

Etude assurabilité et réglementations Pour l'utilisation des éco-matériaux locaux

Projet LEADER « Lei Ressources d'Aqui »



UNION EUROPÉENNE
Fonds Européen Agricole
pour le Développement Rural

RÉGION
SUD
PROVENCE
ALPES
CÔTE D'AZUR



L'EUROPE INVESTIT DANS LES ZONES RURALES



Christophe BEAUSSIRE

Tel: [06 08 09 76 74](tel:0608097674)

Email: christophe.beaussire@solutions-biosourcees.com

Conseil et formation en produits et systèmes constructifs biosourcés

Table des matières

Introduction	3
Partie réglementaire	4
Le cadre réglementaire et assurantiel	7
Recommandations au niveau de la maîtrise d'ouvrage	9
Fiche 0 : introduction concernant le liège	13
Fiche 1 : enduit extérieur chaux/liège sur existant	14
Fiche 2 : liège en vrac insufflé entre structure bois (mur, plancher de combles)	17
Fiche 3 : chape en chaux-liège	18
Fiche 4 : enduit extérieur terre/plâtre sur murs en structure bois/paille	20
Fiche 6 : la canne de Provence	23
Fiche 7 : Enduit béton projeté terre/chanvre en MOB et ITE sur ossature bois rapportée	26

Introduction

Éléments contextuels :

Le marché de la construction entre dans une phase critique : inflation des matériaux depuis la période Covid, spéculation sur le foncier, renforcement des conditions de financement des projets par le système bancaire conventionnel, volonté des pouvoirs publics à préserver les espaces encore disponibles (ZAN).

Pour autant, les marchés de la rénovation et de la réhabilitation offrent des perspectives favorables pour l'ensemble de la chaîne de valeur du bâtiment :

- au niveau de la maîtrise d'ouvrage privée : améliorer l'efficacité thermique et le confort des lieux de vie ainsi que la valeur patrimoniale des biens
- au niveau de la maîtrise d'ouvrage publique : satisfaire aux exigences réglementaires relatives à la performance énergétique et environnementale, maintenir une cohésion sociale (en particulier pour les bailleurs sociaux), réduire les charges de maintenance et de fonctionnement des bâtiments (à travers la prise en compte du coût global).
- au niveau de la maîtrise d'œuvre : être en capacité de se projeter dans des projets qui favorisent d'autres compétences et expertises que la notion du « trait artistique » sans impacter pour autant les capacités de créativité, l'harmonie et le sens esthétique des ouvrages à rénover et à réhabiliter. Encourager l'exploration des produits et systèmes biosourcés / géosourcés afin d'amener les équipes de conception à se positionner sur un nouveau marché, s'extraire des difficultés actuelles liées à la construction neuve et répondre aux aspirations des maîtres d'ouvrage qui souhaitent se positionner comme acteurs du changement environnemental et sociétal.

La réglementation thermique liée à l'existant (RT de 2018 qui fixe des valeurs R en mur comprises entre 2,2 et 3,2 m².K/W selon la zone climatique)⁽¹⁾ et les aides de l'État conditionnées à l'atteinte d'une valeur R de 3,7 en mur ou 6 à 7 m².K/W en toiture et en combles réduit le champ d'application des matériaux biosourcés/géosourcés présents à l'échelle locale. Exemple avec les bétons chaux/chanvre en projection utilisés pour remplir des structures bois rapportées sur mur existants par l'extérieur (FOB) et dans des structures porteuses en ossature bois (MOB) : pour une épaisseur de 150 mm, la valeur de résistance thermique n'atteint « que » 2 m².K/W

Si les filières biosourcées/géosourcées industrialisées sont matures au niveau du marché (isolants à base de fibres de bois, ouate de cellulose, chanvre , coton recyclé, chaux comme liant dans les mélanges végétaux ...), elles restent soumises à des aléas économiques (inflation sur les prix de l'énergie et matières premières, conflit d'usages) et environnementaux (renforcement de la concurrence avec risques de sur-capacité) intrinsèquement liés à leur modèle économique et leur mode de gouvernance.

En revanche, les filières locales représentent une alternative pertinente et ouvrent de nouvelles opportunités au niveau du développement des écosystèmes d'acteurs et au niveau sociétal. Elles s'affranchissent plus aisément des variations du prix de l'énergie en privilégiant un système de production plus frugal et participent à la dynamique des territoires. Il reste cependant à aligner la chaîne de valeur de l'amont vers l'aval afin de voir se manifester la réalisation de projets intégrant des produits biosourcés et géosourcés locaux.

⁽¹⁾ Arrêté du 22 mars 2017 – article 2 <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000822199>

Partie réglementaire

Le bureau de contrôle contribue à la prévention des aléas techniques dans le domaine de la construction. Ses missions principales portent sur la solidité des ouvrages et des éléments d'équipement indissociables ainsi que sur la sécurité des personnes dans les constructions. Il peut réaliser des missions complémentaires relatives à l'isolation acoustique, à l'isolation thermique, à la protection des personnes en cas de séisme et à l'accessibilité des personnes à handicap. Le contrôleur technique s'assure du respect des règles de construction de la phase conception à la phase réception. Il intervient sur chantier en réalisant des examens visuels lors de visites ponctuelles. Il peut être sollicité pour justifier une Technique non courante (TNC) auprès de l'assureur. Le contrôleur technique se prononce sur un ouvrage au niveau de sa conception, des matériaux utilisés et de leur mise en œuvre.

Le recours à un bureau de contrôle est obligatoire dans le cadre des ouvrages suivants :

- les établissements recevant du public (ERP)
- les bâtiments dont le dernier niveau est à plus de 28 m
- les bâtiments à usage d'habitation, commerce, tertiaire avec des configurations spécifiques
- les bâtiments à usage industriel
- les ouvrages construits en zone sismique

Réglementation Environnementale (RE2020) :

La prise en compte d'un coefficient minorateur en fonction de la fiabilité de la résistance thermique de l'isolant impacte les matériaux qui n'ont pas été évalués et certifiés par des organismes comme l'ACERMI ou le KEYMARK.

Remarque : pour les chantiers de rénovation, c'est la Réglementation Thermique sur l'existant (RT 2018)⁽¹⁾ qui s'applique. Depuis le 1/01/2023, elle fixe les valeurs de résistances thermiques minimales pour les parois. Par exemple, pour l'isolation d'un mur, les valeurs vont de 2,2 à 3,2 W/m².K selon la zone climatique. Ces exigences sont à mettre en perspective par rapport à la valeur de 3,7 W/m².K reprise dans les dispositifs d'aides à la rénovation (MaPrime Rénov, CEE, PTZ).

Réglementation feu :

Les justifications techniques à présenter selon le type de bâtiment s'appuient sur deux textes législatifs :

1) L'arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation⁽²⁾

2) L'arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les ERP⁽³⁾ complété par le guide d'emploi des isolants combustibles AM8 annexé à **l'arrêté du 6 octobre 2004**⁽⁴⁾

Les isolants combustibles (non classés au moins A2-s2-d0) employés dans les ERP ou habitations (à partir de la 3^{ème} famille – hauteur de 28 m au niveau du dernier plancher

accessible), devront être protégés par un écran de protection thermique (type plaques de parement minéral ou panneaux dérivés du bois), comme définit dans l'annexe II de **l'arrêté du 6 octobre 2004**.

En complément, il existe des textes réglementaires de référence relatifs à la protection incendie qui concernent également les matériaux biosourcés :

- 1) la réaction au feu selon l'arrêté du 21/11/2002
- 2) la résistance au feu selon l'arrêté du 22/03/2004
- 3) la transmission du feu pas les façades (IT 249 version 2010)

Il est possible de justifier la conformité aux exigences réglementaires des matériaux biosourcés à travers une appréciation de laboratoire ou d'un essai LEPIR2 (article 5.3 de l'AM8).

Réglementation acoustique :

- pour les bâtiments d'habitation : caractéristiques réglementaires fixées par l'arrêté du 30/06/1999
- pour les ERP : exigences spécifiques fixées par les arrêtés du 25/04/2003

A noter l'obligation pour la MOA de fournir une attestation acoustique selon arrêté du 27/11/2012 à l'achèvement des travaux.

