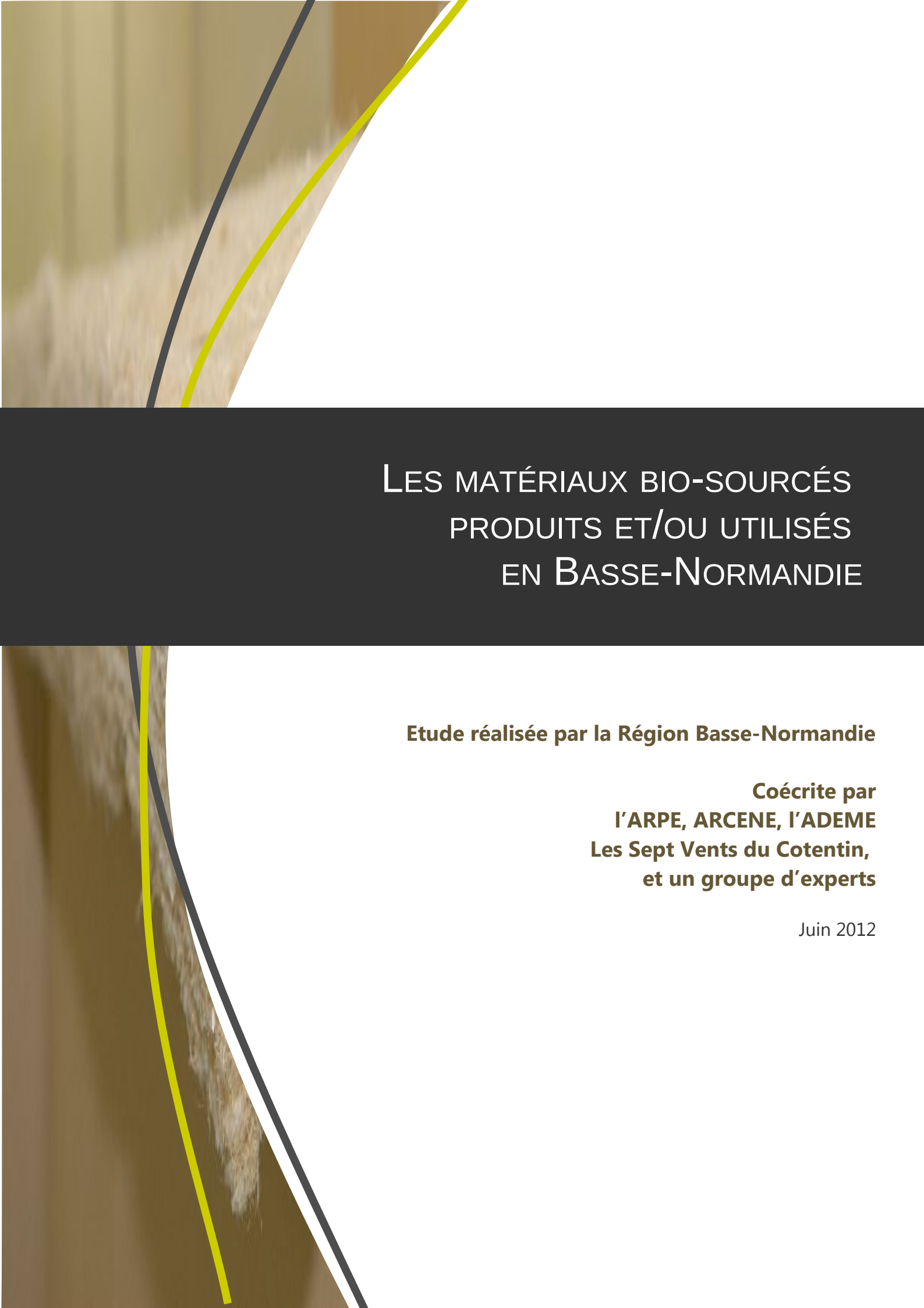




LES MATÉRIAUX BIO-SOURCÉS PRODUITS ET/OU UTILISÉS EN BASSE-NORMANDIE

Etude réalisée par la Région Basse-Normandie

**Coécrite par
l'ARPE, ARCENE, l'ADEME
Les Sept Vents du Cotentin,
et un groupe d'experts**

Juin 2012

TABLE DES MATIÈRES.....	3
REMERCIEMENTS.....	5
- IContexte.....	8
- IIDéfinitions.....	10
- IIILabels.....	13
<i>III.1.- Certification produits et règles de pose.....</i>	<i>13</i>
<i>III.2.- Organismes d'essais et de certification.....</i>	<i>15</i>
<i>III.3.- Labels environnementaux.....</i>	<i>16</i>
<i>III.4.- Les assurances et la certification.....</i>	<i>17</i>
<i>III.5.- La certification et la RT 2012.....</i>	<i>18</i>
INTRODUCTION.....	21
- ILe Chanvre.....	22
<i>I.1.- Introduction.....</i>	<i>22</i>
<i>I.2.- Transformation : de la plante aux matériaux de construction.....</i>	<i>22</i>
<i>I.3.- Les différents matériaux de construction.....</i>	<i>23</i>
- IILe lin.....	31
<i>II.1.- Introduction.....</i>	<i>31</i>
<i>II.2.- Transformation : de la plante aux matériaux de construction.....</i>	<i>31</i>
<i>II.3.- Les différents matériaux de construction.....</i>	<i>32</i>
<i>II.4.- Innovations, recherches et développements pour la construction en région.....</i>	<i>35</i>
<i>II.5.- Recherche et développement hors région</i>	<i>35</i>
- IIILe bois.....	37
<i>III.1.- Introduction.....</i>	<i>37</i>
<i>III.2.- Transformation : de la plante aux matériaux de construction.....</i>	<i>37</i>
<i>III.3.- Innovations, recherche et développement pour la construction.....</i>	<i>43</i>
- IVLa ouate de cellulose.....	45
<i>V.1.- Transformation.....</i>	<i>45</i>
<i>V.2.- Les différents matériaux de construction.....</i>	<i>45</i>
- VILa paille.....	53
<i>VI.1.- Introduction.....</i>	<i>53</i>
<i>VI.2.- Transformation : de la plante aux matériaux de construction.....</i>	<i>53</i>
<i>VI.3.- Les différents matériaux de construction.....</i>	<i>54</i>
<i>VI.4.- Les différents systèmes constructifs.....</i>	<i>56</i>
- VIILa laine de textile recyclé.....	60

<i>VII.1.- Introduction.....</i>	<i>60</i>
<i>VII.2.- Transformation : de la plante aux matériaux de production.....</i>	<i>60</i>
<i>VII.3.- Les différents matériaux de construction.....</i>	<i>61</i>
<i>- VIII La terre crue.....</i>	<i>63</i>
<i>VIII.1.- Introduction.....</i>	<i>63</i>
<i>VIII.2.- Transformation.....</i>	<i>63</i>
<i>VIII.3.- Les différents mélanges et techniques de construction.....</i>	<i>64</i>
<i>VIII.4.- Les évolutions contemporaines.....</i>	<i>73</i>
INTRODUCTION.....	78
<i>- I Le risque de condensation dans les parois</i>	<i>79</i>
<i>I.1.- Introduction.....</i>	<i>79</i>
<i>I.2.- Le point de rosée.....</i>	<i>79</i>
<i>I.3.- Outils.....</i>	<i>90</i>
<i>- II La qualité de l'air.....</i>	<i>91</i>
<i>II.1.- Introduction.....</i>	<i>91</i>
<i>II.2.- Les outils.....</i>	<i>92</i>
REVENDEURS D'ÉCO MATÉRIAUX EN BASSE-NORMANDIE.....	94
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	95
GLOSSAIRE.....	97
BIBLIOGRAPHIE.....	99

La Région remercie **Niels Ratrimoharinosy**, stagiaire en licence professionnelle à l'Université Pierre et Marie Curie - Paris 6, qui a rédigé ce document en s'imprégnant du contexte régional, en répondant aux attentes de la Région, en s'appuyant sur les acteurs locaux compétents et en valorisant ses connaissances et compétences. La Région remercie l'ensemble des contributeurs et relecteurs :

Gwénolé AUVRAY, Association ARPE - Vice président ;

Gérard BATTAIS, adhérent Craterre, Maisons Paysannes de l'Eure - Ingénieur électromécanicien ;

Sébastien BELLET, ADEME Basse-Normandie - Ingénieur bâtiment ;

Sandrine BOUDIER, Association Professions Bois - Chargée de mission ;

Bernard BOYEUX, Association Construire en Chanvre - Président-Adjoint, Coordination de la Communication ;

Pierre CAPOMACCIO, EIE Les 7 vents du Cotentin - Animateur Espace Info Energie ;

Frédéric CHAPUIS, Lycée Pierre Simon Laplace et IUT de Cherbourg/Saint Lô - Enseignant en génie énergétique, coordinateur LP 2EB ;

Samuel COURGEY, ARCANNE - chargé de mission

Christian DELABIE, ADEME Basse-Normandie - Responsable des énergies renouvelables ;

David DESCAMPS, Gwenan ingénierie, logiciel eztiMAT - Ingénieur construction ;

Vincent DOUSSINAULT, Association ARPE - Chargé de mission ;

Blaise DUPRE, CoDEM Picardie – Directeur général ;

Davy DURRIATTI, Groupe Depestele – Production et transformation de lin - Ingénieur Recherche et Développement ;

Antoine ELLEAUME, SCIC Ecopertica – centre de ressources - Président ;

Pierre EVRARD, ARCENE - Chargé de mission ;

Pierre FOULON, Agrochanvre – production et transformation de chanvre - Responsable des ventes ;

Vincent FROMONT, Isolation en béton de chanvre - Artisan ;

Damien GREBOT, ADEME Basse-Normandie - Ingénieur entreprises ;

Jérôme GRIVET, Comité National pour le Développement du Bois (CNDB) - Conseiller CNDB ;

Réjane GROSSIORD, Fédération des CUMA de l'Orne - Animatrice/Coordinatrice ;

Yves HUSTACHE, Association Construire en Chanvre - Chef de projet ;

Jean JAMAULT, MA2B – Coopérative d'artisans - Artisan (charpente, ossature bois, couverture) ;

Dominique JOUIN, MA2B – Coopérative d'artisans - Artisan (charpente, ossature bois) ;

Nicolas KNAPP, Architecte DPLG ;

Elise LAMBERT, l'ARCHIVIOLETTE - Architecte HMONP ;

Pascal LEBAS, GRETA du Calvados - Formateur ;

Franck LEBLOND, Association Autoktonomie - Chargé de mission ;

Priscilla LE-DIZES, EIE Les 7 vents du Cotentin - Responsable du service Communication ;

Fanny LEMAIRE, Pays du Bessin en Virois - Chargée de mission énergie ;

Olivier LEMAITRE, Région Basse-Normandie - Chef de service Direction de l'Aménagement et du développement Durables ;

Pascal LEMOINE, Pascobois, Construction de bâtiment ossature bois - Cogérant ;

Fabrice LENOTRE, Fédération Française du Bâtiment - Animateur métiers régional ;

Benjamin LEROUX, Batiethic – Isolation en béton de chanvre - Gérant ;

Baptiste MACE, Comptoir écologique de Normandie – négoce de matériaux - Attaché technico-commercial ;

Fabrice MICHEL, EIE GRAPE - Conseiller Espace Info Energie ;

Thierry MICHEL, Isolation 14, Isolation en matériaux écologiques - Gérant ;

Maxime MONCAMP, ADEME Basse-Normandie - Ingénieur agriculture ;

Annie MOTTE, Région Basse-Normandie, Chargée de projet énergie et qualité environnementale ;

Gwenaëlle PETIT COCHIN, Maison Paysanne du Calvados - Déléguée départementale du Calvados ;

Francis PHILIPPE, SARL Philippe, Construction de bâtiment ossature bois - Cogérant ;

Henry POMIKAL, Coopérative linière de Villons-les-Buissons - Agriculteur et président de la coopérative ;

Jean Baptiste ROBLIN, Bois écobâti – éco construction - Gérant ;

Jacques Henry ROUZIC, Isola Habitat – travaux d'isolation - Gérant ;

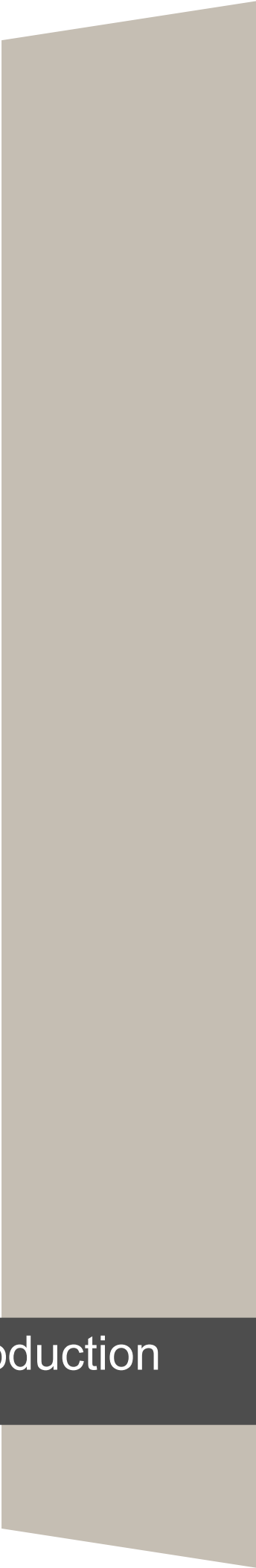
François STREIFF, Architecte ;

Christian SUTTER, Association ASTERRE - Membre du conseil d'administration, constructeur autodidacte de la terre et formateur en centre de formation ;

Nicolas TEPLITXKY, Adequa – Assistance à l'auto construction - Gérant ;

Anne-Lise TIFFONET, IUT de Cherbourg/St-Lô, - Maitre de conférences génie thermique et énergie ;

Jérôme ZUCCONI, Logis nature – Négocio de matériaux, Gérant.



Introduction

La Région Basse-Normandie dès 2006 a souhaité prendre ses responsabilités face aux enjeux environnementaux majeurs pour l'avenir et participer à la mise en œuvre des engagements internationaux pris par la France pour la réduction des gaz à effet de serre, la gestion de l'eau et l'arrêt de perte de biodiversité. Elle a ainsi l'ambition de devenir une véritable Éco-Région en anticipant les changements à venir, grâce notamment à l'éducation au développement durable et à la concertation.

Dans le cadre de l'agenda 21 régional lancé en 2006, elle s'engage, au côté de l'ADEME à travers le programme Défi'NeRGIE à œuvrer pour réduire les émissions régionales de gaz à effets de serre, prendre en compte l'augmentation du coût de l'énergie, tout en réduisant les factures énergétiques des Bas-Normands. En parallèle, ce programme soutient la structuration et le développement de la filière éco-construction locale, en :

- **ACQUÉRANT DES RÉFÉRENCES**

Pour permettre la diffusion des compétences vers les artisans de la filière du bâtiment et leur permettre d'acquérir l'expérience nécessaire à la mise en œuvre d'éco-matériaux et de matériels spécifiques, la Région accompagne financièrement des réalisations et des rénovations exemplaires.

- **MOBILISANT LES PROFESSIONNELS**

La Région a renforcé son investissement en participant à la création d'ARCENE¹, afin de valoriser les actions et initiatives mises en œuvre sur le territoire bas-normand et à favoriser la mutualisation des ressources, le partage des bonnes pratiques et la mise en synergie de tous les acteurs.

- **FORMANT LES ARTISANS**

Par la formation professionnelle et en partenariat avec les organisations professionnelles et les associations de l'éco-construction, la Région a favorisé, dans le cadre du dispositif « Chèque Eco-énergie Basse-Normandie » impliquant des obligations liées au conventionnement, la montée en compétence de 2000 professionnels dans les domaines des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.

- **DÉVELOPPANT L'UTILISATION DES ÉCO-MATÉRIAUX**

La Région soutient l'ARPE pour son action de valorisation des filières locales de production de matériaux à partir de ressources naturelles (fibre de chanvre, bois matériaux, cellulose, ...) à faible impact environnemental. Cette association travaille également sur une proposition de garantie participative qui permet de définir de nouveaux critères pour identifier les matériaux utilisés en circuits courts et garantir leur pose.

➔ Les travaux engagés par la Région

Une première étude en 2008, disponible sur le site de l'ARPE onglet ressource documentaire, qui visait à définir un éco-matériau, et qui a permis de créer la base de données « Ophélie » disponible sur le site des 7 vents du cotentin (<http://www.base-ophelie.fr>)

Cette base de données actualisée régulièrement recense l'ensemble des matériaux d'isolation et leurs principales caractéristiques. Cet outil a été mis à disposition des artisans pour favoriser la pose d'éco-matériaux dans le cadre du dispositif « chèque éco-énergie Basse-Normandie ». Les résultats sont probants : 50 % des travaux d'isolation en toiture et 10 % des travaux d'isolation des murs se sont faits avec des éco-matériaux. Ce dispositif a également permis de repérer le nombre assez faible de certifications d' éco-matériaux et l'inadéquation de la certification dans le cas des produits locaux utilisés en circuit court.

Aujourd'hui c'est la rédaction de fiches par éco-matériaux qui est proposée. Elles ont pour objectif de faire connaître les productions locales de matière première, les unités de transformation ainsi que les professionnels du bâtiment utilisant ces matériaux.

¹ Association Régionale pour la Construction Environnementale en Normandie

➔ Les prochaines étapes

- L'élaboration de préconisations pour la rénovation thermique des habitats anciens suivant les types constructifs ;
- Le suivi du dossier « garantie participative » coordonné par l'ARPE ;
- l'état des lieux des potentiels économiques bas-normands réalisé par l'ARCENE pour :
 - les matériaux ;
 - les équipements ;
 - les ressources en compétences humaine nécessaires pour réaliser des bâtiments durables.



Note importante

Ces fiches ne sont pas exhaustives. Elles ont été constituées en s'appuyant sur une documentation papier et internet (cf. la bibliographie en page 116), sur les données collectées par la Région dans le cadre du dispositif « Chèque éco-énergie Basse-Normandie » pour lister les professionnels qui ont mis en œuvre des éco-matériaux, sur les données transmises par tous les relecteurs qui ont largement répondu à nos sollicitations. **Toute remarque sur ce document doit être communiquée à l'ARPE.**

- II DÉFINITIONS

Dans les fiches suivantes, nous avons décliné, par matériaux, les caractérisations des différents produits, afin de mettre en avant les avantages de chacun. Pour cela, l'utilisation d'un vocabulaire technique s'est avérée inévitable, d'où la présence de cette fiche de définitions, afin d'aborder les fiches dans leur intégralité.

Conductivité thermique, λ (lambda)

La conductivité (ou conductibilité) thermique est une propriété intrinsèque au matériau. Elle caractérise sa capacité à transmettre la chaleur par conduction. Elle s'exprime par le coefficient λ (lambda). Plus λ est grand, plus le matériau est conducteur, plus le λ est petit, plus le matériau est isolant. La conductivité thermique des matériaux s'exprime en $[W/m \cdot ^\circ K]$.

Résistance thermique, R

Plus l'épaisseur « e » d'un matériau est importante, plus le flux de chaleur qui cherche à le traverser rencontre de résistance. Cette résistance se définit comme suit : **$R = e / \lambda$** . Plus le matériau est isolant, plus la résistance thermique est élevée. L'épaisseur « e » est exprimée en mètre, et le « R » en $[m^2 \cdot ^\circ K/W]$.

Coefficient de transmission thermique, U

R caractérise la résistance de la paroi au passage de la chaleur. Pour caractériser la performance thermique d'une paroi, on utilise son inverse U, également appelé déperdition thermique : **$U = 1 / R$** . Ce coefficient U exprime la conductance de la paroi, c'est-à-dire l'intensité du flux de chaleur qui traverse un mètre carré de paroi pour une différence de température d'un degré entre les deux ambiances que sépare cette paroi. Plus la paroi est isolante, moins sa conductance est élevée. U est exprimé en $[W/m^2 \cdot ^\circ K]$

Le coefficient (ou facteur) de résistance à la diffusion de vapeur d'eau

Grandeur sans unité, symbolisé μ , elle indique dans quelle mesure un matériau (pris sous son aspect « matière » : le béton, le bois...) s'oppose à la migration de la vapeur d'eau. Il est établi par convention que l'étalon pour exprimer la progression de la vapeur d'eau est l'air immobile ($\mu_{air} = 1$)

Un matériau ayant un μ de 30, signifie qu'il résiste 30 fois plus à la diffusion de vapeur d'eau que l'air.

Résistance à la diffusion de vapeur d'eau

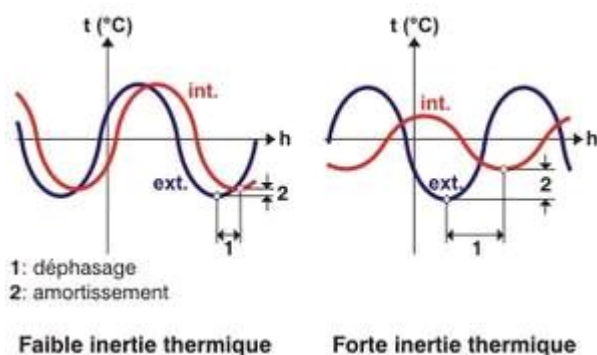
Symbolisée Sd, elle indique dans quelle mesure un matériau (pris sous son aspect produit : brique de 20 cm, plaque de plâtre de 13 mm...) s'oppose à la migration de la vapeur d'eau. On l'obtient en multipliant le coefficient μ (du matériau) par l'épaisseur (du produit) en mètre : **$Sd = \mu \times e$** Sd s'exprime en mètres (m). Un matériau ayant un SD de 5,00m exerce la même résistance à la vapeur d'eau qu'une lame d'air immobile de 5 mètres de largeur.

Plus le μ et le Sd d'un matériau sont grands, plus ce dernier s'oppose à la migration de la vapeur d'eau.

Inertie

L'inertie thermique traduit la propriété qu'on les matériaux à stocker et à restituer de l'énergie dans le temps. Elle dépend de leur conductivité et de leur capacité thermique, ainsi que de leur masse volumique. Elle caractérise finalement un temps de réponse du matériau soumis à une modification des sollicitations extérieures. Plus le temps mis pour atteindre un nouvel équilibre thermique est long, plus le matériau est inerte. Le chauffage et/ou le refroidissement d'un local à faible inertie thermique seront rapides, tandis que dans le cas d'un local à forte inertie thermique, ils seront plus lents. Le premier cas de figure peut être intéressant pour les locaux à utilisation intermittente (pas de temps d'attente pour la mise en chauffe), le second cas est très intéressant pour les locaux à utilisation permanente (les variations de températures étant amorties et la régulation étant plus stable).

Pour bien utiliser l'inertie d'un bâtiment, il faut considérer la vitesse de réponse des matériaux pour transmettre une variation de température, traduite par la diffusivité thermique. En effet, l'inertie permet de tempérer les amplitudes journalières de températures intérieures face aux variations de températures



extérieures, ce qui est générateur de confort et d'économie pour les locaux chauffés en permanence. Sur le schéma ci contre, on constate qu'un bâtiment à forte inertie thermique (schéma de droite) présente des capacités d'amortissement plus importantes qu'un bâtiment à faible inertie thermique (schéma de gauche).

En thermique du bâtiment, l'amortissement (2), mais aussi le déphasage thermique (1), sont recherchés dans le but d'obtenir plus de confort.

Effusivité thermique

L'effusivité thermique d'un matériau, parfois dénommée chaleur subjective, caractérise la capacité d'un matériau à échanger de la chaleur lors de sa mise en contact avec un autre matériau. Cela représente la vitesse avec laquelle le matériau gagne ou perd de l'énergie sous forme de chaleur. Plus l'effusivité thermique d'un matériau est faible, et plus celui-ci se réchauffe ou se refroidit vite, et inversement.

Par exemple, en hiver, dans une salle de bain où le temps d'occupation est assez court, les revêtements à faible effusivité thermique, comme le bois augmenteront le confort thermique de la pièce. Notée E , l'effusivité thermique s'exprime en $(J/°K/m^3) \cdot \sqrt{(m^2/s)}$ ou $J/(°K \cdot m^2 \cdot \sqrt{s})$.

$$\sqrt{E = \lambda \cdot \rho \cdot c}$$

Avec : λ : conductivité thermique
 ρ : masse volumique
 c : chaleur spécifique

Diffusivité thermique

La diffusivité thermique, à ne pas confondre avec l'effusivité thermique, exprime la vitesse de pénétration et d'atténuation d'une onde thermique dans un milieu. Celle-ci est souvent désignée par les lettres a , D ou la lettre grecque α (alfa), et s'exprime en m^2/s .

$$D = \frac{\lambda}{\rho \cdot c}$$

Avec : λ : conductivité thermique
 ρ : masse volumique
 c : chaleur spécifique

Chaleur spécifique

Également appelée capacité thermique massique ou chaleur massique, c'est la quantité d'énergie nécessaire pour élever d'un degré centigrade ($°C$) ou kelvin ($°K$), un kilogramme de matériau donné. Symbolisée « C », elle s'exprime en $[J/kg \cdot °K]$. Plus « C » est grand, plus le matériau, pour un poids donné, peut stocker de chaleur. La chaleur spécifique d'un matériau est complémentaire de sa masse volumique, car un matériau ayant une densité faible se réchauffera plus facilement.

Classement au feu

En France, il existe un classement, composé de 6 catégories, qui définit la réaction au feu des matériaux. Ce classement est reconnaissable par la lettre M, suivi d'un chiffre indiquant les performances du produit.

- M0 « incombustible » ;
- M1 « non inflammable » ;
- M2 « difficilement inflammable » ;
- M3 « moyennement inflammable » ;
- M4 « facilement inflammable » ;
- M5 « très facilement inflammable ».

Pour les produits marqués CE, qui doivent répondre aux normes harmonisées européennes, le classement Euroclasse remplace le précédent. Pour les produits de construction, les classements sont :

- A1, A2, B, C, D, E, F ;
- s1, s2, s3 (pour les fumées) ;
- d0, d1, d2 (gouttelettes et débris enflammés).

En parallèle du système de classement Français, nous retrouvons également le classement Allemand, selon la norme DIN 4102. Celui-ci n'est pas applicable en France, cependant, certains produits Allemands sont caractérisés avec ce système.

Euroclasses Classes selon la NF EN 13501-1			Classement M Exigence
A1			Incombustible
A2	s1	d0	M0
A2	s1	d1	M1
A2	s2	d0	
	s3	d1	
B	s1	d0	
	s2	d1	M2
	s3		
C	s1		
	s2		M3
	s3		
D	s1		M4 (non gouttant)
D	s2		
	s3		
Toutes les classes autres que E, d2 et F			M4

Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter

Vorlesung Brandschutz I

V02 – Baustoffe

Europäische Klassifizierung von Bauprodukten
(nach ihrem Brandverhalten, Fußbodenbeläge ausgenommen)

Brandsituation/ Beanspruchungs- niveau	Vollbrand im Raum - mehr als 60 kW/m²		Brennender Gegenstand - höchstens 40 kW/m²		Kleiner Flammenangriff auf begrenzte Fläche - Brenner mit Flammen- höhe von 20mm	
Allgemeine Merkmale	Kein Beitrag zum Brand	Sehr be- grenzter Beitrag zum Brand	Begrenzter Beitrag zum Brand	Hinnehm- barer Beitrag zum Brand	Hinnehm- bares Brandver- halten	Nicht hinnehm- bares Brandver- halten
Prüfverfahren	„Ofen“ und „Heizwert“	„Ofen“, „Heizwert“ und „SBI“	„Flamme“ und „SBI“	„Flamme“ und „SBI“	„Flamme“	-
Europäische Klassen	A1, A2*	B	C	D	E	F
Vergleich zu Nationalen Klassen	A1, A2	B1	B2		B3	

* bei A2-Baustoffen zusätzlich SBI-Prüfung

Vorlesung z.T. von Dipl.-Phys. Ingrid Kothhoff (MPPA-Lehrstuhl)

Figure 1 Tableau d'équivalence entre la norme DIN 4102 et l'Euroclasse En orange : Euroclasse En vert : Norme IN 4102 - Sources : CRNS, « L'isolation thermique écologique », Jean-Pierre Oliva, Samuel Courgey, www.protectionincendie.com

Les différentes certifications citées dans ce document sont délivrées, au niveau national, par des organismes accrédités par le COFRAC (COmité FRançais d'ACcréditation), et au niveau Européen, par des organismes qui sont eux accrédités par le CEN (COmité Européen pour la Normalisation).

En France, on retrouve également d'autres laboratoires et centres de test pouvant réaliser les mêmes essais que ceux qui sont accrédités par le COFRAC ou le CEN, mais leur méthode n'ayant pas été vérifiée par l'un de ces organismes, les résultats obtenus n'ont qu'une valeur informative non justifiée.

On retrouve également des labels environnementaux, qui eux vont juger de l'aspect environnemental de chaque matériau. Cependant, chaque label n'a pas le même cahier des charges et les spécificités de chacun sont donc à prendre en compte. Certains vont s'appuyer sur la démarche de prélèvement de la matière première, avec une exploitation raisonnée, et d'autres vont plutôt s'attarder sur la conception, la composition et la transformation des produits afin de vérifier que ceux-ci ne seront pas nocifs pour la santé et l'environnement.

Dans les fiches suivantes, nous avons décliné, par matériaux, les différents produits de construction utilisés dans le bâtiment. Dans le cadre d'une construction ou d'une rénovation, l'artisan ou le constructeur doit contracter une assurance décennale, pour couvrir les éventuels dommages sur la construction, qui lui sont imputables.

III.1.- CERTIFICATION PRODUITS ET RÈGLES DE POSE²

➔ Marquage CE

La conformité des produits aux spécifications techniques harmonisées se manifeste par l'apposition du marquage CE sur le produit, sur son emballage ou sur les documents d'accompagnement du produit. C'est au producteur qu'il revient d'apposer le marquage CE. Pour les produits visés par la Directive Produits de Construction, le marquage CE doit donc être apposé sur les produits pour leur mise sur le marché et leur permet ensuite de circuler librement au sein de l'Union Européenne.

	Systèmes d'attestation de la conformité et responsabilité des tâches à réaliser					
	1 ⁺	1	2 ⁺	2	3	4
	Certification par un organisme agréé de certification		Déclaration de conformité du produit par le fabricant			
Contrôles sur produits						
a) essai de type initial	org. certif. (*)	org. certif. (*)	fabricant	fabricant	org. d'essai (**)	fabricant
essais d'échantillons b) selon un plan d'essai c) ou par sondage de produits prélevés en usine d) ou par sondage de produits prêts à être livrés	b) ou c) ou d) par un org. certif. (*)	b) éventuel par le fabricant	b) éventuel par le fabricant	non exigé	non exigé	non exigé
Contrôle sur production						
e) contrôle de production en usine (FPC)	fabricant	Fabricant	fabricant	fabricant	fabricant	fabricant
f) inspection initiale de l'usine et du FPC (***)	org. certif. (*)	Org. certif. (*)	org. d'inspection (**)	org. d'inspection (**)	non exigé	non exigé
g) surveillance continue du FPC (***)	g) org. certif. (*)	g) org. Certif. (*)	org. d'inspection (**)	non exigé	non exigé	non exigé

(*) organisme agréé de certification, notifié par les Etats Membres à la commission.

(**) organisme agréé pour les inspections ou organisme agréé pour les essais, notifié par les Etats Membres à la commission

(***) Contrôle de Production en Usine (Factory Production Control = FPC).

Actuellement, et de façon pratique, 6 systèmes sont distingués, pour obtenir un marquage CE, comme l'indique le tableau ci-contre.

Ainsi, deux catégories de systèmes sont prévues :

- les certifications de conformité du produit par un organisme agréé de certification (systèmes 1+ et 1).
- les déclarations de conformité du produit par le fabricant (systèmes 2+, 2, 3 et 4).

² Liste non exhaustive - Sources : CSTB, Keymark, ACERMI, AFNOR

➔ Marquage NF

Le marquage NF certifie la conformité des produits aux normes européennes, mais aussi aux exigences complémentaires des normes françaises. Elle garantit également que les caractéristiques du produit ont été vérifiées et validées par des auditeurs et laboratoires indépendants, et qu'elles sont vérifiées régulièrement par le fabricant. Elle fournit également à l'acheteur, l'assurance que ce produit est apte à être mis en œuvre selon les règles de l'art.

