

MARS 2024

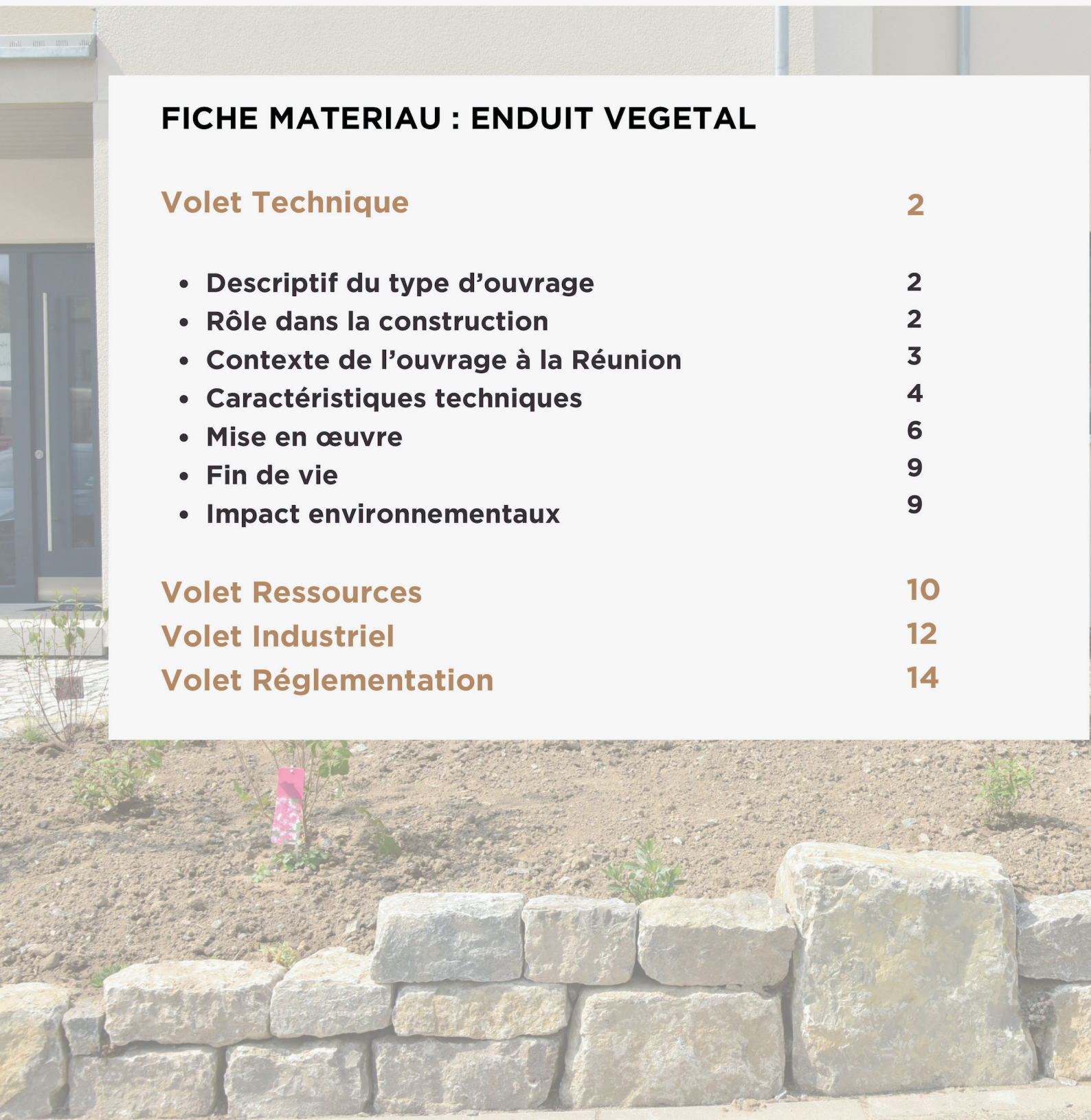
FICHE MATERIAU ENDUIT VEGETAL

Qualitropic
la bioéconomie des Outre-mer



FICHE MATERIAU : ENDUIT VEGETAL

Volet Technique	2
• Descriptif du type d'ouvrage	2
• Rôle dans la construction	2
• Contexte de l'ouvrage à la Réunion	3
• Caractéristiques techniques	4
• Mise en œuvre	6
• Fin de vie	9
• Impact environnementaux	9
Volet Ressources	10
Volet Industriel	12
Volet Réglementation	14



VOLET 1

TECHNIQUE

Descriptif du type d'ouvrage

Un **enduit végétal** est un **mortier**, réalisé à partir de **charges minérales** comme la terre crue, la chaux, le plâtre ou le ciment, de **charges végétales**, **d'additifs**, et **d'eau**.