Les PV acoustiques émis par un laboratoire Cofrac et les essais reproductibles sur chantier sont recevables auprès des bureaux de contrôle.

Réglementation sismique :

Pour les ouvrages qui nécessitent une attestation parasismique du bureau de contrôle, la preuve de conformité de stabilité sismique autorisée par la loi peut être apportée par un Avis Technique du CSTB ou un rapport de calculs selon l'Eurocode 8.

Les modes de preuve à travers les règles professionnelles, les Atex, les ETN, les PCS (Prestations Complémentaires Spécifiques de bureaux de contrôle) ne sont pas acceptés.

Caractérisation fongique dans le cadre de l'instruction des dossier d'Atex et d'ATec

La norme EN 15101-1 définit les méthodes d'essais pour tester la durabilité des produits isolants biosourcés vis-à-vis des moisissures

Les demandes d'ATex, ATec et DTA instruites par le GS 20 « *produits et procédés spéciaux d'isolation* » nécessitent des tests fongiques à travers le CPT 3713⁽⁵⁾ du CSTB, version mars 2018

⁽¹⁾ Arrêté du 22/03/2017 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance des bâtiments existants

⁽²⁾ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000474032>

⁽³⁾ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000020303557>

⁽⁴⁾ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000021963927>

⁽⁵⁾ « Guide technique spécialisé pour la consultation d'un dossier technique : Isolants à base de fibres végétales ou animales »

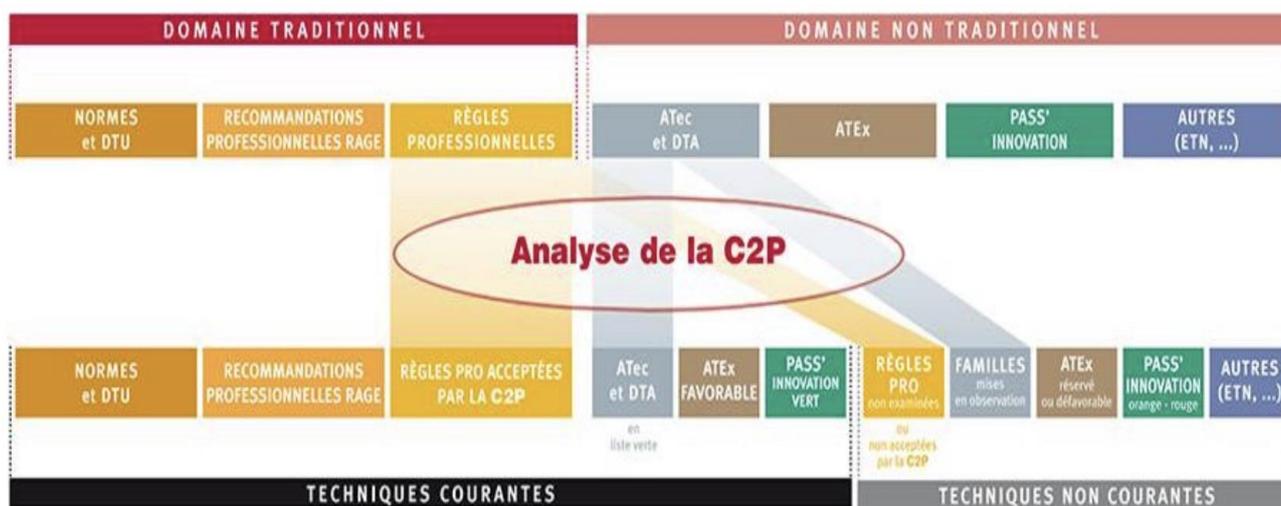
L'annexe 3 du CPT 3713 précise les conditions de test de résistance aux moisissures selon deux scénarios :

- 1) Classe d'emploi « sèche », scénario HR 85 : 28°C de température et 85 d'HR

2) Classe d'emploi « humide », scénario HR 95 : 28°C de température et 95 d'HR

L'évaluation est réalisée après une période d'incubation de 28 jours

Le cadre réglementaire et assurantiel à travers les techniques courantes et non courantes



Remarque : les recommandations professionnelles RAGE et guides RAGE ne sont pas reconnus par les bureaux de contrôle

Les techniques courantes et non courantes sont aux assureurs ce que les domaines traditionnels et non traditionnels sont aux professionnels du bâtiment.

On entend par techniques courantes les travaux normalement garantis par les assureurs et par techniques non courantes ceux nécessitant une déclaration préalable auprès des assureurs.

Ainsi les techniques courantes regroupent:

- les travaux répondant à une norme homologuée (NF DTU ou NF EN)
- les règles professionnelles acceptées par la C2P (Commission Prévention Produits)
- les recommandations professionnelles RAGE⁽¹⁾ sur liste verte de la C2P
- les produits ou procédés sous ATE⁽²⁾/ETE⁽³⁾ bénéficiant d'un DTA⁽⁴⁾ ou d'un ATec⁽⁵⁾ valides, non mis en observation par la C2P, ou encore d'une ATE⁽⁶⁾ avec avis favorable

Quant aux techniques non courantes, elles concernent spécifiquement:

- les produits, procédés ou travaux ne bénéficiant d'aucun référentiel réglementaire ou normatif (exemples: isolants à base de laine de mouton, liège en vrac)
- travaux réalisés hors DTU
- produits ou procédés bénéficiant d'une ETN⁽⁷⁾
- produits ou procédés sous ATE⁽²⁾/ETE⁽³⁾ ne bénéficiant pas d'un DTA
- produits ou procédés sous ATE⁽⁶⁾ avec avis réservé ou défavorable
- produits ou procédés répondant à des règles professionnelles non acceptées par la C2P
- produits ou procédés sous ATec⁽⁵⁾ ou DTA⁽⁴⁾ mise en observation par la C2P

- (1) Règles de l'Art Grenelle de l'Environnement 2012, reprises dans le programme PACTE
- (2) Agrément Technique Européen
- (3) Évaluation Technique Européenne
- (4) Document Technique d'Application
- (5) Avis Technique
- (6) Appréciation Technique d'Expérimentation
- (7) Enquête Technique Nouvelle

Recommandations au niveau de la maîtrise d'ouvrage pour mieux apprécier la partie assurantielle et réglementaire liée à l'emploi de matériaux biosourcés et géosourcés

Dans le cadre de projets de construction et de rénovation nécessitant l'avis d'un bureau de contrôle, la MOA veillera à la prise en compte des points suivants pour une bonne conduite de l'opération favorisant des matériaux biosourcés et géosourcés locaux:

- 1) désigner des intervenants « experts » et bien définir leurs missions en fonction de la typologie du projet (AMO, BET bois et matériaux biosourcés/géosourcés, bureau de contrôle ...)
- 2) connaître le contexte réglementaire dans lequel s'inscrit l'opération
- 3) distinguer les paramètres de nature volontaire des paramètres de nature obligatoire
- 4) anticiper les blocages potentiels du bureau de contrôle et de l'assureur par rapport à une technique non courante
- 5) intégrer les produits biosourcés/géosourcés dans le cahier des charges dès la phase esquisse
- 6) s'approprier les évaluations possibles pour les procédés innovants (Atex, appréciations de laboratoire, ETN ...)
- 7) privilégier les échanges entre la MOA, la MOE, le bureau de contrôle et l'assureur
- 6) former les différents acteurs aux techniques de mise en œuvre des matériaux (dans le cadre des règles professionnelles et des cahiers des charges validés par un bureau de contrôle ou un assureur)

La MOA peut également s'appuyer sur le droit à déroger aux règles de moyen du Code de la Construction et de l'Habitation (CCH) repris dans la loi ESSOC 2 du 29/01/2020.

Le droit à déroger introduit le principe de « Solution d'Effet Équivalent » (S.E.E.)

Il permet la mise en œuvre d'une autre solution technique, technologique ou architecturale pour atteindre à minima les résultats de la solution de référence reprise dans le CCH.

Il mobilise différents acteurs de la construction (assureurs, bureaux de contrôle, organismes d'évaluation et de certification).