➔ Agrément Technique Européen (ATE)

L'Agrément Technique Européen est une spécification technique harmonisée au sens de la Directive Produits de Construction, alternative aux normes harmonisées. Cette démarche analogue à celle de l'Avis Technique français, mais limitée aux aspects liés aux exigences essentielles de la Directive, et hors évaluation de la mise en œuvre, s'applique à un produit pour un usage déterminé, pour un site de fabrication et pour une durée de cinq ans. Elle n'est utilisée que lorsqu'il a été estimé qu'il n'était pas possible ou pas encore possible d'élaborer des normes européennes harmonisées pour cette catégorie de produits.

L'ATE est délivré en France par le CSTB, et a une validité de 5 ans.

Avis Technique (ATec) : L'Avis Technique est destiné à fournir, à tous les participants à l'acte de construire, une opinion autorisée sur les produits, procédés et équipements nouveaux, pour un emploi défini. Il indique notamment dans quelles mesures le procédé ou produit satisfait à la réglementation en vigueur, est apte à l'emploi en œuvre et dispose d'une durabilité en service. L'Avis Technique est délivré par le CSTB, et a une validité de 2 ans.

➔ Appréciation Technique d'expérimentation (ATex)

La procédure de l'ATex, a pour but de contribuer au développement des innovations dans le bâtiment, en leur facilitant l'accès à des applications expérimentales par l'obtention rapide d'une appréciation technique formulée par des experts. Cette appréciation peut porter sur un produit, un matériau, un composant, un équipement, ou un procédé nouveau et innovant pour lequel il n'est pas possible, ou pas encore possible d'instruire un avis technique. On observe trois catégories d'ATex :

- **ATex de type « a »** est destinée aux produits, matériaux, composants, équipements ou procédé pour lesquels il n'existe pas d'Avis Technique portant sur un système similaire.
- **ATex de type « b »** concerne un projet de réalisation identifié et mettant en œuvre, à titre expérimental, une ou plusieurs techniques non traditionnelles pouvant relever de l'Avis Technique mais n'ayant pas encore fait l'objet de cette procédure.
- **ATex de type « c »** s'applique à de nouvelles réalisations expérimentales d'une ou plusieurs techniques ayant préalablement fait l'objet d'une ATex de type "b".

L'ATex est délivré pour un chantier spécifique, ou pour une durée et un nombre d'applications limités. Il y a aussi possibilité de dupliquer une ATex pour des chantiers similaires. Les différents acteurs de l'évaluation sont regroupés en un comité d'expert, réunissant le CSTB, l'AIMCC, le COPREC, l'UNFSA et la FFB.

➔ Contrat de traditionnalité

Le contrat de traditionnalité reprend les exigences de l'avis technique, pour les laines minérales (verre et roche). Il est délivré par le CSTB, et a une durée de 10 ans.

➔ Règles professionnelles

Les règles professionnelles, sont catégorielles et traitent d'ouvrages traditionnels non couverts par un DTU. Elles peuvent servir de base à l'élaboration d'un futur DTU.

Elles sont éditées par des organismes professionnels du bâtiment, entourés d'experts, et sont ensuite soumises à la commission de prévention des produits mis en œuvre (C2P), afin que celle-ci puisse

éventuellement identifier les techniques susceptibles d'engendrer des risques et sinistres, et cela pour une durée indéfinie, jusqu'à révision.

➔ Pass Innovation

Le Pass'Innovation est une démarche volontaire, qui ne se substitue pas aux ATec, ni aux ATE, qui est délivrée sous le contrôle du CSTB, et qui donne lieu à un rapport comportant un diagnostic technique sur l'applicabilité immédiate du dispositif et d'éventuelles recommandations.

Il est également accompagné d'un suivi des chantiers sur lesquels sont mis en œuvre les produits, afin d'obtenir des retours d'expériences qui serviront à l'avis technique, le cas échéant.

Le Pass'Innovation est délivré pour une durée de 2 ans, par les experts du CSTB, ou associés au CSTB.

➔ Document Technique d'Application (DTA)

Le Document Technique d'Application est une forme particulière de l'Avis Technique. Il désigne l'avis formulé pour l'emploi d'un produit ou composant relevant du marquage CE. Lorsque ce n'est pas le cas, le terme Avis Technique est employé.

Le DTA est délivré par la commission chargée de formuler les ATec du CSTB.

➔ Documents Techniques Unifiés (DTU)

Les DTU sont des cahiers des charges types pour les travaux, utilisables comme référence pour l'établissement des clauses contractuelles de chaque marché de travaux pour la réalisation d'un ouvrage donné. Ils ont le statut de norme (NF DTU) et sont élaborés par des commissions de normalisation sous le contrôle général de l'AFNOR. A ce titre, ils demeurent strictement optionnels et contractuels, même s'ils jouissent d'une forte reconnaissance comme représentatifs des bonnes pratiques capables d'assurer aux ouvrages réalisés les résultats attendus en termes de qualité, de comportement à l'usage et de durabilité.

Ils sont délivrés par la Commission Générale de Normalisation du Bâtiment, dont le CSTB assure le certificat.

➔ ACERMI (Association pour la CERTification des Matériaux Isolants)

La certification ACERMI est le résultat d'un double engagement entre le fabricant, qui s'engage à mettre en place un système qualité et les moyens nécessaires pour contrôler la qualité de ses produits et le maintien de cette qualité dans le temps, et le certificateur, organisme indépendant, compétent et reconnu, dont le rôle est de garantir la véracité des caractéristiques annoncées et de les réévaluer périodiquement. Le contrôle des produits se fait deux fois par an, avec un prélèvement en usine, qui sera analysé par les laboratoires du certificateur (CSTB et LNE).

Ce certificat est délivré par l'Association de Certification des Matériaux Isolant manufacturés, regroupant le CSTB et le LNE, et a une durée de validité de 2 ans.

➔ Keymark

La Keymark, également appelée certification Européenne CEN/CENELEC*, est une marque de certification volontaire, par tierce partie, qui donne l'assurance qu'un produit répond aux exigences spécifiées dans les normes européennes qui le concerne. Cette certification apporte l'assurance au consommateur que le produit est conforme à la norme européenne et qu'il est contrôlé par un organisme indépendant.

La Keymark est délivrée par l'association ACERMI, soit le CSTB et le LNE, ou par un organisme Européen accrédité par le CEN, et a une durée de validité de 5 ans.

III.2.- ORGANISMES D'ESSAIS ET DE CERTIFICATION³

➔ DIBt

L'institut Allemand pour la technologie du bâtiment (DIBt : Deutsches Institut für Bautechnik) est une institution conjointe du gouvernement fédéral et l'état Allemand. C'est l'organisme d'agrément Allemand, pour les produits de construction et les systèmes constructifs. Son domaine de compétence est le suivant :

- Octroi de l'agrément technique Européen (ETA) pour les produits et systèmes de construction ;
- Fourniture de l'ensemble des agréments techniques pour les produits de construction et du bâtiment ;
- Octroi du marquage CE ;
- Réalisation d'essais et d'inspections normalisés.

➔ Oeko test

Cette marque n'est ni un label, ni un organisme certificateur, mais une revue allemande de consommateurs, qui teste les produits de consommation courants. Le magazine ÖKOTEST est connu outre Rhin pour son sérieux, son exigence et intègre toujours à ses évaluations les aspects sanitaires et environnementaux. La vignette ÖKOTEST, sans être un label, ni une certification est un gage de qualité.

➔ VTT

Le Centre National de la Recherche Technique Finlandais (VTT : Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus) est un organisme de recherche sous contrat, qui dépend du ministère du commerce et de l'industrie finlandais. Ses objectifs sont l'innovation, le développement des nouvelles technologies et la création de valeur ajoutée pour améliorer la compétitivité de l'industrie nationale dans un grand nombre de secteurs.

Le VTT est agréé pour délivrer des avis agréments techniques européens, le marquage CE, des avis techniques et l'appréciation techniques d'expérimentation finlandais.

➔ CSTB

Le Centre Scientifique du Bâtiment exerce quatre activités clé – recherche, expertise, évaluation, diffusion des connaissances – qui lui permettent de répondre aux objectifs du développement durable pour les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes.

Le CSTB est agréé pour délivrer les avis techniques (ATec), agréments techniques européens (ATE), appréciation technique d'expérimentation (ATex), Pass'Innovation, constat de traditionnalité, les documents techniques d'application (DTA) et ACERMI.

➔ LNE

Le Laboratoire National de métrologie et d'Essais, assure la fonction d'organisme de certification soit pour ses propres certificats, soit par délégation de l'AFNOR (marque NF), soit pour d'autres organismes (ACERMI, Keymark...).

➔ FCBA

Créé à la suite de la fusion du CTBA et de l'AFOCEL en 2007, l'institut technologique FCBA, Forêt Cellulose, Bois-construction Ameublement, assure la fonction d'organisme de certification soit pour ses propres certificats, soit par délégation de l'AFNOR (marque NF), soit pour d'autres organismes (FSC, PEFC...), mais uniquement sur des produits autour du matériau bois.

³ Liste non exhaustive - Sources: DIBt, Oeko test, VTT, CSTB, LNE, FCBA

III.3.- LABELS ENVIRONNEMENTAUX⁴

→ FSC



Le label FSC (Forest Stewardship Council) est un label environnemental qui assure que la production d'un produit à base de bois a suivi le cahier des charges d'une gestion durable des forêts, tout en tenant compte des aspects sociaux, économiques et écologiques. Ce label est adapté aux forêts de grandes étendues, type tropicales.

→ PEFC



Le label PEFC (Program for the Endorsement of Forest Certification schemes) est un label environnemental qui assure que la production d'un produit à base de bois a suivi un cahier des charges d'une gestion durable des forêts, basé sur les préconisations des conférences d'Helsinki (1993), Lisbonne (1998) et Vienne (2003). Ce label a été créé pour pallier le fait que le FSC n'est pas adapté au morcellement des forêts européennes.

→ AB (Agriculture Biologique)



La marque AB est une marque collective, d'usage volontaire, et propriété du ministère de l'agriculture. Elle identifie les produits d'origine agricole qui respectent, depuis le producteur jusqu'au consommateur, la réglementation et le contrôle bio tels qu'ils sont appliqués en France, ainsi que de fortes exigences de traçabilité.

→ ECO CERT



ECO CERT est un organisme de contrôle et de certification, dont l'activité est encadrée par les pouvoirs publics et la législation (agréé par le ministère de l'agriculture et de la pêche, et par le ministère des finances et de l'industrie). En termes de structure et de procédure, ECO CERT est accrédité par le COFRAC, et s'appuie sur les normes européennes en vigueur pour délivrer le label.

→ Natureplus



Ce label est celui de la qualité internationale pour les produits de construction et de l'habitat qui oriente tous les acteurs de la construction vers la durabilité. Les produits ayant reçu le label de qualité natureplus® sont des produits haut de gamme du point de vue de la santé, de l'environnement et de la fonctionnalité, tant au niveau de leur composition, qu'au niveau des énergies utilisées pour leur production. De plus, Natureplus s'engage ensuite à promouvoir le produit labellisé auprès des clients.

→ NFB (Natural Fiber Board)



NFB est une nouvelle marque de produits naturels qui certifie que les panneaux de fibres dures répondent aux normes Européennes dans le domaine environnemental. Ce label NFB assure que les panneaux portant ce label sont respectueux de la santé et de l'environnement.

Plus d'infos sur <http://www.terrevivante.org/415-labels-de-a-a-z.htm>

⁴ Liste non exhaustive - Sources : PEFC, FSC, ministère de l'agriculture, Natureplus, NFB.

III.4.- LES ASSURANCES ET LA CERTIFICATION

Dans le tableau ci-dessous représentant la classification que les assureurs ont élaboré pour distinguer les techniques de construction, on peut remarquer que pour chacune des techniques constructives, ceux-ci requièrent une certification sur le produit ainsi que sur sa mise en œuvre.

De plus, les matériaux et leur pose sont classés en technique dites traditionnelles ou non, selon le recul et les retours d'expériences, mais elles sont aussi classées en techniques courantes ou non courantes, selon les risques de sinistres qui augmentent, lorsque le produit ou sa mise en œuvre ne dispose pas de certification fiable (produit mis en observation par la C2P, Pass innovation feu orange ou rouge...).

TECHNIQUE TRADITIONNELLE		TECHNIQUE NON TRADITIONNELLE							
Norme NF produit	Constat de traditionnalité	Marquage CE					Marquage CE		Cahier des charges
+	+	+	Atec sur liste verte C2P	Pass innovation "feu vert"	Pass innovation "feu orange" ou "feu rouge"	Atec en observation	+	ATex	+
DTU	Règles Pro	DTA sur liste verte C2P					DTA en observation		Enquête de technique nouvelle
Technique courante					Technique non courante				

Afin de réduire au maximum les risques de dommages, les certifications sur les produits de construction ont été mises en place, ainsi que les règles de mises en œuvre. Pour un produit disposant de ces deux types de certifications, les risques sont largement diminués pour les assureurs. Cependant, il existe des produits dont les caractéristiques ne sont pas certifiées, et dont la pose relève de techniques nouvelles, ou trop artisanales pour être prises en compte dans ces textes normatifs.

Le manque de certifications sur les caractéristiques ou la mise en œuvre de ces produits ne signifie pas que ceux-ci ne sont pas capables de remplir la tâche pour laquelle ils ont été conçus.

➔ Les matériaux bio-sourcés et la certification

La spécificité des matériaux bio-sourcés, produits localement (cycle court) ou en faible quantité rend difficile et parfois impossible la certification. Il faut donc décliner des référentiels tels que les règles professionnelles de la paille ou du chanvre, afin de permettre une utilisation normée, mais il reste encore à développer d'autres outils pour faciliter l'emploi et l'assurabilité de ces matériaux.

En région, l'ARPE travaille actuellement sur le développement d'un système de garantie participative, afin de répondre au mieux à cette lacune.

III.5.- LA CERTIFICATION ET LA RT 2012

D'après le décret du 26 octobre 2010 relatif à la réglementation thermique 2012, il est stipulé que les valeurs des coefficients de conduction thermique (λ) qui seront insérés dans les moteurs de calculs, doivent être justifiées par la certification du produit. Le cas échéant, il faudra utiliser la méthode de calcul Th-BCE 2012, ou dans le cas des matériaux isolants bio-sourcés, le tableau définissant les valeurs par défaut, à l'annexe IX du décret.

Une étude a été menée afin de déterminer l'impact de la non certification des isolants, en termes de calculs de déperdition thermique, et il est apparu clairement que dans certains cas, la majoration appliquée était surprenante.



Note importante

Pour un constructeur (artisan ou entreprise), la déchéance pour « technique non courante » n'est pas opposable aux bénéficiaires de l'indemnité, mais l'assurance peut exercer une action récursoire sur son assuré (constructeur).

Soit l'assureur invoque la déchéance (nullité de la garantie), mais dans ce cas, il y a peu de chance que l'action en justice aboutisse, car le raisonnement que devra défendre l'assureur devra être largement argumenté.

Soit l'assureur invoque la règle proportionnelle de prime, c'est-à-dire que l'assuré est son propre assureur pour le pourcentage de prime qu'il n'a pas payé, par rapport à une prime théorique non connue.

S'il s'agit d'une activité non déclarée au contrat (exemple : maçon qui va isoler un bâtiment avec des matériaux écologiques non certifiés), l'assureur aura beau jeu de défendre la déchéance totale, c'est-à-dire la « non garantie ».

Par contre, dans le cas d'une entreprise d'isolation mettant en œuvre des isolants traditionnels et passant à des isolant écologiques, l'assureur a peu de chance d'obtenir gain de cause.

La déchéance totale est exclue, quant à la déchéance partielle (règle proportionnelle), l'assureur devra justifier ce qu'il désigne sous le vocable de « aggravation du risque ».

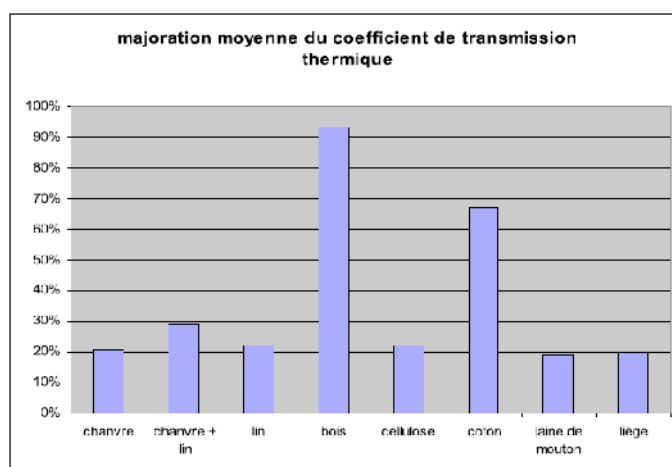
Il faut cependant savoir que dans le cas d'une activité non déclarée, même en technique courante, les refus de garanties prenant la forme d'actions récursoires sont souvent confirmés par les tribunaux.

Source : article n° 279, relatif à l'assurance Dommage, pour les architectes et entrepreneurs
<http://www.courdecassation.fr/>

Dans le graphique ci-contre, synthétisant les résultats de cette étude, on peut remarquer que la majorité des matériaux bio-sourcés n'étant pas certifiés, disposent d'un coefficient de conduction thermique majoré de 20% à 25%.

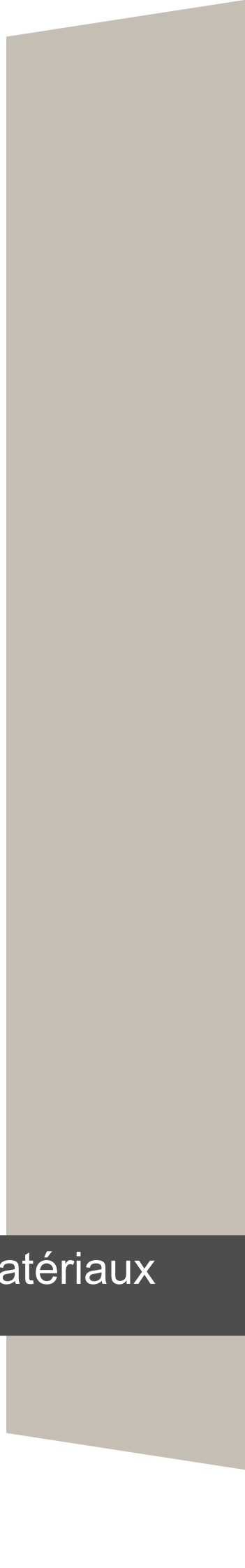
Cependant, on peut également observer que pour deux matériaux isolant, les majorations sont largement supérieures. Les isolant non certifiés, à base de bois, sont majoré à 93% et ceux à base de coton à 67%.

Ainsi, pour obtenir un niveau de performance identique, il faudra mettre en œuvre une épaisseur d'isolant plus conséquente, proportionnelle à la majoration sur le lambda.



Enfin, cette majoration a un impact supplémentaire sur le coût des travaux, car qui dit plus d'isolant à mettre en œuvre, dit plus de matériaux à acheter, et plus de main d'œuvre.

Une seconde étude a permis de déterminer que le surcoût engendré par ce manque de certification serait de l'ordre de 0,6% à 4,2%, selon les matériaux utilisés.

A thin, dark brown vertical bar is positioned on the left side of the page.A large, light brown vertical bar is positioned on the right side of the page, extending from the top to the bottom.

Fiches matériaux

Ces fiches référencent sept éco-matériaux produits et/ou utilisés localement. Ceux-ci ont été sélectionnés à la suite d'une précédente étude menée au sein du Conseil Régional de Basse-Normandie, qui à abouti à l'élaboration de la base de données « *Ophélie* ». Chacun de ces matériaux n'est pas forcément considéré comme un isolant, cependant, grâce à leurs caractéristiques thermiques et les procédés constructifs, ils participent au confort thermique des bâtiments, ce qui justifie leur place au sein de ce recueil.

Les différents matériaux référencés sont les suivants :

- ➔ Le chanvre
- ➔ Le lin
- ➔ Le bois
- ➔ La ouate de cellulose
- ➔ La paille
- ➔ Les textiles recyclés
- ➔ La terre

De plus, afin de compléter ce recueil, une fiche référençant les revendeurs d'éco-matériaux à également été rajoutée, pour faciliter les recherches de matériaux tant pour les professionnels, que pour les particuliers.

- ➔ Revendeurs d'éco-matériaux en Basse-Normandie

I.1.- INTRODUCTION

Utilisé en tant que matériau de construction et d'isolation depuis les années 80, cette plante de la famille des « Cannabaceae » possède de nombreuses qualités environnementales, comme sa culture rustique, qui ne nécessite que très peu d'intrants, et qui régénère les sols.

Bénéficiant d'une aura médiatique due à son cousin psychotrope (« Cannabis Indica »), mais aussi du besoin croissant d'isolants alternatifs aux laines minérales, le chanvre a acquis depuis plus d'une décennie, une place de choix dans le domaine de l'éco construction.

De plus, l'aspect sanitaire de la plante est très bon, car les isolants à base de chanvre n'apportent ni radioactivité dans l'habitation, ni particules irritantes lors de la pose, ni gaz toxiques dus aux additifs.



2 Plants de Cannabis Sativa

➔ Zoom sur la Basse-Normandie

En Basse-Normandie, la culture du chanvre représente environ 500 hectares par an. La transformation est effectuée par 3 entreprises identifiées sur le territoire bas-normand, qui sont les suivantes :

- La société Agrochanvre, basée à Romagny, dans la Manche, est approvisionnée par un groupement d'agriculteurs, et cherche à valoriser et trouver des débouchés pour toute leur production de chanvre ;
- La SCIC Ecopertica, basée à Nocé, dans l'Orne, travaille avec des agriculteurs ayant la volonté de respecter une charte environnementale qui ne s'applique pas uniquement sur une parcelle cultivée, mais sur toute leur production et qui assure un respect environnemental global ;
- Le Chanvre du Houlme, basé dans l'ouest de l'Orne, développe une filière locale et partenariale visant à donner un prix équitable au producteur.

Certains agriculteurs fournissant les sociétés Agrochanvre, Eco-Pertica et Chanvre du Houlme en matière première sont certifiés agriculture biologique. Cependant, pour les autres, l'absence de label ne veut pas dire que leur production est polluante, et peut être tout aussi respectueuse de l'environnement que les producteurs certifiés.

I.2.- TRANSFORMATION : DE LA PLANTE AUX MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Lors de la récolte, ou parfois avant, on commencera par séparer le chènevis (graines) de la paille de chanvre. Ces graines seront ensuite revalorisées en huile de chanvre, ou d'autres coproduits. Une fois la paille séparée de ses graines, on va séparer les fibres de la plante (filasse) de la partie structurale (chènevotte). Cette opération va générer des poussières de chanvre, qui elles aussi, pourront être revalorisées en pellets (source Agrochanvre) ou autre.

Les particules qui constituent la chènevotte seront ensuite dépoussiérées, tamisées et triées en fonction des applications recherchées. Dans le bâtiment, on l'utilisera en tant qu'isolant en vrac, ou en mélange avec un liant comme la chaux pour réaliser des bétons de chanvre, briques de chanvre ou des enduits. La filasse quand à elle, sera affinée et calibrée, pour donner une laine utilisée en vrac ou, dans le cadre d'une seconde transformation et avec des adjuvants, conditionnée en panneaux et rouleaux. En plus de son utilisation en tant qu'isolant



3 Séparation de la filasse et de la chènevotte
– source www.lavantage.qc.ca

bio-sourcé, on retrouve la fibre de chanvre dans beaucoup d'autres applications comme le papier, les géotextiles et la plasturgie.

I.3.- LES DIFFÉRENTS MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

..A - Matériaux issus de la chènevotte

➔ Chènevotte en vrac

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	90 à 115 [kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0,048 à 0.06 [W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	0,056 [W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1950 [J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	92 à 116 [J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	2.7×10^{-7} [m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	1 à 2 [-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	E [-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	9 à 12 [€/m ²]

*Sources : *l'isolation thermique écologique*, J.-P. Oliva, S. Courgey, Comptoir Ecologique de Normandie, Kenzaï, Logis Nature et au fil du bio. Prix matériau hors pose

• APPLICATIONS

La chènevotte en vrac est utilisée, le plus souvent en mélange avec des liants naturels (ex : chaux) et de l'eau, pour isoler des planchers, combles, doublages, murs en ossature bois, rampants.



5 Chènevotte en vrac

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
• Très bon régulateur hygrométrique ; • Ressource renouvelable recyclable et compostable ; • Pas de dégagements toxiques lors de la mise en œuvre, ou en cas d'incendie ; • Valorisation d'un produit du chanvre, la plante ayant un impact environnemental positif ; • Non consommable en tant que tel par les rongeurs ; • Facilité de mise en œuvre en isolation de plancher.	• Matériau hygroscopique (reprend facilement de l'humidité), il peut donc y avoir un risque de pourrissement si la mise en œuvre n'est pas correcte.

• FABRICANTS ET PRODUITS « LOCAUX »⁵

MARQUE / FABRICANT	PRODUIT	CERTIFICATION	LOCALISATION	CONTACT
AGROCHANVRE	Chènevotte	Aucune	Manche	02 33 59 29 96 p.foulon@agrochanvre.com
SATIVA PERTICA (ECO-PERTICA)	Chènevotte fibrée Chènevotte fine	Charte environnementale	Orne (est)	06 22 39 74 10 ecopertica@gmail.com
CHANVRE DU HOULME	Chènevotte fibrée moyenne, fine	Charte environnementale	Orne (ouest)	02 33 80 82 95 chanvrehoulme@gmail.com
TECHNICHANVRE	Granulat	Non renseigné	Bretagne Maine et Loire	02 98 06 45 34 contact@technichanvre.com
TERRACHANVRE	Granulat fibré long, mi long et court		Bretagne	02 96 36 59 07 terrachanvre@wanadoo.fr

⁵ Liste non exhaustive et modifiable sur demande : www.arpe-bn.com

➔ Béton de chanvre

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	250 à 800	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0,06 (toit) à 0,19 (enduit)	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	-	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1500 à 1700	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	150 à 500	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	$1,2 \times 10^{-7}$	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	10 à 13	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	M1	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	-*	[€/m ²]

*Le coût moyen du béton de chanvre est très variable en fonction du type de chaux utilisé, et de l'approvisionnement du chanvre. – Sources : *L'isolation thermique écologique*, J-P. Oliva, S. Courgey.

• APPLICATIONS

Le granulat de chènevotte, utilisé avec un liant comme la chaux, permet de créer un béton de chanvre isolant, mais également des briques de chanvre. Ce béton de chanvre est utilisé en isolation de toiture, en remplissage d'ossature bois (cf. photo ci-contre), en doublage de murs maçonnés, en dalle pour le sol, en ragréage de planchers et en enduit intérieur et extérieur servant de complément d'isolation, et permettant d'atténuer certains ponts thermiques. Son application peut se faire manuellement ou par projection grâce à des machines spécifiques, ou encore en béton banché.



6 Béton de chanvre dans un colombage

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES

- Transformation locale
- Très bon régulateur hygrométrique ;
- Pas de dégagements toxiques lors de la mise en œuvre, ou en cas d'incendie ;
- La chaux est ignifugeante, et protège la structure bois en cas d'incendie ;
- déchets inertes et recyclables ;
- Consommation d'énergie grise pour la transformation très faible ;
- Bonne correction acoustique
- En remplissage de section irrégulière (anciens colombages), le béton de chanvre permet la suppression de nombreux ponts thermiques car il remplit facilement tous les interstices

QUELQUES INCONVÉNIENTS

- Demande encore trop insuffisante ;
- Matériau non porteur, d'où la nécessité d'une ossature bois
- Ensemble des qualités non prises en compte par les calculs réglementaires.



Remarque

La mise en œuvre des bétons ou mortiers de chanvre fait référence aux Règles d'Exécutions d'Ouvrages en Béton de Chanvre validées en février 2012 par la Commission de Prévention produit (C2P), de l'Agence Qualité Construction (AQC), pour plus d'information : site de l'association Construire en Chanvre (www.construction-chanvre.asso.fr).

• APPLICATION RÉGIONALE DU BÉTON DE CHANVRE BANCHÉ

Descriptif du bâtiment

La maison est de conception bioclimatique :

- construction compacte (octogonale) pour optimiser le rapport entre surfaces extérieures et volume de l'habitation.
- cheminée centrale en terre crue pour capter l'excès de chaleur et la restituer la nuit (équivalent poêle de masse, pour augmenter l'inertie thermique)
- larges ouvertures au sud de la pièce de vie
- distribution adaptée des pièces avec une zone tampon et des surfaces vitrées

7 Bâtiment en béton de chanvre étudié
– Source Pays du Bessin au Virois



Il s'agit d'une construction en ossature bois, remplie par du mortier de chanvre banché. Le sol est une dalle de terre-plein en mortier de liège et chaux sur un hérisson de cailloux. La ventilation est naturelle.

Étude du bâtiment

L'objectif de cette étude (consultable sur le site du [Pays du Bessin au Virois](#)) menée par Fanny LEMAIRE du pays en Bessin au Virois, et par Vincent DOUSSINAULT de l'ARPE, était de démontrer qu'une construction en béton de chanvre pouvait obtenir un label BBC.

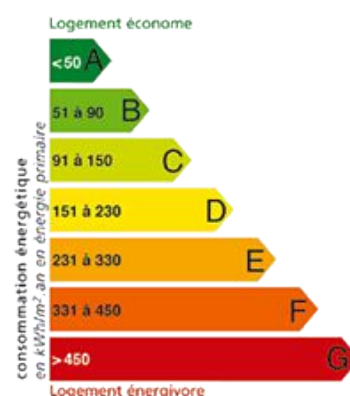
Une étude thermique du bâtiment a donc été menée sur le bâtiment, afin de démontrer que celui-ci pouvait répondre aux exigences de ce label. Cette étude a démontré qu'au niveau de la conception de la maison et de ses équipements, celle-ci était éligible BBC, avec un CepBBCeffinergie = 65kWh/m²/an.

Cependant, le test sur la perméabilité à l'air du bâtiment s'est révélé être bien plus important que le seuil requis par ce label. La valeur obtenue pendant le test était de $Q_4 = 1.33 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$, alors que le seuil est lui fixé à $Q_4 = 0.6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$.

Lors du test d'infiltrométrie, il s'est avéré que les fuites dans la structure ne provenaient pas du béton de chanvre en lui-même. Ces fuites provenaient de l'orifice amenant de l'air neuf au poêle à bois, des menuiseries, qui n'étaient pas étanches au niveau des fermetures et des liaisons avec le bâti, ainsi que l'arrivée des gaines électriques qui formait un trou béant derrière le tableau électrique.

Conditions d'amélioration :

- Une meilleure perméabilité à l'air du bâtiment ($Q_4 = 0.6$) permettrait de réduire les consommations énergétiques du bâtiment de 9 kWh/m²/an.
- Une isolation de toiture renforcée
- Prévoir des protections solaires (stores, arbres à feuille caduque...) pour lutter contre les surchauffes en été.



➔ Brique, ou bloc de chanvre

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	300	[kg/m³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0,06	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	-	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1700	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	175	[J/(°K.m².v.s)]
Diffusivité thermique	D	1.2×10^{-7}	[m²/s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	4,5	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	M1	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	29 à 35 €*	[€/m²]

Sources : *L'isolation thermique écologique*, J-P. Oliva, S. Courgey, Kenzaï et Logis Nature Prix matériau hors pause

• APPLICATIONS

Utilisation des briques de chanvre en mur disposant d'une isolation répartie, en cloison isolées thermiquement et acoustiquement, en isolation extérieure et intérieure.

On retrouve également ce produit pour créer des dalles isolées, selon les fabricants.



9 Pose de blocs de chanvre en ITI –
crédit photo : www.cest-tout-vert.com



8 Construction en blocs de chanvre –
Source www.batiproduit.com

• AVANTAGES/INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- Très bon régulateur hygrothermique ; - Bloc préfabriqué léger ; - Pas de dégagements toxiques lors de la mise en œuvre, ou lors d'un incendie ; - Déchets inertes, et recyclables ; - Consommation d'énergie grise pour la production très faible ; - Possibilité d'auto-construction.	- Matériau non porteur, nécessité d'avoir une ossature en complément

• FABRICANTS ET PRODUITS

Il n'existe pas d'usine de transformation pour ces produits en Basse-Normandie, c'est pourquoi le référencement qui suit est basé sur toute la France.