Rôle dans la construction

L'enduit peut avoir plusieurs rôles dans le bâti. Il est principalement utilisé à des fins **d'embellissement** en comblant les **défauts de planéité**, les éventuelles **fissures**. Il donne un aspect **lisse** aux murs.

Lorsqu'il est utilisé en extérieur, l'enduit assure une fonction **imperméabilisante**. En plus des fonctions de finition, les enduits biosourcés améliorent le confort **thermique** par leurs **propriétés d'isolation**.



ENDUIT CHAUX CHANVRE EN INTÉRIEUR

Contexte de l'ouvrage à la Réunion

La **construction** dans notre île étant majoritairement réalisée en **béton**, les enduits classiques sont utilisés dans la quasi-totalité des constructions actuelles. Ils sont réalisés sur la base d'un **mélange cimenté** conditionné à sec en **sac de 25kg** et préparés au besoin sur chantier.

Cas des enduits biosourcés

A La Réunion, les enduits biosourcés sont très peu **mis en œuvre** dans des projets de construction, cependant, des projets de recherche et développement sont actuellement en cours, en lien avec l'**université de la Réunion**, le **technopole de la Réunion** et des **entreprises innovantes locales**.

En France hexagonale, l'usage de matière biosourcée dans les enduits reste minoritaire par rapport à la construction classique en béton, mais connaît une **accélération**, en lien avec les enjeux de décarbonation de la construction.

L'enduit biosourcé, le plus couramment utilisé à ce jour, est l'enduit "**chaux-chanvre**" que l'on retrouve dans les projets à **faible impact carbone**. Il est réalisé à partir de la **chenevotte broyée** (partie ligneuse du chanvre) présentant une granulométrie constante, liée à la **chaux industrielle**.

En substitution de la chaux, **la terre crue** est aussi utilisée comme liant pour les enduits. Inspiré des modes constructifs traditionnels des pays africains, l'enduit « **terre-chanvre** » ou « **terre paille** » est une autre alternative **biosourcée** aux enduits classiques .

En métropole, la chenevotte **labélisée « chanvre bâtiment »** est commercialisée entre **1€ et 1,5€/kg** sous forme de sacs de **18 ou 20kg**. Le coût d'un enduit chaux-chanvre réalisé par une entreprise spécialisée varie grandement en fonction du type d'intervention, rénovation ou neuf, du support d'enduit et de la préparation de celui-ci. On retrouve des **tarifs** allant de **200€/m²** pour les interventions les plus simples avec une petite épaisseur à des fins esthétiques, jusqu'à environ **400€/m²** pour les applications thermiques.

VOLET 1 : TECHNIQUE

Caractéristiques techniques

Les caractéristiques techniques dépendent de la **matière première utilisée** et de la **ressource biosourcée choisie**.

A titre de comparaison, les caractéristiques suivantes ont été mesurées pour un **enduit chaux-chanvre (Batichanvre®/Isocanna®)** conforme aux exigences des règles professionnelles de la construction en chanvre. Cet enduit chaux-chanvre à été réalisé avec 100kg d'enduit à la chaux et 20kg de chènevotte à une granulométrie de 5 à 25mm.

Propriété thermique

L'enduit chaux-chanvre est **10 fois plus isolant** qu'un enduit cimenté classique.

MATÉRIAUX	CONDUCTIVITÉ THERMIQUE (λ) W/mK
Enduit de ciment traditionnel (Règles Th-U)	1.3
Batichanvre® + Isocanna®	0.12

L'enduit **chaux-chanvre** dispose de bonnes performances de **déphasage thermique**. Le déphasage thermique est le temps qu'il faut à la chaleur pour traverser le matériaux, il contribue au confort d'été. Le mélange de Batichanvre® et d'Isocanna® permet un déphasage de **2 à 5 heures** en fonction de l'épaisseur d'enduit appliquée.

VOLET 1 : TECHNIQUE

Masse volumique

La masse volumique de l'**enduit à la chaux** est **légèrement moindre que celle d'un enduit cimenté**. L'ajout de fibres végétales n'alourdit pas de manière significative le mélange. Dans le cas de notre exemple, la masse volumique apparente du produit est estimée **entre 800 à 1000 kg/m³**.