Il peut devenir une solution de référence pour plusieurs projets si cette dernière est dupliquée à l'identique.

La « solution d'effet équivalent » est contrôlée par le CEREMA pour vérifier le respect de la réglementation avec le CCH.

La position des assureurs face à la « solution d'effet équivalent » n'entraîne pas de blocages si celle-ci est validée en phase livraison avec la délivrance d'une attestation de bonne mise en œuvre de la solution par le bureau de contrôle. En revanche, l'assureur peut être amené à un refus de couverture quand l'autorisation de S.E.E. est délivrée en phase travaux (responsabilité de la MOE).

Exemples de S.E.E. :

- système ITE en fibre de bois avec enduit sur panneaux CLT en IMH (immeuble de moyenne hauteur)
- système de sprinklers pour des ouvrages bois tertiaires

Les domaines concernés par le droit à déroger à travers la solution d'effet équivalent pour les bâtiments neufs et rénovés sont les suivants:

- la sécurité incendie
- la performance énergétique et environnementale
- les caractéristiques acoustiques
- la prévention contre les risques sismiques
- les matériaux et leur ré-emploi
- la construction à proximité de forêts

Les freins réglementaires à l'utilisation des matériaux biosourcés et géosourcés dans les opérations de construction et de rénovation sont de deux types :

- 1) techniques : absence de référentiels traditionnels (DTU) ou relatifs à l'innovation (ATex, ATec, DTA), en mettant en perspective que l'objectif visé est l'absence de sinistres
- 2) réglementaires : obligation de moyen pour être en conformité avec la réglementation afin de limiter le risque juridique et/ou judiciaire.

Dans le cadre de techniques non courantes (celles non reprises dans les textes normatifs DTU, hors règles professionnelles non validées ou sous ATex non acceptés par la C2P), la MOA est invitée à :

- 1) vérifier que les entreprises et autres acteurs dans l'opération soient bien couverts par une assurance décennale pour les procédés à mettre en œuvre
- 2) recourir à une Appréciation Technique d'Expérimentation (ATex) en anticipant les délais d'instruction et les coûts si le procédé le justifie

Pour répondre aux exigences relatives à la réglementation feu :

- 1) réaliser des PV de réaction et de résistance au feu ou des essais LEPIR2 auprès de laboratoires agréés (EFECTIS/CSTB/CERIB ...)
- 2) recourir à des appréciations de laboratoire (APL) pour valider une composition de paroi avec les produits nécessitant une justification dans le complexe retenu
- 3) faire référence aux documents existants comme le guide du CSTB « propagation du feu en façade bois »⁽¹⁾ qui a valeur d'APL
- 4) s'appuyer sur l'APL « murs paille avec enduits terre, chaux, plâtre » du RFCP

remarque : si le revêtement extérieur est classé au minimum A2,S3,D0, il n'est demandé aucune justification (3ème et 4ème famille de logements et ERP). Dans le cas contraire, la solution technique pour répondre à la réglementation est de placer un écran thermique (type plaque de plâtre ou ciment) en aval de l'élément isolé. Exemple avec les enduits terre/chanvre et chaux/liège ou terre/liège qui, en l'absence de test de réaction et de résistance au feu⁽²⁾, pourraient recevoir une plaque de parement coupe-feu.

Il est également possible de déroger à la réglementation à l'étape du dépôt du permis de construire par la remise d'une note de sécurité qui propose des mesures compensatoires (comme des systèmes de détection) et facilitent l'analyse de risques par le contrôleur technique.

Pour répondre aux exigences relatives à la réglementation acoustique :

- 1) s'appuyer sur le rapport de la DHUP produit par le CSTB/CEREMA de 2017 ⁽³⁾
- 2) vérifier l'existence de PV réalisés par les fabricants ou les filières sur des complexes de parois
- 3) réaliser des PV acoustiques émis par un laboratoire Cofrac ou des essais reproductibles sur chantier

Pour répondre aux exigences relatives à la RE2020 :

- 1) obtenir une certification ACERMI ou KEYMARK
- 2) intégrer en amont la prise en compte d'un coefficient de minoration de la performance du produit ou du complexe isolant

Pour répondre aux exigences relative à la RT 2018 sur l'existant « élément par élément »:

- 1) prendre en compte les valeurs seuils par type d'application selon la zone climatique
- 2) anticiper les conditions nécessaires pour prétendre aux aides financières liées à la rénovation (MaPrim Rénov, CEE, ...)

Pour répondre aux exigences relatives à la réglementation sismique :

- 1) recourir à une procédure d' Avis Technique auprès du CSTB
- 2) ou obtenir un rapport de calculs selon l'Eurocode 8

Pour justifier le comportement du complexe isolant par rapport au développement fongique :

- 1) réaliser une simulation hygrothermique à travers une étude WUFI
- 2) s'appuyer sur les conditions d'humidité relative à travers SimHuBat
- 2) Instrumenter les parois pour produire des rapports sur l'évolution de l'humidité relative

Dans le cadre des produits et systèmes faisant l'objet de l'étude, la remise d'un cahier des charges à travers la filière concernée avec les tests réglementaires correspondants peut être soumis à l'appréciation du bureau de contrôle au cas par cas.

Alpes Contrôles instruit des ETN (Enquêtes de Techniques Nouvelles) à travers un comité d'experts sur des procédés et techniques innovantes. Pour autant, les ETN ne sont pas reconnues pas l'ensemble des bureaux de contrôle regroupés au sein de la fédération Filiance. Elles restent dans le champ d'appréciation du bureau de contrôle qui les a rédigées. Une autre possibilité pour un maître d'ouvrage de positionner des produits et systèmes hors techniques courantes est de recourir à une PCS (Prestation Complémentaire Spécialisée) en amont du projet (phase esquisse de préférence).

⁽¹⁾Guide bois construction et propagation du feu en façade – édition juillet 2023 - <https://www.codifab.fr/actions-collectives/bois-construction-et-propagation-du-feu-par-les-facades-1729>

⁽²⁾ Test EI 240 validé et essai LEPIR2 en propagation verticale avec classement B,S1,D0 en en A2,S1,D0 avec une finition chaux pour les bétons chaux/chanvre. Le fait de noyer les bois d'ossature dans le béton de chanvre ou de recourir à un écran thermique type Weather defence de SINIAT/ETEX sous Atex du CSTB avec une finition en bardage ventilé permet de justifier le système auprès des bureaux de contrôle.

⁽³⁾Convention CSTB-DHUP 2017, fiche action 28 « propriétés acoustiques des matériaux biosourcés »

Fiche 0 : introduction concernant le liège

La ressource et les acteurs locaux :

Avec près de 15000 hectares de chênes liège sur le territoire régional, la filière s'organise autour d'un exploitant forestier - A.S.L. Subéraie Varoise - et de deux transformateurs - lièges Mélior et liège Junqué - qui produisent pour le bâtiment du liège en granulats brut non expansé.

L'ASL Subéraie Varoise ne fournit pas localement le liège pour le bâtiment mais uniquement les fabricants de bouchons et un industriel local qui broie le liège pour l'associer à des bardages métalliques en substitution de la mousse PU. En association avec FIBOIS SUD, elle a candidaté à un appel à projet lancé par l'ADEME en juin 2023 pour caractériser les propriétés thermiques, acoustiques, hygroscopiques et environnementales du liège. A ce jour, l'ADEME ne s'est pas encore prononcée sur les lauréats retenus.

Les producteurs Junqué et Mélior achètent directement la matière première à des propriétaires forestiers.

Junqué fournit du granulat en 6/15 mm aux particuliers pour des applications en toiture, plancher, combles et à des constructeurs bois pour l'isolation des dalles bois en RDC.

Mélior commercialise des granulats de liège en vrac pour les particuliers et les professionnels.

Selon Romain PONS des lièges Mélior, le liège du Var est sous-exploité en granulats vrac : 30 tonnes produites par an pour un potentiel estimé à 300 tonnes. La matière est disponible mais est actuellement exportée vers la Sardaigne et fournie à la société Diam, un des leader mondial des bouchons technologiques en liège. Depuis 2021, le prix du liège a augmenté de 50 à 60 %, suivant le mouvement inflationniste des matériaux de construction. La correction des marchés devrait amener à une déflation sur les prochains mois.