MARQUE / FABRICANT	PRODUIT	CERTIFICATION	LOCALISATION
CHANVRIBLOC	Bloc chaux/chanvre	Pass'Innovation	Rhône Alpes
HESTIA EASYCHANVRE	Brique de chanvre Bloc de chanvre	Aucun CE	P.A.C.A. Bretagne
CHANVRIBLOC	Bloc chaux/chanvre Chênevotte fibrée fine	Pass'Innovation	Rhône Alpes

*Liste non exhaustive et modifiable sur demande : www.arpe-bn.com



Remarque

Les différents produits cités ci-dessus ne sont pas exactement les mêmes. Les briques de chanvre produites par Hestia n'existent qu'en épaisseur 100 mm, et ne servent qu'en isolation intérieure et extérieure.

Les briques produites sous l'appellation « Chanvribloc » sont disponibles selon 4 épaisseurs : 100 mm, 150 mm, 200 mm et 300 mm. Elles peuvent être utilisées en isolation intérieur et extérieur, ainsi qu'en isolation répartie (la brique fait le remplissage du mur), et en cloison, mais doivent être mises en œuvre avec une structure, car la brique seule n'est absolument pas porteuse.

Le procédé « Easychanvre » est un système qui se rapproche du Chanvribloc et du procédé constructif en ossature bois, car les briques de chanvre sont moulées de manière à ce que l'ossature porteuse en bois soit mise en place à l'intérieur des briques quand le mur est levé, ensuite, l'ensemble est scellé grâce à un lait de chaux (voir descriptif complet sur www.easychanvre.fr).

Les mortiers utilisés pour le montage de ces produits n'est pas le même pour chacun. Easychanvre va préconiser l'utilisation d'une barbotine de chaux faiblement hydraulique, qui permettra de combler les vides entre le bois et les briques, en assurant l'étanchéité à l'air. De son côté, Chanvribloc préconise soit un mortier à base de chaux moyennement hydraulique et de sable, soit du plâtre type briqueteur (uniquement en intérieur).

• **CONSTRUCTEURS EN BLOCS DE CHANVRE EN BASSE-NORMANDIE ET DÉPARTEMENTS VOISINS**

MARQUE / FABRICANT	PRODUIT	LOCALISATION	CONTACT
EASYCHANVRE	Easychanvre	Morbihan	02 97 59 12 98 http://www.easychanvre.fr
BERTRAND VICTOIRE	Non renseigné	Orne	06 80 26 91 92
ART BÂTIMENT CONSTRUCTION	Chanvribloc	Orne	06 19 67 68 67 sarl.abconstruction@gmail.com
LIMOEES	Chanvribloc	Mayenne	02 43 03 36 60 limoes.val@wanadoo.fr
ECO VILLA	Chanvribloc	Ille-et-Vilaine	06 16 08 08 66 info@eco-villa.fr
LA VOIE VERTE	Chanvribloc	Ille-et-Vilaine	06 65 39 38 78 cyril@lavoieverte.fr
DANIEL BARON	Chanvribloc	Eure et Loire	06 08 25 85 93 daniel.baron28@orange.fr

Liste non exhaustive et modifiable sur demande : www.arpe-bn.com

..B - Matériaux issus de la fibre

➔ Laine de chanvre en vrac

• **CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES**

Densité	ρ	25 à 60	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0,039 à 0,042	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	0,056	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1300 à 1700	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	36 à 65	[J/(°K.m ² .√s)]
		1.2x10 ⁻⁶ à	
Diffusivité thermique	D	4.1x10 ⁻⁷	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	1 à 2	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	E	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	2.5 à 16.5*	[€/m ²]

*Le coût moyen d'un m² de laine de chanvre en vrac est très variable en fonction du conditionnement - Prix matériau hors pose – Sources : *L'isolation thermique écologique*, J-P. Oliva, S. Courgey, Comptoir Ecologique de Normandie, Logis Nature et au fil du bio

• **APPLICATIONS**

Isolation des sols, plafonds, toitures, cloisons, murs, combles (épandage).

Attention, dans le cas d'une isolation verticale, ou en rampants, il faut mettre en œuvre l'isolant de manière à obtenir une densité de 40 à 60 kg/m³, afin d'éviter le tassement avec le temps.

Dans le cas d'une isolation de combles perdus (exemple photo ci-dessus), il faudra vérifier que l'épaisseur d'isolant, mise en œuvre, sera suffisante après tassement du matériau. Cette hauteur sera vérifiée à l'aide de piges graduées qui permettront de connaître cette hauteur à tout moment.



11 Pige graduée pour vérifier la hauteur d'isolat – Source www.actis-isolation.com



10 Isolation fibre de chanvre en vrac – crédit photo www.isolation-chanvre-vendee.cim

• AVANTS ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- Bon régulateur hygrométrique ; - Ressource renouvelable, recyclable et compostable ; - Pas de dégagements toxiques pendant la mise en œuvre ou en cas d'incendie ; - Pas de risques sanitaires ; - Pas de liants.	- Traitement au feu préférable pour de meilleures caractéristiques techniques ; - Prévoir une barrière physique contre les rongeurs ; - Risque de tassement avec le temps si la mise en œuvre n'est pas maîtrisée (densité insuffisante) ; - Coût encore un peu élevé.

• FABRICANTS ET PRODUITS « LOCAUX »

MARQUE / FABRICANT	PRODUIT	LOCALISATION	CERTIFICATION	CONTACT
SATIVA PERTICA (ECOPERTICA)	Laine longue Laine courte	Orne (est)	Charte environnementale	06.22.39.74.10 ecopertica@gmail.com
AGROCHANVRE	Fibre de chanvre	Manche	Aucune	02.33.59.29.96 p.foulon@agrochanvre.com
CHANVRE DU HOULME	Laine longue Laine courte	Orne (ouest)	Charte environnementale	02.33.80.82.95 chanvrehouleme@gmail.com
TECHNICHANVRE	Technilaine vrac	Bretagne et Maine et Loire	Non renseigné	02.98.06.45.34 contact@technichanvre.com
TERRACHANVRE	Laine de chanvre	Bretagne		02.96.36.59.07 terrachanvre@wanadoo.fr

Liste non exhaustive et modifiable sur demande : www.arpe-bn.com

➔ Laine de chanvre en panneaux et rouleaux

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

		PANNEAUX	ROULEAUX	
Densité	ρ	40	25	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0,039 à 0,042	0,039 à 0,042	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	0,048	0,048	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1300 à 1700	1300 à 1700	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	44 à 53	35 à 42	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	6.2×10^{-7} à 7.3×10^{-7}	9.9×10^{-7} à 1.2×10^{-6}	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	1 à 2	1 à 2	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	E	E	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	11 à 14	11 à 14	[€/m ²]

Sources : *L'isolation thermique écologique*, J-P. Oliva, S. Courgey, Comptoir Ecologique de Normandie, Logis Nature et au fil du bio.
Prix matériau hors pose

• APPLICATIONS

Isolation thermique et phonique des sols, plafonds, toitures, cloisons, murs, combles. **Attention**, dans le cas d'une isolation verticale, risque de tassement avec les rouleaux (ci contre : panneaux et rouleaux de laine de chanvre).



Crédit photo
<http://conseil-thermique.servhome.org>

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES PANNEAUX ET ROULEAUX

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- Bon régulateur hygrométrique ; - Ressource renouvelable et recyclable ; - Pas de dégagements toxiques pendant la mise en œuvre, ni en cas d'incendie ; - Valorisation de la fibre de chanvre ; - Pas de risque sanitaire ; - Pose selon les DTU et selon le système constructif ; - Grande résistance mécanique des fibres de chanvre, à l'humidité et aux rongeurs.	- Traitement au feu préférable pour de meilleures caractéristiques techniques ; - Découpage difficile dans la longueur dû à la résistance des fibres ; - Les liants sont souvent à base de polyester (10 à 15%) issu du recyclage, et rendent le recyclage des panneaux ou rouleaux plus difficile ; - Risque de tassement avec les rouleaux, en isolation verticale, si la mise en œuvre n'est pas maîtrisée.

• FABRICANTS, LABELS ET CERTIFICATIONS

Il n'existe pas d'usine de transformation pour ces produits en Basse-Normandie, c'est pourquoi le référencement qui suit est basé sur toute la France.

Dans le tableau "Fabricants et labels", seuls des fabricants français sont référencés, afin de privilégier les cycles courts et de valoriser les productions locales.

MARQUE / FABRICANT	PRODUIT	PANNEAU	ROULEAU	CERTIFICATION	LOCALISATION
BUILEX (ISOVER)	Isonat chanvre	X	X	Non renseigné	Rhône-Alpes
	Florapan plus	X	X	ACERMI ATec ACERMI ATec	
	Florarol plus	X	X		
	Isonat vegetal	X	X	ACERMI ATec	
CAVAC	VALNAT	X	X	ACERMI Atec en cours FDES	Vendée
	AXTON				
	Calin				
	BIOFIB' duo				
	BIOFIB' ouate		X	ATE en cours	
	BIOFIB' chanvre	X	X	ATE	
FIBRANATUR	Ouate de chanvre	X	X	Non renseigné	Midi Pyrénées
TECHNICHANVRE	Technilaine	X	X	ATE en cours	Bretagne et
	Technicompact		X	ATE en cours	Maine et Loire

Liste non exhaustive et modifiable sur demande : www.arpe-bn.com

ATTENTION ! Les rouleaux de la gamme BIOFIB chanvre de la CAVAC ne sont pas compris dans l'ATE. Les produits VALNAT, AXTON, Calin et BIOFIB' duo sont identiques, sous des noms commerciaux différents, et par conséquent, disposent tous des certifications.

• ENTREPRISES ET ARTISANS POSEURS D'ISOLANTS À BASE DE CHANVRE EN BASSE-NORMANDIE

Les entreprises référencées, page suivante, sont en grande majorité tirées de la base de données « chèque éco énergie basse Normandie » constituée par le Conseil Régional de Basse-Normandie. Cette liste n'est pas exhaustive et peut être modifiée sur demande : www.arpe-bn.com.

MARQUE / FABRICANT	TYPE DE TRAVAUX RÉALISÉS	DÉPARTEMENT	VILLE	CONTACT
VÉGÉTAL HABITAT	Béton de chanvre Laine de chanvre Enduits chaux/chanvre	Calvados	Lingèvres	02 31 38 72 30
BLANCHARD THOMAS	Laine de chanvre	Calvados	Bretteville sur Dives	02 31 20 69 11
SARL BÂTI BOIS NORMANDIE	Laine de chanvre	Calvados	Colombelles	02 31 34 02 76
SARL LOGIS NATURE	Laine de chanvre	Calvados	Falaise	02 31 90 78 84
LEMERCIER	Laine de chanvre	Calvados	Leaupartie	02 31 63 65 30
ISOLATION 14	Laine de chanvre	Calvados	Tilly sur Seulles	02 31 80 88 71
MENUISERIE BUHOUR,LECONTE	Laine de chanvre	Calvados	Louvigny	02 31 75 09 38
LEDUC PICORY	Laine de chanvre	Calvados	St Georges d'Aunay	02 31 77 67 29
PATRICE MARIE	Laine de chanvre/lin	Calvados	Coulvain	02 31 77 50 57
TENDANCE NATURELLE	Enduit Chaux/chanvre	Manche	La Lande d'Airou	02 33 59 41 27
LEO CRESPIN MA MAISON AU NATUREL	Enduit chaux/chanvre Béton de chanvre	Manche	Guilberville	06 61 76 60 46
ENTREPRISE BRUNO THIERY	Laine de chanvre	Manche	Poilly	02 33 68 30 96
GABRIEL LEMONNIER	Laine de chanvre	Manche	Saint Brice de Landelles	02 33 49 20 50
EURL LAVENU	Laine de chanvre	Manche	Sainte Croix Hague	02 33 04 90 07
ISOLA NATURE SARL	Laine de chanvre	Manche	St Laurent de Terregatte	02 33 68 16 30
RENOV'HABITAT	Laine de chanvre Laine de chanvre/coton	Manche	La Haye du puits	02 33 45 60 51
MARIE MEUNIER	Béton de chanvre Enduits chaux/chanvre	Orne	Saint Cyr la Rosière	06 64 27 84 66
VINCENT FROMONT	Béton de chanvre Enduits chaux/chanvre	Orne	Magny.le.Desert	02 33 37 29 58
BERTRAND VICTOIRE	Béton de chanvre Enduits chaux/chanvre Briques de chanvre Laine de chanvre	Orne	Giel Courteilles	06 80 26 91 92
ART BÂTIMENTS CONSTRUCTION	Briques de chanvre Béton de chanvre Laine de chanvre	Orne	Alençon	02 33 26 34 98
LECHAT TANGUY	Laine de chanvre	Orne	Hauterive	02 33 31 87 28
CREATI'BOIS	Laine de chanvre	Orne	Moncy	02 33 66 41 18
LEBAILLY FILS	Laine de chanvre/bois	Orne	Flers	02 33 96 41 69
SARL DANIEL CHEVALIER	Laine de chanvre/bois	Orne	La Chapelle d'Andaine	02 33 38 18 89
BATIETHIC	Béton de chanvre projeté Enduit chaux/chanvre laine de chanvre	Seine-Maritime	Gonfreville l'Orcher	06 11 31 55 34

II.1.- INTRODUCTION

Utilisé depuis des milliers d'années dans la création de textiles, et avec 56% de la production mondiale, la France est de loin le plus gros pays producteur de lin.

Le lin est une plante herbacée annuelle poussant dans les régions tempérées, à croissance rapide et reconnaissable par ses fleurs bleues. (cf. photo ci-contre). Cette plante craignant les fortes chaleurs et le manque d'eau, les cultures françaises se trouvent essentiellement en bordure maritime, dans la région du « grand Nord ». (cf. carte ci-dessous)

Les utilisations de ce matériau sont aujourd'hui très variées, allant de l'industrie textile, aux plastiques composites, en passant par le bâtiment. Les fibres longues, réputées de très bonne qualité, sont expérimentées pour remplacer les fibres de verre et de carbone. Dans le bâtiment, on retrouve son utilisation en tant que matériaux d'isolation, sous forme plus ou moins travaillée (panneaux et rouleaux de laine de lin, étoupes, anas).



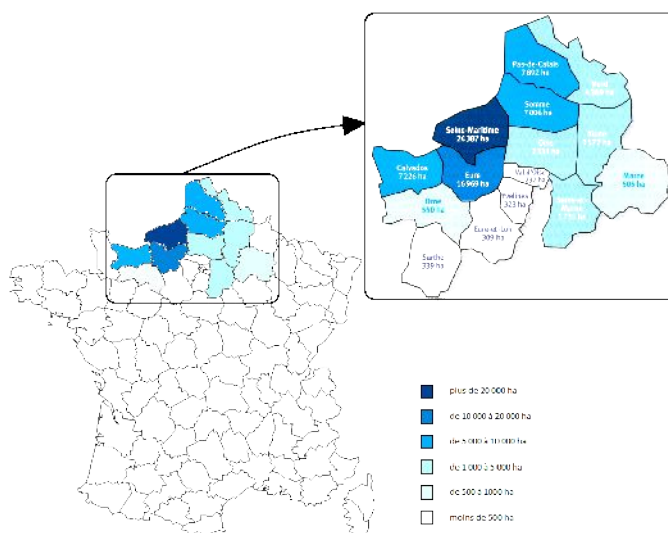
12 Fleur de lin – crédit photo : blog.planetbl.eu

➔ Zoom sur la Basse-Normandie

En Basse-Normandie, le lin s'étend sur 5000 à 8000 hectares cultivés, ce qui nous place comme la 4e région française productrice de lin. Cette culture est principalement basée dans le Calvados, et plus particulièrement dans la plaine de Caen, et est transformée par trois coopératives.

Depuis quelques années, des recherches sont menées sur ce matériau, afin de lui trouver de nouveaux débouchés locaux.

Le projet LINT (lin technique normand), a réunis entreprises, industries, écoles d'ingénieurs et universités se sont réunies, avec l'appui de la région Basse-Normandie, pour initier un programme de recherche autour des applications industrielles du lin.



13 Production annuelle de lin en 2008 (source AGPL)

Ce projet est basé à Bourguébus (Calvados), dans l'enceinte de l'usine de teillage Vandecandelaere. La coopérative linière du Nord de Caen, basée à Villons-les-Buissons (Calvados), a ouvert un magasin de vêtement, linge de maison et produits dérivés du lin, dont une partie est confectionnée en région.

II.2.- TRANSFORMATION : DE LA PLANTE AUX MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Après la récolte, le lin est livré aux entreprises de première transformation sous formes de balles, qui vont être déroulées, puis teillées. Le teillage est une opération qui consiste à séparer les fibres, du « bois » de la plante (partie structurelle de la tige).

Dans un 1er temps, les graines seront récupérées, pour la fabrication d'huile, et dans un second temps, la tige sera battue, pour séparer les différents composants de la tige.

Au final, on obtiendra d'un côté, le « bois », également appelé « anas de lin » ou « paillettes de lin », et les fibres, qui seront séparées selon leur longueur.

Les fibres longues seront ensuite peignées, afin d'obtenir des fibres de plus en plus fines, à destination de l'industrie textile. Les fibres courtes, également peignées, seront utilisées pour créer des isolants sous différentes formes (en vrac, en panneaux et rouleaux). Cette matière est également utilisée dans beaucoup d'autres domaines, comme le mobilier (rembourrage de sièges), la plasturgie (en remplacement de la fibre de verre), dans la papeterie, etc.

Enfin, les anas de lin qui représentent 50% de la plante, seront en grande majorité agglomérés pour former des panneaux, qui entreront dans la fabrication de meubles. On retrouve également son utilisation en tant que paillage horticole, litières et dans le bâtiment des recherches sont en cours sur le béton de lin et la brique de lin. (Source ESITC Caen, CNRT Basse-Normandie, et concours ADREAM)



14 Fibre de lin après teillage – Crédit photo <http://ecole-flaubert-vimoutiers.over-blog.com>

II.3.- LES DIFFÉRENTS MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

..A - Matériaux issus de la fibre

➔ Laine de lin en vrac (étoupes de lin)

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	18 à 35	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0,037 à 0,042	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	0,056	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1600	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	33 à 48	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	7.5x10 ⁻⁷ à 1.3x10 ⁻⁶	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	1 à 2	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	B2	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	2.70 à 5.20	[€/m ²]



15 Ballots d'étoupes de lin – crédit photo

*Prix matériau hors pose pouvant varier selon la longueur, le conditionnement et la qualité des fibres. Sources : *L'isolation thermique écologique*, J-P. Oliva, S. Courgey, Comptoir Ecologique de Normandie, Logis Nature et au fil du bio.

• UTILISATIONS

Isolation des planchers, murs en ossature bois, toiture en rampants, combles.

Dans le cas d'une isolation de combles perdus, il faudra vérifier que la hauteur d'isolant mise en œuvre sera suffisante après tassement du matériau. Cette hauteur sera vérifiée à l'aide de piques graduées.

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE L'ÉTOUPE DE LIN

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- Bon régulateur hygrométrique ; - Ressource renouvelable sans trop d'exigences culturale ; - Pas de dégagement toxique en cours d'utilisation et en cas d'incendie ; - La structure du matériau est imputrescible et n'est pas sensible aux variations d'humidité.	- Risque de tassement avec le temps ; - Matériau brut sans traitement.
- Remarque ! La laine de lin est égrenée et est peu propice à la prolifération des rongeurs, mais peut leur servir d'habitat.	

• FABRICANTS ET PRODUITS « LOCAUX »

MARQUE / FABRICANT	PRODUIT	LOCALISATION	CERTIFICATION
COOPÉRATIVE AGRICOLE LINIÈRE DU NORD DE CAEN	Etoupes de lin	Calvados (Villons les Buissons)	Aucune
COOPÉRATIVE TERRE DE LIN	Etoupes de lin ignifugées	Calvados (Cagny), Eure et Seine Maritime	Aucune
SAS TEILLAGE VANDECANDELAERE (GROUPE DEPESTELE)	Etoupes de lin	Calvados (Bourguébus)	Aucune*

*Une petite partie de la production est issue d'une agriculture bio - Liste non exhaustive et modifiable sur demande : www.arpe-bn.com

➔ Laine de lin en rouleaux et panneaux

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

		PANNEAUX	ROULEAUX	
Densité	ρ	30 à 35	20	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0,037 à 0,042	0,037 à 0,042	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	0,048	0,048	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1600	1600	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	42 à 48	34 à 37	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	7.5×10^{-7} à 7.7×10^{-7}	1.2×10^{-6} à 1.3×10^{-6}	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	1 à 2	1 à 2	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	B2	B2	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	11 à 15.5	11 à 14	[€/m ²]

*Prix matériau hors pose variant en fonction de la densité du produit (panneaux). Sources : *L'isolation thermique écologique*, J-P. Oliva, S. Courgey, Comptoir Ecologique de Normandie, Logis Nature et au fil du bio.

• UTILISATIONS

Isolation thermique et phonique des sols, plafonds, toitures, cloisons, murs, combles.

Attention, dans le cas d'une isolation verticale, risque de tassement avec les rouleaux, si la mise en œuvre n'est pas correctement maîtrisée.



16 Rouleaux de laine de lin – crédit photo Comptoir Ecologique de Normandie

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- Régulateur hygrométrique ; - Ressource renouvelable sans trop d'exigences culturale ; - Pas de dégagement toxique en cours d'utilisation et en cas d'incendie ; - Pas de danger sanitaire ; - Naturellement imputrescible ; - Liant pouvant être issu du recyclage du plastique.	- Les liants sont parfois à base de polyester, et diminuent le caractère écologique du produit ; - Risque de tassement en isolation verticale pour les rouleaux, si la mise en œuvre n'est pas correctement maîtrisée.

• FABRICANTS ET PRODUITS

Il n'existe pas d'usine de transformation pour ces produits en Basse-Normandie, c'est pourquoi le référencement, page suivante, est basé sur toute la France.

MARQUE / FABRICANT	PRODUIT	PANNEAU	ROULEAU	CERTIFICATION	LOCALISATION
CAVAC	BIOFIB' duo	X	X	ACERMI, Atec	Vendée
NATUR'LIN	Natur'lin isolant	X	X	DIBT	Oise
ECOLOGIS LIN	Laine de lin		X	non renseigné	Tarn

Liste non exhaustive et modifiable sur demande : www.arpe-bn.com

..B - Matériaux issus des anas

➔ Anas de lin en vrac

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	100	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0,06	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	0,065	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1500	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	95	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	4×10^{-7}	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	1 à 2	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	E	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	10	[€/m ²]

Sources : *L'isolation thermique écologique*, J-P. Oliva, S. Courgey, Comptoir Ecologique de Normandie, Logis Nature et au fil du bio.
Prix matériau hors pose

• UTILISATIONS

Les anas de lin peuvent être utilisés en mélange avec un liant comme la chaux, ainsi on obtient un mortier isolant qui pourra être utilisé pour la réalisation de dalles, chapes ou enduits intérieurs de décoration. Ce type de matériau est utilisé en tant qu'isolant thermique et isolant acoustique, et peut également être utilisé brut, en remplissage de caissons de toiture, isolation de plancher, etc.

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
• Très bon régulateur hygrométrique ; • Production locale (de la Normandie au Nord pas de Calais) et disponible en abondance • Ressource renouvelable recyclable et compostable ; • Pas de dégagements toxiques lors de la mise en œuvre, ou en cas d'incendie ; • Valorisation d'un co-produit du lin ; • Non consommable en tant que tel par les rongeurs ; • Facilité de mise en œuvre en isolation de plancher.	• Matériau hygroscopique (reprend facilement de l'humidité), il peut donc y avoir un risque de pourrissement si la mise en œuvre n'est pas correcte.

• FABRICANTS ET PRODUITS « LOCAUX »

MARQUE / FABRICANT	PRODUIT	CERTIFICATION	LOCALISATION
COOPÉRATIVE TERRE DE LIN	Anas en vrac	Aucune	Calvados (Cagny), Eure et Seine Maritime
COOPÉRATIVE AGRICOLE LINIÈRE DU NORD DE CAEN	Anas en vrac	Aucune	Calvados (Villons les Buissons)
SAS TEILLAGE VANDECANDELAERE (GROUPE DEPESTELE)	Anas en vrac	Aucune*	Calvados (Bourguébus)

*Une petite partie de la production est issue d'une agriculture bio. Liste non exhaustive et modifiable sur demande : www.arpe-bn.com

II.4.- INNOVATIONS, RECHERCHES ET DÉVELOPPEMENTS POUR LA CONSTRUCTION EN RÉGION

➔ Projet « BTONLIN » (ESITC Caen, CNRT et ses partenaires, Teillage Vandecandelaere)

• CONTEXTE

Les fibres de construction constituent un marché important compte tenu des volumes considérables de béton mis en œuvre annuellement. En effet, le béton est aujourd'hui le matériau de construction le plus utilisé dans le monde. En France, sa production représente 30 millions de tonnes de produits en béton et 44 millions de m3 de béton prêt à l'emploi.

• OBJECTIF

Développer de nouveaux matériaux de construction en associant des fibres de lin au béton. Cela permettra de valoriser une matière première végétale très utilisée dans le domaine textile.

• RÉSULTATS ATTENDUS

Le renforcement mécanique de matériaux de construction à partir de fibres végétales :

- Développer, qualifier et valider de nouveaux matériaux pour l'éco-construction intégrant des fibres de lin
- Domaines de la construction ciblés :
 - Bâti neuf : béton de parement et béton de structure ;
 - Bâti ancien : terre crue (torchis).

Par ailleurs, la thèse de L.H. Tung (en cours et en collaboration ESITC Caen-CNRT-VDC) vise à appréhender quelques uns des paramètres qui régissent les propriétés des composites cimentaires incorporant des fibres de lin.

Il apparaît que la présence des fibres augmente le temps de prise et réduit la maniabilité du mortier. La résistance à la compression est dégradée alors que la ténacité et la résistance à la flexion sont sensiblement améliorées quand le taux ou la longueur de fibres augmente. Ce travail se poursuit par l'emploi d'adjuvants pour l'amélioration de la maniabilité sans dégradation du temps de prise⁶



II.5.- RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT HORS RÉGION

A l'instar du chanvre les anas de lin sont des particules ligneuses susceptibles d'être utilisés comme des granulats légers et isolants thermiques. Ils peuvent être utilisés en vrac après un traitement de stabilisation, ou bien encore dans des matrices hydrauliques (chaux, ciment...). En fonction des applications, les formulations peuvent être adaptées pour atteindre des performances mécaniques et thermiques compatibles avec une utilisation en bloc de construction. Le CoDEM étant ses recherches à d'autres granulats/particules végétales co-produits des agro-industries mais aussi à d'autres systèmes liants.



17 Essais de compression sur le béton de lin – sources : crédit photo CoDEM Picardie <http://codempicardie.com/>

⁶ Sources : www.esitc-caen.fr, www.cnrt.ensicaen.fr, http://groupepestele.com/pro_groupe_ent_teillage.html

➔ Brique de lin isolante

Actuellement, en développement, les bétons de lin isolant, et en particulier les parpaings réalisés à partir d'anas de lin et de chaux hydraulique. Les anas étant au lin ce que la chènevotte est au chanvre, l'idée de développer un matériau isolant à base de ces coproduits agricoles est apparue.

Tout comme le béton de chanvre, les bétons de lin devraient présenter de bonnes propriétés thermiques.

• ENTREPRISES ET ARTISANS POSEURS D'ISOLANTS À BASE DE LIN EN BASSE-NORMANDIE.

MARQUE / FABRICANT	PRODUIT	DÉPARTEMENT	VILLE	CONTACT
PATRICE MARIE	Laine de chanvre/lin	Calvados	Coulvain	02.31.77.50.57
ISOLATION 14	Laine de lin	Calvados	Tilly sur Seules	02.31.80.88.71
ISEAH SARL	Laine de lin	Calvados	Lion sur Mer	02.31.96.52.07
SARL ALAIN LOHIER	Laine de lin	Manche	St Marcouf de l'Isle	02.33.41.88.72
BATIETHIC	Laine de lin	Seine-Maritime	Gonfreville l'Orcher	06.11.31.55.34

Les entreprises référencées ci-dessus sont en grande majorité tirées de la base de données « chèque éco énergie basse Normandie » constituée par le Conseil Régional de Basse-Normandie. Cette liste n'est pas exhaustive et peut être modifiée sur demande :

www.arpe.bn.com

III.1.- INTRODUCTION

Les panneaux de « laine » de bois sont une invention purement Française, d'abord connus sous les noms de Phaltex et Isorel. Depuis une quinzaine d'années, leur renouveau est venu d'Europe du Nord, avec des fabrications améliorées, et des applications plus étendues.

Ces produits, fabriqués à base des chutes de bois résineux, qui sont défibrées, présentent des avantages considérables, tant au niveau environnemental, car le bois est une ressource naturelle et renouvelable et que ces produits sont issus du recyclage des déchets de l'industrie du bois, qu'au niveau des performances thermiques, qui sont plus ou moins équivalentes aux isolants minéraux.

➔ Zoom sur la Basse-Normandie

En Basse Normandie, les massifs forestiers, de grande qualité, couvrent une superficie de 168 000 ha, soit un volume de bois sur pied de 25 millions de m³. Avec un taux de boisement de 9,5%, la Basse Normandie est parmi les régions les moins boisées de France. Cependant, de grandes disparités existent entre les départements. La manche est le département le moins boisé de France, mais l'Orne est le second département le plus boisé du grand ouest (le taux de boisement est de 15.6%)

On retrouve dans nos forêts, une grande majorité de feuillus (79% des peuplements forestiers), avec le chêne comme essence dominante, qui représente 45% du volume sur pied. La seconde essence la plus présente chez les feuillus est le hêtre, qui correspond à 14% du volume sur pied.

Chez les résineux, c'est le Douglas qui est le plus présent, suivi du Pin Sylvestre, avec respectivement 7% et 4% du volume sur pied.



18 Epicéa – crédit photo www.cryonis.com



19 Les forêts en Basse-Normandie, source IFN

III.2.- TRANSFORMATION : DE LA PLANTE AUX MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

La laine de bois est obtenue à partir du défilage de chutes de bois résineux. Après cette 1ère étape, on obtient de la fibre de bois en vrac, pouvant être insufflée ou projetée. Elle est ensuite transformée en pâte, soit par adjonction d'eau soit à sec. La pâte récupérée est ensuite coulée puis laminée et séchée pour produire des panneaux auto-agglomérés de diverses densités et épaisseurs.

Les panneaux de densité d'environ 40kg/m³, appelés panneaux de laine de bois semi-rigide, sont élastiques, souples et facilement adaptable. Ils se découpent au couteau, se pressent et se calent entre les chevrons d'un toit ou entre les solives d'un plancher. Il s'utilise en isolation par l'intérieur.

Les panneaux de densité entre 60 et 280kg/m³ et plus, sont appelés panneaux de fibre de bois rigide à moyenne ou haute densité, et s'utilisent principalement en isolation de toitures et isolation de murs par l'extérieur. Ce principe d'isolation est particulièrement recommandé pour pallier aux problèmes des ponts thermiques intégrés (ex : structure bois).



20 Isolation de cloison en copeaux de bois - source "Journal d'une construction écologique"

La fibre de bois en vrac de densité 35 kg/m³ est recueillie juste après l'étape de défilage, et pourra être insufflée ou projetée, en intérieur.

On trouve également à très petite échelle, l'utilisation de copeaux de bois additionnés d'argile en tant qu'isolant, mais celui-ci ne représente qu'une infime partie des isolants à base de bois mis en œuvre, ainsi que des recherches sur de nouveaux isolants, tels que le béton de bois.

..A - Les différents matériaux de construction

➔ Laine de bois en vrac

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	38 à 45	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0,038 à 0,042	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	0,065	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1600 à 2300	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	48 à 66	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	4.1x10 ⁻⁷ à 6.2x10 ⁻⁷	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	1 à 2	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	E	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	Non renseigné	[€/m ²]

Sources : *L'isolation thermique écologique*, J-P. Oliva, S. Courgey

• UTILISATIONS

Isolation des planchers, murs en ossature bois, toiture en rampants, combles avec la fibre de bois lâche. Elle peut être insufflée ou projetée.

Dans le cas d'une isolation de combles perdus, il faudra vérifier que la hauteur d'isolant mise en place sera suffisante à l'aide de piges graduées qui permettront de connaître cette valeur à tout moment. (cf. fiche laine de chanvre en vrac).



