Pour le chaux-chanvre, règles professionnelles. Pour le terre-chanvre, assurabilité possible, mesures de			

	performance thermique et de réaction au feu officielles, caractérisation acoustique effectuée. Isolation éligible aux aides financières. • Laine de chanvre en vrac ou en botte : épaisseur plus petite que les bottes de paille et une meilleure performance thermique, qui dépend de la masse volumique. Mise en œuvre en caissons. Isolation éligible aux aides financières.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

Question	I13 : Quels matériaux naturels permettent l'isolation de parties enterrées ou d'un terre plein ?			
Précisions	Autre que le liège ou le verre cellulaire			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Les matériaux en contact avec le sol sont soumis potentiellement à une humidité élevée prolongée, ce qui ne se prête pas à l'utilisation de biosourcés, hormis le liège qui est imputrescible. Attention toutefois avec les plaques de liège, qui sont peu capillaires et peu perméables à la vapeur d'eau. Des matériaux non biosourcés sont possibles : verre cellulaire, bloc de pierre ponce - ciment, schiste expansé. Du schiste est produit en Mayenne (granulex.fr) et il peut être mélangé à de la chaux pour la réalisation de dalles. Pour l'isolation du sol au rez-de-chaussée en biosourcé, hormis le liège, seule la dalle chaux-chanvre est pratiquée par certains professionnels en s'appuyant sur les règles professionnelles de Construire en Chanvre. Certains professionnels ne recommandent pas cette pratique compte tenu des risques de dégradation liés à l'eau inhérents au rez-de-chaussée (dégât des eaux, inondations, présence prolongée d'humidité) et des temps de séchage prolongés.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

Question	I14 : Peut-on avoir un récapitulatif des alternatives pour l'isolation de sous-toiture ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	En matériaux locaux, les possibilités sont les bottes de paille, la laine de chanvre en vrac ou en botte, les étoupe de lin. Un isolant en fibre de bois peut être rajouté pour couper le pont thermique lié aux caissons. Une autre solution consiste à superposer deux ossatures bois croisées pour limiter le pont thermique. Des solutions vrac sont possibles : ouate de cellulose, chènevotte stabilisée à la chaux ou à la terre. L'utilisation de granulat seul (balle de riz, chènevotte) n'est pas recommandé en paroi inclinée.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

Question	I15 : Des recherches spécifiques ou partages de savoir-faire peuvent-ils être menés sur tous les aspects liés à la préfabrication en atelier de murs en paille ou en bétons de chanvre ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Oui			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Une entreprise belge est spécialiste de la préfabrication en paille (PailleTech). Plusieurs entreprises en France sont sur le créneau : LB ECO Habitat (chaux-chanvre), Echopaille… Aucune entreprise de grande taille n'est implantée en Normandie. Une entreprise est située sur un territoire limitrophe, ISOPAILLE, en Sarthe. Une première étape pourrait être d'identifier les professionnels intéressés par cette thématique, puis d'organiser une réunion d'échange pour identifier les besoins.			

Question	I16 : Pourrait-il y avoir une structure / personne pour répondre à des questions techniques et scientifiques que l'on rencontre sur chantier ?			
Précisions	Par exemple en récupérant des échantillons, en les analysant et en les conservant pour d'éventuelles futures analyses.			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	En région, il y a le réseau des ambassadeurs des biosourcés, mais aucune communication n'est faite sur les membres de ce réseau. Il y a également l'ARPE, qui peut collecter les questions, et tenter d'identifier un professionnel capable d'apporter une réponse. En région Centre, il y a Envirobat. Le projet BIOBAT, tant qu'il existe, peut également collecter les questions tout au long de l'année, et tenter de les traiter.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