Fiche 1 : enduit extérieur chaux/liège sur existant

L'utilisation du liège en sous-bassement avec des panneaux rigides expansés n'a pas été retenue dans le champ de l'étude. Elle reste toutefois pertinente en partie enterrée pour éviter les remontées capillaires et les projections en pied de mur, là où les entreprises ont généralement recours à des isolants alvéolaires (PSE extrudé ou PU) voir, plus rarement, à du verre expansé. Dans cette application, les panneaux de liège expansé devront être protégés par une membrane drainante qui sera en contact avec le remblais (tout-venant par exemple).

Systemes présents sur le marché :

1) Diathonite Evolution du fabricant DIASEN⁽¹⁾ : mélange prêt à l'emploi à projeter sous Avis Technique/DTA du CSTB. Composé d'argile, de granulats de liège (0-3 mm), de poudre de diatomées et de chaux hydraulique. Sous marquage CE, déclaration de performances (DOP), fiches environnementale produit (EPD). Classement réaction au feu A2,S1,D0. Une entreprise de pose propose une mise en œuvre de 8 à 10 cm sur mur existant entre 300 et 400 eur TTC/m² ⁽²⁾:

2) EcoCork Lime du fabricant SECIL ⁽³⁾: mélange de chaux hydraulique avec agrégats de liège pour la réalisation d'enduits isolants sur maçonnerie. Destiné à recevoir une trame fibrée avec un enduit de finition. Classement feu B,S1,D0 avec une conductivité thermique de 0,09 w/m.K. Peut s'appliquer en épaisseurs supérieures à 6 cm. Le système ne fait actuellement pas l'objet d'ATex ou d'Avis Technique.

3) **LITHECISOL'**® de l'entreprise SOREFA (79) : mélange chaux hydraulique NHL 3.5 de Saint Astier avec granulats de liège expansé et sable. Application mécanique au malaxeur et lance de projection. Épaisseur rapportée sur mur en pierre de 8 à 12 cm. Enduit de finition projeté sur une treillis et armature pour enduit type Stucanet ou métal déployé. Cette application répond au DTU 26.1. « travaux d'enduits de mortiers » et est couverte en assurance décennale par l'assureur. Les chantiers réalisés concernent le bâti ancien, principalement sur support pierre.

4) Essais enduit liège brut de la société Junqué et chaux/pouzzolane de la société Lisbonis Chaux Grasses: avec Permabita et le Gabion⁽⁴⁾

Tests réalisés avec plusieurs types de formulation en projection manuelle sur mur en pierre. La mise en place d'une ossature bois rapportée permet d'obtenir une épaisseur d'enduit plus importante. La mécanisation de l'enduit projeté n'a pas été testée mais a fait l'objet d'autres essais, notamment par la société Lièges Mélior en collaboration avec des artisans locaux. Lièges Mélior ont réalisé des tests chaux avec Saint Astier et granulats de liège en projection mécanique avec un bon retour d'expérience. La granulométrie du liège utilisé était de 4 à 8 mm.

A noté qu'un système d'enduit isolant chaux/liège porté par les sociétés Subertres France et Chaux de Saint-Astier a donné lieu à l'obtention d'un Avis Technique mais non renouvelé. Formulé a partir de granulats de liège 0,5-1,0 mm et de chaux naturelle, avec une conductivité thermique de 0,038 w/m.K, il permettait la réalisation d'enduit d'épaisseur 6 à 8 mm sur des panneaux de liège expansé fixés mécaniquement dans le support maçonné.

Le système était reconnu par la SMABTP et permettait une couverture en décennale des applicateurs sous réserve de respecter le cahier des charges des fabricants.

Plus récemment, la société Saint Gobain WEBER a validé avec le CSTB un DTA pour un système en ITE avec panneau expansé en liège en pose collé sans chevillage et enduit de finition hydraulique/silicate de la gamme WEBER.

Ce système a fait l'objet d'un essai LEPIR2 et d'une appréciation de laboratoire pour répondre à l'IT 249 sans recourir à des bandes de recoupement en laine de roche au niveau des passages de planchers. Ce qui met en avant les propriétés du liège par rapport à sa résistance à la propagation au feu. Le classement Euroclasse est en B1,S1,D0 avec un domaine d'emploi pour des bâtiments jusqu'à une hauteur de 28 m.

Lièges Mélior ont réalisé des tests chaux avec Saint Astier et granulats de liège en projection mécanique avec un bon retour d'expérience. La granulométrie du liège utilisé était de 4 à 8 mm.

Le frein reste le prix du produit par rapport à du chanvre en vrac. Pour autant, le liège représente un intérêt pour le traitement des parties basses en mur extérieur et remontées capillaires.

Les performances thermiques du liège brut en vrac sont légèrement inférieures à celles du liège vrac expansé (0,042 v.s. 0,040 w/m.K) avec des plages de densité plus importantes (de 100 à 200 v.s. 60 à 100 kg/m³)⁽⁵⁾

Dans le cadre de chantiers privés en rénovation, l'absence de certification ne représente pas de points de blocage particulier. L'intention forte du particulier à retenir une solution chaux/liège ou terre/liège en ITE doit être associée à des entreprises motivées et qualifiées dans la bonne mise en œuvre du système (dosage couple liège/chaux/eau et liège/terre/eau), avec une attention portée sur les points de vigilance (raccords menuiseries, débords de toiture, temps de séchage, exposition aux intempéries en phase chantier ...).

Si le particulier fait appel à des aides au financement des travaux de rénovation via MaPrimeRenov, les CEE ou un PTZ, la prise en compte des valeurs de résistances thermiques minimales est essentielle. A noter que sans certifications ACERMI ou KEYMARK, le matériau isolant n'est pas éligible à ces dispositifs.

Pour les marchés publics (ERP, tertiaire, logements), la justification du système pour répondre aux exigences des bureaux de contrôle et des assureurs peut se faire sous plusieurs formes :

- Une appréciation de laboratoire d'un organisme Cofrac
- Une ATEX⁽⁶⁾ de cas A pour un produit ou un système devant être mis en œuvre sur plusieurs chantiers sur une durée limitée
- Une ATEX de cas B pour un produit ou un système devant être appliqué sur un chantier spécifique.
- Un Atec⁽⁷⁾ qui est généralement la procédure d'évaluation qui suit un ATEX

⁽¹⁾ <https://www.natureliege.fr/granulat-de-liege-en-vrac-a-projeter/108-enduit-thermique-en-liege-a-projeter-diathonite-evolution.html>

⁽²⁾<https://www.dsdrenov.com/ravalement-de-facade/enduit-facade/enduit-isolant-chaux-liege-tout-savoir/>

⁽³⁾<https://www.secil.pt/fr/solutions/nouvelle-construction%20/isolation-thermique%20/mortier-d-isolation-thermique-nhl-et-liege--ecocork-lime->

⁽⁴⁾<http://www.cheneliege.fr/compte-rendu-essais-chaux-liege/>

⁽⁵⁾<https://www.enviroboite.net/isolant-liege>

⁽⁶⁾Appréciation Technique d'Expérimentation

⁽⁷⁾ Avis Technique instruit par le CSTB et délivré par la CCFAT (Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques)

Fiche 2 : liège en vrac insufflé entre structure bois (mur, plancher de combles)

Cette technique est pratiquée par la société SOREFA en isolation rapportée par l'intérieur.

Le mode opératoire est le suivant :

- décroûtage du mur existant
- gobetis chaux/sable pour renforcer l'étanchéité de la paroi
- pose d'un film géotextile type bidim pour éviter la dispersion des granulats de liège lors de l'insufflation
- fixation de montants bois en 50x100 mm et d'un panneau support d'enduit
- insufflation du liège expansé en vrac avec cardeuse/souffleuse
- enduit de finition sur trame

Le frein principal est le prix d'achat du liège expansé en provenance du Portugal.

Une filière locale basée sur la collecte de bouchons de liège suivie d'une transformation en granulats a été mise en place par l'association Echo-Mer à La Rochelle (17) ⁽¹⁾

Fort d'une production de 190 m³ annuels, l'association fournit les granulats de liège pour les particuliers qui souhaitent réaliser des travaux d'isolation thermique et phonique au niveau des planchers.