21 Fibre de bois en vrac – crédit photo www.phservice.fr

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- Isolant haute performance ; - Grande capacité thermique ; - Excellente protection contre les grandes chaleurs ; - Ressource renouvelable, recyclée, recyclable et réutilisable ; - Diffusant à la vapeur d'eau (bon régulateur hygrométrique) ; - Bon compromis en isolant thermique hiver/été (capacité thermique importante) ; - Bilan CO₂ très bon (hors transport).	- Prix encore élevé ; - Traitements préventifs quasi obligatoire pour avoir une bonne pérennité ; - Matériau hygroscopique qui reprend facilement de l'humidité ; - Unités de transformation centralisées (énergie grise plus importante pour le transport que pour la fabrication) ; - Un parement type plaque de plâtre est nécessaire pour la tenue au feu de 15mn de la structure.

• FABRICANTS ET PRODUITS

Il n'existe pas d'usine de transformation pour ces produits en Basse-Normandie, c'est pourquoi le référencement, page suivante, est basé sur la France.

MARQUE / FABRICANT	PRODUIT	CERTIFICATION	LOCALISATION
STEICO	Steico zell*	FSC, Okö test "sehr gut"	Lot et Garonne
ACTIS	Sylvactis isobag*	PEFC	Aude

* production en France - Liste non exhaustive et modifiable sur demande : www.arpe-bn.com

➔ Laine de bois en panneaux à faible densité

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	35 à 55	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0,038 à 0,042	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	0,08	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1600 à 2300	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	46 à 70	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	3.6x10 ⁻⁷ à 6.8x10 ⁻⁷	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	1 à 2	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	E	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	13 à 18	[€/m ²]

Sources : *L'isolation thermique écologique*, J-P. Oliva, S. Courgey, Comptoir Ecologique de Normandie, Kenzaï et Logis Nature. Prix matériau hors pose.

• UTILISATIONS

Ce type de matériaux s'utilise majoritairement en isolation en ossature, en isolant de planchers, et de rampants. Ceux-ci sont semi rigides, et sont quelquefois composés avec d'autres matières végétales, telles que le chanvre.



23 Panneaux de laine de bois – crédit photo www.isolations-naturelles.com



22 Cycle de vie des isolants à base de bois (source Hofatex)

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- Isolant haute performance ; - Grande capacité thermique ; - Excellente protection contre les grandes chaleurs ; - Ressource renouvelable, recyclée, recyclable et réutilisable ; - Diffusant à la vapeur d'eau (bon régulateur hygrométrique) ; - Bon compromis en isolant thermique hiver/été (capacité thermique importante) ;	- Prix encore élevé ; - Traitements préventifs quasi obligatoire pour avoir une bonne pérennité ; - Matériau hygroscopique qui reprend facilement de l'humidité ; - Un parement type plaque de plâtre est nécessaire pour la tenue au feu de 15mn de la structure.

• FABRICANTS ET PRODUITS

Il n'existe pas d'usine de transformation pour ces produits en Basse-Normandie, c'est pourquoi le référencement qui suit est basé sur l'Europe.

MARQUE / FABRICANT	PRODUIT	CERTIFICATION	LOCALISATION
ACTIS	Sylvactis 55 fx*	PEFC, CE, AT finlandais	Aude
PAVATEX	Pavaflex	CE	Suisse
STEICO	Steico flex	CE, FSC, Keymark, Nature plus	Pologne
GUTEX	Thermoflex	CE, Nature plus	Allemagne
HOMATHERM	Holzflex standard*	CE, Nature plus, ACERMI	Haute Marne
	Holzflex protect*	CE, Nature plus, ACERMI, Oko test "sehr gut"	
	Holzflex mais*		
DOMUS MATÉRIAUX	Isoqem premium*	CE, AT finlandais, FSC	Ariège
KRONOFRANCE	Kronotherm FG*	PEFC, CE	Loiret
ISONAT (BUTEX)	Isonat flex 40*	non renseigné	Rhône

* production en France - Liste non exhaustive et modifiable sur demande : www.arpe-bn.com

➔ Fibre de bois en panneaux rigides à moyenne densité et haute densité

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

		MOYENNE DENSITÉ	HAUTE DENSITÉ	
Densité	ρ	60 à 120	120 à 280	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0,038 à 0,042	0,038 à 0,055	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	0,07	0,07 à 0,10	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1600 à 2300	1600 à 2300	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	60 à 107	85 à 188	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	1.5x10 ⁻⁷ à 3.9x10 ⁻⁷	8.5x10 ⁻⁸ à 2x10 ⁻⁷	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	3 à 5	3 à 5	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	E	E	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	16 à 40	16 à 40	[€/m ²]

*Prix matériau hors pose. Les prix sont très variés selon les fabricants et les caractéristiques produits (produits hydrofuges, pour ITE, ...)-
Sources : *L'isolation thermique écologique*, J-P. Oliva, S. Courgey, Comptoir Ecologique de Normandie, Kenzaï et Au fil du bio.

• UTILISATIONS

Les panneaux de moyenne densité sont le plus souvent utilisés en remplissage d'ossature, mais également en sous couche de chape, ou en isolation thermique et phonique de plancher.

Les panneaux à haute densité sont le plus souvent utilisés en support d'enduits, de chape ou de toiture. Certains de ces panneaux sont composites avec une couche externe composée d'un parement pare pluie, ou autre. Ces différentes finitions extérieures permettent d'avoir un large choix de panneaux technique dans cette gamme de produit, et par conséquent, une très large palette de prix, en fonction des attentes. De plus, les constructeurs bois apprécient ce type de produit, notamment les panneaux rigides qui ont une fonction pare-pluie.



24 Panneaux de fibres de bois – crédit photo www.archiexpo.fr

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- Isolant haute performance ; - Grande capacité thermique ; - Excellente protection contre les grandes chaleurs ; - Grand déphasage ; - Ressource renouvelable, recyclée, recyclable et réutilisable.	- Coût élevé ; - Pose très précise pour éviter les ponts thermiques ; - Un parement type plaque de plâtre est nécessaire pour la tenue au feu de 15mn de la structure.

• FABRICANTS ET PRODUITS

Il n'existe pas d'usine de transformation pour ces produits en Basse-Normandie, c'est pourquoi le référencement qui suit est basé sur l'Europe.

MARQUE / FABRICANT	PRODUIT	CERTIFICATION	LOCALISATION
ACTIS	Sylvactis 110 sd *	PEFC CE en cours	Aude
PAVATEX	Isoroof natur Pavatherm Pavatherm plus Pavatherm profil Pavaboard Pavapor Pavastep Diffutherm	ACERMI, CE, Nature plus, FSC	Suisse
	Pavatherm forte Pavaplan 3F	CE, Nature plus, NFB, ACERMI en cours ACERMI, CE, FSC	
	Steico floor Steico protect, Steico universal Steico special Steico therm	CE, FSC CE, FSC, Keymark CE, FSC, Nature plus, Keymark CE, FSC, Oko test "sehr gut"	Pologne
	Steico isorel * Steico isotoit * Steico thermisorel *	CE, PEFC	
GUTEX	Multiplex-top, Ultratherm Thermosafe-homogen Thermosafe Thermoflat Thermosafe-wd Thermosafe-nf Thermowall Thermowall-gf	CE, Nature plus, ACERMI CE, Nature plus	Allemagne
	HDP-Q11 standard HDP-Q11 protect UD-Q11 protect EnergiePlus massive EnergiePlus confort ID-Q11 standard ID-Q11 install	CE, Nature plus	
	HDP-classic standard WF-classic	CE	
	Hofatex UD Hofatex therm	Non renseignée	

	Hofatex therm DK Hofatex Kombi Hofatex therm NK Hofatex standard Hofatex system Hofatex floor Hofatex strongboard Hofatex system IA Hofatex TopTherm Hofatex Basic		
ISONAT (BUTEX)	LD160 * HD270 * Cover * Medium *	Non renseignée	Rhône

(*Production en France) Liste non exhaustive et modifiable sur demande : www.arpe-bn.com

➔ Les copeaux de bois

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	90 à 120	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0.04 à 0.05	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	0.065	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1600 à 3200	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	76 à 117	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	1.8×10^{-7} à 2.8×10^{-7}	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	1 à 2	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	B2	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	Non renseigné	[€/m ²]

Caractéristiques techniques Sources : L'isolation thermique écologique, J-P. Oliva, S. Courgey.

• UTILISATIONS

Les copeaux de bois, additionnés d'argile micronisée en ambiance humide (procédé breveté Jasmin®) sont mis en œuvre par insufflation dans des caissons fermés en murs, toitures et rampants, ou en déversement à plat pour planchers.



25 Copeaux de bois

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- Difficilement putrescible grâce à l'argile ; - Pas de moisissures en conditions normales ; - Très bon régulateur hygrométrique ; - Bonne contribution au confort d'été ; - Non consommable et peu dégradé par les rongeurs ; - Bonne stabilité dans le temps si les conditions de pose sont respectées ; - Matières premières renouvelables et réutilisable en fin de vie ; - Bonnes performances acoustiques ; - Bilan CO2 très bon.	- Un parement type plaque de plâtre est nécessaire pour la tenue au feu de 15mn de la structure ; - Protection d'usage sur chantier car le matériau peut être poussiéreux.

• FABRICANTS LABELS ET CERTIFICATIONS

Les copeaux de bois peuvent se récupérer dans toutes les entreprises usinant du bois, cependant ceux-ci ne seront pas additionnés d'argile, et leur durabilité ne sera plus la même, notamment face aux rongeurs. Par conséquent, la mise en œuvre devra être très précise en vérifiant que les rongeurs n'auront aucun

accès à l'isolant, et que le pare ou frein vapeur sera posé sans aucune fuite, qui apportera une humidité trop importante, et permettra le développement des moisissures.

III.3.- INNOVATIONS, RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT POUR LA CONSTRUCTION

➔ Bétons de bois

Tout comme le lin et le chanvre, des recherches pour développer des nouveaux matériaux sont en cours sur le bois, pour créer des bétons de bois. Ceux-ci sont composés d'un mariage entre une matrice cimentaire et un granulats ligno-cellulosique, soit du bois.



26 Blocs de béton de bois – source CoDEM

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	600 à 900 [kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0.10 à 0.30 [W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	Non renseigné [W/m.°K]
Résistance mécanique à la compression	-	3,5 à 4 [-]
Classement au feu (NF P.92.507)	-	M1 [-]

Source www.adream-thuringen-picardie.fr

• FABRICANTS, LABELS ET CERTIFICATIONS

En Basse-Normandie, la production d'éco-matériaux isolants à base de bois est nulle, cependant, nous disposons d'usines de transformation du matériau bois, qui produisent des matériaux de construction, prélevés et usinés localement. Cette production interne à la région permet de construire et de rénover des bâtiments, en favorisant les cycles courts, et surtout en diminuant les émissions de CO² dues au transport.

Au 1er janvier 2012, les bois de structure devront obligatoirement être marqués CE, et en Basse Normandie, il existe 11 scieries qui ont ou vont suivre une formation pour pouvoir obtenir le marquage CE sur leurs produits. Ci-dessous, la liste des scieries se formant pour produire du bois de structure marqué CE, au 1^{er} janvier 2012 :

RAISON SOCIALE	DÉPARTEMENT	VILLE	TÉLÉPHONE/FAX	MAIL
MILCENT SAS	Orne	La Motte Fouquet	02 33 37 13 44 02 33 38 08 41	contact@milcent.fr
LAFONTAINE SA	Orne	Dompierre	02 33 30 72 10 02 33 38 06 55	lafontaine.sa.61@wanadoo.fr
RAISON BOIS ET DÉBITS	Orne	Perrou	02 33 38 21 65 02 33 38 02 17	contact@raison-bois.fr
GERAULT SARL	Orne	Lonlay l'Abbaye	02 33 38 67 34 02 33 30 00 31	
SCIERIE LECHERBONNIER ALAIN	Orne	Lonlay l'Abbaye	02 33 38 74 22 02 33 37 64 14	scirie.lecherbonnier@orange.fr
BEDOUET CHRISTIAN SARL	Orne	Mortrée	02 33 35 78 90 02 33 39 17 92	sbedouet@aol.com
PICQUE SARL	Manche	Villedieu les Poêles	02 33 59 34 90 02 33 59 38 74	sarlpicque@orange.fr
SCIERIE LELOUP	Orne	St Sulpice sur Rille	02 33 24 24 77 02 33 34 49 97	scierie-leloup@wanadoo.fr
BELLÈME BOIS	Orne	St Martin du Vieux Bellême	02 33 25 41 32 02 33 25 90 29	jlc.bb61@gmail.com
CORBIÈRE ET FILS	Orne	Champsecret	02 33 30 44 11 02 33 38 13 58	scierie.corbiere@wanadoo.fr

SCIERIE FEILLET JEAN
JACQUES

Orne

Tinchebray

02 33 66 64 82
02 33 96 07 29francoisfeillet@wanadoo.frListe non exhaustive et modifiable sur demande : www.arpe-bn.com

En plus des unités de transformations produisant du bois de structure, il y a des entreprises qui transforment nos bois locaux afin de créer des produits pour d'autre corps d'état (vêtue, menuiseries, ébénisterie...)⁷.

• **ENTREPRISES ET ARTISANS POSEURS D'ISOLANTS À BASE DE BOIS EN BASSE-NORMANDIE.**

Dans le tableau ci-dessous, on trouve seulement les entreprises mettant en œuvre des produits isolants à base de bois, sans distinction des différentes formes d'isolants (vrac, ou panneaux), ni le type de panneaux.

ARTISAN/ENTREPRISE	DÉPARTEMENT	VILLE	CONTACT
VÉGÉTAL HABITAT	Calvados	Lingèvres	02 31 38 72 30
PLAQUE&CO	Calvados	Mondeville	06 86 95 13 66
LOGIS NATURE	Calvados	Falaise	02 31 90 78 84
BOIS SOLEIL ENERGIE	Calvados	Ouistreham	02 31 74 57 83
ISEAH SARL	Calvados	Lion sur mer	02 31 96 52 07
PASCOBOIS	Calvados	Saint-Julien-le-Faucon	02 31 63 85 28
PATRICE MARIE	Calvados	Coulvain	02-31-77-50-57
ISOLATION 14	Calvados	Tilly sur Seulles	02 31 80 88 71
FONTAINE GILLES	Calvados	St Aubin sur Algot	02 31 62 79 63
SARL BÂTI BOIS NORMANDIE	Calvados	Colombelles	02 31 34 02 76
COUVERTURE LEPROVOST ET FILS	Calvados	Le Beny Bocage	02 31 67 74 20
VAUDRU JOËL	Manche	Condé sur Vire	02 33 06 71 20
ENTREPRISE BRUNO THIERY	Manche	Poilly	02 33 68 30 96
MARY	Manche	St Martin des Champs	02 33 58 24 16
SARL PHILIPPE	Manche	Nay	02 33 42 18 26
SARL MENUISERIE GRENTE	Manche	La Bloutière	02 33 61 05 31
SARL BATIM	Manche	Moyon	02 33 57 93 04
ECO MENUISERIE BERTRAND ROUAZE	Manche	Carentan	09 52 81 70 21
EURL LAIR XAVIER	Manche	Ouville	02 33 46 93 88
SARL LEMOUSSU	Manche	Isigny le Buat	02 33 48 01 77
CHRISTIAN BEUVE	Manche	Montcuit	02 33 07 70 19
JAMAULT JEAN	Orne	St André de Messei	02 33 96 70 74
SARL DANIEL CHEVALIER	Orne	La Chapelle d'Andaine	02 33 38 18 89
CHALUMEAU RÉGIS	Orne	St Germain du Crobeis	02 33 32 05 60
CHARPENTES COUVERTURES SIMON SARL	Orne	St-Evroult-Notre-Dame-des-Bois	02 33 34 93 76
LEBAILLY FILS	Orne	Flers	02 33 96 4169

Les entreprises référencées ci-dessus sont en grande majorité tirées de la base de données « chèque éco énergie basse Normandie » constituée par le Conseil Régional de Basse-Normandie. Cette liste n'est pas exhaustive et peut être modifiée sur demande : www.arpe-bn.com

⁷ Pour plus d'informations sur les entreprises de 1ère et seconde transformation en Basse-Normandie : <http://professionsbois.com>

- IV LA OUATE DE CELLULOSE

INTRODUCTION

Isolant écologique, la ouate de cellulose est arrivée en Europe au début des années 1990, et est connue au Canada et aux Etats-Unis depuis 1930.

La grande réussite de ce produit tient dans sa composition, issue du papier recyclé, à laquelle sont incorporés différents adjuvants naturels comme le sel de bore, qui rend les produits plus résistants au feu (classe M1 : non inflammable), fongicide, et repousse les insectes.

Par sa fabrication, la ouate de cellulose est un isolant écologique, nécessitant peu d'énergie et ne générant aucune pollution lors de sa fabrication (6kWh/m³ d'énergie utilisée contre 280kWh/m³ pour la laine de verre et jusqu'à 850kWh/m³ pour les mousses de synthèse), recyclable en fin de vie et non irritant.

Avec près de 80 ans d'expérience dans les chantiers outre-Atlantique et en Allemagne depuis 20 ans, ce produit garantit une isolation avec une très bonne tenue dans le temps, sans tassement non contrôlés* et sans dégradation, contrairement aux laines minérales.



27 Matière première de la ouate de cellulose – crédit photo ww w.atout-renov-habitat-76.fr

V.1.- TRANSFORMATION

La ouate de cellulose est fabriquée à partir de papiers et journaux invendus broyés, défibrés et mélangés à un adjuvant (Sel de bore, hydroxyde d'aluminium, gypse, tanins naturels...) lui donnant des propriétés anti-rongeurs, insecticides et fongicides.

La ouate peut se mettre en œuvre en vrac (soufflée, insufflée, projetée humide, épandue), elle peut être mise en œuvre sous forme de panneaux isolant semi-rigides, sous forme de plaque de parement (gypse + cellulose) ou sous forme d'isolant phonique en granulat.



28 Ouate de cellulose en vrac

V.2.- LES DIFFÉRENTS MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

..A - Matériaux en vrac

➔ Ouate de cellulose insufflée

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	40 à 65	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0.038 à 0.044	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	0.049	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1600 à 2000	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	49 à 75	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	3,4x10 ⁻⁷ à 5,9x10 ⁻⁷	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	1 à 2	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	M1	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	4,6 à 9,4	[€/m ²]

*Prix matériau hors pose.- Sources : *L'isolation thermique écologique*, J-P. Oliva, S. Courgey, Comptoir Ecologique de Normandie, Kenzaï, Logis Nature et au fil du bio.

• UTILISATIONS



Remarque

Les fabricants de ouate de cellulose sont conscients du tassement du matériau avec le temps, et conseillent d'installer un volume supérieur de 10 à 20% à ce qui serait nécessaire afin de préserver la qualité de l'isolation dans le temps.

La ouate de cellulose sert en isolation thermique et phonique, pour planchers, toitures, rampants et cloisons. L'insufflation de ouate de cellulose doit se faire dans des caissons fermés par un pare vapeur ou des panneaux rigides, afin de pouvoir contrôler la densité de l'isolant mise en œuvre.

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS



29 Insufflation de ouate de cellulose- crédit photo www.construction-naturelle.com

QUELQUES AVANTAGES

- Matériau isolant ayant le meilleur rapport qualité écologique, technique et coût ;
- Protection de la structure contre les incendies grâce à sa grande capacité thermique massique ;
- Insensible aux micro-organismes, imputrescible ;
- Peu d'énergie consommée pour la fabrication ;
- Ressource renouvelable et recyclable ;
- Compostable pour les produits sans sel de bore ;
- Pas de dégagement toxique en cours d'utilisation et en cas d'incendie ;
- Régulateur hygrothermique ;
- Remplissage intégral des cavités fermées, même difficile d'accès.

QUELQUES INCONVÉNIENTS

- Qualité biologique intrinsèque inférieure à celle des isolants végétaux (composition des encres) ;
- La mise en œuvre nécessite une machine spécifique dont l'utilisation est à éviter sans l'aide et les conseils d'un professionnel ;
- Tassement de l'isolant pouvant être important si la densité de pose n'est pas respectée.

➔ Ouate de cellulose soufflée, ou déversée manuellement

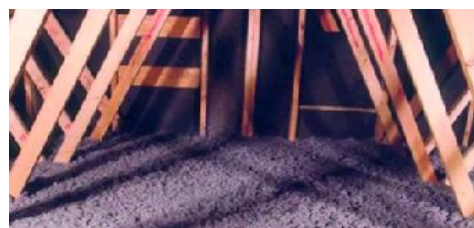
• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	25 à 35	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0.038 à 0.044	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	0.049	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1600 à 2000	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	39 à 55	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	6.3x10 ⁻⁷ à 9.5x10 ⁻⁷	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	1 à 2	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	M1	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	3.1 à 5.5	[€/m ²]

* Prix matériau hors pose - Sources : *L'isolation thermique écologique*, J-P. Oliva, S. Courgey, Comptoir Ecologique de Normandie, Kenzaï, Logis Nature et au fil du bio.

• UTILISATIONS

Le soufflage consiste à épandre de façon pneumatique et à sec les fibres sur une surface horizontale ouverte, notamment dans les combles non aménageables, ou pour isoler un plancher intermédiaire, qui sera refermé ou non ultérieurement. L'épaisseur d'isolant peut se vérifier facilement, grâce à des piges graduées (cf. fiche chanvre en vrac).



30 Combles non aménageables isolés en ouate de cellulose – crédit photo www.actimur.fr

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- Matériau isolant ayant le meilleur rapport qualité écologique, technique et coût ; - Protection de la structure contre les incendies grâce à sa grande capacité thermique massique ; - Insensible aux micro-organismes, imputrescible ; - Peu d'énergie consommée pour la fabrication ; - Ressource renouvelable et recyclable ; - Compostable pour les produits sans sel de bore ; - Pas de dégagement toxique en cours d'utilisation et en cas d'incendie ; - Régulateur hygrothermique.	- Qualité biologique intrinsèque inférieure à celle des isolants végétaux (composition des encres) ; - La mise en œuvre soufflée nécessite une machine spécifique dont l'utilisation est à éviter sans l'aide et les conseils d'un professionnel ; - Tassement de l'isolant pouvant être important si la densité de pose n'est pas respectée.

➔ Ouate de cellulose en projection humide

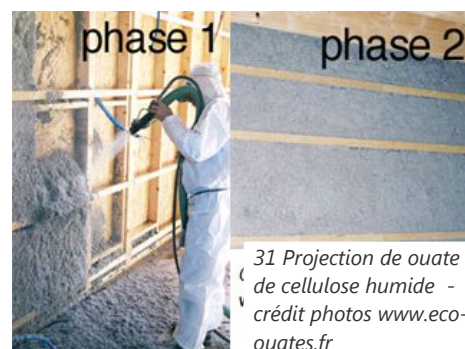
• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	40 à 65 [kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0.038 à 0.044 [W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	0.049 [W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1600 à 2000 [J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	49 à 75 [J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	3.4x10 ⁻⁷ à 5.9x10 ⁻⁷ [m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	1 à 2 [-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	M1 [-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	5 à 9.4 [€/m ²]

* Prix matériau hors pose. Sources : *L'isolation thermique écologique*, J-P. Oliva, S. Courgey, Comptoir Ecologique de Normandie, Kenzaï, Logis Nature et au fil du bio.

• UTILISATIONS

Selon Claude Lefrançois, responsable technique et fondateur de Bâti-logic, lors d'une application de ouate de cellulose en projection humide (sous pression), certaines entreprises ajoutent un liant mais il est également possible d'effectuer cette isolation uniquement avec de l'eau. La projection humide est surtout utilisée pour les murs en ossature bois, du fait que le cloisonnement est déjà présent (montants d'ossature). Ce type de mise en œuvre nécessite cependant un parement pour éviter la dégradation du matériau qui reste assez friable.



31 Projection de ouate de cellulose humide - crédit photos www.eco-ouates.fr

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- Matériau isolant ayant le meilleur rapport qualité écologique, technique et coût ; - Protection de la structure contre les incendies grâce à sa grande capacité thermique massique ; - Insensible aux micro-organismes, imputrescible ; - Peu d'énergie consommée pour la fabrication ; - Ressource renouvelable et recyclable ; - Compostable pour les produits sans sel de bore ; - Pas de dégagement toxique en cours d'utilisation et en cas d'incendie ; - Régulateur hygrothermique.	- Qualité biologique intrinsèque inférieure à celle des isolants végétaux (composition des encres) ; - La mise en œuvre nécessite une machine spécifique dont l'utilisation est à éviter sans l'aide et les conseils d'un professionnel ; - Tassement de l'isolant pouvant se produire si la densité de pose n'est pas respectée ; - Technique de pose humide avec un temps de séchage assez long (1 à 3 mois selon les conditions climatiques) avant de pouvoir refermer les caissons.

• FABRICANTS ET PRODUITS (OUATE DE CELLULOSE EN VRAC)

Il n'existe pas d'usine de transformation pour ces produits en Basse-Normandie, c'est pourquoi le référencement qui suit est basé sur la France.

MARQUE / FABRICANT	PRODUIT	UTILISATION	CERTIFICATION	LOCALISATION
CELLUBIO	Cellutherm	Soufflage Projection humide	non renseigné	Eure et Loire
ISOCELL	Cellaouate	Soufflage	non renseigné	Finistère
BUITEX	Isonat Cel-fibres	Soufflage Insufflation	ATE	Rhône-Alpes
XYLOBELL	Bellouate soufflage en planchers de combles	Soufflage	ATec	Alpes-Maritimes
	Bellouatte insufflation en mur	Insufflation	ATec	
	Bellouate projection humide en murs	Projection humide	ATec	
CELLISOL	Cellisol 300	Soufflage	ATec	Gard
	Cellisol 500	Insufflation Projection humide	ATec	
OUATECO	Ouateco soufflage en planchers de combles	Soufflage Insufflation Projection humide	ATec aucun	Landes
NR GAÏA	OPTIMUM MP			Vosges
	Vosges Cellulose	Soufflage Insufflation	ATec	
	Cellulose V1			
ISOCELL	Clima super			Suisse, Autriche et Finistère
	Isocell			
	trendisol			
	Isodek	Soufflage	ATE	
	Dobry - Ekovilla	Insufflation hors ATE		
	Fibratur			
France Cellulose				
Qualicell				

(* produit suivant un cycle court pour les professionnels Bas-Normands : production/consommateurs) Liste non exhaustive et modifiable sur demande : www.arpe-bn.com

➔ Ouate de cellulose en panneaux semi-rigides

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	70 à 90	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0.039 à 0.042	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	0.049	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1600 à 2000	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	66 à 87	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	2.3x10 ⁻⁷ à 3.5x10 ⁻⁷	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	1 à 2	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	M1	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	18 à 19	[€/m ²]

Sources : *L'isolation thermique écologique*, J-P. Oliva, S. Courgey, Comptoir Ecologique de Normandie et Kenzaï. Prix matériau hors pose.



Remarque

Malgré les différentes mises en œuvre de la ouate de cellulose, chaque fabricant ne va vendre qu'un seul produit, pouvant disposer de plusieurs avis techniques, qui vont donner les spécifications de chaque mise en œuvre.

• UTILISATIONS

Ce type de produit peut s'utiliser en tant qu'isolation à part entière, complément d'isolation et isolation phonique. On peut le mettre en œuvre dans des cloisons, dans et sur les murs, en isolation de plancher, plafond et rampants. Les panneaux étant assez souple et compressibles (jusqu'à 2/3 de leur volume), on peut traiter assez facilement les ponts thermiques.



32 Pose de panneaux de ouate de cellulose

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- Protection de la structure contre les incendies grâce à sa grande capacité thermique massique ; - Insensible aux micro-organismes, imputrescible ; - Peu d'énergie consommée pour la fabrication ; - Ressource renouvelable et recyclable ; - Compostable pour les produits sans sel de bore ; - Pas de dégagement toxique en cours d'utilisation et en cas d'incendie ; - Régulateur hygrothermique.	- Qualité biologique intrinsèque inférieure à celle des isolants végétaux (composition des encres).

• FABRICANTS ET PRODUITS DE PANNEAUX SEMI-RIGIDES DE OUATE DE CELLULOSE

Il n'existe pas d'usine de transformation pour ces produits en Basse-Normandie, c'est pourquoi le référencement qui suit est basé sur l'Europe.

MARQUE / FABRICANT	PRODUIT	CERTIFICATION	LOCALISATION
BITTEX	Isonat Celflex	Rhône-Alpes	non renseigné
HOMATHERM	FlexCL	Allemagne	CE, nature plus

Liste non exhaustive et modifiable sur demande : www.arpe-bn.com

➔ Ouate de cellulose en granulés

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	500	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0.069	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	Non renseigné	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1600 à 2000	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	235 à 263	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	6.9x10 ⁻⁸ à 8.6x10 ⁻⁸	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	1 à 2	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	B2	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	Non renseigné	[€/m ²]

• UTILISATIONS

Ce type de produit à base de journaux recyclés, mis en forme par compressions, peut être utilisé comme isolant phonique et « ragréage » sec pour rattraper des défauts de planéité sur de vieux planchers.

33 Granulés de journaux recyclés – crédit photo www.ecobati.be



• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- Insensible aux micro-organismes, imputrescible ; - Peu d'énergie consommée pour la fabrication ; - Ressource renouvelable et recyclable ; - Pas de dégagement toxique en cours d'utilisation et en cas d'incendie ; - Régulateur hygrothermique ; - Bon isolant phonique ; - Aucun ajout de liant.	- Qualité biologique intrinsèque inférieure à celle des isolants végétaux (composition des encres).

• FABRICANT ET PRODUIT DE GRANULES DE OUATE DE CELLULOSE

MARQUE / FABRICANT	PRODUIT	CERTIFICATION	LOCALISATION
THERMOFLOC	Thermofloc granulés	Autriche	Non renseigné

Liste non exhaustive et modifiable sur demande : www.arpe-bn.com

➔ Liant papier "Papercrete" (brique de papier + chaux)

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	250	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0.06	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	Pas d'info	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	-*	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	-*	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	-*	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	Pas d'info	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	Pas d'info	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-		[€/m ²]

• UTILISATIONS

Le liant papier (papercrete) est un produit peu développé à base de papier recyclé (60%) de sable (20 à 30%) et de chaux (10 à 20%).

Ses caractéristiques mécaniques permettent de l'assimiler à un matériau de structure avec une isolation répartie, afin de créer des murs porteurs ou des cloisons isolées thermiquement et phoniquement (affaiblissement de 12 dBA avec une plaque de 5cm d'épaisseur, test INSA Toulouse). La résistance mécanique de ce « béton de papier » s'élève à 140 Kg/cm², soit 13.5 Mpa.



34 Blocs de liant papier en séchage- crédit photo www.onpeutlefaire.com

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- Matière première issue du recyclage ; - Transformation du matériau local ; - Le matériau ne prend pas feu* ; - Matériau idéal pour construction « low cost »;	-Matériau très peu développé en France, (difficile de trouver un professionnel) ; -Utilisation de béton pour les joints

*En contact pendant dix minutes avec une flamme de chalumeau oxyacétylénique, le papercrete ne prend pas feu, mais sa structure se dégrade fortement. Pour aller plus loin; <http://livingpaper.com>

• ENTREPRISES ET ARTISANS POSEURS D'ISOLANTS À BASE DE CELLULOSE EN BASSE-NORMANDIE.