4 Question d'ordre général

Questions scientifiques

Question	G1 : Peut-on développer un catalogue sur les ponts thermiques dans l'habitat ancien ?			
Précisions	Il n'y a pas de données précises avec des matériaux multiples, le problème des murs de refends, etc.			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Le Réseau Français de la Construction Paille a fait ce travail pour la construction neuve en botte de paille (voir le projet belge APROPAILLE qui a fait l'objet de 3 rapports disponibles sur internet). Sur le bâti ancien, des données existent.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	La première étape serait une analyse bibliographique des documentations existantes, en différentes langues (anglais, allemand, français a minima) et en s'appuyant sur les documents dont pourraient disposer différents BE thermique à l'échelle nationale. La seconde étape pourrait être de consulter les BE thermique intéressés par cette thématique en leur demandant de faire remonter les schémas des modes constructifs rencontrés et leurs variations (épaisseurs, types de matériaux…). Puis ce sujet peut faire l'objet d'un stage ingénieur co-encadré par les BE thermique et une école d'ingénieur. Le livrable pourrait être un catalogue de ponts thermiques.			

Question	G2 : Quelle est la migration de la vapeur d'eau de parois avec des enduits ou des membranes ?			
Précisions	Besoin de données objectives et de modélisations.			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Les discussions sur la migration de vapeur d'eau sont généralement centrées sur le Sd (résistance à la diffusion de vapeur d'eau). Un pare-vapeur a un Sd généralement supérieur à 10 à 20 m. Un frein vapeur hygrovariable Intello Proclima à un Sd variant entre 0,25 à 25 m. Une plaque de Fermacell 10 mm correspond à un Sd de 0,13 m. Les enduits terres ou chaux-sable d'un cm d'épaisseur ont un Sd de l'ordre de 0,1 à 0,15 m, soit 2 fois plus ouvert qu'une membrane hygrovariable dans sa plus grande ouverture possible. La différence fondamentale avec les enduits, c'est qu'un frein vapeur hygrovariable « se ferme » lorsque le transfert d'humidité aurait tendance à se faire depuis l'intérieur du logement vers l'extérieur, pour protéger l'isolant sous-jacent, mais au prix de limiter la régulation d'humidité par la paroi. Or, c'est à ce moment là que les solutions enduites contribuent le plus à la régulation de l'humidité. La régulation hygro a été mesurée dans plusieurs études à l'aide du MBV (Moisture Buffer Value) ou valeur de tampon hygrique. La mesure de cette variable est basée sur l'application de cycle d'humidification - séchage en laboratoire, et l'on mesure la masse d'eau que le matériau absorbe pendant ce cycle. Le MBV dépend du Sd, mais aussi de la			