L'application du liège en vrac brut en plancher de combles, bien adapté en déversement ou soufflage entre les solives, permet de renforcer l'isolation thermique et phonique. Le phénomène de tassement est limité après la mise en œuvre. Autant le liège en vrac expansé bénéficie d'une certification ACERMI, permettant éligibilité aux différents dispositifs d'aides financières pour les travaux de rénovation thermique, autant le liège brut en vrac n'est pas encore caractérisé au niveau de sa conductivité thermique.

⁽¹⁾ <https://www.echo-mer.com/actions.php>

Fiche 3 : chape en chaux-liège

Lièges MELIOR préconise la réalisation de chapes isolantes légères dosées à 280 kg/m² de chaux pour une conductivité thermique de 0,067W/m.K avec des granulats de liège brut non expansé.

D'autres exemples de chape sur terre-plein ont été identifiés :

1) Monique CERRO de Terre Pierre et Chaux, spécialiste du chaux-liège qui a réalisé pas moins de 250 chantiers avec le dosage suivant :

- 1/3 de chaux NHL 5
- 1/3 de sable 0/5 mm
- 1/3 de liège en vrac expansé

Les caractéristiques techniques de cette formulation sont les suivantes ⁽¹⁾ :

Conductivité thermique : 0,16 à 0,33 W/m.K

Densité : 580 à 920 kg/m³

2) Un chantier d'envergure dans le cadre de la rénovation d'un château à Charnizay (37) avec la mise en œuvre d'une chape chaux-liège sur un hérissonnage de 20 cm.

La formulation a été réalisée à partir d'une chaux aérienne/hydraulique/pouzzolane et de liège en vrac sur une épaisseur de 15 cm. Le dosage en chaux était de 270 kg/m².

Des essais en terre-liège ont été réalisés par certains clients de liège MELIOR mais sans retours d'expérience. Romain PONS est ouvert pour participer à un chantier pilote.

La solution liège est pertinente par rapport à ses propriétés hydrophobes, acoustiques et de résistance à la compression. L'utilisation du liège en vrac associé à la chaux en plancher intermédiaire renforce les propriétés acoustiques aux bruits aériens de part sa densité plus élevée que le vrac en soufflage ou par déversement entre solives.

Le développement du granulats de liège passe par une caractérisation des performances suivantes :

- thermiques : l'humidité dans le liège ne perturbe pas sa conductivité même à de forts taux d'humidité relative (80-90%). Même constat par rapport à de fortes amplitudes thermiques (de -10°C à +50°C). Pour faciliter l'utilisation du liège brut en vrac dans les travaux de rénovation de bâtiments privés éligibles aux dispositifs d'aides comme Ma Prime Rénov (MPR), les Certificats d'Economie d'Energie (CEE) ou le Prêt à taux zéro (PTZ), il est nécessaire de certifier les performances thermiques (conductivité et résistance thermiques) et d'autres caractéristiques associées (transmission de vapeur d'eau, classe de tassement, absorption d'eau, résistance à l'écoulement de l'air). Deux organismes peuvent évaluer et certifier les performances des matériaux isolants : au niveau national l'ACERMI, association regroupant le CSTB et le LNE et au niveau européen le KEYMARK. Pour les bâtiments d'habitation en neuf, l'absence de certification ACERMI ou KEYMARK a comme

conséquence la majoration de la conductivité thermique avec l'application d'un coefficient qui pénalise de surcroît les performances du liège.

- feu : même si le liège est en Euroclasse E, son comportement au feu nécessite d'être évalué en particulier en association avec un liant chaux ou terre. Un essai feu avec classement EI à travers un laboratoire Cofrac (Efectis, Cerib, CSTB, FCBA ...) permettrait d'apporter une justification auprès des bureaux de contrôle dans le cadre d'opérations visant les ERP et les logements collectifs.

- phonique : évaluation à faire avec le couple granulats/liant pour satisfaire aux exigences réglementaires dans le cas d'une ouverture sur les marchés publics.

- densité : les valeurs des mélanges chaux-liège identifiés sont plutôt hétérogènes, fruit de l'expérimentation à travers la réalisation de chantiers. La recherche d'une certaine harmonisation des masses volumiques serait pertinente et permettrait le développement de cette technique, particulièrement dans le bâti ancien. La réalisation d'un cahier des charges sur la formulation des mélanges chaux/liège et terre/liège portée collectivement par les filières régionales (FIBOIS, Association des communes forestières, ASL Suberaie Varoise, lièges Mélior, liège Jonqué, les carriers, Permabita, Ecobatissons ...) favoriserait le déploiement du système au niveau des professionnels du bâtiment et une prise en compte par les assureurs.

A noter que le liège expansé en panneau fait l'objet d'une norme harmonisée européenne depuis 2015 (NF en 13170) et ne recouvre pas le granulats de liège expansé/non-expansé.

⁽¹⁾ source : ARPE Normandie – guide des éco-matériaux 2019

Fiche 4 : enduit extérieur terre/plâtre sur murs en structure bois/paille

Les informations ont été recueillies auprès de Marc POTIN, ingénieur de formation et directeur depuis 2000 de la société VIEUJOT, basée en région Île de France. Elle est spécialisée dans la formulation à base de plâtre pour les marchés de restauration du patrimoine et de l'éco-construction, en neuf comme en rénovation.

Avec un effectif de 10 personnes et un chiffre d'affaires de 2,5 millions d'euros en 2022, l'entreprise a réalisé depuis 1999 plus de 200,000 m² d'enduits plâtre en extérieur.

Tout au long de ces années, VIEUJOT a réussi à formuler des complexes sur mesure à base de plâtre, terre, chaux aérienne, silice avec ajout de pigments.

Elle assure ses formulations en décennale à travers la SMABTP.

L'entreprise a constaté un changement de point de vue de la part des MOA et MOE par rapport aux enjeux environnementaux. Elles commencent à transformer les contraintes réglementaires en opportunités qui nourrissent une nouvelle motivation.

Concernant les propriétés hygroscopiques du plâtre, les retours d'expérience mettent en évidence qu'une épaisseur de 5 cm d'enduit en intérieur optimise le niveau de confort et le ressenti perçus par les occupants.

Sur le plan environnemental, au stade final de son cycle de vie, le plâtre sert d'amendement dans le domaine agricole au niveau des cultures.

Au niveau des avantages et apports favorables du plâtre avec la terre, nous pouvons noter les points suivants:

- 1) il relève mieux le pH des mélanges par rapport à la chaux
- 2) il apporte une très bonne compatibilité avec la terre par rapport à la chaux
- 3) il évite de créer des retraits au niveau de l'enduit (la proportion de plâtre doit être d'au moins 20 %)
- 4) il assure une bonne porosité à la vapeur d'eau avec des courbes de sorption et désorption linéaires
- 5) il renforce la résistance au gel
- 6) il améliore la qualité d'une terre fine argileuse ou grossière en jouant le rôle de stabilisant (typologie des plâtres dits « LGD »: liants géo-dégradables). Une chaux NHL 3.5. peut également être utilisée en remplacement du plâtre pour obtenir le même effet.

Selon le type de terre utilisée, la proportion de plâtre peut aller de 15 à 50 %. En phase d'apprentissage, il est recommandé de commencer avec un taux de plâtre à 50 %. En gagnant en expérience et en faisant preuve d'empirisme, le dosage pourra être diminué en respectant toutefois le seuil minimum de 15 %. Il est important de bien accompagner les metteurs en œuvre afin de les amener à atteindre un bon niveau de qualité et une bonne autonomie sur les chantiers.

Aspect réglementaire et assurantiel:

Même si l'application extérieure en enduit de plâtre n'est pas reprise dans le DTU 26.1 « travaux d'enduits de mortiers », l'antériorité de la technique depuis 30 ans sans sinistre déclaré permet une couverture en décennale sans surprime par la SMABTP.