Les entreprises référencées ci-dessous sont en grande majorité tirées de la base de données « chèque éco énergie basse Normandie » constituée par le Conseil Régional de Basse-Normandie. Cette liste n'est pas exhaustive et peut être modifiée sur demande : www.arpe-bn.com

ARTISAN/ENTREPRISE	TYPE DE TRAVAUX	DÉPARTEMENT	VILLE	CONTACT
ETS VANSTAEN MICHEL	ouate de cellulose	Calvados	Villiers-le-Sec	02 31 80 12 86
BOIS SOLEIL ENERGIE	ouate de cellulose	Calvados	Ouistreham	02 31 74 57 83
COMBLES ET CRÉATION	ouate de cellulose	Calvados	Potigny	02 31 40 91 11
BOULAY	ouate de cellulose	Calvados	Hermanville sur mer	02 31 97 28 01
GOULEY PASCAL	ouate de cellulose	Calvados	St Hymer	02 31 64 06 58
SARL PELCERF PERE ET FILS	ouate de cellulose	Calvados	Les Loges	02 31 68 75 44
MAISON DU BIEN-ÊTRE	ouate de cellulose insufflée et soufflée	Calvados	Mondeville	02 31 34 18 99
ISEAH SARL	ouate de cellulose insufflée et soufflée	Calvados	Lion sur Mer	02 31 96 52 07
ISOLA HABITAT	ouate de cellulose insufflée et soufflée	Calvados	Caen	02 31 84 37 34
BOIS SOLEIL ENERGIE	ouate de cellulose insufflée et soufflée	Calvados	Ouistreham	02 31 74 57 83
SARL LOGIS NATURE	Ouate de cellulose insufflée et soufflée	Calvados	Falaise	09 65 11 31 93
N.T.H.I	ouate de cellulose insufflée, soufflée et en projection humide	Calvados	Sannerville	02 31 23 03 75
ISOLATION 14	ouate de cellulose soufflée	Calvados	Tilly sur seules	02 31 80 88 71
HALBOUT COUVERTURE	ouate de cellulose soufflée	Calvados	Saint Désir	02 31 62 80 28
SAS ESNAULT	ouate de cellulose soufflée	Calvados	Bayeux	02 31 51 66 66
SIRAM	ouate de cellulose soufflée	Calvados	Sannerville	02 31 39 08 08
ARTI SERVICES	ouate de cellulose soufflée	Calvados	Ifs	02 31 84 46 00
FACAD' OUEST	ouate de cellulose soufflée	Calvados	Eterville	02 31 73 30 05
POUCHIN DUVAL SARL	ouate de cellulose soufflée	Calvados	Livarot	02 31 63 57 59
PROTECT HABITAT	ouate de cellulose soufflée	Calvados	Fleury sur Orne	02 31 82 69 33
DUGUET SAS	ouate de cellulose	Manche	Granville	02 33 50 39 75
LELUAN M.A.P.	ouate de cellulose	Manche	Valognes	02 33 40 63 50
HOUSSET CHEVALIER	ouate de cellulose	Manche	Condé sur Vire	02 33 56 70 20
ISOLA NATURE SARL	ouate de cellulose	Manche	St Laurent de Terregatte	02 33 68 16 30
MENUISERIE SYLVAIN MAZIER	ouate de cellulose	Manche	St Barthelemy	02 33 50 16 44
AUBEUT MENUISERIE	ouate de cellulose	Manche	Le Grand Celland	02 33 48 69 12
SARL DALMONT	ouate de cellulose	Manche	Vasteville	02 33 01 67 20
LIARD OLIVIER	ouate de cellulose	Manche	St Hilaire Petitville	02 33 42 32 66
SARL PATRICK AMAND	Ouate de cellulose insufflée	Manche	Moyon	02 33 56 39 48
ETS BRUNO THIERY	ouate de cellulose	Manche	Poilly	02 33 68 30 96
SARL LEPRETRE FRANÇOIS & FILS	ouate de cellulose	Manche	Heugueville	02 33 45 11 19
MENUISERIE BIHEL LETOUPIN	ouate de cellulose en panneaux	Manche	St Vaast la Hougue	02 33 54 45 67
DUGUET SAS	ouate de cellulose en panneaux	Manche	Granville	02 33 50 39 75
EURL LAVENU	ouate de cellulose en panneaux ouate de cellulose insufflée	Manche	Sainte Croix Hague	02 33 04 90 07
SARL LEMOUSSU	ouate de cellulose insufflée	Manche	Isigny le Buat	02 33 48 01 77
MBH2	ouate de cellulose soufflée	Manche	Helleville	02 33 52 47 69
SARL BATIM	ouate de cellulose soufflée	Manche	Moyon	02 33 57 93 04
P. GROULT SARL	ouate de cellulose soufflée	Manche	Tourlaville	02 33 20 40 51
GOUTAL PHILIPPE	ouate de cellulose soufflée	Manche	St Romphaire	02 33 56 23 27
RENOV'HABITAT	ouate de cellulose soufflée	Manche	La Haye du Puits	02 33 45 60 51
HERVIO MENUISERIE	ouate de cellulose soufflée	Manche	Cerisy la Salle	02 33 47 95 73

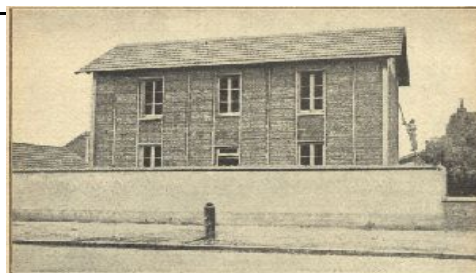
SARL RESBEUT JEAN - LOUIS	ouate de cellulose soufflée	Manche	Sartilly	02 33 68 13 67
SARL ALAIN LOHIER	ouate de cellulose soufflée	Manche	St Marcouf de l'Isle	02 33 41 88 72
EURL LAIR XAVIER	ouate de cellulose soufflée	Manche	Ouville	02 33 46 93 88
MENUISERIE DORAPHE PHILIPPE	ouate de cellulose soufflée	Manche	Emondeville	02 33 41 25 05
VAUDRU JOËL	ouate de cellulose soufflée	Manche	Condé sur Vire	02 33 06 71 20
A2B	ouate de cellulose soufflée	Manche	St Hilaire Petitville	02 33 42 36 80
LAURENT ISOLATION	ouate de cellulose soufflée et en projection humide	Manche	Bréhal	02 33 61 16 80
GUÉRIN DANIEL MENUISERIE DU BAS LOSE	ouate de cellulose en panneaux	Orne	Domfront	02 33 30 04 83
SARL DANIEL CHEVALIER	ouate de cellulose	Orne	La Chapelle d'Andain	02 33 38 18 89
SARL BOULAND	ouate de cellulose	Orne	Sept Forges	02 33 38 36 99
GUILLET SAS	ouate de cellulose	Orne	Le Pin la Garenne	02 33 83 83 05
CREATI'BOIS	ouate de cellulose	Orne	Moncey	02 33 66 41 18
MA2B	ouate de cellulose insufflée	Orne	Flers	02 33 38 74 98
JAMAULT JEAN	ouate de cellulose insufflée	Orne	St André de Messei	02 33 96 70 74
SA BOISBLUCHE FRÈRES	ouate de cellulose insufflée et en projection humide	Orne	Passais la Conception	02 33 38 85 29
BLOTTIERE GUY	ouate de cellulose soufflée	Orne	Semalle	02 33 28 12 86
JOUIN DOMINIQUE	ouate de cellulose soufflée	Orne	St Bomer les Forges	02 33 37 63 15
CHALUMEAU RÉGIS	ouate de cellulose soufflée	Orne	St Germain du Crobeis	02 33 32 05 60
MENUISERIE POULAIN	ouate de cellulose soufflée	Orne	St Pierre d'Entremont	02 33 64 42 06
JOUIN BRUNO	ouate de cellulose soufflée	Orne	Le Menil Briouze	02 33 64 81 14
DEAN JÉRÔME	ouate de cellulose soufflée	Orne	Alençon	02 33 29 22 36
SARL CHARPENTE LORET	ouate de cellulose soufflée ouate de cellulose en panneaux	Orne	Briouze	02 33 62 28 65

VI.1.- INTRODUCTION

La paille, est utilisée depuis de nombreux siècles dans la construction, en mélange avec de la terre pour former du torchis, ou en chaume pour la couverture. C'est en 1850, avec l'invention de la botteuse que l'on s'est aperçu que ces bottes de pailles étaient bien plus isolantes que le torchis. La première utilisation de ce matériau en tant que structure, date de 1886, au Nebraska, avec une construction sans structure bois verticale, selon la méthode naissante « murs porteurs ».

Une des premières habitation paille en Europe date de 1921. Ce procédé constructif, bien que très pertinent en matière de développement durable, se verra largement dépassé par l'industrialisation de la construction et le « tout béton », valorisé par l'état Français.

De nos jours, l'utilisation de ce matériau est en plein dans une démarche de développement durable, notamment au niveau du cout de la matière première (1 à 2€ la botte), ce qui permet de valoriser un co-produit de l'agriculture, en cycle court.



35 La maison Feuillette en 1921 et aujourd'hui -
Source « la science et la vie »

➔ Zoom sur la Basse-Normandie

En Basse-Normandie, la culture des céréales à paille représente plus de 270 000 hectares, dont plus de 200 000 hectares dédiés au blé tendre, ce qui correspond à seulement 4% de la production Française, qui en compte plus de 5 millions d'hectares.

A raison d'une moyenne de 4.8 tonnes par hectares, la production annuelle de paille en Basse-Normandie représente près de 1.3 million de tonnes de paille, valorisée en partie dans les élevages bas-normands.

Une étude menée conjointement par l'association Empreinte et le Réseau Français de la Construction en Paille, à permis de référencer, au 2 février 2010, 30 constructions en paille en Basse Normandie, pour 691 sur toute la France.⁸

VI.2.- TRANSFORMATION : DE LA PLANTE AUX MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

La paille provient de la tige de certaines graminées dites céréales (blé, orge, avoine, seigle ...). Dans le domaine de l'agriculture, elle est considérée comme un déchet, car la quantité de paille produite chaque année est bien trop grande par rapport au volume utilisé en litière et paillage. Afin de répondre à ce problème, des industriels ont décidé de modifier génétiquement ces plantes, pour que la hauteur des tiges soit diminuée, et ainsi éviter la plante ne verse en cas de fort vent, et diminuer le volume de paille restant. La construction en paille est aussi une alternative à ce sur-volume de matériau, car les tiges longues de pailles sont préférables pour le bottelage.



36 Photo ci contre : bottelage de la paille – source
<http://landpaille61.blogspot.com>

⁸ Plus d'infos sur : http://www.habitat-ecologique.org/doc/100202_ECP.pdf



37 Photo ci contre : Maison isolée en paille, dans l'Orne - source: <http://landpaille61.blogspot.com>

En France, on observe plusieurs techniques de construction en paille, qui ont pour point commun, l'utilisation du ballot de paille parallélépipédique, servant, soit en murs porteur, soit en remplissage d'ossature bois, et servant parfois de contreventement. On trouve également l'utilisation de la paille pour réaliser des toitures en chaume, technique de couverture très ancienne, où l'on utilisera la paille en « fagots » très serrés, ce qui permettra de réaliser l'étanchéité à l'eau de la toiture. On isole également les toitures à l'aide de bottes de paille, mais dans ce cas, il faut renforcer la charpente.



Remarque

Les règles professionnelles de la paille ont été validées par la C2P, en juillet 2011, et couvrent le remplissage isolant en bottes de paille, ainsi que la paille en support d'enduit (terre crue et chaux), la date d'entrée en vigueur de ces règles professionnelles est fixée au 1er janvier 2012 (<http://www.compallons.eu>).

VI.3.- LES DIFFÉRENTS MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

➔ Le chaume

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	80 à 110	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	≈0.056	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	0.065	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1600	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	85 à 100	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	3.2x10 ⁻⁷ à 4.4x10 ⁻⁷	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	2	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	Non renseigné	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	130 à 150	[€/m ²]

Source : <http://philippeluze.free.fr>, <http://www.toitenchaume-constructionpaille.com>, <http://www.voizo.fr>, <http://www.chaumiers.com>, www.chaume.com

• UTILISATIONS

Ce type de couverture était très répandu jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle, mais délaissé avec l'avancement de la technologie et la pression des assurances du fait de la propagation des incendies. Cette technique fut donc plus ou moins abandonnée, hormis dans certaines régions : Bretagne et Normandie.

La couverture de chaume est constituée de brins de paille liés entre eux pour donner une gerbe. La nature des végétaux est extrêmement variable, et dépend des ressources à proximité (ajonc, oyat, osier, graminées, paille de riz, de blé, de seigle).

Aujourd'hui, la couverture traditionnelle en chaume est plus ou moins perpétuée dans le pays d'Auge, mais ce matériau ne connaît pas spécialement de renouveau avec le contexte contemporain, malgré des outils mieux conçus qui améliorent la pose du matériau en le rendant plus compacte, et empêchent la propagation du feu, et l'installation des rongeurs.

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- Toiture légère (25 à 35 kg/m²) ; - Ressource renouvelable et recyclable ; - Compostable en fin de vie ; - Matériau pérenne dans le temps (50 ans avec entretien) ; - Participe au confort d'hiver et au confort d'été ; - Permet de rattraper les défauts de toiture ; - Insensible au gel, à la neige, aux tempêtes, à la grêle ; - Technique de pose très serrée empêchant la propagation du feu ; - Bonne isolation thermique et phonique ; - Stockage de CO₂.	- Pente de 45° minimum requise ; - Temps de chantier assez long (un chaumier réalise 6 à 8m² de toiture par jours) ; - Entretien régulier impératif (tous les 3 ans) ; - Intervention lourde au bout de 25 ans (regarnissage et réfection des faitages).

➔ Les bottes de pailles

Les bottes de pailles utilisées dans la construction ont des caractéristiques techniques différentes en fonction de leur masse volumique, et seront plus utilisées dans telles ou telles techniques de construction en fonction de leurs avantages et inconvénients.

Malgré des densités pouvant dépasser les 200 kg/m³, les « compaillons » (principale association réunissant les professionnels de la construction en paille) préconisent l'utilisation de bottes de paille avec une humidité autour de 15% et une densité avoisinant les 90 kg/m³.



38 Bottes de paille - source CD2E



Remarque

La construction en paille peut paraître assez simpliste, pourtant il y a des critères de mise en œuvre à respecter qui sont très strictes, notamment au niveau de la protection à l'eau. On peut observer des remontées par capillarité, qui proviennent du soubassement, c'est pourquoi il faut traiter à tout prix le contact direct de la paille avec le soubassement. Le second problème rencontré est aussi lié à l'eau, mais à cause du phénomène de condensation interne. Pour pallier à ce problème il faut étudier le mur pour que le point de rosée ne se fasse pas, et respecter un rapport de perspiration des matériaux de 1 à l'intérieur pour 5 à l'extérieur. (Cf. fiche sur « le risque de condensation dans les parois »). Dans chaque cas, il est préférable de se rapporter aux experts et professionnels de la construction en paille pour éviter toutes pathologies.

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

		Moyenne densité	Haute densité	
Densité	ρ	80 à 120	150 à 250	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0,04 à 0,075	0,06 à 0,12	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	Selon la pose	Selon la pose	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1400 à 2000	1400 à 2000	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	67 à 134	112 à 245	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	3,1x10 ⁻⁷ à 3,6x10 ⁻⁷	2,4x10 ⁻⁷ à 2,9x10 ⁻⁷	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	1 à 2	1 à 2	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	B1-s1,d0	B1-s1,d0	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	1 à 2	1 à 2	[€/m ²]

Source: Réseau Français de la Construction en Paille, *L'isolation thermique écologique*, par J.P. Oliva

• UTILISATIONS

Les bottes de pailles peuvent servir à titre de remplissage d'ossature bois, en tant qu'isolant et support d'enduit, mais également de structure porteuse et de contreventement. Elles sont également utilisées en isolant extérieur pour le principe constructif poteaux-poutres.



Remarque

Les bottes de paille ne sont pas reconnues comme éléments porteurs ou de contreventement dans les règles professionnelles de la construction paille, même si elles participent à la statique du bâtiment dans certains principes constructifs. Par conséquent, ces techniques sont difficilement assurables. De plus, la protection à l'eau ruisselante est nécessaire, à l'aide d'importants débords de toit, ainsi que celle au feu, grâce à la mise en œuvre d'enduits à base de terre ou à la chaux, qui feront office de barrière contre le feu.

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- Résistance thermique élevée, du fait de la taille des ballots ; - Coût de la matière première très bas ; - Très bon régulateur hygrothermique ; - Le compactage de la paille empêche la propagation du feu et l'inflammation de l'ossature ; - Pas de dégagements toxiques lors de la mise en œuvre ; - Matériau recyclable et compostable ; - Energie grise quasiment nulle en cycle court ; - Matériau disponible en grande quantité ; - Stockage de CO₂ ; - Un processus de validation des constructions paille a été entériné par les organismes certificateurs BBC.	- Mise en œuvre en France manquant de reconnaissance officielle ; - Le risque au feu est réduit par la mise en œuvre d'un enduit ; - Trame de la construction imposée par les dimensions des bottes de paille (sauf pour la technique GREB) ; - Difficulté d'approvisionnement (les botteleuses sont rares, et la paille tend parfois à manquer).

• PRODUCTEURS DE PAILLE

L'approvisionnement en botte de paille étant assez aléatoire, en fonction des agriculteurs produisant des bottes dont les caractéristiques sont adaptées à la construction et de la période de moisson, il est préférable de contacter le GRAB de Basse-Normandie, qui pourra vous diriger vers un agriculteur le plus proche de chez vous, où votre mairie (en zone rurale)⁹.

➔ Les panneaux de paille compressés

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	300 à 420 [kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0.08 à 0.12 [W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	non renseigné [W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1400 à 2000 [J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	183 à 317 [J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	1.4x10 ⁻⁷ à 1.9x10 ⁻⁷ [m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	13 [-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	M2 [-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	30 à 32 [€/m ²]

Le prix du matériau est plus élevé que pour une cloison standard, mais ce coût est amorti lors de la pose, qui est beaucoup plus rapide, donc moins coûteuse - source prix : Comptoir Ecologique de Normandie, prix matériau hors pose.

⁹ GRAB de Basse-Normandie - rue des Roquemonts 14053 Caen Cedex 4 – 02 31 47 22 85 / 02 31 47 22 60 - <http://www.bio-normandie.org>

• UTILISATIONS

Les panneaux de paille compressés peuvent servir en tant que cloisonnement autoporté, doublage, en tant qu'isolant thermique et phonique. La résistance mécanique, due au procédé de fabrication qui comprime à haute pression la paille, permet de poser ces panneaux sans ossature.



39 Panneau de paille compressée
- crédit photo Kenzai

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- Ressource renouvelable recyclable et compostable ; - Pas de dégagement toxique lors de la mise en œuvre, ni en cas d'incendie ; - Bon régulateur hygrothermique ; - Le compactage de la paille empêche la propagation du feu ; - Pas de liant chimique ; - Stockage de CO₂ ; - Usinage simple se référant au bois.	- Poids du matériau élevé ; - Les panneaux craignent l'humidité, par conséquent, la mise en œuvre demande un savoir faire particulier.

• FABRICANT ET PRODUIT

Il n'existe pas d'usine de transformation pour ces produits en Basse-Normandie, c'est pourquoi le référencement qui suit est basé sur toute la France.

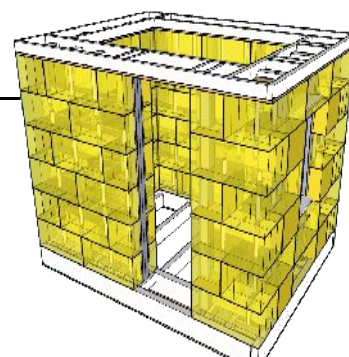
MARQUE / FABRICANT	PRODUIT	CERTIFICATION	LOCALISATION
STRAMENTECH	Stramit	Indre	Non renseigné

Liste non exhaustive et modifiable sur demande : www.arpe-bn.com

VI.4.- LES DIFFÉRENTS SYSTÈMES CONSTRUCTIFS

➔ Ballots porteurs

Ce système constructif, appelé technique « Nebraska » ne comporte pas de structure bois. Les ballots de pailles sont empilés en quinconces, maintenus entre eux par des piquets en bois traversant plusieurs ballots à la fois et comprimés par le poids de la toiture.



Modélisation graphique d'un petit bâtiment en "ballots porteurs"

Cette technique constructive est celle qui a révélé les caractéristiques thermiques et mécaniques de la botte de paille au 19^{ème} siècle, aux USA. Elle est très en vogue dans les régions peu boisées (Angleterre) car elle ne nécessite que très peu de bois pour créer les lisses basses et haute, ainsi que les poteaux de soutien des menuiseries.

Sur le principe parasismique, ce procédé constructif à été testé en alternative aux constructions traditionnelles afin de pouvoir rebâtir les pays en développement après de lourds séismes, ainsi qu'en construisant parasismique pour éviter une nouvelle catastrophe.

Pour se faire, les maisons sont construites sur des fondations en sacs de sable, puis les murs en ballots-porteurs sont montés sur le même principe décrit ci-dessus. Cette maison type a été construite dans un laboratoire de l'université du Nevada en Novembre 2009, et soumise à un tremblement de terre de magnitude 7.6. Le test a permis de prouver que ce type de construction pouvait résister à des séismes de forte intensité, et permettrait d'éviter les pertes humaines¹⁰.

¹⁰ Pour plus de renseignement, voir : <http://observers.france24.com/fr/>



Remarque

Les piquets en bois sont parfois remplacés par des tiges métalliques (type fer à béton) qui remplissent le même rôle. Cependant, on peut rencontrer un problème de point de rosée avec le métal ; lorsque celui-ci est en contact avec l'extérieur (sol), il crée un point froid à l'intérieur de l'isolant et donc un point de rosée. L'accumulation d'eau dans l'isolant viendra, à court terme, abaisser les caractéristiques thermiques de la paille, mais à long

➔ Ossature bois et poteaux poutres

Issue de la construction à ossature bois (DTU 31.2), l'isolant classique est remplacé par des ballots de paille à plat ou à chant, comprimé pour éviter le phénomène de tassement. L'ossature bois est conçue de manière à ce que les ballots de pailles soient enserrés sur toute leur épaisseur du mur par la structure porteuse. Sur ce type de construction le contreventement par panneaux ou feuillards métalliques sera posé au préalable pour que la structure soit stable.

Dans le cas d'une structure « poteaux poutres », les bottes de paille sont insérées, avec ou sans structure secondaire plus légère, dans les vides laissés par la structure. Le contreventement étant directement réalisé par la structure porteuse grâce aux triangulations de la structure, les panneaux ou feuillards métalliques ne sont d'aucune utilité ici.

En termes de finition, les bottes de pailles sont recouvertes d'un enduit à la chaux ou en terre crue, décoratif et protecteur.

Dans certains cas, sur des systèmes constructifs en ossature bois, nous pouvons observer que la paille n'est pas enduite à l'extérieur ni à l'intérieur, mais que les parements se rapportent à ceux que l'on retrouve plus généralement dans la construction bois standard. Soit un parement en panneaux de gypse ou Placoplatre en intérieur, et en extérieur, un complexe composé d'un pare pluie, d'un lattage et d'un bardage.

De plus, les murs d'ossature sont préfabriqués en usine, afin de gagner un maximum de temps sur le chantier, et de monter le bâtiment comme pour une construction ossature bois standard.

Cette technique, dite autrichienne, a été développée afin de trouver la meilleure solution alliant rapidité et facilité, tout en permettant un chantier sec.

➔ « Cellules sous tension » (CST)

Le principe constructif de la Cellule Sous Tension, conçue par Tom Rijven, et portée par l'association Botmobil, cette technique est un croisement entre les ballots de paille porteurs, et une ossature bois légère.

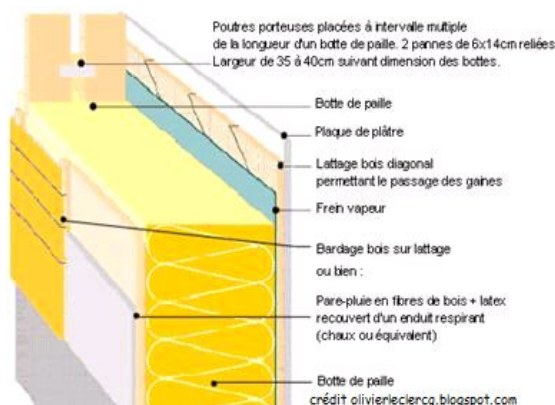
Les bottes sont insérées dans une ossature légère doublée (section 27 x 150) en force, puis maintenues et pressées par des tasseaux cloués à l'ossature. Les ficelles enserrant les ballots sont ensuite retirées afin que la paille, en se détendant, vienne assurer le contreventement de l'ensemble et empêcher le flambage de l'ossature, qui elle assure le maintien des bottes.



41 Maison ossature bois isolée en paille –
crédit photo www.naturel-home.fr

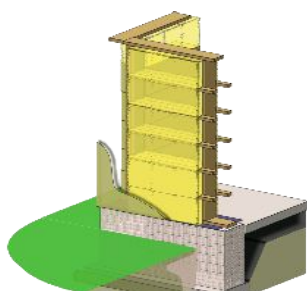


42 Maisons poteaux-poutres isolées en
paille - crédit photo www.prioriterre.org



43 Exemple de mur préfabriqué en technique Autrichienne

Grâce à ce système constructif, on obtient un système où la paille est semi porteuse avec l'avantage non négligeable de réduire la quantité de bois nécessaire pour l'ossature, tout en offrant un concept plus résistant que la technique Nebraska.



45 Modélisation graphique d'un mur type « CST » - source www.pour.construire.ecologique.com



46 Mise en place de bottes de paille - crédit photo www.ladepeche.fr



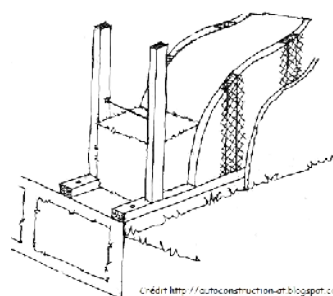
44 Fixation des liteaux pour comprimer les bottes - crédit photo <http://aymes.over-blog.com>



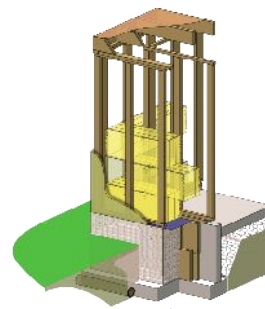
➔ Technique du « GREB »

Inventée au Québec en 1995 et importée en France en 2001, la technique GREB a été mise au point par le « Groupe de Recherche Ecologique de la Batture ». Il s'agit d'un système constructif composé d'une double ossature légère en bois entre lesquelles les bottes de paille viennent se positionner (cf. schéma ci-dessous). Une fois les bottes en place, on vient couler un mortier composé d'un volume de ciment à maçonner, un volume de chaux aérienne cl90, trois volumes de sable et quatre volumes de sciure de bois. Ce mortier est coulé entre des bandes sur les cotés intérieurs et extérieurs de la paille.

Cette technique a l'avantage de réaliser la première couche d'enduit pendant la construction, ce qui permet de protéger le mur rapidement, tout en simplifiant l'accroche des couches ultérieures. De plus, les plaques de mortier coulées entre les poteaux assure le contreventement des deux structures liées entre elles par des feuillards métalliques perforés.



47 Schématisation et modélisation graphique d'un mur « technique GREB »



• ENTREPRISES ET ARTISANS CONSTRUCTEURS DE BÂTIMENT EN PAILLE EN BASSE-NORMANDIE

ARTISAN/ENTREPRISE	TYPE DE TRAVAUX	DÉPARTEMENT	VILLE	CONTACT
CHAUME BOIS NATURE ET TRADITION	couverture en chaume	Manche	Sourdeval	06 17 58 04 08
JOVIN DOMINIQUE	couverture en chaume	Orne	Saint-Bomer les Forges	02 33 37 63 15
LE ROUX SYLVAIN	couverture en chaume	Manche	Saint Jores	02 33 71 95 65
LELIEVRE MICHEL	couverture en chaume	Orne	Saint-Quentin les Chardonnetts	02 33 66 71 22
ADEQUA NICOLAS TEPLITXKY	assistance à l'autoconstruction	Calvados	Carcagny	
ASSOCIATION AUTOKTONOMIE	technique GREB	Manche	Les Pieux	autoktonomie@free.fr

Cette liste n'est pas exhaustive et peut être modifiée sur demande : www.arpe-bn.com - Pour plus d'informations sur les entreprises de construction en paille hors région : www.compallons.eu

VII.1.- INTRODUCTION

Depuis une dizaine d'année, la qualité de la confection textile n'a cessé de chuter, et ces vêtements de basse qualité se retrouvent très vite dans les centres de collecte. Jusqu'à lors, les rebuts ne pouvant être réutilisés étaient incinérés, c'est pourquoi certaines personnes se sont penchées sur le sujet, afin de trouver une solution pour ces 10 à 15 % de textiles, et la production d'isolant est apparu comme la plus cohérente. Ce projet comprenait une création d'entreprise qui concrétise des emplois pérennes, tout en créant un produit issu du recyclage.

De plus, c'est « Le Relais », qui a été à l'origine de la création d'une telle filière en France.

➔ Zoom sur la Basse-Normandie :

En Basse-Normandie comme dans toute la France, il existe des points de collecte pour déposer les textiles.

Il existe plusieurs associations qui récoltent ces textiles, usagés ou non, à l'aide de bacs de collecte répartis sur toute la France. En région, pour déposer des textiles dans le but d'une réutilisation ou d'une transformation, il est possible de les déposer soit dans les bacs « Le relais », soit de les faire parvenir aux associations suivantes¹¹ :

- Communauté Emmaüs ;
- Association Itinéraire / la chiffonnerie ;
- Association BACER.



48 Rouleau de textile recyclé – crédit photo www.solostock.fr



49 Point de collecte « Le relais »

VII.2.- TRANSFORMATION : DE LA PLANTE AUX MATÉRIAUX DE PRODUCTION

Les textiles usagés récupérés par les différents organismes de collectes sont acheminés dans des centres de tris dans lesquels on décidera de leur avenir : soit ils entreront dans la catégorie réemploi et recyclage vers des destinations textiles, soit ils seront en trop mauvais état et seront à destination des usines de production d'isolant.

Les tissus seront défibrés dans des machines spécialisées, qui trieront les fibres textiles de tout les corps étrangers (boutons, rivets, ...) Une fois en vrac, cette fibre sera transformée en rouleaux ou panneaux, grâce au liant (fibre de polyester) à hauteur de 15 %.

Il existe également des isolant en fibre textile recyclée en vrac, qui sont traitée au sel de bore, pour que la résistance au feu soit améliorée. Pour les isolants en plaques et en rouleaux, la résistance au feu se fait surtout grâce au parement venant cacher l'isolant.

On retrouve également de nombreuses autres façons de revaloriser ces produits en fin de vie, comme dans l'industrie automobile, en rembourrage des fauteuils, ou même dans l'ameublement, l'industrie vestimentaire.



50 Textile recyclé en vrac – crédit photo www.isolation-et-chauffage.com



51 Unité de transformation - crédit photo Métisse®

¹¹ Pour trouver le point de collecte le plus proche de chez vous : www.lerelais.org/lci

➔ Panneaux et rouleaux de laine de textile recyclé

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	18 à 75	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0.039 à 0.048	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	Non renseigné	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1200 à 1400	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	29 à 71	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	4.6x10 ⁻⁷ à 1.8x10 ⁻⁶	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	1 à 2	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	M4	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	10 à 13	[€/m ²]

Sources : *L'isolation thermique écologique*, J-P. Oliva, S. Courgey, Comptoir Ecologique de Normandie, logis nature et Kenzaï. Prix matériau hors pose.

• UTILISATIONS

Ce type de produit s'utilise en isolation de planchers, toits plats, rampants, et murs. Lors d'une isolation de murs ou de rampants à plus 45°, l'isolant en rouleaux se tassera sous l'effet de la gravité.

La mise en œuvre se fera en référence au DTU en vigueur, selon le type de construction, et selon les préconisations des fabricants.

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- Bon régulateur hygrothermique ; - Bon isolation acoustique et thermique (confort d'été et d'hiver) ; - Bilan CO2 faible : produit issu du recyclage ; - Produit issu de l'économie sociale et solidaire ; - Pas de dégagements toxiques en cours d'utilisation ou en cas d'incendie ; - Le matériau n'est pas propice au développement des moisissures ; - Le classement au feu M1 s'obtient avec la pose d'un BA13 en parement.	- Produits inflammables ; - Tassement possible dans les murs et les rampants si la mise en œuvre n'est pas maîtrisée.

• FABRICANTS ET PRODUITS DE ROULEAUX ET PANNEAUX DE LAINE DE BOIS

Il n'existe pas d'usine de transformation pour ces produits en Basse-Normandie, c'est pourquoi le référencement qui suit est basé sur toute la France.

MARQUE / FABRICANT	PRODUIT	ROULEAU	PANNEAU	CERTIFICATION	LOCALISATION
LE RELAIS	Métisse	X		Aucun	Pas de Calais, Nord
	Métisse		X	ATec (mur et toiture) ATE en cours ACERMI en cours	
ISOA	Laine de coton ISOA	X	X	Non renseigné	Dordogne
LA TOISON DORÉE	Laine de coton		X	Non renseigné	Bouches du Rhône
ISOSEK	Isolant en textile recyclé		X	Non Renseigné	Rhône-Alpes

Liste non exhaustive et modifiable sur demande : www.arpe-bn.com

➔ Laine de textile recyclée en vrac

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	16 à 20	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0.045 à 0.05	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	Non renseigné	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1400	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	32 à 37	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	1.8x10-6 à 2x10-6	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	1 à 2	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	M1 à M2	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	17 à 20	[€/m ²]

Sources : L'isolation thermique écologique, J-P. Oliva, S. Courgey

• UTILISATIONS

L'utilisation de la laine de textile recyclée en vrac se retrouve en isolation des murs, planchers, combles perdus, rampants et plafond suspendus.