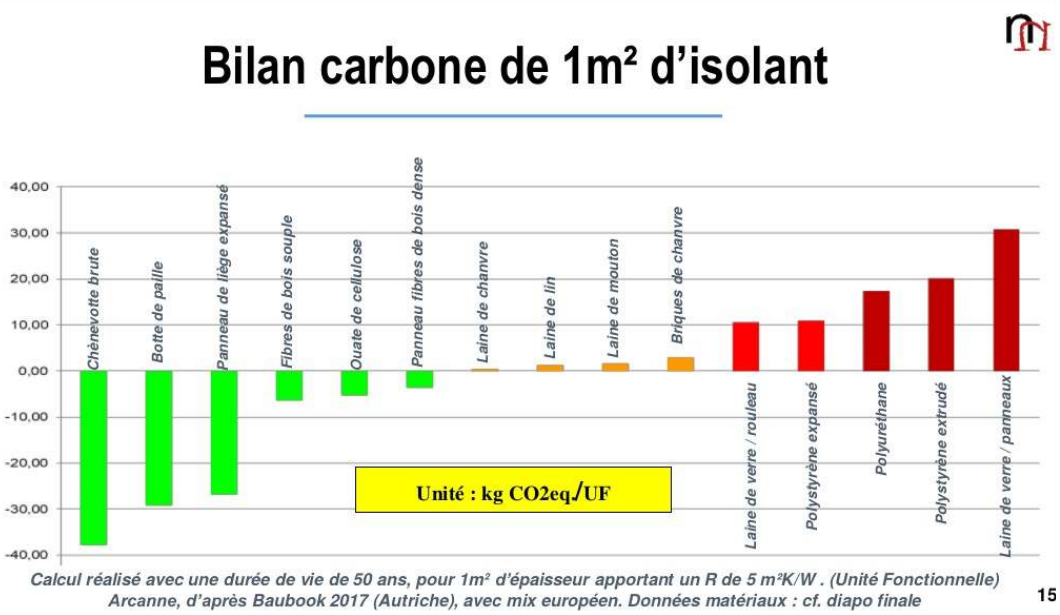
	vitesse à laquelle la vapeur d'eau diffuse dans le matériau. Parmi les paramètres influents, il y a notamment la sorption du matériau, qui représente l'eau que peut stocker le matériau lorsqu'il est exposé à une humidité relative donnée. La contribution d'une solution enduite à la régulation d'humidité dépend de nombreux paramètres du bâti, notamment le climat extérieur, les conditions thermo-hygro intérieurs et la ventilation du logement. Les enduits terre peuvent capturer de l'ordre de 60g/m² en 8 h à 12 h (travaux de McGregor et norme allemande sur la construction en terre). Considérant une maison de 6 m de large et 12 m de long avec des murs de 2,5 m de hauteur et 20 % d'ouvertures, la surface de parois verticales est de 72 m². La régulation sur 12 h maximale est de 60 g/m² x 72 m² = 4,3 kg. Une famille de deux personnes émet 2 kg d'eau en 12 h. Ainsi, les enduits terres peuvent effectivement réguler cette production de vapeur. En réalité, une partie de l'humidité est évacuée par la ventilation (naturelle ou mécanique), qui est quoi qu'il en soit nécessaire pour extraire l'air vicié. Attention toutefois, si l'enduit absorbe de l'eau, il est nécessaire que la paroi puisse « gérer » cette humidité sans que cela ne crée de pathologies. Ainsi, la paroi ne peut rester systématiquement exposée à 75 % d'humidité relative. Elle doit pouvoir sécher également par l'intérieur de temps en temps, et la continuité de capillarité dans la paroi est essentielle. Les résultats disponibles à ce jour[12] indiquent que les parois à membranes contribuent peu à la régulation hygro-thermiques, l'effet est globalement limité au parement. Par contre les parois enduites permettent réellement une régulation d'humidité. C'est d'ailleurs tout l'intérêt des solutions bétons biosourcés et enduit. Le fait d'avoir une régulation d'humidité par les parois peut induire une ventilation insuffisante en cas d'utilisation d'une VMC hygrovariable. Dans ce cas, il est judicieux de conditionner le fonctionnement de la VMC au taux de dioxyde de carbone.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Une étude de R&D est en cours sur l'impact de l'hygroscopie des parois sur la performance thermique. Elle est pilotée par le CF2B et l'AICB. Elle devrait donner des éléments de réponses complémentaires sur le fonctionnement hygrométrique de différentes parois.			

Question	G3 : Quelle est l'impact de la régulation d'humidité sur la performance globale des parois ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	L'humidité a deux impacts opposés sur les isolants biosourcés : • l'eau pénalise la conductivité thermique ; • l'eau peut changer de phase, ce qui libère ou capture de l'énergie. Cela peut être un avantage ou non. Par exemple, si le soleil chauffe un mur, et que celui-ci contient de l'eau, l'eau pourra se transformer en vapeur en consommant des calories qui n'induiront pas une augmentation de température du logement.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo

12 « Étude hygrothermique de l'influence de plusieurs paramètres dans des parois à ossatures bois », Lamoulie et al., 2012

Info. Compl.	Deux organisations professionnelles des producteurs d'isolants biosourcés à l'échelle nationale (le CF2B et l'AICB) travaillent actuellement au montage d'un projet dont l'objectif est d'évaluer l'impact de l'humidité sur la performance des parois biosourcés. La phase 1 de montage de projet devrait se terminer mi 2020. Nous pourrons ensuite définir les modes constructifs, et voir comment intégrer des modes constructifs normands.