Comportement au feu

En lien avec la **forte proportion de chaux** dans le mélange, la préparation Batichanvre[®] et d'Isocanna[®] présente une classe **A2-s1,d0**, ce qui équivaut à l'ancienne **classe M0**.

Durabilité

Il n'y a pas de données disponibles sur la durabilité des enduits biosourcés. Cependant des essais en laboratoire peuvent démontrer la durabilité du produit face aux différents agents biologiques responsables de la dégradation.

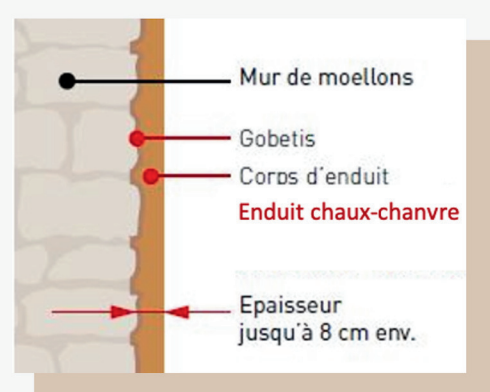
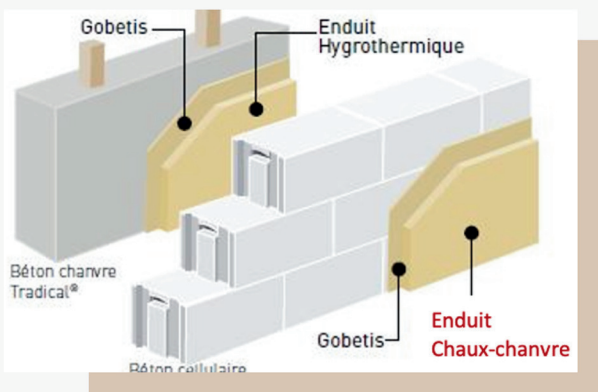
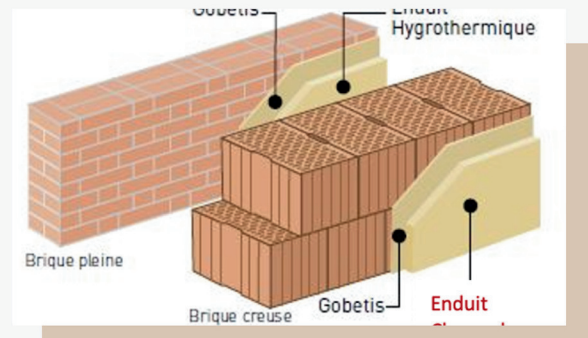
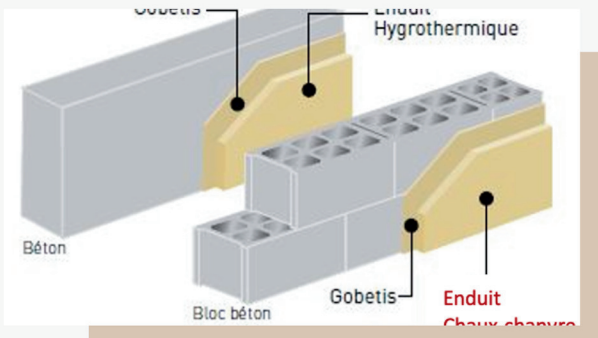
VOLET 1 : TECHNIQUE

Mise en œuvre

Les **règles professionnelles de la construction chanvre** détaillent la mise en œuvre de enduits à base de chanvre. Seul texte officiel spécifique aux enduits végétaux, il ne traite que des produits à base de chanvre. Les règles professionnelles s'appuient notamment sur **DTU 26.1** et aux normes NF-EN 459-1 (version 2012 - chaux de construction), NFP 15-314 (ciment prompt naturel), NF EN 197-1 (ciments courants).

La préparation et la mise en œuvre de l'enduit végétal est une des attributions des entreprises intervenant sur chantier. L'enduit végétal est généralement **préparé sur chantier** en mélangeant les éléments secs avec de l'eau, c'est l'étape du **gâchage**. Elle peut être réalisée, selon la quantité préparée, **en bétonnière ou à l'aide de malaxeurs** directement dans des bacs de maçon.

L'enduit végétal est réalisable sur **tous types de supports minéraux** existants (pierre naturelle, briques pleine, béton cellulaire, béton classique), dans les locaux d'habitation, ERP et bureaux.