La mise en œuvre en vrac se fera selon les textes normatifs et les recommandations des ATec, DTA, et autres documents techniques respectifs.



52 Laine de textile en vrac – crédit photo www.batiproduitsmaison.com

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- Bon régulateur hygrothermique ; - Bon isolation acoustique et thermique (confort d'été et d'hiver) ; - Bilan CO2 faible : produit issu du recyclage ; - Produit issu de l'économie sociale et solidaire - Pas de dégagements toxiques en cours d'utilisation ou en cas d'incendie ; - Le matériau n'est pas propice au développement des moisissures.	- Produit inflammable ; - Tassement possible dans les murs et les rampants si la mise en œuvre n'est pas maîtrisée.

• FABRICANTS ET PRODUITS*

Il n'existe pas d'usine de transformation pour ces produits en Basse-Normandie, c'est pourquoi le référencement qui suit est basé sur toute la France.

MARQUE / FABRICANT	PRODUIT	CERTIFICATION	LOCALISATION
LE RELAIS	Métisse	Aucun	Pas de Calais, Maine et Loire
ISOA	Laine de coton ISOA Laine de coton ISOLERIS Isocoton Baticoton soufflage	ATec	Dordogne

• ENTREPRISES ET ARTISANS POSEUR D'ISOLANT EN LAINE DE TEXTILES RECYCLÉS EN BASSE-NORMANDIE*

ARTISAN/ENTREPRISE	DÉPARTEMENT	VILLE	CONTACT
SARL BATIM	Manche	Moyon	02 33 57 93 04
SARL LE CHEVALIER ET FILS	Manche	Cerisy la Forêt	02 33 55 47 37
AGENCE POUR L'ECONOMIE D'ENERGIE	Calvados	Hérouville St Clair	09 63 64 41 08
ISO 50	Manche	Coutances	02 33 47 23 49
ISOLA NATURE SARL	Manche	St Laurent de Terregatte	02 33 68 16 30

* Listes non exhaustives et modifiables sur demande : www.arpe-bn.com

VIII.1.- INTRODUCTION

Dès ses premiers abris, l'homme a utilisé conjointement son savoir-faire, des matériaux de construction et un outillage approprié. Jusqu'à très récemment la majorité des matériaux mis en œuvre était d'origine naturelle et locale. Ce n'est qu'avec l'industrialisation et le développement des transports à partir du milieu du 19ème siècle, et le boom de la construction d'après guerre, que l'industrie de la construction actuelle s'est envolée et a bouleversé l'équilibre initial.

Parmi ces matériaux locaux et naturels, on retrouve la terre, qui est, à peu près, disponible partout dans le monde. Les techniques de construction étant assez variées, et en fonction de l'endroit où la terre était prélevée, cela a permis de créer un patrimoine très coloré en Basse Normandie. La palette de couleur qu'offre ce matériau est tellement large que l'on part des ocres jaunes, pour aller jusqu'aux bruns foncés, en passant par les ocres rouges et les gris cendrés.

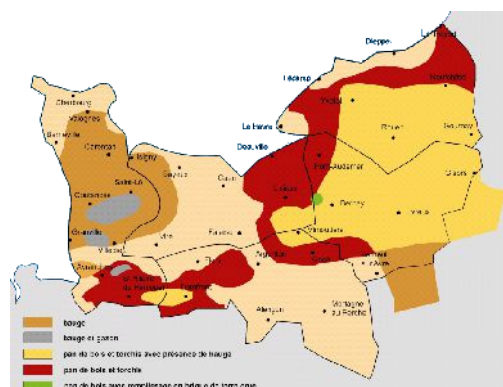
Aux premiers temps, la terre utilisée pour la construction était prélevée aux abords des chantiers. Aujourd'hui, reste accessible sur les chantiers, mais est plus fréquemment prélevée dans des carrières de terre pour les briqueteries.

La terre n'est pas considéré comme un isolant, cependant, grâce à sa capacité de régulation thermique, et notamment sa forte inertie, ce matériau participe au confort thermique et plus particulièrement au confort d'été. De plus, la terre dispose d'une capacité d'autorégulation de l'humidité, qui permet d'éviter le risque de condensation, ce qui lui apporte un avantage considérable.

Enfin, l'intensité sociale de ce matériau est telle que dans le coût des travaux réalisés, seule une petite partie est dédiée à l'obtention de la matière première. L'autre partie correspond à la main d'œuvre nécessaire à la réalisation d'un tel chantier, et par conséquent valorise des emplois locaux non délocalisables.

➔ Zoom sur la Basse-Normandie

Les constructions en terre crue constituent une vraie originalité de la Basse-Normandie... Grâce à un sol riche en terre argileuse et limoneuse, notre région concentre d'ailleurs la plus grande quantité d'édifices en bauge recensés en France. Sur le territoire du Parc Naturel Régional des Marais du Cotentin et du Bessin, on dénombre plus de 10 000 constructions en terre crue, auxquelles nous pouvons rajouter tous les bâtiments du Pays d'Auge et du Mortainais.



55 Les constructions en terre en Basse-Normandie, source PNR MCB

VIII.2.- TRANSFORMATION

En Basse-Normandie, on retrouve plusieurs types de construction à base de terre, que l'on peut séparer en deux grandes catégories : la terre crue, et la terre cuite. En terre cuite, nous retrouverons les briques pleines ou creuses, qui seront utilisées en tant qu'éléments structuraux, ainsi que d'autres produits de construction non structuraux (tuiles, pavés, etc.), et en terre crue, nous aurons des procédés constructifs tels que le torchis, la bauge, le pisé, le gazon ou l'adobe.



54 Terres - crédit photo Parc du Cotentin et du Bessin



53 Maison à colombage et toiture en chaume, Foulbec - crédit photo Joanne Boulvin

Pour chacun de ces procédés en terre crue, on retrouve une composition plus ou moins proche, utilisant ou non des végétaux, afin de fibrer une terre argileuse, de la rendre plus résistante aux fissures, et plus isolante.

VIII.3.- LES DIFFÉRENTS MÉLANGES ET TECHNIQUES DE CONSTRUCTION

➔ Le torchis en remplissage de pan de bois

• LA TECHNIQUE CONSTRUCTIVE

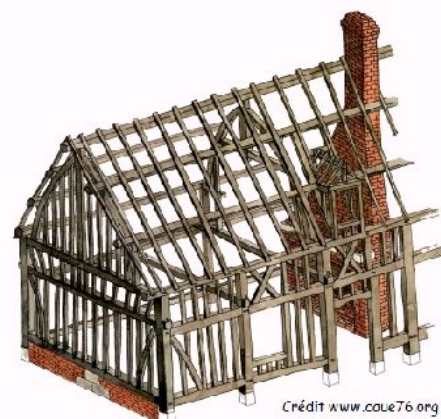
Le torchis est une technique de hourdage : il s'agit de combler les vides d'une structure porteuse en bois, communément appelée pan de bois ou colombage, avec un mélange de terre d'eau et de foin, insérés entre deux poteaux de l'armature.

Le nom Torchis viens du mot « torche », car la mise en œuvre traditionnelle consiste à « tresser » un mélange de terre et de végétaux (paille, foin, etc.) sur une armature d'accroche constituée d'éclisses, de lattes ou de gaulettes entre les colombes.

- Le système de fixation par lattes, consiste à venir insérer des lattes originellement tirées de branches souples de noisetier, de saule ou de tilleul au milieu de la structure principale. Aujourd'hui, pour des raisons de couts de main d'œuvre, on utilise le plus souvent des liteaux débités, ou achetés en scieries, comme ceux utilisés en toiture ou en support de bardage bois. Afin d'assurer la pérennité du système d'accroche, les clous forgés ont été remplacés par des pointes en acier galvanisés de même type que celles utilisées en couverture.
- Le plus souvent, les lattes sont fixées aux colombes avec un espacement de trois doigts approximativement, afin de pouvoir passer un bourrelet de torchis.
- La gaulette reprend l'idée du système d'armature d'accroche par lattes, mais convient dans les cas où les poteaux structuraux du colombage sont très espacés. Les gaulettes qui seront mises en œuvre seront de plus grande section que les lattes de la technique précédente, à cause de l'entraxe des colombes plus large ; par conséquent, l'intervalle entre chaque gaulette peut être un peu plus grand que pour les lattes.

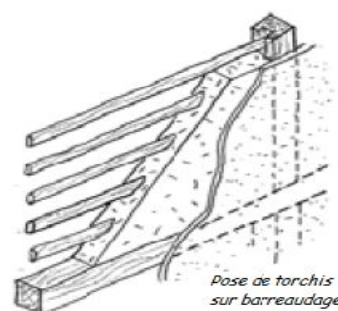
Lorsque l'on voulait garder les deux faces du colombage apparent, l'utilisation d'éclisse est la plus appropriée. Ce système d'accrochage consiste à créer une grille en zigzag, constituée de petits morceaux de bois insérés de force dans des encoches d'un côté et dans une rainure de l'autre côté. Avec l'adjonction du remplissage, cet assemblage obtient une résistance mécanique plus importante sans pour autant compromettre l'élasticité si le remplissage se fait par tressage de teurques (lien de foin tordu).

Le torchis est utilisé en remplissage de pan de bois (colombage) et sert également de parement intérieur et/ou extérieur, selon le type de mise en œuvre. En fonction du taux de paille dans le torchis, celui-ci pourra être assimilé à un isolant, malgré ses faibles caractéristiques thermiques. (cf. définition sur la chaleur spécifique des matériaux).

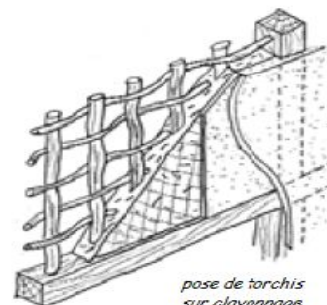


Crédit www.caue76.org

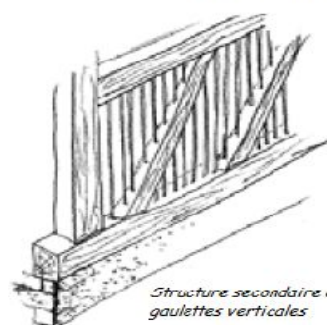
56 Structure porteuse en pan de bois



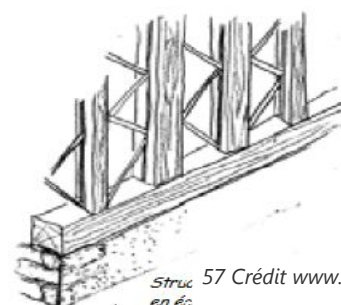
pose de torchis sur barreaudage



pose de torchis sur clayonnage



Structure secondaire à gaulettes verticales



Struc en éc 57 Crédit www.caue28.org

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	1400 à 1800	20 [kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0.26 à 0.52	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	Non renseigné	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1000	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	603 à 9677	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	1.8x10 ⁻⁷ à 2,9x10 ⁻⁷	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	6 à 9	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	Non mesuré	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	Non renseigné	[€/m ²]

Source : « La terre crue en basse Normandie, de la matière, à la manière de bâtir », « Terre crue, technique de construction et de restauration », <http://craterre.org>, www.asterre.org, Capeb Haute Normandie, étude ascni

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- La terre est une ressource locale, abondante et réutilisable ; - La paille est une ressource locale, renouvelable, recyclable et compostable ; - Pas de dégagements toxiques en œuvre, ni en cas d'incendie ; - Bon régulateur hygrothermique ; - La terre enrobant la paille la protège du feu ; - Pas de liants chimiques ; - Stockage de CO₂ dans la paille ; - Bon régulateur thermique ; - Très bon isolant phonique ; - Utilise peu d'eau pour sa transformation ; - Système plus solide que la terre crue seule ; - Grande inertie thermique ; - La terre supprime les mauvaises odeurs et bloque les ondes électromagnétiques.	- Protection de l'ouvrage aux remontées d'eau par capillarité nécessaire* ; - En technique traditionnelle : nécessité d'un complément d'isolation et d'une bonne étanchéité à l'air. (l'étanchéité à l'air est nécessitée plus par les liaisons ossature/terre-végétaux que par le torchis lui-même).

*La protection d'un ouvrage aux remontées d'eau par capillarité doit se faire sur tous les systèmes constructifs.

Pour chaque cas de construction en terre, les murs doivent être à l'abri des remontées d'humidité par capillarité. Sur la photo ci contre, c'est le soubassement qui viendra créer cette rupture entre la terre du mur et le sol.

➔ Les terres allégées

• LE MATÉRIAU

Le mélange de terre allégée se rapporte à celui du torchis, cependant, sa composition en diffère légèrement. Cette technique va utiliser beaucoup plus de paille et moins de terre, afin de donner un matériau plus léger et plus isolant. Les végétaux mis en œuvre sont le plus souvent, de la paille, ou des copeaux de bois.

En comparaison avec du torchis, la fonction de remplissage est la même, mais le principe de mise en œuvre est différent, puisque le mélange est coffré généralement.



58 Longère normande en pan de bois – crédit photo www.escapade-normande.fr

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	300 à 400	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0.12 à 0.15	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	Non renseigné	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1300	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	216 à 279	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	3.6×10^{-7} à 4.6×10^{-7}	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	3 à 4	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	Non mesuré	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	Non renseigné	[€/m ²]

Source : « La terre crue en basse Normandie, de la matière, à la manière de bâtir », « Terre crue, technique de construction et de restauration », <http://craterre.org>, www.asterre.org, Capéb Haute Normandie, étude ascni

• UTILISATIONS

Les terres allégées sont utilisable en amélioration thermique du bâti ancien, en permettant d'assurer la continuité capillaire à la différence d'autres techniques d'isolation contemporaine, en isolation des structures en pan de bois en complément ou remplacement du torchis, et en alternative au béton de chanvre, ou en construction neuve.

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- La terre est une ressource locale, abondante et réutilisable ; - La paille est une ressource locale, renouvelable, recyclable et compostable ; - Pas de dégagements toxiques en œuvre, ni en cas d'incendie ; - Bon régulateur hygrothermique ; - La terre enrobant les végétaux les protègent du feu ; - Pas de liants chimiques ; - Stockage de CO₂ dans la paille et le bois ; - Bon régulateur thermique ; - Très bon isolant phonique ; - Utilise peu d'eau pour sa transformation ; - Système plus solide que la terre crue seule ; - Grande inertie thermique ; - La terre réduit les mauvaises odeurs et bloque les ondes électromagnétiques.	- Protection de l'ouvrage aux remontées d'eau par capillarité nécessaire* ; - Temps de séchage assez long - En technique traditionnelle : nécessité d'un complément d'isolation et d'une bonne étanchéité à l'air. (l'étanchéité à l'air est nécessaire plus par les liaisons ossature/terre-végétaux que par le mélange lui-même).

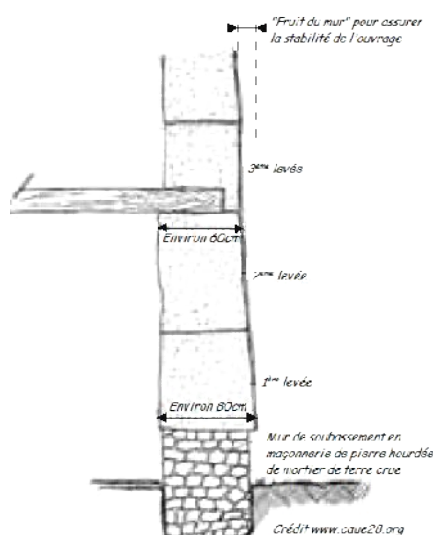
➔ La bauge

• LA TECHNIQUE CONSTRUCTIVE

De toutes les techniques constructives, la bauge nécessite peu d'outillage spécifique. Cette technique, jusqu'alors peu étudiée, a connu moins d'adaptation contemporaine que l'autre grande technique de construction en terre massive qu'est le pisé, comme la majeure partie des constructions en terre. Cette technique n'est pas un parent pauvre de la maçonnerie, car c'est le matériau terre en général, qui a été délaissé avec le temps.



59 Démarrage d'un mur en bauge- crédit photo 'La terre crue en Basse-Normandie'



Début de restauration d'un mur en bauge
 on débutera généralement sur un soubassement protégeant le mélange terre-paille des remontées d'eau par capillarité et des rejaillissements d'eau pouvant survenir en pied de mur. Ce solin était traditionnellement réalisé en pierres hourdées au mortier de terre ou de chaux, et mesure entre 60 et 80 cm de largeur, et allant jusqu'à 1 m pour les constructions les plus anciennes. En terme de hauteur, cela peut varier entre 40 cm jusqu'à la hauteur d'un étage complet.

Sur les bâtiments du 16^{ème} et du 17^{ème} siècle, qui sont parfois encore présents, l'épaisseur du mur était très conséquente à la base, était ensuite diminuée au fur et à mesure que le mur montait, afin d'assurer sa stabilité (dispositif nommé « fruit du mur »).

Aujourd'hui, il existe plusieurs solutions permettant de mécaniser la préparation de la bauge, allant du foulage au tracteur venant rouler sur le mélange pour le malaxer à l'utilisation d'un malaxeur à béton, en passant par le godet d'une pelleteuse. Ce malaxage mécanisé permet d'obtenir sans effort les gros volumes de mélange nécessaire à l'édification des murs. Dans le cas où la teneur en eau du mélange s'avère trop importante, il faudra laisser reposer la bauge pendant une journée, avant de la mettre en œuvre.

Avant de commencer à lever un mur en terre massive, on peut, au préalable, préparer la surface qui recevra le mélange en y appliquant une barbotine, ou en humidifiant le support un peu à l'avance.

Lors de la levée, on peut observer plusieurs techniques pour mettre le mur en forme. La première étant la mise en œuvre à la fourche, avec une pose des fourchées à plat ou en oblique directement sur le soubassement, et la seconde technique de mise en œuvre est le gazon à plat ou en oblique.

La mise en œuvre de la bauge consiste à déposer de petites quantités de bauge sur le soubassement, en laissant un débord de 5 cm de chaque côté du mur. Cette opération est répétée de manière à ce que la levée fasse toute la largeur du mur sur une hauteur allant de 60 à 90 cm. Grâce à la paille et à la plasticité maîtrisée du mélange, cette levée se tient en place toute seule, mais en l'absence de coffrage la terre

Constituée uniquement d'un mélange de terre, de paille et d'eau, la bauge, également appelée « masse » localement, cette technique constructive est monolithique, et se monte par couche successives, comme l'a décrit Arthur Young, agriculteur et agronome Britannique du XVIII^e siècle, lors de son passage en Normandie, et plus particulièrement dans le secteur de Carentan : « La terre [...] est bien pétrie avec de la paille ; quand on l'a étendue sur le sol en couches d'environ 4 pouces, on la coupe en carrés de 9 pouces ; on les place sur une pelle et on les lance au maçon qui est sur le mur ; le mur est construit comme en Irlande, en couches, chacune de 3 pieds de haut et qu'on laisse sécher avant de pousser plus avant. La largeur est d'environ 2 pieds. On les fait dépasser d'environ un pouce, que l'on coupe, couche par couche, d'une façon parfaitement lisse. »



61 Préparation de la bauge à la pelleteuse



62 Compactage au bâton

Retaille au paroir

Compactage et lissage de la levée

Crédit photos PNR Marais du Cotentin et du Bessin

déborde sur les cotés sous l'effet du tassement, et les débords doivent être contrôlés et au besoin tassés à coup de bâton.

Après quelques jours de séchage, la bauge est retaillée afin de lui donner son aplomb définitif, puis la finition se fera avec un resserrage au bâton éventuellement complété par un enduit de lissage.

La mise en œuvre du gazon ressemble à celle de la bauge, mais cette variante est surtout observée dans le Sud-Manche et dans le Calvados, qui a été décrite par Arthur Young. Elle consiste à découper des pavés dans un mélange de terre similaire à la bauge, qui a un peu séché au soleil pour une meilleure tenue.



63 Mur en gazon érodé- crédit photo PNR Marais du Cotentin et du Bessin

Les blocs seront ensuite mis en place sur le soubassement, en lit oblique ou à plat. L'utilisation d'un mortier n'est pas nécessaire, car les blocs étant encore meuble, ils adhèrent naturellement les uns aux autres. L'utilisation de blocs pré-séchés limite le phénomène de tassement et les débords de murs. La finition au bâton est similaire à la technique de la bauge et rend parfois difficile la distinction entre les deux techniques par la simple observation du bâti.

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	1500 à 1700	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0.5 à 0.6*	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	Non renseigné	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	1000	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	866 à 1010	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	3.3×10^{-7} à 4×10^{-7}	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	6 à 9	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	Non mesuré	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	Non renseigné	[€/m ²]

*La conductivité thermique, de la bauge est proche du torchis, et au pire équivalent au pisé (étude ascni) - Source : « La terre crue en basse Normandie, de la matière, à la manière de bâtir », « Terre cure, technique de construction et de restauration », <http://craterre.org>, www.asterre.org, Capeb Haute Normandie, étude ascni

• UTILISATIONS

La bauge ou le gazon sont des techniques aujourd'hui peu utilisées régionalement en construction neuve. Elles sont avant tout utilisées pour la restauration du patrimoine important dont on dispose localement (près de 10 000 édifices sur le territoire du Parc Naturel Régional des Marais du Cotentin et du Bessin).

Elle connaît toutefois des développements contemporains dignes d'intérêt en Bretagne, sur le bassin de Rennes et en Angleterre dans le Devon. Des filières de préfabrication existent également en Haute Normandie où de nombreux murs de clôture sont remontés ou créés avec cette technique.

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- La terre est une ressource locale, abondante et réutilisable ; - La paille est une ressource locale, renouvelable, recyclable et compostable ; - Pas de dégagements toxiques en œuvre, ni en cas d'incendie ; - Bon régulateur hygrothermique ; - La terre enrobant la paille la protège du feu ; - Pas de liants chimiques ; - Stockage de CO₂ dans la paille ; - Bon régulateur thermique ; - Très bon isolant phonique ; - Grande inertie thermique ; - La technique nécessite peu d'outillage et est par conséquent accessible aux petites entreprises et aux auto-constructeurs ; - La terre bloque la propagation des ondes électromagnétiques et réduit les mauvaises odeurs ;	- Technique qui nécessite un temps de main d'œuvre important, mais une mécanisation est possible ; - Protection de l'ouvrage aux remontées d'eau par capillarité nécessaire (la protection d'un ouvrage aux remontées d'eau par capillarité doit se faire sur tous les systèmes constructifs) ; - Temps de séchage d'une levée long ;

➔ Le pisé

• LA TECHNIQUE CONSTRUCTIVE

Cette technique, originaire de la région Rhône-Alpes, le pisé s'est fait connaître au travers des écrits de François Cointeraux, architecte français. La matière première étant de la terre crue, elle ne doit subir que très peu de transformations pour sa mise en œuvre comme la globalité des techniques constructives en terre crue. De plus ce type de construction ne génère pas de déchets en fin de vie, et le matériau sera parfois réutilisable.

Le pisé est comme la bauge, un procédé permettant d'édifier des murs massifs et porteurs en terre crue.

Il consiste à damer, lit par lit, entre banches espacées de 50 cm en moyenne, une terre graveleuse, tout juste humide et généralement sans ajout de végétaux, préparée à cet effet. Ainsi battue, elle se lie, prend de la consistance, et forme un ensemble homogène. Le mur est réalisé sur un soubassement en pierre, pour la protection aux remontées capillaires.

La mise en œuvre du pisé commence par le criblage et l'émottage de la terre afin d'obtenir un matériau homogène, exempt de très gros granulats.

Ensuite, vient le malaxage de la terre, qui sera au besoin humidifiée, pour obtenir une teneur en eau de l'ordre de 8 à 12 %. Suivant la qualité des terres, il faudra également abonder le mélange en sable et cailloux (disposition fréquente pour les terres dont on dispose en région).

Chacune de ces étapes peut être faite par un matériel mécanisé, tels que des cribleurs à tamis cylindrique, des broyeurs ou des rotavator pour l'émottage, ou encore des malaxeurs planétaires, motoculteur pour le malaxage.

Le transport et le levage du matériau jusqu'à la banche se faisait autrefois grâce à des seaux, cependant, aujourd'hui, face aux contraintes de rendements et pour le confort des ouvriers, un outillage mécanique tel qu'un tractopelle, un chargeur à bras télescopique, voire une grue pour les chantiers les plus importants se révèle nécessaire.

La terre est ensuite déversée entre les banches sur une hauteur d'une douzaine de centimètres, et damée en deux passages grâce à un psoir manuel ou pneumatique. Une fois cette étape terminée, un nouveau lit de terre sera déversé sur le premier, puis damé, et on renouvelle ces opérations jusqu'à ce que la terre affleure avec le haut des banches. Une fois la levée terminée, on démontera le coffrage, pour le replacer dans la continuité de la 1ère banchée afin de poursuivre.

Une fois la première levée terminée (le tour de la maison est complet), on va pouvoir commencer la 2ème levée. Pour cela, il faut d'abord s'assurer que la levée précédente ait effectué son retrait (soit un ou plusieurs jours), et faire en sorte que chaque banchée soit levée en quinconce par rapport à la précédente.



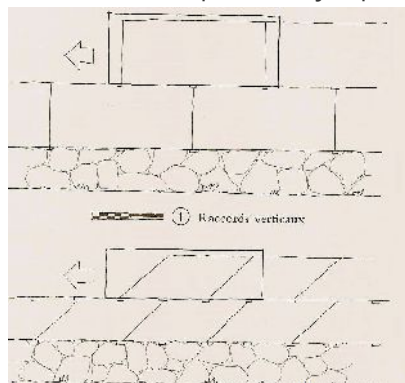
67 Mur en pisé levé – crédit photo <http://storage.canalblog.com>



64 Malaxeur planétaire spécial terre – crédit photo www.oskam-vf.com



65 Utilisation d'une grue pour une construction en pisé - crédit photo www.lafermeeverdy.com



66 Empilement en quinconce des levées

Dans certains cas, comme le traitement des angles, il est préférable de rajouter un liseré de chaux pour solidifier un peu plus la terre, et éviter que celle-ci ne s'effrite trop facilement.

Les ouvertures sont ménagées au fur et à mesure, par l'incorporation de cadres en bois dans la terre compactée, et la mise en place d'un linteau maçonné ou en bois.

Ces dispositions concernent la mise en œuvre traditionnelle. Pour le pisé contemporain, les principes d'édification des murs peuvent être différents. Le coffrage peut être réalisé sur l'ensemble des murs, sur toute leur hauteur. Le retrait est aujourd'hui maîtrisé par une adaptation de la granulométrie et la maîtrise de la teneur en eau.

Le temps de séchage d'un mur en pisé dépend de son épaisseur et de la teneur en eau de la terre lors de sa mise en œuvre. Un mur de 40 cm d'épaisseur en pisé sèche en 4 à 6 mois.

Aujourd'hui, il est fréquent que le pisé soit stabilisé à l'aide d'un liant hydraulique (généralement du ciment ou de la chaux hydraulique naturelle). Dans ce cas, le pisé doit subir une « cure » en fin de fabrication, qui consiste à le laisser sécher dans une ambiance fermée, sous bâche plastique. Ce procédé garantit la rétention d'eau nécessaire à la bonne prise du liant hydraulique et durera deux à trois semaines.

Une alternative à ce système constructif est le pisé préfabriqué. Celui-ci est mis en œuvre au sol, dans un moule à dimensions variables, dans lequel la terre est damée, en différents lits successifs. Une fois terminé, le bloc est immédiatement démoulé. Il sera ensuite, après séchage, levé à la grue et déposé sur un lit de mortier de chaux ou de terre, pour lier les blocs les uns aux autres.

La principale différence dans ce procédé réside dans un calepinage précis des blocs pour assurer la qualité visuelle et constructive du mur.

D'un point de vue environnemental, cette technique est similaire au procédé traditionnel si les blocs de pisé sont préfabriqués sur chantier.

L'intérêt de la préfabrication réside surtout dans la maîtrise de la teneur en eau lors de la mise en œuvre, surtout sur la région, dans le fait de construire en milieu urbain ou sur des parcelles ne permettant pas une extraction locale de la terre.

L'impact environnemental de la fabrication en usine n'est pas plus important que la fabrication sur site, il y a juste le transport en plus, à relativiser avec l'acheminement des engins de chantiers lorsque la terre est prélevée sur le site de construction.



68 Damage du pisé avec un psoir pneumatique - source F. Streiff



69 Mur en pisé stabilisé - crédit photo www.asterre.org



70 Mise en place d'un bloc de pisé préfabriqué, source F. Streiff



71 Coffrage de préfabrication, source F. Streiff



72 Murs en pisé préfabriqués, source F. Streiff

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Densité	ρ	1700 à 2200	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0.45 à 0.6	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	Non renseigné	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	800	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	1050 à 1280	[J/(°K.m ² .s)]
Diffusivité thermique	D	5.3×10^{-7} à 5.9×10^{-6}	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	10	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	M0	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	≈400	[€/m ²]

Source : « La terre crue en basse Normandie, de la matière, à la manière de bâtir », « Terre crue, technique de construction et de restauration », <http://craterre.org>, www.asterre.org, Capeb Haute Normandie, étude ascni

• UTILISATIONS

Le pisé est une technique constructive visant principalement à créer des murs porteurs, de cloisonnement, de décoration (exemple poêle de masse).

La terre est un matériau à forte inertie et fort déphasage, et donc vas emmagasiner énormément de chaleur avant de transmettre celle-ci 12 heures plus tard*. Par conséquent, ce type de construction est très apprécié pour le confort d'été et la fraîcheur apportée par les murs.

En hiver, le temps de chauffe de la maison peut être long, mais lorsque le bâtiment est « chaud », celui-ci emmagasine les calories, et les restituent doucement, ce qui permettra de ne pas avoir de pics de consommation pendant les quelques jours de grand froid. Actuellement cette caractéristique n'est pas intégrée dans les moteurs de calculs thermiques réglementaires. Il est donc difficile de caractériser thermiquement ce type de constructions.¹²

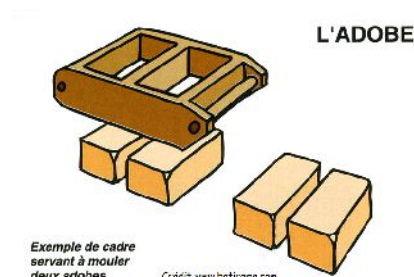
• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- La terre est une ressource locale, abondante et réutilisable ; - Pas de dégagements toxiques en œuvre, ni en cas d'incendie ; - Bon régulateur hygrothermique si absence de stabilisation ; - Pas de liants chimiques ; - Bon régulateur thermique ; - Très bon isolant phonique ; - Bilan CO2 très bon * ; - Grande inertie thermique ; - La terre bloque la propagation des ondes électromagnétiques et réduit les mauvaises odeurs.	- Protection de l'ouvrage aux remontées d'eau par capillarité obligatoire** ; - Le temps de mise en œuvre et de séchage de la structure complète est assez long en technique traditionnelle. Il peut être nettement plus court grâce à la mécanisation, mais cela nécessitera un outillage important et plus complexe ; - Un chaînage du bâtiment est recommandé car le pisé ne travaille qu'en compression ; - La teneur en eau de la terre à utiliser et lors de la mise en œuvre doit être très bien maîtrisée.

*L'énergie nécessaire au compactage pneumatique d'1 m³ de pisé est de l'ordre d' 1/700ème de l'énergie dépensée pour 1 m³ de béton. **La protection d'un ouvrage aux remontées d'eau par capillarité doit se faire sur tous les systèmes constructifs. Source « Construction en pisé : Enjeux écologiques réels ou utopie ? » par Marine Descamp, Janvier 2009

➔ Les briques de terre crue ou adobe

Ces blocs de terre crue sont moulés et séchés au soleil. Contrairement aux blocs constituant le gazon (voir fiche sur la technique « bauge ») ceux-ci sèchent entièrement au soleil avant leur mise en œuvre, et sont liés grâce à un mortier.



¹² source « Bâtir en pisé, technique, conception, réalisation », association pisé, terre d'avenir.