Question	G4 : Peut-on développer des mesures *in situ* du confort ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Le confort n'est pas seulement lié au bâti, mais aussi aux habitants. Fanger (1973), défini le confort ainsi « Etat d'esprit exprimant la satisfaction de son environnement. Le sujet ne peut pas dire s'il veut avoir plus froid ou plus chaud ». L'INSEE se base sur plusieurs critères de confort : m²/habitant, type de chauffage, propriétaire ou non de son logement, équipement sanitaire. L'OMS utilise également des critères « globaux » de ce type. Ces critères sont définis par des tiers, sans avis de l'habitant, et ne sont pas particulièrement liés au bâti. La norme 15251 définit quatre variables essentielles dans le confort d'un habitant : confort thermique, acoustique, lumineux et qualité de l'air. La notion de confort est une perception globale, dont il n'est pas toujours clairement possible de distinguer la raison. Ce qui n'est pas spécifiques aux éco-matériaux : l'acoustique et le confort lumineux. La qualité de l'air est principalement lié à la sensation olfactive, liée au renouvellement de l'air. Les éco-matériaux peuvent potentiellement avoir un intérêt en termes sanitaires sur la qualité de l'air, mais cela ne se traduit pas par un gain de confort. Pour le confort thermique, la seule mesure de la température de l'air n'est pas suffisante, puisque cela omet les effets de paroi froides, les courant d'air ou les gradients de température, l'humidité ou l'habillement des habitants. Deux méthodes de mesures de confort thermique « objectives » existent (méthode de Fanger et température au thermomètre-globe mouillé), et une méthode « subjective » (méthode dite de Humphreys et Nicol), basée sur une analyse pays par pays des attentes des occupants pour se sentir confortable. L'approche subjective permet de prendre en compte des facteurs psychologiques qui dépendent de la culture. La mesure de la température et de l'humidité en un point est facile. Le résultat dépend de la position des capteurs, qui ne sont pas situés au même endroit que l'habitant, et cela ne donne pas la température ressentie. Leur analyse est chronophage, et parfois des informations complémentaires : logement inoccupé ponctuellement, climat extérieur, type de ventilation… Ainsi, positionner un ou deux capteurs dans des logements ne sera pas suffisant pour mesurer le confort. Cela ne permettra pas d'éluder la question de la potentielle plus-value de confort apportée par les éco-matériaux.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Une idée pourrait être de compléter la base de rénovation écologique de l'ARPE par la performance du logement sur la base d'un questionnaire aux habitants (consommation en kWh/an et kWh/m²/an), ainsi que d'un questionnaire de confort. Des méthodologies existent. Ce travail nécessite d'avoir quelqu'un pour recueillir et analyser les données. Cela pourrait intéresser les habitants, mais comment faire pour que cela se traduise en conséquence opérationnelle pour les éco-matériaux ?			

Question	G5 : Peut-on réaliser une étude générale pour évaluer si les matériaux biosourcés et les matériaux minéraux ont des impacts environnementaux fondamentalement différents ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Il est difficile pour un non-spécialiste de se saisir des analyses environnementales des matériaux de construction réalisées à ce jour. En effet, les FDES sont réalisés par les entreprises et sont validées par des tiers indépendants, mais pour un produit il peut y avoir plusieurs FDES s'il y a plusieurs producteurs. Samuel Courgey a publié[13] le graphique suivant.  Remarque : Samuel Courgey mentionne le site allemand www.baubook.info comme une source possible pour obtenir des informations sur les impacts environnementaux de matériaux.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	S. Courgey présente lors de ses formations des graphiques comparatifs de bilan carbone de matériaux. Ces documents sont-ils diffusables ?			