VOLET 1 : TECHNIQUE

L'**enduit** peut être appliqué de manière **manuelle** par jeté à la truelle ou par projection **mécanique** à l'aide d'équipements dédiés à la projection des enduits. Ces équipements sont de deux types :

- **Les projeteurs d'enduits classiques** qui projettent le mortier par air comprimé. Le mélange et **gâchage du mortier est réalisé au préalable** puis versé dans le réservoir de la machine. L'utilisation du système est simple et permet de réaliser jusqu'à **20m² par heure** selon la taille, la puissance du projeteur et l'épaisseur posée.



MELANGEUR
COMPRESSEUR
EAU - LIANT - BIOMASSE

PROJECTION PAR AIR
COMPRIÉ SUR MUR



- **Les projeteurs d'enduits avec cardeuse et buses d'aspersion.** Ces équipements utilisent la matière végétale sèche et le liant liquide séparément. Les deux constituants sont mélangés en sortie de lance de projection. Ce système est plus économe en eau. De plus, la matière végétale étant projetée sèche, l'enduit sèche plus rapidement et d'importantes épaisseurs peuvent être posées en une seule passe.

VOLET 1 : TECHNIQUE



Il est nécessaire de réaliser préalablement **une première couche mince (gobetis)** permettant d'une part de **régulariser le support** et d'autre part de donner une **surface d'accroche** pour les couches suivantes. L'enduit est appliqué en **1 à 2 passes**, jusqu'à une épaisseur de **6-8 cm**, dressé à l'aide d'une règle et enfin "serré" ou compacté à l'aide d'une taloche avant éventuellement de recevoir une couche de finition. L'enduit végétal peut ainsi être **posé en intérieur comme en extérieur** selon la finition et l'esthétique désirées.

Un **contrôle du séchage** avant livraison, réalisé avec un humidimètre, doit démontrer un **taux d'humidité inférieur à 5%**. Pour les couches épaisses d'enduit, un **carottage** permet de vérifier l'uniformité du séchage dans l'épaisseur de la couche.

VOLET 1 : TECHNIQUE

De manière générale, la bonne réalisation des enduits végétaux repose sur les choix réfléchis du **liant en accord avec la matière végétale** et les objectifs de performance de l'enduit, décoratif ou isolant.

Fin de vie

Les **matériaux cimentés** comme les enduits classiques ou les enduits végétaux sont considérés comme des **déchets "inertes"** au sens de la réglementation française. Ce terme qualifie les déchets qui ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune réaction chimique susceptible d'agir de manière préjudiciable sur l'environnement ou la santé humaine. C'est une sous-catégorie de déchets non dangereux, cependant il existe peu de manière de les valoriser. Ils peuvent être réemployés dans **une nouvelle préparation jusqu'à 25%** du mélange total ou bien réutilisés pour le remblais de terrain.

Impact environnementaux

Certains enduits disponibles sur le marché **disposent de fiches de déclaration environnementale et sanitaires** (FDES). A l'initiative des producteurs, ces fiches informent sur l'impact environnemental des produits, par l'analyse de leur cycle de vie. Le Ministère de l'Ecologie, proposent des FDES génériques si le produit utilisé ne possède pas sa propre déclaration. Ces données peuvent être utilisées pour comparer les produits par rapport à leur performance environnementale. Les fiches suivantes sont consultables sur la **base de données INIES**.

L'avantage écologique premier des enduits biosourcés ou géosourcés réside dans **l'absence de ciment** dans leur composition. De plus, l'ajout de matière végétale permet la **séquestration de carbone**, diminuant ainsi l'impact environnemental global de la construction.

RESSOURCES

Les principaux matériaux constitutifs des enduits végétaux reconnus pour la construction ne sont **pas produits ou sont indisponibles à la Réunion**. Les liants aériens et hydrauliques à la chaux ne sont pas produits sur l'île et les références disponibles pour le bâtiment ne correspondent pas à celles prescrites pour la fabrication d'enduits chaux-chanvre.

Il n'y a pas de culture de chanvre à destination du bâtiment à la Réunion et la chènevotte labélisée chanvre bâtiment n'est pas disponible sur notre territoire. Sur l'île l'association chanvre réunion (ACR) mène des tests de culture en partenariat avec des agriculteurs principalement pour la filière CBD et bien être.

De même, la terre crue n'est pour le moment pas disponible pour des projets de constructions à cause d'une mauvaise connaissance du gisement local et l'inexistence de filière d'approvisionnement.