Les typologies de chantiers dépassent largement les logements privés et concernent depuis de nombreuses années les marchés publics, comme la rénovation des monuments historiques (palais de l'Élysée, bâtiments de l'État). Les contrôleurs techniques s'appuient généralement sur les cahiers des charges qui décrivent les conditions d'application des systèmes. Ces cahiers des charges sont contre-signés par l'assureur pour couvrir les travaux en décennale.

Quelques systèmes repris sous cahier des charges :

1) Mélange chaux aérienne CL90 (15%) avec plâtre (85%). La chaux aérienne dans ce mélange peut évoluer entre 0 et 30 % selon le type de support et conditions de température et d'humidité.

2) Mélange terre/plâtre en extérieur moins appliqué mais qui reste très pertinent. Le mélange Terre (85%) et plâtre (15%) fonctionne bien sur les supports paille et isolants biosourcés (béton de chanvre, panneaux de fibres de bois rigide et liège expansé).

Au niveau de l'assurabilité des chantiers, quatre cas sont à distinguer :

1) en application intérieure avec des formules prêtes à l'emploi : validation sans réserves du bureau de contrôle (exemple avec des écoles et groupes scolaires).

2) en application intérieure avec des mélanges réalisés sur chantiers : aucune limitation dans le domaine privé, plus compliqué à justifier dans le domaine public. Si le contrôleur technique émet un avis défavorable, il est possible de se rabattre sur les mélanges formulés prêts à l'emploi.

3) en application extérieure avec des pré-mélanges formulés : cette technique passe en marché privé et peut être couverte en décennale par un assureur en veillant à surveiller les points de vigilance susceptibles de rassurer le bureau de contrôle (traitement des débords de toiture, des pieds de murs, traitement des points singuliers comme les raccords avec les menuiseries extérieures).

4) en application extérieure avec des mélanges formulés sur site : peut fonctionner pour les chantiers privés en s'assurant d'avoir la confiance du client final par rapport au procédé et à l'entreprise chargée de sa mise en œuvre. L'idée de tenue dans le temps doit également être bien appréhendée. Pour les marchés publics, il y a actuellement trop de difficultés pour valider le mélange terre/plâtre au niveau de l'assureur et du bureau de contrôle.

Comment lever les freins assurantiels et réglementaires ?

1) rappeler l'antériorité des Plâtres VIEUJOT sur le marché. Peut ne pas suffire même si le DTU 26.1 a évolué

2) s'appuyer sur des retours d'expérience chantiers

3) identifier et référencer les chantiers similaires à la technique qui va être appliquée sur le(s) chantier(s) à venir

4) réaliser des essais par rapport au protocole d'enduit extérieur et au vieillissement accéléré pour aller en démarche d'ATex.

5) inviter la MOA publique à souscrire une assurance chantier auprès de la SMABTP selon la surface à traiter. L'appréciation du risque est ainsi mieux « bordée » pour l'assureur. Le bureau de contrôle doit être suffisamment ouvert pour valider cette démarche.

A noter que la société VIEUJOT est en mesure d'apporter une assurance sur le système (support paille + enduit terre/plâtre) sur la base de la rédaction d'un cahier des charges.

En l'absence de référentiel, le CSTB ne semble pas compétent pour instruire des demandes d'Avis Technique sur des mélanges terre/plâtre. Les filières locales seraient à même d'apporter des éléments factuels au niveau des procédures de caractérisation des terres avec le plâtre. Une étude à posteriori du comportement des mélanges sur des chantiers réalisés permettrait d'enrichir une base de donnée, à l'instar de la filière paille dans le cadre de l'élaboration des règles professionnelles.

D'autres caractérisations pourraient également être faites concernant :

- la résistance à la compression : l'augmentation du dosage de plâtre permet d'améliorer la résistance aux chocs de l'enduit. Avec un apport de 50 % de plâtre dans le mélange, la résistance aux chocs est identique à un enduit 100 % plâtre.
- comportement de l'enduit à la pluie battante à travers un test.

Un exemple de justification en marché public avec la réalisation d'un enduit plâtre sur une structure bois/paille pour un ERP en R+5 (crèche et école) à Paris. En réalisant un test REI 120 et en respectant le C+D au niveau de la propagation du feu en façade (IT 249), l'assureur a pu couvrir le chantier et le bureau de contrôle a pu donner un avis favorable sur le système. Une seule réserve a été émise par les services incendie au niveau des feux couvants : il fallait que la température en amont de l'enduit plâtre soit inférieure à 200°C au contact de la paille. En portant l'épaisseur de l'enduit plâtre à 20 mm au lieu des 10 mm prévus, un test au feu chez Efectis a permis de satisfaire cette demande.

Il sera plus facile d'obtenir des avis favorables de la part des contrôleurs techniques et une assurabilité des ouvrages en caractérisant des terres locales et ouvrir le marché sur les bâtiments publics. C'est une démarche à envisager sur le long terme à travers l'expérimentation. Considérer le temps long comme une opportunité. Des solutions existent pour de nombreux cas de figure.

A noter qu'à l'échelle locale, l'entreprise TCND (04) réalise des enduits chaux/plâtre en façade pour des marchés privés avec de bons retours d'expérience.

Fiche 6 : la canne de Provence

Les trois applications étudiées :

- insufflation entre montants d'ossature bois en mur / caissons de toiture et de plancher
- soufflage en plancher de combles perdus
- en botte pour une mise en œuvre en mur à ossature bois

Techniquement, une mise en botte serait réalisable à partir des feuilles et tiges fines des cannes. Par contre ce qu'il manque à ce jour, c'est le système mécanique qui puisse transformer la canne. La forte teneur en silice nécessite des outils et machines adaptés car les contraintes d'usure sont fortes. Le recours à des broyeurs lents serait plus adapté pour déchiqueter la canne et pouvoir l'utiliser sensiblement comme la chènevotte de chanvre. Les cannes peuvent également être coupées sur la longueur avec des scies carbure ou à ruban.

Les usages actuels de la canne :

- en chauffage comme le miscanthus avec la fibre déchiquetée à l'aide de marteaux ou d'un broyeur.
- pour la réalisation de palettes perdues grâce à un collage des cannes entre elles
- pour la décoration et l'aménagement extérieur en panneau lamellé-collé ou pour la réalisation de fascines afin d'assurer la retenue de terre en secteur paysager.
- en coffrage perdu pour les piscines enterrées. Cette technique permet la réalisation de formes variées. Les cannes sont fendues puis liées entre-elles pour former une structure rigide sur laquelle le béton est projeté.
- en panneaux tressés : ouverture de la canne en deux qui est écrasée mécaniquement. Elle est ensuite tressée pour former des panneaux qui sont généralement utilisés en plafond avec une finition en terre crue.
- en cannes rondes lattées pour la réalisation de plafonds en finition apparente. La canne se teinte naturellement aux UV. Une application plus que centenaire dans la région.

La canne de Provence est historiquement utilisée comme support pour l'application de plâtre en plafond et plus récemment pour faciliter l'accroche des enduits de terre/chanvre dans la construction bois/paille. Un autre usage en fond de coffrage des structures à ossature bois pour appliquer les mélanges chaux/chanvre et terre/chanvre projetés (réalisés par ECOBATI dans le 05)



Les cannes peuvent également être posées avant un bardage extérieur sur mur à ossature bois, en les utilisant entières et reliées entre elles en 4 à 5 couches. Cet ensemble est placé entre les tasseaux destinés à recevoir le bardage. Bien que des chantiers aient été réalisés dans les Hautes-Alpes, cette technique n'est pas conforme au DTU 31.2 qui exige une lame d'air de ventilation supérieure ou égale à 20 mm. L'argument mis en avant par les entreprises de mise en œuvre est que la structure creuse des cannes posées en vertical assure un passage d'air suffisant pour jouer le rôle de ventilation.

En isolation par l'extérieur (ITE), les cannes peuvent être mises en œuvre sur mur maçonné sous forme de panneaux réalisés à partir de paquets de cannes rondes de 2 à 3 mètres de long et liées en quinconce. Cela permet d'atteindre une épaisseur de 140/145 mm. Cette structure pourrait recevoir un enduit terre/chaux/plâtre en finition.