13 Journée "matériaux de construction biosourcés" en Bourgogne Franche-Comté, Samuel Courgey, 22/02/2019

Question	G6 : Quel est le bilan carbone des matériaux locaux ?			
Précisions	Question posée 2 fois, en intégrant le bois local.			
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Les éco-matériaux locaux normands facilement disponibles sont la paille, le bois, la terre crue, le chanvre, le lin. Les matériaux biosourcés peu transformés sont les plus performants en termes d'impact carbone (cf question G5). À ce jour, la botte de paille a une FDES (Fiche de déclaration Environnementale et Sanitaire). Pour le bois, hors lamellé-collé, il y a des FDES pour des charpentes en résineux (qui incluent des éléments de fixations en plus du bois), une FDES pour le bois d'ossature en douglas sans traitement et une FDES sur le bois d'ossature traité. Eco-Pertica travaille sur une FDES sur le terre-chanvre avec des matériaux locaux, ainsi que sur la chènevotte et la laine de chanvre. L'ARPE travaille à la réalisation d'une FDES sur le torchis. La définition de local est 100 km de transport maximum pour le matériau. L'impact d'un matériau local par rapport à un matériau qui vient de loin est en cours d'étude, appliqué au terre-chanvre, par Eco-Pertica. Nous n'avons pas connaissance de bilan carbone comparé de différents bois locaux. Une étude avait été menée sur le bois des Alpes, qui a montré qu'un point essentiel est l'efficacité énergétique des séchoirs des scieries. Même si des différences peuvent exister entre essences, elles seront probablement faibles par rapport à l'ordre de grandeur des différences entre la production du béton (émission entre 250 et 450 $kgCO_2$ eq/m^3) et celle de bois (stockage de l'ordre d'une tonne CO2/m^3).			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.	Pour faire un bilan carbone des autres matériaux (bois locaux, lin…), il est nécessaire de collecter au préalable des informations de terrain, ainsi que de d'avoir défini clairement le mode constructif dans le bâtiment. Ce travail ne peut se faire qu'à l'initiative des filières. Un document présentant les performances des matériaux locaux, y compris leur bilan carbone, serait utile.			

Question	G7 : Peut-on produire une ACV comparée des menuiseries PVC face aux autres menuiseries ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Il existe sur la base INIES plusieurs FDES de menuiseries PVC, et le FCBA a publié des FDES de menuiseries bois. Les FDES sont difficiles à comparer car les scénarios choisis ne sont pas tout paramètres identiques hormis la nature du châssis (différents vitrages…). En termes de bilan carbone, une fenêtre double vitrage en chêne est indiquée à 53 kgCO2 eq/ m² de fenêtre, contre 61 – 86 kgCO2 eq/ m² pour des châssis PVC (soit près de 30 % à 60 % de plus). Les données environnementales par défaut donnent 92 kgCO2 eq/ m² pour les menuiseries bois contre 137 kgCO2 eq/ m² pour les menuiseries PVC (soit			

	près de 50 % de plus). On peut garder à l'esprit que globalement une fenêtre PVC induit une émission carbone de 40 à 50 % de plus qu'un châssis bois. La différence n'est pas plus grande car le châssis ne représente qu'une part des impacts. Il y a également la production du verre et l'usinage et assemblage de la fenêtre.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