Sur **l'exemple de la filière chanvre en France** métropolitaine, un travail de **caractérisation des liants disponibles** localement associés aux biomasses végétales locales pourrait mener à l'émergence d'enduits biosourcés locaux. L'identification d'un **couple liant-granulat** techniquement performant et durable pour la fabrication d'enduits pourrait faire l'objet de **R&D**, de la même façon que les couples liants-granulats de chanvre pour la construction en France métropolitaine.



Un enduit végétal produit localement peut inclure un liant à la chaux adapté importé mais chargé de biomasse locale en substitution du chanvre. Celle-ci peut être issue de l'industrie de transformation du bois de **cryptoméria**. **Les connexes de scierie** représentent environ **2500m³/an** de matière valorisable.

VOLET 2


Le **bois de palette** pourrait aussi être d'intérêt à hauteur de **17000 m³/an** de matière mobilisable.

Le **Bambou** est aussi une ressource potentielle avec **74 ha identifiés** comme exploitable facilement dans les études récentes de la SPL Horizon réunion.



La biomasse issue des cultures d'ananas ou de bananes peuvent aussi être considérées. On estime entre **20000 et 30000 tonnes/an** de déchets de la culture d'ananas réparties sur l'île soit jusqu'à **900 T de matière sèche valorisable**.

Ces matières fibreuses peuvent être étudiées pour la fabrication d'enduits avec une attention particulière au **traitement des fibres**. En effet, les travaux réalisés par la filière chanvre ont montré des difficultés techniques pour les mélanges et la mise en œuvre d'enduit avec les fibres de chanvre. **La chènevotte labellisée pour le bâtiment est la partie non fibrée du chanvre.**

En **substitution** de la chaux importée, le développement d'un **liant à base de plâtre** recyclé est possible localement grâce à la disponibilité du gisement via le recyclage local du plâtre à hauteur d'environ **2000 T/an actuellement**. Cette ressource est disponible chez l'entreprise "Sud traitement Service (STS)" située à Saint-Pierre.



Aussi, des travaux actuels menés par **l'université de la Réunion** sur **la terre crue locale** représentent aussi des opportunités futures pour la réalisation d'un liant à base de terre argileuse.

VOLET 3

INDUSTRIEL

Le process industriel présenté ci-après correspond à une transformation en usine débutant après la réception de la matière végétale, produite indépendamment. Ce modèle peut également s'appliquer à un producteur de matière biosourcée qui souhaiterait transformer sa matière directement en produit fini.

Broyage

La matière végétale réceptionnée est envoyée dans un ou des broyeurs jusqu'à l'obtention de **broyats à un calibre défini**. On compte en général **2 à 3 broyeurs** pour faire la transformation : **un pré-broyeur**, un **broyeur principal** et **un affineur**. En sortie d'affineur, un contrôle de calibre peut être effectué.

Séchage - déshydratation

Les **broyats** obtenus sont ensuite **séchés** jusqu'à une **humidité avoisinant les 10%**. Dans ce cas, **un séchoir à bande** ou un **séchoir à tambour** peut être utilisé, tous deux largement utilisés dans l'industrie du bois pour le séchage des plaquettes et connexes destinés à devenir panneaux de particules, pellets ou pour une valorisation énergétique sur site. Le principe étant de sécher les granulats avec la **circulation d'air chaud** qui permet une évaporation rapide. **Le séchoir à tambour** est le séchoir le plus adapté à des productions de petites et moyennes quantités.

Il est également possible d'utiliser un **four pour le séchage**. Ce dernier présente cependant l'inconvénient d'avoir un fonctionnement cyclique obligeant à charger/décharger la matière entre chaque cycle.



SÉCHOIR A TAMBOUR

VOLET 3 : INDUSTRIEL

Conditionnement

Finalement, une fois les broyats calibrés et séchés, il reste à **conditionner** le matériau dans un **emballage**. Cette étape est généralement réalisée avec une **ensacheuse industrielle** permettant de maîtriser de manière automatique les quantités versées dans chaque emballage.

Liant à base de plâtre

Pour l'utilisation **du plâtre recyclé**, celui-ci doit impérativement être **recuit** avant utilisation. La cuisson du plâtre consiste à **déshydrater** la matière première afin de lui donner les **propriétés physico-chimiques** lui permettant de se **solidifier** après mélange avec l'eau. Cette étape est la base de tous produits à base de plâtre. Les conditions de température lors de cette étape de cuisson vont déterminer les propriétés mécaniques et d'hydratation du plâtre ainsi fabriqué.