La terre dont ces briques sont composées est épierrée, émottée et tamisée, avant d'être arrosée, jusqu'à devenir presque de la boue. On y ajoutera des fibres végétale et/ou animale, de l'ordre de 30% du volume total. Le mélange ainsi obtenu sera ensuite mis en forme le plus souvent grâce à un moule fabriqué sur mesure, afin d'obtenir des briques les plus régulières possible.

Dans certains cas, la mise en forme peut également se faire à l'aide d'une bêche, d'un fil, ou encore façonné à la main.

Une fois mise en forme, chaque brique est déposée sur le sol, au préalable saupoudré de sable ou de paille pour éviter que la brique n'adhère au support sur lequel elle est moulée. Pendant le séchage, long de 3 à 4 semaine, les briques sont retournées plusieurs fois afin d'homogénéiser le séchage. Le plus souvent, les briques sont façonnées à proximité du gisement, puis transportées sur chantier, après séchage.

On trouve également des variantes de la brique de terre crue façonnée artisanalement, qui sont des briques de terre comprimées, moulées dans des presses mécaniques, qui sont assimilable à l'évolution de l'adobe.

A la différence des adobes, les blocs de terre comprimée sont réalisés avec une terre tout juste humide, comme pour le pisé, sans adjonction de fibres, et sont parfois stabilisées à l'aide de la chaux ou du ciment. La compression de la terre se fait progressivement, afin que l'air contenu dans celle-ci puisse s'en échapper, et ainsi, rendre la brique plus résistante mécaniquement.

Une fois mise en forme, ces briques sont mises à sécher en phase humide (sous bâche) pendant une période allant de 1 à 3 semaines, et pourront ensuite être mises en œuvre.

Pour monter un mur en adobe, les briques devront impérativement reposer sur un soubassement en pierre, ou en brique cuites, afin de protéger l'ouvrage en terre des remontées d'eau par capillarités.

Lors de la mise en œuvre les briques sont aspergées d'eau, juste avant de les assembler avec un mortier à base de chaux ou de terre (la même que celle utilisée pour la confection des briques). Afin de pallier au problème de tassement du mortier, et cela du au poids propre de la terre, les murs seront élevés à raison de 80 à 100 cm par jour, pour une largeur variant entre 30 et 50 cm, en fonction des calepinages.

Les adobes et Briques de Terre Comprimées, peuvent également être mises en œuvre, en complément d'un autre système constructif.

Le mélange que l'on retrouve le plus fréquemment, est celui entre la brique de terre cuite et l'adobe de la manière suivante :

- la brique de terre crue pour les murs courants, les murs de refend et les murs extérieurs non exposés aux intempéries ;
- la brique cuite pour les murs exposés à l'Ouest, et les éléments architecturaux qui doivent avoir des caractéristiques de durabilité particulières (angles de murs, arcs, jambages, appuis de fenêtres, ...).

Une autre utilisation du bloc d'adobe, est le remplissage des murs en pan de bois, en lieu et place du torchis. Dans ce système constructif, la structure porteuse étant le colombage, et le torchis n'étant pas porteur, l'adobe ne servira qu'en remplissage.



73 Briques de terre crue en séchage – crédit photo www.partenaire-europeen.fr



74 Presse à brique de terre crue – crédit photo www.actu-ecologique.com



75 Montage d'un mur en briques de terre crue – crédit photo www.cd2e.com



76 Angle de mur et soubassement en briques de terre cuite, Thiberville (27) – source F. Streiff

• CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

		ADOBE	BTC	
Densité	ρ	1200 à 1700	1700 à 2200	[kg/m ³]
Conductivité thermique fabricant	λ	0.46 à 0.81	0.81 à 0.93	[W/m.°K]
Conductivité thermique RT 2012 (matériaux non certifiés)	λ	Non renseigné	Non renseigné	[W/m.°K]
Chaleur spécifique	c	850	650 à 850	[J/kg.°K]
Effusivité thermique	E	685 à 1082	946 à 1319	[J/(°K.m ² .√s)]
Diffusivité thermique	D	4.5×10^{-7} à 5.6×10^{-7}	5×10^{-7} à 7.3×10^{-7}	[m ² /s]
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau	μ	10	8	[-]
Classement au feu (Euroclasse)	-	Non renseigné*	Non renseigné*	[-]
Coût moyen TTC en négoce, pour une épaisseur de 100mm*	-	Non renseigné	Non renseigné	[€/m ²]

*Les briques de terre crue et BTC ont une bonne résistance au feu, d'après le « Traité de construction en terre », éditions parenthèses, mai 1995. Source : « La terre crue en basse Normandie, de la matière, à la manière de bâtir », « Terre crue, technique de construction et de restauration », <http://craterre.org>, www.asterre.org, Capeb Haute Normandie, étude ascni.

• UTILISATIONS

Les adobes sont fréquemment utilisées en rénovation des murs massifs en terre crue, pisé ou bauge. Dans les développements contemporains, les adobes et BTC sont fréquemment utilisés en remplissage d'ossature, murs porteurs, cloisonnement ou mur de masse apportant de l'inertie, derrière les poêles à bois notamment.



77 cloison en adobe de la maison du PNR des Marais du cotentin et du Bessin, source F. Streiff

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- La terre est une ressource locale, abondante et réutilisable ; - Pas de dégagements toxiques en œuvre, ni en cas d'incendie ; - Bon régulateur hygrothermique ; - Pas de liants chimiques ; - Bon régulateur thermique ; - Très bon isolant phonique ; - Bilan CO2 très bon ; - Grand inertie thermique ; - Utilisations variées ; - Facilité d'approvisionnement local ; - iques ; - La terre bloque la propagation des ondes électromagnétique et réduit les mauvaises odeurs.	- Protection de l'ouvrage aux remontées d'eau par capillarité obligatoire* ; - Le temps de mise en œuvre est assez long.

*La protection d'un ouvrage aux remontées d'eau par capillarité doit se faire sur tous les systèmes constructifs.

VIII.4.- LES ÉVOLUTIONS CONTEMPORAINES

➔ La terre coulée

• LE MATÉRIAU

La technique de terre coulée reprend les principes du béton coulé, mais avec de la terre à laquelle on peut éventuellement ajouter des liants hydrauliques. On l'utilise surtout pour des reprises en sous-œuvre dans du bâti en pisé. Il permet aussi une mise en œuvre plus rapide de murs non porteurs car il ne nécessite pas de coffrages très résistants.

A une terre à pisé, on ajoute une certaine quantité d'eau pour la rendre plus plastique. Il est nécessaire en même temps de modifier sa composition granulaire en ajoutant des graviers. On évite ainsi les fissures de retrait. On peut aussi stabiliser la terre coulée avec des liants hydrauliques. Pour mettre en œuvre ce mélange il faut une teneur en eau comprise entre 16 % et 20 %. Le pisé traditionnel a une teneur en eau de 11 % à 12 % d'eau¹³.

• UTILISATIONS

La terre coulée est employée en réparation des murs massifs en terre crue (principalement pisé) dégradés, pour boucher des trous, combler des fissures, réparer des angles abîmés ou faire des reprises pour de nouvelles ouvertures, et en remplissage d'ossature bois pour apporter de l'inertie thermique.

Sachant que cette technique reprend les principes du béton coulé, il est possible de la mettre en œuvre par projection du matériau (en modifiant sensiblement la teneur en eau), mais également dans des coffrages.

• AVANTAGES/INCONVÉNIENTS

QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
- La terre est une ressource locale, abondante et réutilisable ; - Pas de dégagements toxiques en œuvre, ni en cas d'incendie ; - Bon régulateur hygrothermique ; - Pas de liants chimiques ; - Bilan CO2 très bon ; - Facilité d'approvisionnement local ; - La terre bloque la propagation des ondes électromagnétique et réduit les mauvaises odeurs.	- Pas de caractérisation du matériau.

➔ Les dalles en terre

L'utilisation de la terre crue pour réaliser des dalles pleines est aussi possible. Cependant, la réalisation de dalles en terre n'est que très peu répandue, et sont dans la grande majorité des cas, réalisée par des auto constructeurs. De plus, il n'existe pas, à notre connaissance, de professionnel bas-normand réalisant ce type de travaux.

Les dalles de terre crue se distinguent par trois grandes techniques :

- Les dalles en terre compactées, sont réalisées à partir d'une terre humide, qui sera compactée selon la technique du pisé. La mise en œuvre est de l'ordre de 20 m²/jour, pour trois personnes, et le temps de séchage au minimum de 10 jours avant le premier traitement de surface, puis un jour entre chaque traitement, et enfin quelques jours pour le séchage complet.

¹³ Source : www.asterre.org



78 Texture de la terre coulée - source « Pisé H₂O », édition CRAterre



79 Terre coulée dans une ossature bois, Source «Pisé H₂O », édition CRAterre

- Les dalles de terre étalées à l'état plastique sont réalisées à partir d'une terre à consistance de torchis lourd, dont l'état hydrique est dit plastique. Ce type de dalle se réalise en plusieurs couches, qui seront étalées telles un enduit de sol, et qui ne sont pas compactées. La finition de ce type de sol sera un enduit ou une peinture à l'argile.
- La mise en œuvre se révèle assez longue, car il faut prendre en compte le temps de préparation du mélange, et le temps pour le mettre en œuvre, y compris le temps pour étaler, talocher et lisser le mélange. De plus, le temps de séchage sera assez long, compte tenu de la quantité d'eau présente dans le mélange (selon le climat, de trois semaines à deux mois pour la 1ère couche)
- Les dalles en terre coulées, sont réalisées à partir du même mélange que le pisé coulé. La couche de terre mise en œuvre peut être très épaisse, car elle ne nécessite pas de forte compaction, elle sera juste tassée. La finition d'une dalle en terre coulée sera réalisée avec des enduits talochés et lissés. Le temps de mise en œuvre peut être assez rapide, car la terre est coulée dès la sortie de la bétonnière. Cependant, concernant le temps de séchage, celui-ci n'a pas été évalué, mais est probablement long en fonction de l'épaisseur de la dalle et du climat.

• AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

	QUELQUES AVANTAGES	QUELQUES INCONVÉNIENTS
DALLE DE TERRE COMPACTÉE	- Excellente inertie ; - Isolation acoustique par effet de masse ; - Fort rendement d'un chauffage au sol grâce à l'inertie du matériau ; - Passage des gaines aisé ; - Bon régulateur hygrométrique (avec une finition naturelle) ; - Protection contre la propagation du feu.	- Technique peu répandue ; - Le volume de terre à mettre en œuvre correspond à 1.5 fois le volume tassé ; - Entretien tout les 5 ans (cire).
DALLE DE TERRE ÉTALÉE	- Bonne inertie ; - Isolation thermique possible si on utilise une sous-couche de terre-paille ; - Isolation acoustique par effet de masse ; - Possibilité d'installation d'un chauffage au sol ; - Passage des gaines aisé ; - Bon régulateur hygrométrique ; - Protection contre la propagation du feu.	- Technique peu répandue ; - Temps de séchage assez long ; - Entretien tout les 5 ans (cire).
DALLE DE TERRE COULÉE	- Passage des gaines aisé ; - Bon régulateur hygrométrique ; - Protection contre la propagation du feu.	- Technique peu répandue ; - Temps de séchage non connu, mais pouvant être long ; - Entretien tout les 5 ans (cire)

Source : « étude sur les sols intérieur en terre crue » DSA-terre, Anne Lemarquis, Asterre.

• FABRICANTS DE PRODUITS À BASE DE TERRE ET APPROVISIONNEMENT

MARQUE / FABRICANT	PRODUIT	DÉPARTEMENT	VILLE	CONTACT
SARL LES FRÈRES BON	Briques de terre comprimées Pisé préfabriqué Mortier de terre	Manche	Chef du Pont	02 33 01 24 01
BRIQUETERIE LAGRIVE	Briques de terre cuite Enduit terre prêt à l'emploi Torches prêt à l'emploi	Calvados	Glos	02 31 1 41 09
BRIQUETERIE DES CHAUFFETIÈRES	Briques de terre cuites Carrelage, Tuiles	Orne	L'Home Chamondot	02 33 83 39 26

Liste non exhaustive et modifiable sur demande : www.arpe-bn.com

• ENTREPRISES ET ARTISANS TRAVAILLANT LA TERRE EN BASSE-NORMANDIE

ARTISAN/ENTREPRISE	TYPE DE TRAVAUX	DÉPARTEMENT	VILLE	CONTACT
BERTRAND VICTOIRE	Enduits terre Torchis Brique de terre crue	Orne	Giel Courteilles	06 80 26 91 92
MARIE MEUNIER	Enduits terre Torchis Briques de terre	Orne	Saint Cyr la Rosière	06 64 27 84 66
MARTIN CONSTRUCTION	Torchis	Orne	Vimoutiers	02 33 39 05 08
VÉGÉTAL HABITAT	Enduit terre	Calvados	Lingèvres	02 31 38 72 30
PHILIPP BURTSCHER	Bauge en restauration Pisé Enduit terre Terre allégée Adobe BTC	Calvados	Longue sur Mer	06 37 36 77 60
SARL MC SYLVAIN LAUNEY	Bauge en restauration	Calvados	Colombières	02 31 10 14 50
RAULINE-FERAY SARL	Bauge en restauration	Calvados	Les Oubeaux	02 31 22 72 29
MICHEL CAPON	Bauge en restauration Bauge en construction neuve Enduits terre	Manche	Periers	02 33 47 31 87
LEBRUN PATRICK SARL	Bauge en restauration	Manche	Periers	02 33 45 25 82
SARL LES FRÈRES BON	Bauge en restauration Pisé Pisé préfabriqué BTC Enduit terre	Manche	Chef du pont	02 33 01 24 01
CHRISTIAN AVICE	Bauge en restauration	Manche	La Feuillie	02 33 46 58 15
PHILIPPE LAUNAY	Bauge en restauration	Manche	St Sauveur le Vicomte	02 33 41 75 06
ALAIN LELERRE	Bauge en rénovation	Manche	St Jean des Champs	02 33 50 89 44
ARNAUD LAURENT	Bauge en restauration	Manche	Pirou	02 33 46 59 38
L.D.E MR LEBARBANCHON	Bauge en restauration	Manche	Airel	02 33 55 44 76
VINCENT LORET	Bauge en restauration	Manche	St Patrice de Clais	02 33 46 71 10
M. MAGDELAINE MAISONS D'HISTOIRE	Bauge en restauration Pisé	Manche	Coutances	02 33 47 24 95
SARL MALOISEL & FILS	Bauge en restauration	Manche	Gaignes-Mesnil Angot	02 33 55 40 04
LEO CRESPIN MA MAISON AU NATUREL	Enduit Terre	Manche	Guilberville	06 61 76 60 46
SARL LETOURNEUR ET ASSOCIÉS	Bauge Pisé	Manche	Vernix	06 10 74 53 51
OLIVIER DARGAGNON	Bauge en restauration Enduit terre BTC	Manche	Boisroger	



Fiches Complémentaires

Afin de compléter ces fiches matériaux, sont également à votre disposition deux fiches de sensibilisation qui abordent les sujets suivants :

- ➔ **Le risque de condensation dans les parois**
- ➔ **La qualité de l'air intérieur**
- ➔

La première de ces fiches a pour but de sensibiliser les professionnels aux pathologies pouvant dégrader les performances thermiques des parois, mais aussi la structure dans certains cas extrêmes.

La seconde de ces fiches est elle destinée à informer les professionnels et particuliers des actions menées au niveau européen, national et régional, sur la qualité de l'air intérieur. Cette qualité de l'air intérieur passant par les potentielles émanations toxiques des matériaux de construction, vous retrouverez les différents textes de lois et programmes mis en place, ainsi que quelques outils que vous pourrez utiliser afin de pouvoir comparer les différents matériaux.

- I LE RISQUE DE CONDENSATION DANS LES PAROIS

I.1.- INTRODUCTION

Dans le bâtiment, on peut observer des pathologies dues à l'eau et à l'humidité. Celles-ci peuvent détériorer l'ouvrage avec le temps, jusqu'à mener le matériau à sa ruine, et créer des désordres structuraux. L'une de ces causes est liée à l'humidité dans les parois, et plus particulièrement au risque de condensation.

I.2.- LE POINT DE ROSÉE

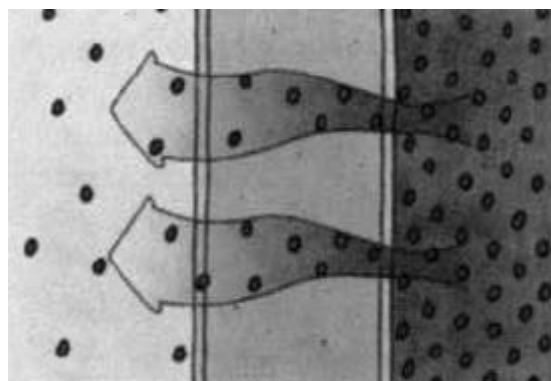
Lorsque l'air d'un local parvient au voisinage d'une paroi donnant sur l'extérieur, sa température s'abaisse. Dans un premier temps, ce refroidissement se fait à humidité spécifique constante, pendant que l'humidité relative de l'air est en augmentation. Si le refroidissement se poursuit, l'air humide atteint la saturation et il se produit une condensation. La température à laquelle se manifeste le début de la condensation est la température de rosée, que le diagramme de l'air humide, ou diagramme de Mollier ci-dessous permet de déterminer.

L'évolution suit ensuite la courbe de saturation (diminution de l'humidité spécifique) jusqu'à la température finale de l'air. La baisse d'humidité spécifique témoigne de la perte d'eau dans l'air. Elle se dépose sur la paroi : c'est la condensation superficielle.

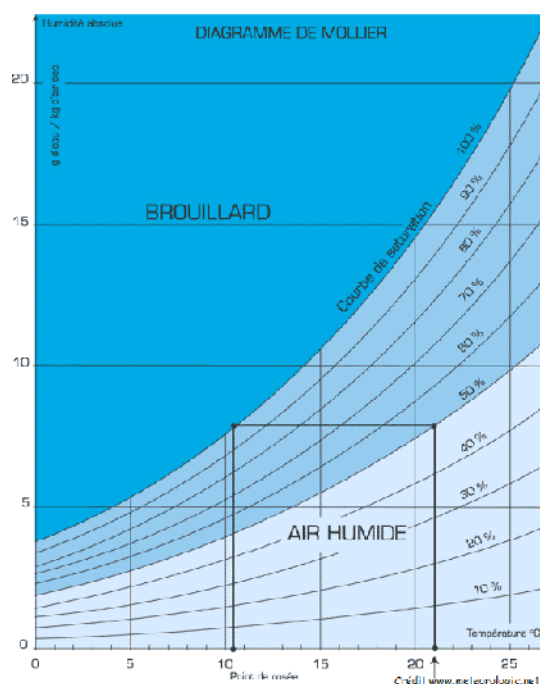
En l'absence d'isolation, on a condensation à la surface des murs. L'isolation thermique, outre la réduction des pertes par transmission et l'augmentation du confort, joue donc un rôle important sur les risques de condensation superficielle.

Le simple déséquilibre des pressions partielles de vapeur entre intérieur et extérieur (pressions qui dépendent de la température et de l'humidité relative de chacun de ces environnements) engendre une migration de vapeur d'eau de l'intérieur vers l'extérieur, avec un débit d'autant plus important que la paroi est perméable. Ce flux de vapeur existe pratiquement toujours en hiver, simultanément au flux de chaleur. Les matériaux du bâtiment sont pratiquement tous perméables à la vapeur d'eau. Il y a condensation dans la partie interne du mur lorsque la pression partielle de vapeur atteint la pression de vapeur dite saturante (correspondant à la pression de saturation de l'air en vapeur d'eau). L'eau s'accumule alors dans les porosités des matériaux, ce qui a pour effet, d'une part de diminuer considérablement la résistance thermique de l'isolant, localement ou totalement, et d'autre part d'entraîner, dans certains cas, des migrations d'eau par capillarité, et des risques de dégradation par le gel dans les couches extérieures des murs.

Afin de déterminer si la conception d'un mur ou d'un ensemble va générer une zone à risque de condensation, il est nécessaire de tracer un diagramme de Glaser et de vérifier que les courbes de pression partielle de vapeur et de pression de vapeur saturante ne se croisent pas, auquel cas, le risque de condensation sera présent. La courbe de pression de vapeur saturante est caractérisée par les performances thermiques des matériaux,



80 Pression de vapeur d'eau (PV) : La pression de vapeur d'eau intérieure (à droite) tend à s'équilibrer avec la pression de vapeur d'eau extérieure (à gauche). Source : *L'isolation thermique écologique*, J-P. Oliva, S. Courgey



81 Diagramme de Mollier - courbe de l'air humide

et représente le seuil à ne surtout pas dépasser, pour éviter la formation d'une zone à risque de condensation (cf. diagramme de Mollier). La courbe de pression partielle de vapeur est la courbe qui caractérise la pression réelle théorique en chaque point du mur.

Dans le cas où ces deux courbes ne se croisent pas, il n'y aura pas de condensation dans la paroi (cf. schéma de droite, ci dessous), mais dans le cas où celles-ci se croisent, il y aura formation de condensation. Dans ce cas présent, il faudra modifier la conception de la paroi pour éviter ce problème.

..A - Pathologies et Solutions à mettre en œuvre

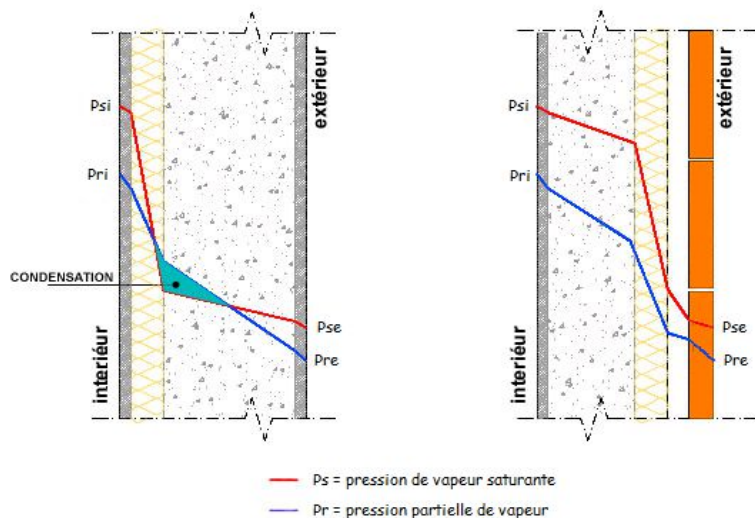
La grande règle à respecter est de concevoir le mur, de manière à ce que les matériaux les plus à l'extérieurs soient les plus ouverts à la vapeur d'eau (rapport de 1 à l'intérieur, pour 5 à l'extérieur). Grâce à ce type de conception, la vapeur d'eau qui va traverser la paroi, rencontrera de moins en moins de résistance à son passage, et sortira à l'extérieur plus aisément.

La solution la plus couramment mise en œuvre, est la mise en place d'un matériau très fermé à la diffusion de vapeur d'eau, type pare vapeur, frein vapeur, OSB... sur la face intérieure de la paroi.

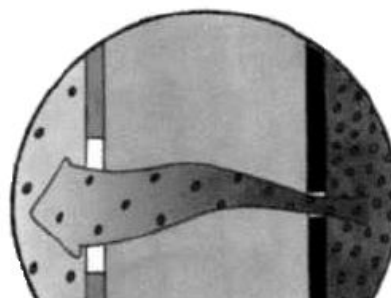
La mise en place de l'un de ces matériaux abaissera la pression de vapeur à « l'entrée » du mur, et évitera qu'une zone à risque de condensation se crée.

Sur le schéma n°1 à droite, on observe que le mur, conçu sans barrière pour abaisser la pression de vapeur, génère une zone à risque de condensation (en rouge). C'est dans cette zone que la vapeur d'eau va condenser, et risque de détériorer les matériaux.

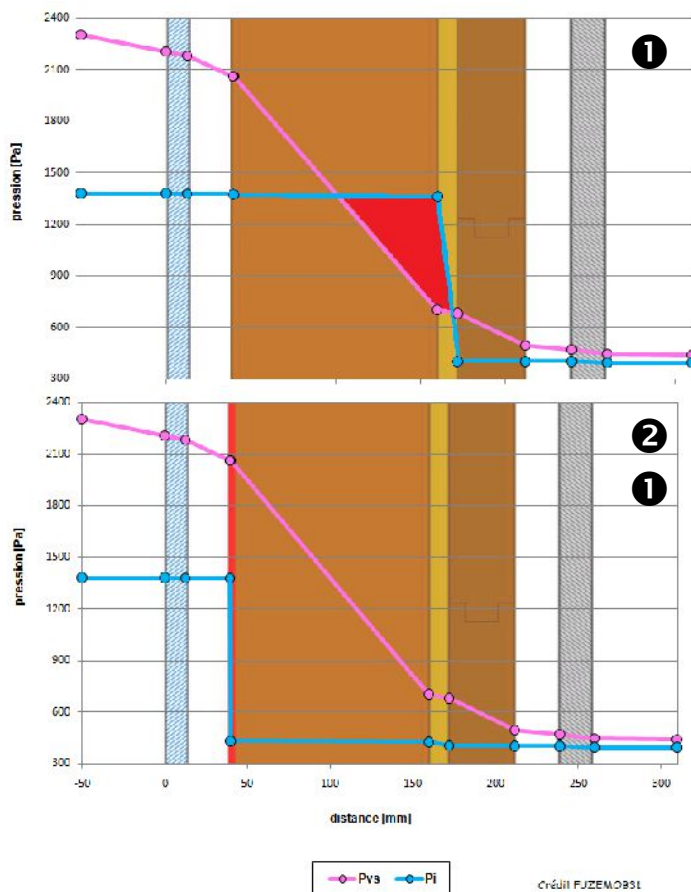
Pour résoudre le problème de condensation de l'exemple précédent, il suffit de mettre en place un matériau peu perspirant du côté intérieur de la paroi, et cela permet d'abaisser la pression de vapeur du côté intérieur du mur.



83 Application du diagramme de Glaser sur deux conceptions différentes – source www.engineering.palagio.it



82 Principe de la paroi perspirante : Limiter l'entrée de la vapeur d'eau dans coté



L'étanchéité à l'air d'un bâtiment est primordiale, car une mauvaise étanchéité à l'air entraînera des déperditions thermiques par ces fuites, mais elles laisseront également passer de l'air chargé en humidité, ce qui pourra recréer une zone à risque de condensation au niveau de la fuite.



Remarque

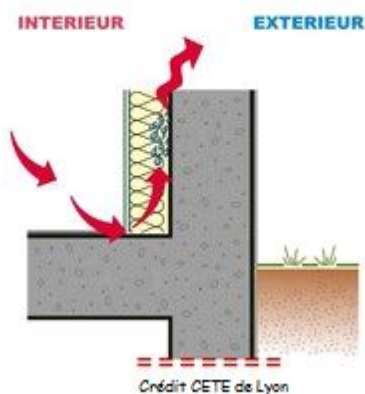
Selon les DTU de la série 31, Construction en bois, les freins vapeur ou pare vapeur doivent être mis en œuvre avec une grande précision. Ceux-ci doivent avoir un recouvrement vertical de 5 cm minimum, et un recouvrement horizontal de 10 cm minimum. Les jonctions entre les lats doivent être étanches à l'air grâce à l'application de colles ou de bandes adhésives spécifiques.

..B - Exemples de mise en œuvre

Afin d'illustrer la mise en œuvre d'éco-matériaux référencés dans les fiches précédentes, sont présentés, ci-dessous, quelques exemples de composition de parois, mettant en évidence les problèmes ou non, de condensation.

Les différentes études ci-dessous ont été effectuées à partir de la base de donnée référencée dans les fiches éco-matériaux, et à partir de la base de donnée Cocon, par le biais du site www.maison.com. Cependant, pour plus de précision, chaque étude devrait être effectuée à partir des données du produit mis en œuvre.

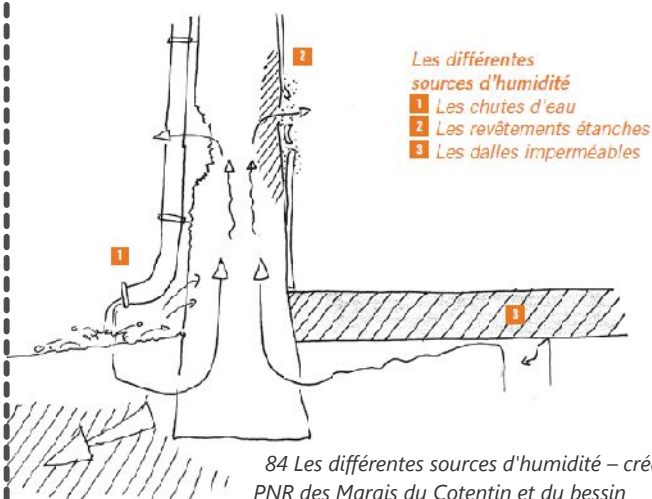
Diminution de la Température → Augmentation de l'Humidité Relative → Condensation → Moisissures et Oxydations



Remarque

Dans une habitation, nous produisons de la vapeur d'eau à tout moment (cuisine, salle de bain, transpiration du corps humain...). Si la maison est complètement étanche à l'air, cette vapeur d'eau ne pourra pas s'échapper. C'est pourquoi dans chaque maison neuve, et dans chaque cas de rénovation où l'étanchéité à l'air du bâtiment est améliorée, il faut penser à mettre en œuvre une ventilation adaptée, pour éviter que cette humidité ne vienne condenser sur les parois et générer des moisissures.

Un autre point de vigilance dans le cas d'une rénovation est le diagnostic des potentielles sources d'humidité. Celles-ci, si elles sont négligées peuvent également détériorer un ouvrage et le rendre impropre à sa destination.



Pour des raisons de simplicité d'utilisation et de gratuité de l'application, le logiciel qui a généré les calculs nécessaires au tracé des diagrammes de Glaser a été élaboré par Mr Philippe Courtin, Responsable du champ Construction, Energie, Sécurité, Environnement à l'IUT du Limousin, et disponible à l'adresse suivante : <http://public.iutenligne.net/confort/Courtin/glaser/Glaser.html>.

Les analyses effectuées dans ce document sont des études statiques qui peuvent également être réalisées à l'aide d'un tableur. Cependant, ce type d'étude ne prend pas en compte les fluctuations de températures et d'hygrométrie de l'air extérieur, et se basent sur un moment donné, soit le plus froid de

l'année. Les seuls logiciels qui prennent en compte de type de données variables avec le temps, sont ceux qui effectuent une analyse dynamique de ces données. (Voir chapitre outils)

Les caractéristiques hygrométriques de l'air intérieur et extérieur sont issu du logiciel de simulation thermique USAI, qui référence ces données selon les zones climatiques définies par la RT 2005 (cf. carte ci-contre).



85 Zones climatiques définies dans la RT 2005 – crédit www.terralstructure.com



Remarque

L'étude du risque de condensation dans les parois n'est pas obligatoire dans la réglementation thermique 2005. Les données recueillies dans ce logiciel ne se basent que sur le découpage des zones climatiques de cette réglementation.

➔ Caractéristiques hygrométriques de l'air

Zone H1	JAN.	FÉV.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.
Intérieur												
Température [°C]	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Humidité relative [%]	55,2	55,9	60,4	65,7	70	75,7	83,8	80,5	75,1	65,9	57,1	55,5
Extérieur												
Température [°C]	3,5	4	7,1	10,5	13,1	16,3	20,6	18,9	16	10,6	4,8	3,7
Humidité relative [%]	84,4	79,5	72	67,8	68,2	68,5	67,2	69,5	76	83,1	85,7	86,7

Zone H1 de la RT 2005 (source logiciel USAI)

Zone H2	JAN.	FÉV.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.
Intérieur												
Température [°C]	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Humidité relative [%]	56	62,2	63,4	66,3	72	78,3	84,8	81,5	77,4	70,6	60,5	59,1
Extérieur												
Température [°C]	4,04	8,24	9,04	10,8	14,2	17,7	21,1	19,4	17,2	13,4	7,14	6,24
Humidité relative [%]	84,4	79,5	72	67,8	68,2	68,5	67,2	69,5	76	83,1	85,7	86,7

Zone H2 de la RT 2005 (source logiciel USAI)

Afin de simplifier l'étude, les taux d'hygrométrie de l'air intérieur et extérieur seront arrondis pour prendre en compte les deux zones climatiques qui composent la région Basse-Normandie. De plus, les températures extérieures seront majorées jusqu'à -5°C, car cela représente les pointes de températures négatives que nous atteignons de temps à autre.