Questions techniques

Question	G8 : Quelle est la composition du plastique des menuiseries PVC ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	PVC signifie polychlorure de vinyle est constitué de pétrole et de sel (NaCl, dont on extrait le chlore). Il est pétrosourcé donc composé de carbone et d'hydrogène, complété par du chlore. Des additifs sont utilisés, notamment pour améliorer la tenue au feu ou des plastifiants et des pigments. Le document « Base de données – Plastiques, risque et analyse thermique - Les additifs [1-3] » de l'INRS d'avril 2019 liste un certain nombre de ces composants. Même si les fenêtres PVC obtiennent des bonnes notes de classements de qualité de l'air (COV), des questions suscitent la méfiance de certains consommateurs : • De pratiques antérieures ont été finalement interdites. L'Europe avait fixé la date de 2010 pour une réduction de 50 % des stabilisants au plomb et 2015 pour un PVC produit 100 % sans plomb. • Aujourd'hui, la question se pose sur les phtalates utilisés comme plastifiant, dont l'usage a été réglementé en Europe pour les objets en contact avec les enfants. C'est souvent le cas dès lors que l'on rentre « dans le monde de la chimie ». Le produit est déclaré sans effet sur l'homme à la lumière des connaissances actuelles. Face à cela, à chacun de se forger une expertise pour juger de ce qui lui convient. Une question se pose également en cas d'incendie, où le PVC fondu pourrait empêcher l'ouverture des fenêtres utiles à l'évacuation d'urgence.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

Question	G9 : Comment sont recyclées en fin de vie des menuiseries PVC ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Deux projets de recyclage de fenêtre PVC sont documentés en France entre 2013 et 2016 : le projet REVALO et un projet mis au point par Saint-Gobain, Paprec et Lapeyre. Un article de BatiWeb du 10.04.19 signale que le groupe WEKA impliqué dans le recyclage de PVC (projet REVALO) « déplore que le marché ne soit pas encore assez mature et structuré, constatant le manque de menuiseries PVC en fin de vie à recycler ». Ainsi, la collecte semble faire défaut à ce jour. Le processus de recyclage vise à séparer le verre du PVC (récupérer le verre est un enjeu du recyclage puisque qu'une tonne de verre recyclé évité l'extraction de 1,2t de silice). Puis la menuiserie est broyée en morceaux et la quincaillerie métallique est retirée. Le PVC est purifié, puis extrudé en granulés ou micronisé en granulométrie fine. Il peut ensuite être réutilisé. Le gain en terme d'énergie et de CO_2 lié au recyclage par rapport à l'utilisation de PVC neuf est très important (de l'ordre d'un facteur 10 à 20 sur le CO_2 [14]). Une problématique identifiée est liée au fait que « du PVC contenant des stabilisants à base de cadmium et de plomb se retrouve à présent dans les circuits de recyclage alors que ces substances "historiques" sont interdites maintenant. En effet, la Directive 91/338/EEC fixe à 0,01 % la teneur maximale en cadmium de produits fabriqués à partir de matériaux plastiques colorés ou stabilisés par des substances contenant du cadmium »[14]. Ce rapport indique par ailleurs « en théorie, il est possible de fabriquer des fenêtres composées de 100 % de recyclé. Toutefois, la qualité de surface médiocre et la couleur grise des produits obtenus limitent considérablement les débouchés et incitent les recycleurs à utiliser le recyclé pour le « cœur » (co-extrusion) avec une teneur maximale de 60 – 70 %. »[14]			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

Question	G10 : Comment être assuré en chantier participatif en tant que professionnel ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	L'ARPE propose une assurance.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

14 Rapport « Identification des limitations techniques et environnementales du recyclage matière des déchets (hors BTP) » Record 08-0910/1A d'octobre 2010.