Le plâtre broyé est acheminée dans un **four à tambour**, celui-ci cuit la matière entre **150 et 200°C** pendant **plusieurs heures**. Le temps de séjour dépend de la qualité de la matière première, de la quantité mais aussi des différents types de plâtre que l'on souhaite obtenir.

Le coût d'investissement pour ces équipements est fonction des volumes traités. Des lignes clés en main de fabrication d'enduits adaptés à nos ressources locales n'existent pas. Celles-ci doivent être conçues en fonction des matières végétales traitées et des liants à fabriquer. Une série d'équipement de petite taille permettant de traiter jusqu'à **1000 T à 1500 T/ an**, peut inclure 3 broyeurs, un séchoir à tambour, un crible rotatif et une ensacheuse industrielle et coûte approximativement **700K€ sur la base d'équipements neufs**.

VOLET 4

RÉGLEMENTATION

Les enduits biosourcés et géo-sourcés ne sont pas visés par une norme et n'ont pas de méthodes d'essais normalisées pour vérifier leurs caractéristiques. **Les points de vigilance** relevés dans la littérature scientifique concernant les enduits en béton de chanvre, en paille, ou en terre crue sont principalement les suivants :

- Pathologie en lien avec l'humidité (risque de remontées capillaires, respect de la bonne migration de vapeur d'eau à travers la paroi, plan d'étanchéité à l'air continu)
- Protection des matériaux lors du transport et stockage en phase chantier
- Protection des ouvrages tout au long du chantier
- Pathologie associée à des agents pathogènes biologique (termites, champignons..)
- Risque incendie (combustion, phénomènes de feu couvant)
- Evaluation de l'adhérence des enduits sur les supports visés
- Caractérisation mécanique des enduits afin d'éviter tout désordre structurel.

D'après le **“Guide des bonnes pratiques de la construction en terre crue - Enduit en terre”** établi par l'association **AsTerre**, une attention particulière doit être portée sur :

- L'accroche des enduits
- La protection au feu
- La protection à l'eau liquide
- L'étanchéité à l'air
- La résistance au cisaillement



VOLET 4 : REGLEMENTATION

Le guide présente également **une méthode d'essais empirique** pour valider la constitution des enduits en terre.

Également, une proposition de caractérisation mécanique établie par le **CEREMA**, dans l'étude "**caractérisation mécanique des enduits en terre crue fibrée**", pourrait servir de base à un travail normatif.

Des Règles professionnelles validées par la Commission Prévention Produits (C2P) précisent dans certains cas, l'application d'enduits biosourcés ou géo-sourcés :

- Règles professionnelles exécution d'ouvrages en bétons de chanvre
- Règles professionnelles construction en paille, remplissage isolant et support d'enduit
- Règles professionnelles pour la mise en œuvre des enduits sur supports composés de terre crue

Les procédés visés par ces règles professionnelles sont considérés comme « techniques courantes » par les assureurs.

Les procédés non visés par ces règles professionnelles sont considérés comme « techniques non-courantes » par les assureurs et peuvent faire l'objet d'une surprime d'assurance. Pour ces derniers, une demande d'Appréciation Technique d'Expérimentation (**ATEX**) pourrait être déposée par un industriel, Maître d'œuvre ou Maître d'ouvrage

Une ATEX favorable étant considérée par les assureurs comme « technique courante ». La procédure d'ATEX implique notamment l'évaluation des performances du procédé, et la rédaction d'un Dossier Technique précisant le domaine d'emploi visé, la mise en œuvre du procédé et le suivi de constance de qualité de ce dernier.

EN SAVOIR + ...

Vous souhaitez **participer au développement** de ce matériau de construction ?

Etre **accompagné** sur un projet ?

Etre **mis en relation** avec les acteurs du secteur ?

Ou simplement avoir **plus d'informations** autour de ce matériau ?

CONTACTEZ-NOUS :

QUALITROPIC
la bioéconomie des Outre-mer

Le KUB

Bâtiment C
6 rue Albert Lougnon,
97490
Sainte-Clotilde

Tél. 0262 97 10 88

Fax. 0262 29 58 69

qualitropic@qualitropic.fr

Votre contact
Matériaux Biosourcés



Jim NOURRY

Ingénieur Matériaux

jim.nourry@qualitropic.fr