Les avantages de la canne de Provence :

- elle se développe dans son milieu naturel sans apport de pesticides ou d'intrants. La récolte peut se faire chaque année ou tous les deux ans si l'on souhaite obtenir un diamètre plus important.
- elle bénéficie d'un très bon rendement, 3 fois plus important que le miscanthus
- elle possède une structure rigide qui offre une bonne résistance mécanique

Les risques :

- attaques possibles de scolytes comme pour le pin qui arrive à transformer la canne en poudre, très prisée par l'industrie diamantaire pour ses propriétés abrasives. Un traitement des cannes à l'huile de lin et à l'essence de térébenthine réduit significativement ce risque.

Le potentiel :

- des essais ont été réalisés avec la chambre d'agriculture sans aboutir à une caractérisation des fibres de canne.
- un programme piloté par l'ONU pour la réalisation d'habitats d'urgence dans des zones sinistrées a été lancé
- disponibilité régionale et nationale de la canne
- substitution possible à la paille de céréales et au roseau pour la réalisation de toits de chaume

En privilégiant un broyeur lent pour défibrer la canne, il est possible de viser des marchés de la construction / rénovation comme :

- 1) le soufflage/épannage en combles perdus : le fort taux de silice rend la canne insensible aux insectes et rongeurs. Privilégier la canne verte qui se travaille plus facilement avec des broyeurs à marteaux.
- 2) les panneaux tressés entiers ou croisés pour obtenir l'épaisseur finale d'isolation en mur avec finition terre/chaux en intérieur et extérieur.

Pour l'insufflation avec les parties les plus fines de la canne, le système de transformation est à définir. A ce jour aucune machine n'a été testée.

D'après les personnes approchées, il existe un réel intérêt à développer la canne dans le bâtiment. En marché privé, son utilisation en intérieur pour recevoir une finition terre ou une application en combles est pertinente. Elle devra bien entendu recevoir l'agrément du maître d'ouvrage. En rénovation, les panneaux de cannes peuvent être utilisés en mur en ITE, en

toiture type sarking avec une étanchéité à la pluie et au vent assurée par un écran de sous-toiture souple ou rigide (type panneaux en fibres de bois)

A ce jour aucune valeur de conductivité thermique n'a été évaluée ou caractérisée.

En terme de retour d'expériences, Guillaume TARTAYRE, ingénieur et fondateur de la société Terres et Fibres Azur basée à Grasse (06), réalise et assure le suivi de projets en ITE avec finition terre appliquée directement sur une structure en cannes.

Le procédé regroupe les étapes suivantes :

- après décroutage du mur en briques ou parpaings, mise en place d'une structure à ossature bois fixée mécaniquement dans le support existant.
- remplissage avec un isolant semi-rigide à base de fibres de bois ou de textile recyclé.
- utilisation de la canne sous forme refendue et reliée par des ligatures qui créent un espacement de 2 à 3 cm pour faciliter l'accroche de l'enduit de terre. Une double structure croisée est ensuite agrafée dans les montants d'ossature bois pour recevoir un enduit de terre fibrée avec de la paille de blé suivi de deux couches de finition d'enduit de terre. A cette date, seuls des chantiers privés ont été réalisés.

Prochainement, Guillaume TARTAYRE s'apprête à répondre à un appel à projet avec Eric DELORME, architecte, pour un ouvrage privé de 600 m² à Toulon en terre/chanvre projeté¹ et BTC en support. La mise en chantier est prévue au printemps 2024.

¹ En partenariat de process initié par Daniel Bayol.

Fiche 7 : Enduit béton projeté terre/chanvre en MOB et ITE sur ossature bois rapportée

A l'échelle régionale, deux entreprises spécialisées dans la projection d'enduits végétaux chaux/chanvre et terre/chanvre ont été identifiées : la société Ecobati dans les Hautes-Alpes et la société TCND dans les Alpes de Haute Provence. Elles utilisent une machine à projeter qui réalise un mélange à sec composé de chènevotte de chanvre et de chaux ou terre avec une projection d'eau à la sortie de la lance assurée par des buses. Cette technique d'application permet d'alléger le béton de chanvre en eau, de réduire les temps de séchage et d'optimiser la conductivité thermique du mélange. Notons que la société de maîtrise d'œuvre DB-Chanvre, domiciliée dans le Var, dispose également d'un réseau de 2 applicateurs situés respectivement dans les Bouches-du-Rhône et les Alpes-Maritimes.

Au niveau de la matière première, Ecobati utilise pour ses chantiers de la terre argileuse (teneur >20% d'argile) tamisée à 80 microns actuellement approvisionnée depuis l'Isère (Akterre). De son côté l'entreprise TCND mobilise des terres locales (rayon de 30 km maximum) et a mis en place un système qualité basé sur un tamisage spécifique des terres et un contrôle du mélange terre/chanvre deux fois par jour.

Pour faciliter l'utilisation des ressources locales, Daniel Bayol de la société DB Chanvre, fait partie d'un groupe de travail terre-chanvre au sein de l'association Construire en Chanvre, et effectue un travail de caractérisation des terres locales, dans le but d'identifier des gisements qui pourraient convenir pour la réalisation de mélanges terre/chanvre après tests de caractérisation.

Les enduits isolants terre/chanvre sont très bien adaptés au marché de la rénovation. Ecobati réalise des chantiers en terre/chanvre en projection dans le cadre de projets privés en rénovation avec des bons résultats : un rendement de 60 m²/jour pour une épaisseur de 150 mm sur mur en pierre existant avec une conductivité thermique de 0,075 w/m.°K validée par le LNE sur la base d'un mélange chaux/chanvre à 160 kg/m³ (proportion de liant). Actuellement l'entreprise ne réalise pas d'applications sur mur maçonné en construction neuve type brique monomur de 360 mm, bien que le potentiel existe et que le système d'enduit devrait fonctionner sur ce support.

Au niveau applications, Ecobati réalise des bétons chaux/chanvre et terre/chanvre en remplissage de murs à ossature bois et sur des murs maçonnés avec ossature bois rapportée en s'appuyant sur les règles professionnelles de Construire en Chanvre. Quant à TCND, elle rapporte 120 mm d'enduit terre/chanvre sur des murs en pierre existants et 180 mm dans des murs à ossature bois en dosant le mélange à 200-220 kg/m³. La canne de Provence est utilisée en fond de coffrage pour faciliter l'accroche de l'enduit isolant.



Plus largement, le béton isolant terre/chanvre peut couvrir les domaines d'applications suivants :

- en toiture : pour la construction neuve et la rénovation lourde



crédit photo : Interchanvre

Le béton isolant peut être mis en œuvre entre chevrons avec un fond de coffrage sous forme de panneau dérivé du bois ou plaque de plâtre. L'étanchéité à l'eau et au vent est ensuite assurée par un écran souple de sous-couverture ou un panneau rigide en fibres de bois hydrofugé dans la masse. Avantages : apport d'inertie pour améliorer le confort d'été et les performances acoustiques de la paroi.

- en combles : entre solivage de plancher ou support continu adapté à recevoir la charge additionnelle (dalle ...)



crédit photo : Interchanvre

- en sol : sur terre plein, au malaxeur ou en projection mécanique uniquement pour des locaux d'habitation (comme repris dans les règles professionnelles). Le béton de chanvre ne peut pas être considéré comme un dallage au sens du DTU 13.3



crédit photo : Interchanvre

- en mur : par l'intérieur, en mur à ossature bois (MOB), par l'extérieur entre structure à ossature bois rapportée, ou en cloison de distribution.



crédit photo : Interchanvre



crédit photo : Interchanvre

Dans le cas d'une ITE il est possible d'associer au béton de chanvre un panneau de fibre de bois ou de liège à enduire (systèmes Etics sous DTA/ATec du CSTB jusqu'à 28 m) afin de répondre aux exigences réglementaires.