Question	G11 : Comment être assuré en utilisant des matériaux locaux ?			
Précisions				
Posée par	Architecte	Bureau d'étude	Distributeur	Artisan
Commentaire	Il n'est pas nécessaire qu'un mode constructif soit couvert par des règles professionnelles ou un DTU pour pouvoir être assuré. En absence de ces références, l'assureur juge le risque qu'il prend selon sa connaissance de la technique et de son client, puis la prime est calculée en conséquence. Pour les isolants secs (laine de chanvre, chènevotte), Eco-Pertica n'a pas connaissance d'artisans ayant des difficultés à obtenir l'assurabilité. . Pour les isolants types bétons de terre-allégée, Eco-Pertica est couvert par une garantie décennale, et peut transmettre les coordonnées de son assureur. Pour les bottes de pailles, des règles professionnelles couvrent un mode constructif. Pour le bois, deux charpentiers ont été sollicités (Jean-Luc Le Roux et Nicolas Maze). Du moment que l'artisan est assuré en décennale, et qu'il utilise des techniques courantes, il est assuré Quel que soit le bois (l'artisan est responsable du bois qu'il choisit). Par contre, un marché peut spécifier l'obligation de se conformer à des textes officiels qui rendent compliqué l'utilisation de bois local. Un marché peut très bien définir qu'un lot soit accessible aux bois locaux en étant vigilant aux textes officiels sur lesquels il s'appuie. Plusieurs documents existent sur la valorisation de bois dans des constructions publiques : « Le bois dans la construction - Exemple d'utilisation du bois local dans la construction » de Gaujaurt Technologies, « OSEZ le bois local Guide pour intégrer le bois local dans la commande publique »de l'interprofession forêt bois Limousin et l'Union Régionale des Communes forestières, le plan de formation à destination des élus du 27 février 2019à Mazan « La construction publique en bois local : une opportunité pour la transition énergétique et l'aménagement du territoire » ou encore le guide « Construire son bâtiment public en bois local » des communautés forestières de Franche-Compté et l'interprofession Filière Forêt Bois Franche-Comté.			
Suite à donner	Réponse ci-dessus	Experts techniques	R&D terrain	R&D Labo
Info. Compl.				

IV Bilan des sujets nécessitant de contacter des experts

Certaines actions nécessitent de contacter des experts, ou d'apporter des retours d'expériences pour valider les solutions proposées.

Sujet	Comment apporter une réponse ?
Comment exploiter le bois de haie en éco-construction	Collecte de retour d'expérience
Quel bois peut-être mis en paroi verticale en ERP et en quelle épaisseur ?	Confirmation par un bureau de contrôle
Comment s'assurer qu'un enduit terre ne fissure pas sur un poêle de masse ? & Quelle technique terre crue est la plus adaptée pour faire une banquette ou une seconde peau de poêle de masse ?	Collecte de retour d'expérience auprès de fumistes
Peut-on avoir des règles professionnelles ou un DTU sur les dalles en chaux-liège ?	La question peut-être posée à Up'Chaux (Union des producteurs de chaux) et au CESA (St Astier)
Analyse de Cycle de Vie comparée d'un enduit plâtre vs chaux-sable ?	Il serait utile de solliciter les producteurs de chaux et de plâtre pour fournir une analyse carbone détaillée de leur produits
Quelle est l'étanchéité à l'air réelle que l'on peut atteindre avec des enduits ?	Collecter du retour d'expérience auprès de bureaux d'études thermiques, société réalisant des tests d'étanchéité à l'air et filières ?
Peut-on avoir une conductivité thermique certifiée sur les anas de lin ?	Identifier les lignes de teillage commercialisant l'étoupe en vrac pour identifier la variabilité du gisement.
Quel est l'état des connaissances et les documents techniques applicables pour une pose directe de carrelage sur chape maigre, sans isolant ni dalle supplémentaire ?	Contacter un bureau de contrôle et/ou ancien carreleur.
Migration potentielle des pesticides présents dans des éco-matériaux dans le bâtiment ?	La question a été posée à MEDIECO (bureau d'étude spécialisé).

V Bilan des sujets nécessitant un travail de R&D

Nous n'émettons pas d'avis sur les sujets de recherche, cela fera l'objet des concertations.

Sujet	R&D terrain	R&D Labo	Proposition de R&D
Étude de la cinétique de séchage des bétons de terre-allégée et torchis. → Application : estimer le temps de séchage et avoir des éléments pour évaluer si cela pose problèmes sur chantier selon le mode constructif et les conditions climatiques.			Projet déjà monté avec l'ARPE et ARESO en collaboration avec des Universités. Financement à identifier
Etude de la contribution au contreventement du torchis → Application : réduire les sections des montants contreventants.			Étude prévue à L'Université de Lorient, lien à faire avec professionnels en région
Étude des performances hygroscopiques des enduits minéraux (chaux, ciment…) → Application : Avoir une base de donnée claire des performances hygroscopiques de différents liants.			Pour débuter : 1) Tests de capillarité sur mortier GREB 2) étude bibliographique Travail à réaliser en laboratoire de recherche
Faire du pisé avec du béton concassé → Application : réemployer des déchets (béton concassé) pour faire du pisé avec une terre limoneuse.			Sujet pris en main par le professionnel ayant posé la question
Développement de bétons terre-papier → Application : à définir selon les performances de ces mélanges.			Sujet pris en main par le professionnel ayant posé la question
Écran thermique constitué par les enduits terre → Application : pouvoir développer les bétons biosourcés sur chantier public.			Différentes structures travaillent sur ce sujet, un financement est à identifier.
Recherche sur les dalles de terre crue → Application : avoir des éléments techniques pour une utilisation en dalles de sol ou à l'étage. Quelle techniques (terre coulée, stabilisé, sans adjuvants…?)			1) Recherche bibliographique 2) Identifier les professionnels intéressés 3) Réaliser tests de chantier 4) R&D en laboratoire. (Laboratoire régional à identifier)
Effet de stabilisants naturels sur la résistance des enduits terre → Application : valider l'intérêt des stabilisants naturels sur la base d'une compréhension physique des phénomènes.			1) étude bibliographique 2) mettre en place un protocole de collecte d'échantillons de chantier avec des pros intéressés 3) réaliser plus tard une étude de R&D avec un laboratoire régional à identifier.

Performances de bétons de terre allégée → Application : avoir tous les éléments techniques pour utiliser ces matériaux sur chantier.			Plusieurs projets sont en cours sur la thématique avec des acteurs régionaux. Attendre la publication de leurs résultats avant de lancer un projet
Préfabrication en atelier avec matériaux locaux → Application : développer une offre de bâtiments préfabriqués en matériaux locaux			Identifier les professionnels intéressés et mettre en place des partages d'expérience ?
Catalogue de ponts thermiques dans la bâti ancien → Application : Avoir un guide à destination de concepteurs, professionnels et bureau d'étude pour estimer facilement l'impact de différents configurations constructives sur les ponts thermiques.			Identifier les professionnels intéressés puis voir si cela fait l'objet d'un stage avec un labo régional
Impact de l'humidité sur les performances globales du bâti → Application : prise en compte dans le calcul réglementaire du bénéfice ou de la détérioration des performance ds isolants en fonction de leur caractère hygroscopique.			Un projet de recherche à l'échelle nationale est en cours, piloté par le CF2B (Collectif des Filières des Bâtiments Biosourcés) et l'AICB (Association des Industriels de la Construction Biosourcée).

VI Suites de l'étude

1. Ce document va être été adressé aux personnes ayant déclarées être intéressées par le projet, pour information et pour compléter les analyses produites. L'objectif est notamment de se nourrir les uns les autres des questionnements posé par chacun.
2. Puis il sera proposé à un comité de sachants en éco-construction, membres de l'ARPE, pour recueillir leur avis sur les sujets de recherche prioritaires ;
3. Solliciter le CA de l'ARPE pour définir les sujets que nous serons en capacité de porter ;
4. Les laboratoires régionaux et les professionnels potentiellement concernés seront contactés.
5. Mise en place des projets selon les financements obtenus.

ARPE NORMANDIE

Association Régionale pour la Promotion
de l'Éco-construction en Normandie