Une autre possibilité de développement potentiel identifiée se situe au niveau de la préfabrication d'éléments en usine (démarche hors site) qui permet de s'affranchir des conditions climatiques sur chantiers et de renforcer la qualité finale des murs.



crédit photo Wall-Up

Actuellement il n'y a pas de chantiers publics réalisés en terre/chanvre mais Gabriel LEON, gérant d'Ecobati, va prochainement se former à l'école nationale du chanvre à Mende (48) afin d'obtenir un agrément qui lui permettra de faire une demande de couverture en décennale auprès de son assureur. De son côté l'entreprise TCND a réalisé des chantiers publics avec des techniques similaires aux enduits terre/chanvre : la cité du vin à Beaune (21) en chaux/chanvre et le siège social de l'ONF à Digne les Bains (04) en structure bois/paille avec enduit de terre en finition dans le respect des règles professionnelles et BTC en cloisons de distribution.

Les avantages des bétons terre/chanvre⁽¹⁾

Face au béton de chaux/chanvre, remplacer la chaux par de la terre crue permettrait, à performances thermiques et hydriques comparables :

- de réduire le coût en énergie grise de 20 à 25
- de diminuer l'impact carbone par 5
- de limiter le coût de gestion en fin vie (le matériau est compostable)
- de diminuer le prix du matériau par 1,5

Des travaux de normalisation sur le granulats végétaux à travers le projet ECO TERRA⁽²⁾ sont en cours au CEREMA dans le but d'obtenir une caractérisation qui favorise l'assurabilité des mélanges avec la terre. Face au manque d'intérêt des industriels qui fournissent des liants à base de chaux, les acteurs locaux sont invités à se mobiliser pour accompagner cette démarche. Des tests de conductivité thermique terre/chanvre ont été lancés par la SCIC ECO-PERTICA (une SCIC basée en Normandie qui a cessé son activité en octobre 2022 par manque d'entreprises spécialisées de mise en œuvre sur le terrain pour développer cette technique d'application) sous l'impulsion d'Arthur HELLOIN DE MENIBUS. Cette structure s'est récemment transformée en association qui a collecté l'ensemble des retours d'expériences de la SCIC sur les applications terre/chanvre.

ECO PERTICA avait piloté le projet ECO TERRA⁽²⁾ entre 2016 et 2020 en région Normandie. Elle a collaboré avec d'autres structures comme le CEREMA et l'IFSTTAR. Les objectifs recherchés dans ce projet étaient :

- de fédérer les acteurs de l'éco-construction à l'échelle locale
- d'évaluer les différents types de terres disponibles sur le territoire
- d'étudier les mélanges terre/chanvre selon les domaines applications visés (mur/toiture/plancher)

- de réaliser une ACV pour mesurer les impacts environnementaux
- de développer des référentiels techniques terre/chanvre pour la construction et la rénovation
- de faciliter l'accès aux conditions d'éco-conditionnalité et à l'assurabilité du système
- de tester les propriétés acoustiques et les performances des mélanges terre/chanvre (étude restituée en août 2022)

Retour d'expérience à travers le cabinet d'architecture Cosma Architecture à Toulouse. Chantier Immobil Home

Une caractérisation du couple terre/chanvre a été réalisée sur ce projet par ECO PERTICA avec les données suivantes :

Conductivité thermique : 0,07 à 0,09 w/m.K

Masse volumique en mur (ep. 300 mm) : 280 à 350 kg/m³ (conforme aux règles professionnelles chaux/chanvre)

Classement feu : B,S1,d0



crédit photo : Cristina COSMA, architecte

Application avec cardeuse utilisée pour le chaux/chanvre. L'entreprise qui a réalisé l'application annonce un rendement de 8m³/jour et une densité moyenne du mélange terre/chanvre de 320 kg/m³

Des points de vigilance sont à prendre en compte pour assurer la durabilité des bétons terre/chanvre et la pérennité de l'ouvrage⁽³⁾ :

- au niveau de la reprise d'eau: il est nécessaire d'assurer une protection des enduits à la pluie battante en phase chantier. Ce phénomène est très limité avec une finition bardage ventilé.

- au niveau de la rupture de capillarité : respecter un minimum de 20 cm pour la garde au sol (exigence du DTU 31.2 et Avis Techniques des porteurs de systèmes Etics)

Au niveau assurantiel, les enduits terre/paille ou terre/chanvre sont couverts par le guide de bonnes pratiques rédigées par la C.C.T.C. (Confédération de la Construction en Terre Crue) et ASTERRE⁽⁴⁾. Ils sont utilisés comme correcteur thermique en mur intérieur ou extérieur sous abri. La caractérisation des terres excavées sur site est nécessaire.

A ce jour seuls les enduits de terre crue sur paille et ceux appliqués sur des supports en terre crue sont couverts par des règles professionnelles. La mise en œuvre des enduits terre/chanvre étant considérée comme technique non courante, la responsabilité peut être portée par l'architecte qui souscrit auprès de son assureur une responsabilité biennale pour la partie isolation et finition.

L'analyse de risque représentée par la terre comme liant reste à l'appréciation de l'assureur qui peut étendre la décennale de l'entreprise au vue de l'antériorité des déclarations de sinistre liée à la nouvelle application ou appliquer une surprime. Il peut également demander un avis écrit de la part de Construire en Chanvre.

Les domaines d'emplois du terre/chanvre ou terre/autres fibres végétales qui peuvent être acceptés par les bureaux de contrôle et permettre une assurabilité regroupent :

- les cloisons de distribution
- les doublages en mur (ITI)
- les planchers
- les combles

Il est important d'anticiper les échanges avec le bureau de contrôle et les assureurs car les guides de bonnes pratiques⁽⁴⁾ ne sont pas considérés comme des règles professionnelles. Elle est toujours possible d'argumenter auprès du bureau de contrôle que la terre crue, comme la chaux ne brûle pas !

Sur le bâti ancien d'avant 1948, les DTU existants ne sont généralement pas en mesure de proposer des dispositions techniques pour la réalisation de travaux sur des bâtiments construits avec des techniques anciennes. Les acteurs responsables de la conception et de la réalisation des ouvrages peuvent s'appuyer sur l'ensemble des connaissances acquises par la pratique des techniques anciennes - tout en considérant le contenu des DTU – pour rédiger les clauses techniques et particulières des marchés de travaux CCTP)

Quelques recommandations pour le développement du terre/chanvre:

- identifier les carriers qui seraient en capacité d'effectuer un broyage à 80 microns et suffisamment motivés pour caractériser les argiles entrant dans la composition des bétons de chanvre.
- caractériser d'autres fibres végétales comme le miscanthus, le lin, la lavande et les mélanges paille/chanvre et créer un label à l'image de celui qui existe pour le chanvre
- évaluer et certifier le couple terre/chanvre à l'échelle régionale qui est plus accessible et plus rapide qu'une démarche engagée à l'échelle nationale (CenC a ouvert un groupe de travail sur le sujet de la caractérisation)
- avancer avec Construire en Chanvre pour intégrer la terre et d'autres chènevotte que le chanvre dans les règles professionnelles
- se rapprocher d'industriels qui travaillent à l'industrialisation de techniques constructives en terre et développent des Appréciations Techniques d'Expérimentation reproductibles

- sur plusieurs chantiers (ATEX de type A)
- lancer des actions de prescription auprès des maîtres d'œuvre
 - augmenter le nombre de machines à projeter pour permettre le développement du marché, en particulier celui de la rénovation
 - renforcer les actions de sensibilisation et de formation auprès des acteurs du bâtiment et passer par les MOA publiques pour encourager les entreprises à se convertir à cette technique (à travers les délégations CAPEB et FFB pour faire comprendre à leurs adhérents que cette technique est un facteur d'accélération dans l'activité des entreprises pour se positionner sur les marchés de demain)
 - appuyer des projets de fabrications hors site pour monter en volume et assurer un contrôle qualité des éléments pré-fabriqués. En amont, s'assurer de la volonté de la MOA publique et privée de se positionner sur cette technique pour alimenter la filière en projets

⁽¹⁾ informations partagées par Daniel BAYOL – DB Chanvre

⁽²⁾ <https://www.cerema.fr/fr/actualites/ecoterra-projet-recherche-performances-betons-terre-chanvre>

⁽³⁾ Etude de l'AQC (Agence Qualité Construction) <https://qualiteconstruction.com/publication/construction-et-rehabilitation-en-terre-crue-points-devigilance/>

⁽⁴⁾ Guide des bonnes pratiques de la construction en terre crue – édition du 13/12/2018