Remarque

L'étude du risque de condensation à l'aide du diagramme de Glaser donnera un résultat à un moment donné. Sachant que les conditions hygrométriques de l'air ainsi que les températures varient tout au long de l'année, il est préférable d'effectuer une analyse dynamique.

Pour cela, les calculs sont à réaliser selon la norme EN ISO 13788, permettant des calculs sur des éléments finis sur une période de 1 à 2 ans, et nuance le risque d'apparition de moisissures sur cette période.

• **EXEMPLE 1 : MUR OSSATURE BOIS, ISOLÉ EN LAINE DE BOIS, ET LAINE DE TEXTILE RECYCLÉ**

Composition du MUR (de l'intérieur vers l'extérieur)

Plaque de Placoplâtre type BA13, ép. 13 mm
 lame d'air, ép. 25 mm
 Frein vapeur, $sd = 5$ m
 Doublage isolant en laine de textile recyclé ép. 60 mm
 Isolant en laine de bois entre montants ép. 140 mm
 Panneaux de fibres de bois ép. 16 mm

Conditions climatiques d'étude

Température intérieure : 19°C
 Température extérieure : -5°C
 Taux d'hygrométrie intérieur : 55 %
 Taux d'hygrométrie extérieur : 85 %.

Résultat de l'étude

Pas de condensation au sein de la paroi

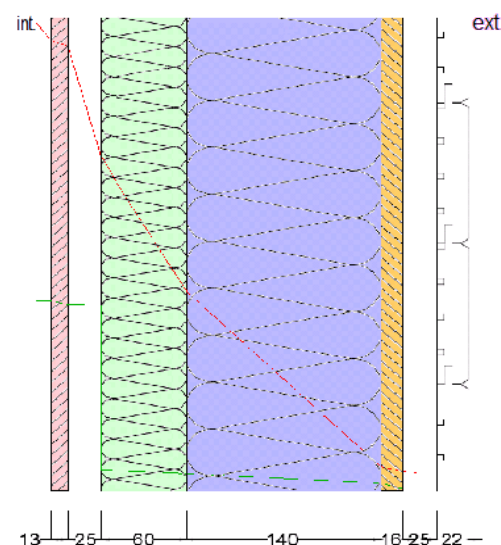


86 Isolation et doublage d'isolation en laine de bois – source www.sgmo-construction.fr

En plus de ces différents matériaux, le mur est également composé, à l'extérieur, d'une lame d'air ventilée de 25 mm, et d'un bardage en bois massif. Cependant, ceux-ci ne rentrent pas en compte dans les calculs, car la lame d'air ventilée n'est pas isolante, et nous considérons sa température identique à celle de l'air extérieur.

Résultats	BA13	air	frein vapeur	métisse	laine de bois	agepan	
		BA13	air	frein vapeur	métisse	laine de bois	agepan
e	cm	1.3	2.5	0.02	6.0	14.0	1.6
λ	W/m/K	0.25	0.024	2.3	0.04	0.04	0.09
Rth	m².K/W	0.052	1.04	8.7E-5	1.5	3.5	0.178
mu - μ	-	7.0	1.0	25000.0	2.0	2.0	11.0
sd	m	0.091	0.025	5.0	0.12	0.28	0.176
ρ	kg/m³	825	1	130	50	55	550
c	J/kg/K	1008	1000	1000	1400	2100	2100
Cv	Wh/m³/K	231	0	36	19	32	321
a	m²/s	3.01E-7	2.4E-5	1.77E-5	5.71E-7	3.46E-7	7.79E-8
b	J/m²/K/s½	456	5	547	53	68	322
T int.	°C	18.5	18.3	14.4	14.4	8.85	-4.19
T ext.	°C	18.3	14.4	14.4	8.85	-4.19	-4.85
PVS int.	Pa	2135	2109	1647	1647	1138	447
PVS ext.	Pa	2109	1647	1647	1138	447	425
PV int.	Pa	1100	1088	1085	433	417	380
PV ext.	Pa	1088	1085	433	417	380	358
Condensation	-	Non	Non	Non	Non	Non	Non

87 Caractéristiques de chaque matériau mis en œuvre.



88 Diagramme de Glaser appliqué à un mur ossature bois, isolé en laine de bois et doublé en laine de textile recyclé.

• **EXEMPLE 2 : PLANCHER BAS ISOLÉ EN ÉTOUPES DE LIN**

Composition du plancher (de l'intérieur vers l'extérieur)

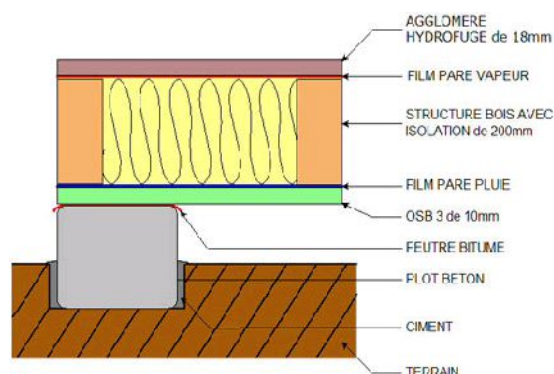
Panneau d'aggloméré ép. 18 mm
 Pare vapeur sd = 50 m
 Isolant en étoupes de lin entre solives ép. 200 mm
 Panneaux d'OSB ép. 10 mm

Conditions climatiques d'étude

Température intérieure : 19°C
 Température extérieure : -5°C
 Taux d'hygrométrie intérieur : 55 %
 Taux d'hygrométrie extérieur : 85 %.

Résultat de l'étude

Pas de condensation au sein de la paroi



89 Coupe d'un plancher bas en bois isolé entre solives - crédit www.knock-on-wood.net

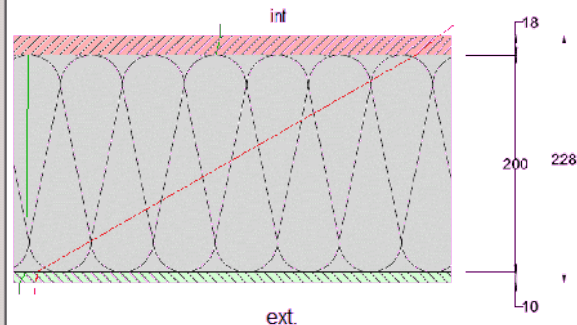
La composition de ce plancher est celle qui est mise en œuvre (hors choix de l'isolant) par des professionnels de la construction bois www.knock-on-wood.net, et reprend le principe constructif du DTU 31.2 « maisons ossatures bois », ainsi que le principe constructif MBOC du CNDB.

Sur le schéma 91 ci-dessus, on remarque la présence d'un pare pluie qui, dans l'absolu, n'est pas indispensable, car un plancher bas en bois n'est pas en contact avec le sol, et ne rencontrera pas de ruissellement d'eau, si la mise en œuvre et la conception du bâtiment est maîtrisée.

Résultats | panneau aggloméré | frein vapeur | étoupes de lin | OSB3

		panneau aggloméré	frein vapeur	étoupes de lin	OSB3
e	cm	1.8	0.1	20.0	1.0
λ	W/m/K	0.11	2.3	0.037	0.12
Rth	m².K/W	0.164	4.35E-4	5.41	0.0833
$\mu - \mu$	-	70.0	50000.0	2.0	203.0
sd	m	1.26	50.0	0.4	2.03
ρ	kg/m³	600	130	35	470
c	J/kg/K	1500	2300	1600	2500
Cv	Wh/m³/K	250	83	16	326
a	m²/s	1.22E-7	7.69E-6	6.61E-7	1.02E-7
b	J/m²/K/s½	315	829	46	375
T int.	°C	18.5	17.8	17.8	-4.49
T ext.	°C	17.8	17.8	-4.49	-4.84
PVS int.	Pa	2128	2040	2039	437
PVS ext.	Pa	2040	2039	437	426
PV int.	Pa	1210	1190	396	390
PV ext.	Pa	1190	396	390	358
Condensation	-	Non	Non	Non	Non

90 Caractéristiques de chaque matériau mis en œuvre.



• EXEMPLE 3 : MUR EN BAUGE DOUBLÉ DE BÉTON DE CHANVRE

Composition du mur (de l'intérieur vers l'extérieur)

Béton de chanvre ép. 100 mm

Mur en bauge ép. 800 mm

Enduit de terre ép. 20 mm

Conditions climatiques d'étude

Température intérieure : 19°C

Température extérieur : -5°C

Taux d'hygrométrie intérieur : 55 %

Taux d'hygrométrie extérieur : 85 %.

Résultat de l'étude

Pas de condensation au sein de la paroi

La composition de ce type de mur ne nécessite pas de frein vapeur ou pare vapeur pour abaisser la pression de vapeur intérieure, car les murs en terre régulent le taux d'humidité naturellement. L'ajout d'un frein vapeur et d'un parement intérieur rapporté ne ferait qu'augmenter la largeur de ce type de mur, sans apporter d'améliorations majeures, ni thermiquement, ni hygrométriquement.



91 Crédit photo Rénovation énergétique d'un bâtiment ancien grâce à l'application d'un enduit chaux-chanvre - www.isolation-chanvre-vendee.com



92 Doublage isolant d'un mur en terre à l'aide de blocs de chanvre - Crédit photo <http://terrativ.blogspot.com>

Résultats		béton de chanvre	Bauge	enduit terre
e	cm	10.0	80.0	2.0
λ	W/m/K	0.17	0.75	1.2
R _{th}	m².K/W	0.588	1.07	0.0167
μ - μ	-	13.0	6.0	10.0
sd	m	1.3	4.8	0.2
ρ	kg/m³	800	1500	2000
c	J/kg/K	1700	1000	1008
Cv	Wh/m³/K	378	417	560
a	m²/s	1.25E-7	5.0E-7	5.95E-7
b	J/m²/K/s½	481	1061	1555
T int.	°C	17.3	9.64	-4.26
T ext.	°C	9.64	-4.26	-4.48
PVS int.	Pa	1978	1200	445
PVS ext.	Pa	1200	445	438
PV int.	Pa	1100	947	381
PV ext.	Pa	947	381	358
Condensation	-	Non	Non	Non

93 Caractéristiques de chaque matériau mis en oeuvre.



Mise en place d'un frein vapeur pour assurer l'étanchéité à l'air du bâtiment, et abaisser la pression de vapeur intérieure avant que celle-ci ne traverse l'isolant.



95 Combles isolés par flocage en ouate de cellulose - crédit photo

www.artisansecologiques.com

Composition du complexe (de l'intérieur vers l'extérieur)

Plaque de plâtre type BA13, ép. 13 mm
Lame d'air, ép. 25 mm
Frein vapeur, sd = 1 m
Ouate de cellulose soufflée, ép. 350 mm.

Conditions climatiques d'étude

Température intérieure : 19°C
Température extérieure : -5°C
Taux d'hygrométrie intérieur : 55 %
Taux d'hygrométrie extérieur : 85 %.

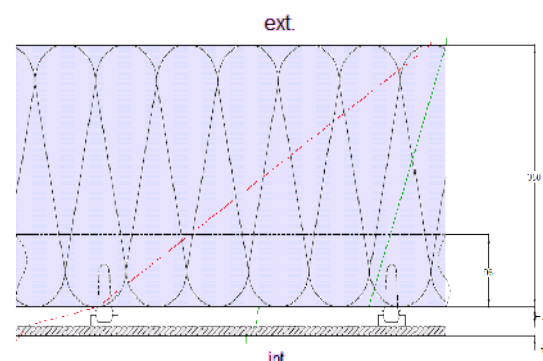
Résultat de l'étude

Pas de condensation au sein de la paroi

Résultats	BA13				
e					
λ	W				
Rth	m²				
μ - μ					
sd	m	0.091	0.025	1.0	0.7
ρ	kg/m³	825	1	130	35
c	J/kg/K	1008	1000	2300	2000
Cv	Wh/m³/K	231	0	83	19
a	m²/s	3.01E-7	2.4E-5	7.69E-6	5.57E-7
b	J/m²/K/s½	456	5	829	52
T int.	°C	18.8	18.6	16.2	16.2
T ext.	°C	18.6	16.2	16.2	-4.91
PVS int.	Pa	2168	2152	1843	1843
PVS ext.	Pa	2152	1843	1843	424
PV int.	Pa	1210	1167	1156	686
PV ext.	Pa	1167	1156	686	358
Condensation	-	Non	Non	Non	Non

Dans cette étude, en retirant le frein vapeur, il n'y a pas de zone à risque de condensation qui se forme. Par conséquent, celui ci n'est pas obligatoire pour la condensation, mais pour obtenir de bonnes performances thermique, il est nécessaire. Plus d'infos sur www.cstb.fr/pdf/cpt/CPT_3647.PDF

96 Caractéristiques de chaque matériau mis en oeuvre



97 Coupe d'une isolation de combles en ouate de cellulose soufflée

Composition du mur (de l'intérieur vers l'extérieur)

Enduit à la chaux ép. 10 mm
Montant bois/béton plein¹⁵ ép. 40 mm
Paille ép. 400 mm
Enduit à la chaux ép. 10 mm

Conditions climatiques d'étude

Température intérieure : 19°C
Température extérieure : -5°C
Taux d'hygrométrie intérieur : 55 %
Taux d'hygrométrie extérieur : 85 %.

Résultat de l'étude

Présence d'une zone à risque de condensation, pour un flux de vapeur d'eau traversant les montants d'ossature en bois massif.

EXEMPLE 5 : MUR EN PAILLE, TECHNIQUE GREB²⁴

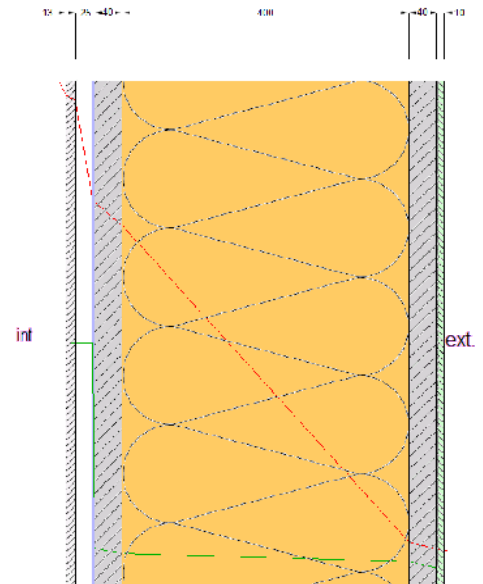
Dans le cas présent, cette étude s'est révélée positive pour une zone

nts n'étant pas caractérisé, la vérification de la tants d'ossature.

à risque de condensation, pour un flux de vapeur d'eau traversant l'ossature bois. N'ayant pas de caractérisations de ce mortier, il faudra prendre les précautions nécessaires, afin d'éviter toutes pathologies. (voir 2ème étude qui suit).

Résultats		enduit chaux	bois	paille	bois	enduit chaux
e	cm	1.0	4.0	40.0	4.0	1.0
λ	W/m/K	0.7	0.14	0.065	0.14	0.7
Rth	m².K/W	0.0143	0.286	6.15	0.286	0.0143
μ - μ	-	7.0	35.0	2.0	35.0	7.0
sd	m	0.07	1.4	0.8	1.4	0.07
ρ	kg/m³	1600	540	90	540	1600
c	J/kg/K	850	2400	2000	2400	850
Cv	Wh/m³/K	378	360	50	360	378
a	m²/s	5.15E-7	1.08E-7	3.61E-7	1.08E-7	5.15E-7
b	J/m²/K/s¹/²	976	426	108	426	976
T int.	°C	18.5	18.5	17.5	-3.82	-4.81
T ext.	°C	18.5	17.5	-3.82	-4.81	-4.86
PVS int.	Pa	2139	2133	2004	460	427
PVS ext.	Pa	2133	2004	460	427	425
PV int.	Pa	1100	1086	808	649	371
PV ext.	Pa	1086	808	649	371	358
Condensation	-	Non	Non	Oui	Oui	Non

98 Caractéristiques de chaque matériau mis en oeuvre



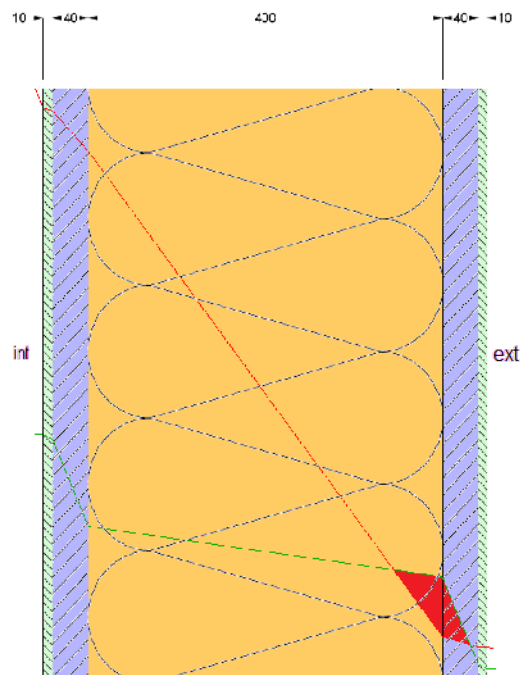
99 coupe d'un mur en paille, avec un frein vapeur mis en place coté intérieur, et doublage en BA13.

Résultat de l'étude

Pas de condensation au sein de cette paroi, cependant la mise en place d'un frein vapeur ou d'un pare vapeur n'est pas obligatoire sur ce type de mur, si les caractéristiques thermiques et hygrométrique du mortier allégé permettent au mur de réguler le taux d'humidité.

Résultats	EA13	lame d'air	frein vapeur	bois	botte de paille	bois	enduit chaux	
		BA13	lame d'air	frein vapeur	bois	botte de p...	bois	enduit chaux
e	cm	1.3	2.5	0.1	4.0	40.0	4.0	1.0
λ	W/m/K	0.25	0.024	2.3	0.14	0.065	0.14	0.7
Rth	m².K/W	0.052	1.04	4.35E-4	0.286	6.15	0.286	0.0143
mu - μ	-	7.0	1.0	50000.0	35.0	5.0	35.0	7.0
sd	m	0.091	0.025	50.0	1.4	2.0	1.4	0.07
ρ	kg/m³	825	1	120	540	90	540	1600
c	J/kg/K	1008	1000	2300	2400	2000	2400	1000
Cv	Wh/m³/K	231	0	77	360	50	360	444
a	m²/s	3.01E-7	2.4E-5	8.33E-6	1.08E-7	3.61E-7	1.08E-7	4.37E-7
b	J/m²/K/s½	456	5	797	426	108	426	1058
T int.	°C	18.6	18.5	15.3	15.3	14.5	-3.98	-4.84
T ext.	°C	18.5	15.3	15.3	14.5	-3.98	-4.84	-4.88
PVS int.	Pa	2147	2126	1744	1744	1650	454	426
PVS ext.	Pa	2126	1744	1744	1650	454	426	424
PV int.	Pa	1210	1209	1208	433	411	380	359
PV ext.	Pa	1209	1208	433	411	380	359	358
Etude du point de rosée à travers le contreventement en béton plein								
Condensation	-	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non

100 Caractéristiques de chaque matériau mis en œuvre



101 Coupe d'un mur en paille (technique GREB).

OUTILS¹⁵

➔ « Easy H2O »

EASY H2O permet de simuler la migration de la vapeur d'eau dans une paroi en tenant compte de sa composition et des conditions d'environnement (températures, taux d'humidité...), une bibliothèque de matériau matériau est préexistante elle peut être complétée par les matériaux de son choix permet l'ajout de composants : <http://http://www.ecsbtp.fr/fr/easy-h2o-t36.html>. logiciel développé par Edition conseil Service.

➔ « eztiMAT »

Logiciel de Conception Assistée par Ordinateur des parois opaques qui permet de maîtriser les coûts et les objectifs thermiques des constructions et rénovations BBC en thermique dynamique, de maîtriser les risques de condensation dans les parois. Ce logiciel, unique en son genre, et équipé d'une base de donnée préenregistrée, est développé par Gwenan Ingénierie, et est en vente sur www.ezti.com.



➔ « WUFI »

WUFI® (Wärme und Feuchte instationär) est un logiciel convivial qui permet de réaliser des calculs réalistes du transfert transitoire de chaleur et de masse dans les composants de construction à plusieurs couches soumis à des conditions climatiques naturelles (selon la norme NF en 15026). Il est basé sur les avancements récents en matière de diffusion de vapeur et de transfert de liquide dans les matériaux et a été validé par des comparaisons détaillées avec des mesures de laboratoire ou effectuées sur le site extérieur expérimental de l'IBP. Logiciel en vente sur www.wufi-pro.com

¹⁵ Cette liste n'est pas exhaustive, et est modifiable sur demande : www.arpe-bn.com

L'observatoire de la qualité de l'air intérieur et ses partenaires, dont l'ADEME, ont rendu public fin 2006 le premier état national de la qualité de l'air intérieur dans les logements. Ce document montre que le problème de la qualité de l'air intérieur est préoccupant dans un tiers des logements en France. Cette enquête analytique, réalisée dans 567 habitations, a porté sur une trentaine de polluants ou des paramètres de confort : température, dioxyde de carbone, présence d'humidité, monoxyde de carbone, composés organiques volatils, particules, radon, allergènes de chiens, de chats, d'acariens, rayonnement gamma, contamination fongique. Certaines substances sont spécifiques à l'air intérieur ou sont présentes dans des concentrations beaucoup plus élevées qu'à l'extérieur. C'est le cas des composés organiques volatils, détectés dans 100 % des logements. Dans 5 à 30 % des logements, on relève des valeurs nettement plus élevées que les concentrations moyennes, donc potentiellement dangereuses pour la santé. L'étude disponible sur www2.ademe.fr.

Les matériaux de construction et de décoration (peintures, colles, vernis...) contenant des produits chimiques et autres molécules nocives sont une importante source de pollution intérieure. Ils sont présents en abondance dans nos intérieurs, du sol au plafond, dans les mousses d'isolation jusque dans les meubles, les papiers peints, moquette et textiles muraux.

Les composés organiques volatils (COV) sont les plus inquiétants. Il en existe des centaines dont certains sont cancérogènes, ou mutagènes, ou encore toxiques pour la reproduction, c'est pourquoi, à l'échelle nationale et internationale, des actions sont menées, afin d'alerter la population¹⁶.

➔ La directive européenne 2008/50/CE

Depuis quelques années, on s'intéresse en particulier aux particules de 10 microns et 2.5 microns, car elles jouent un rôle essentiel au niveau sanitaire. En effet, les particules inférieures à 10 microns sont capables de pénétrer dans les poumons (particules inhalables PM10), et celles qui ont un diamètre inférieur à 2.5 microns peuvent atteindre les alvéoles pulmonaires pour s'y loger et s'y accumuler (particules alvéolaires PM2.5).

A ce titre, une stratégie thématique sur la pollution atmosphérique a été adoptée par la Commission Européenne en septembre 2005, assortie d'une proposition de directive sur la qualité de l'air ambiant, celle-ci publiée au Journal Officiel de l'Union Européenne, en juin 2008. Cette présente directive a mis en place un seuil pour réduire les pollutions de l'air dues aux particules fines (PM2.5), qui sont potentiellement les plus dangereuses pour la santé¹⁷.

➔ Le décret 2011-321 du 23 mars 2011

Au niveau national et à partir du 1er janvier 2012¹⁸, un décret impose le premier étiquetage en matière de santé environnementale, pour les produits de construction et de décoration. Ce texte instaure officiellement une obligation d'indiquer sur une étiquette, placée sur un produit de construction ou son emballage, les caractéristiques d'émission, une fois mis en œuvre, en substances volatiles polluantes. Elle sera obligatoire pour les produits suivants lorsqu'ils sont destinés, exclusivement ou non, à un usage intérieur :

- revêtements de sol, mur ou plafond,
- cloisons et faux plafonds,
- produits d'isolation,
- portes et fenêtres,

¹⁶ Source Ademe, OQAI.

¹⁷ Source www.notre-planete.info, www.reglementation-environnement.com

¹⁸ Les dispositions de ce décret s'appliquent à compter du 1er janvier 2012. Toutefois, elles s'appliquent à compter du 1er septembre 2013 aux produits mis à disposition sur le marché avant cette date.

- produits destinés à la pose ou à la préparation des produits précédents.

La liste des substances volatiles sera déterminée parmi les polluants visés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), sur la base de leurs risques de toxicité par inhalation et de leur fréquence d'occurrence dans les bâtiments.



Remarque

L'air intérieur privé concerne le domaine privé, donc libre et aucune norme ne s'y applique. Cependant, des recommandations qui sont prodiguées, à l'image de ce décret, permettront de sensibiliser davantage chaque consommateur. *Source : Légifrance, décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 et www.developpement-durable.gouv.fr*

➔ Le Plan Régional de la Qualité de l'Air en Normandie (PRQA) :

Sur le plan régional, la région Basse-Normandie, en collaboration avec la région Haute-Normandie, a décidé de réviser son Plan régional de la qualité de l'air pour la période 2010-2015.

L'un des objectifs du PQRA interrégional est de mieux analyser les phénomènes pour déterminer des orientations à suivre et des actions pertinentes à entreprendre pour améliorer la situation par rapport aux objectifs de qualité de l'air actuel et à venir. Pour cela les axes de veille et de recherche visés auront pour objectif, entre autres, de mieux connaître les effets sur la santé. Axe qui a été abordé en articulation avec le Plan Régional Santé Environnement (PRSE). Par ailleurs un axe à développer serait l'évaluation des effets sanitaires à long terme, en lien avec les recherches menées au plan national et international.

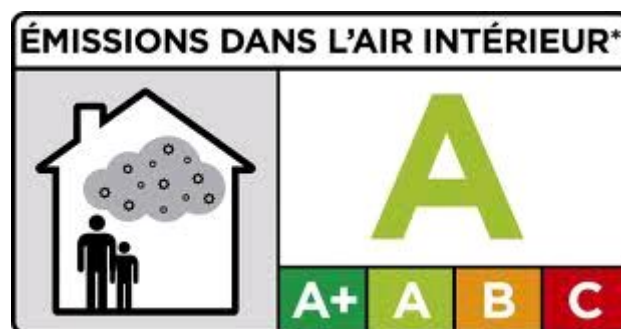
II.2.- LES OUTILS

Pour diminuer le risque, l'information des professionnels du bâtiment et des usagers est indispensable ainsi que la sensibilisation des fabricants pour qu'ils fournissent des matériaux et des produits faiblement émissifs. Pour connaître les émissions potentielles d'un produit, il existe plusieurs outils :

➔ Les avis techniques

Les avis techniques du CSTB, précisent dans certains cas les caractéristiques environnementales et sanitaires (émissions chimiques et radioactives, comportement vis-à-vis des moisissures et des bactéries, émissions d'odeurs).

Les avis techniques sont disponibles sur le site du CSTB, ou sur le site de l'agence qualité construction, pour les ATec sur liste verte C2P¹⁹.



➔ Les Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES)

Initiée par le CSTB, l'ADEME, l'AIMCC (Association des Industries fabriquant des Matériaux et Composants de Construction) et la DGUHC (Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction), la base de données INIES (Information sur les impacts environnementaux et sanitaires) regroupe actuellement 144 fiches de déclaration environnementale et sanitaire des produits de construction correspondant à environ 1 000 références commerciales.

Les FDES sont des déclarations établies sous la responsabilité du fabricant du produit, suivant la norme NF P 001-010.

Cette déclaration comprends une multitude d'informations sur le produit notamment sur l'aspect environnemental grâce à une analyse du cycle de vie du produit, sur l'aspect sanitaire en répertoriant les émissions de COV et de radioactivité, ainsi que sur le confort (thermique, acoustique, olfactif...).

¹⁹ www.cstb.fr et www.qualiteconstruction.com.

Dans la conception des bâtiments, ces fiches de déclarations sont importantes, notamment dans le cadre d'une démarche globale, (Haute Qualité Environnementale, bâtiment durable...), ceci dans le but de minimiser les impacts sur l'environnement et la santé. Les fiches FDES sont disponibles sur le [site de l'INIES](#).



Remarque

Les éco-matériaux étudiés précédemment ne disposent pas forcément de fiche FDES. Dans la base de données INIES, on retrouve quelques fiches pour les laines et fibres de bois, les laines de chanvre et chanvre/lin, la laine de textiles recyclés et la ouate de cellulose.

Dans la liste des éco-matériaux bio-sourcés référencés, on peut supposer que les principaux risques sanitaires, proviennent des produits de traitement contre les rongeurs, le pourrissement..., et des liants. Par conséquent, les produits qui subissent le moins de traitements chimiques et qui sont sous une forme brute (bottes de pailles, lin et chanvre en vrac, terre, copeaux de bois...) seront des produits plus sains que ceux sortant des chaînes de fabrications et subissant toute une série de traitement pour améliorer leur pérennité.

Pour aller plus loin : http://reseau-ecobatiser.org/resistance_et_discernement.html

REVENDEURS D'ÉCO MATÉRIAUX EN BASSE-NORMANDIE

Alternative écologique

788 Avenue de l'Europe

50400 YQUELON

Tel: 02 33 51 41 95

Fax: 02 33 51 49 51

<http://www.alternative-ecologique.fr>

Au fil du Bio

Biopôle du Bocage

14410 BURCY

☎ 02 31 68 61 18

@ aufildubio@orange.fr

<http://www.aufildubio.fr>

Comptoir écologique du Cotentin

4 avenue Louis Lumière

50100 CHERBOURG

☎ 02 33 42 11 70

Eco-Pertica

L'Hôtel Buissonnet

61340 NOCE

☎ 06 22 39 74 10

@ ecopertica@gmail.com

<http://www.ecopertica.com>

Isolation 14

ZAC des Longchamps

Saint Martin des entrées

14400 Bayeux

@ isolation.14@orange.fr

<http://www.isolation-14.fr>

Eco-Pertica

L'Hôtel Buissonnet

61340 NOCE

☎ 06 22 39 74 10

@ ecopertica@gmail.com

<http://www.ecopertica.com>

Lieux de vie Nord Ouest

2 rue des Verrouis

50660 LINGREVILLE

☎ 02 33 46 18 45

Logis Nature

ZA GUIBRAY

Rue de l'industrie

14700 FALAISE

☎ 02 31 90 78 84

@ logisnature@orange.fr

<http://www.logisnature.fr>

Matériaux déco Nature

Parc d'activité du Launay II

14130 PONT-L'EVEQUE

☎ 02 31 64 36 13

Logis du Bien Être

Route d'Isigny

50 000 St Lô

☎ 02 33 57 94 65

@ contact@logis-du-bien-etre.com

Liste non exhaustive et modifiable sur
demande : www.arpe-bn.com

A

AB Agriculture Biologique
ACERMI Association pour la CERTification des Matériaux Isolants
ADEME Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie
AFNOR Association Française de NORmalisation
AFOCEL Association FORêt CELLulose
AIMCC Association des industries de produits de construction
ARCENE Association Régionale pour la Construction Environnementale en NormandiE
ARPE Association Régionale pour la Promotion de l'Eco-construction
ATE Avis Technique Européen
ATec Avis Technique
ATex Appreciation Technique d'expérimentation
AQC Agence Qualité Construction

B

BACER Bourse Aide aux Chômeurs par Environnement et Récupération
BBC Bâtiment Basse Consommation
BTC Brique de Terre Comprimée

C

CAUE Conseil d'architecture d'Urbanisme et d'Environnement
CE Communauté Européenne
CEN Comité Européen de Normalisation
CNDB Comité National pour le Développement du bois
CNRS Centre National de la Recherche Scientifique
CNRT Centre National de Recherche Technologique
COFRAC Comité FRançais d'ACcréditation
COPREC Confédération des Organismes indépendants tierce partie de PREvention, de Contrôle et d'inspection.
COV Composé Organique Volatile
CO2 Dioxide de carbone

CRBN Conseil Régional de Basse-Normandie
CST Cellule Sous Tension
CSTB Centre Scientifique et Technique du bâtiment
CTBA Centre Technique du Bois et de l'Ameublement
CUMA Coopérative d'utilisation de Matériel Agricole
C2P Commission de Prévention Produit
D

DGUHC Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction
DIBt Deutsches Institut für Bautechnik
DIN Deutsches Institut für Normung
DPLG Architecte Diplômé Par Le Gouvernement
DTA Document Technique d'Application
DTU Document Technique Unifié
E

EIE Espace Info Energie
ESITC Ecole Supérieure d'Ingénierie et des Travaux de Construction
F

FCBA Forêt, Cellulose, Bois construction, Ameublement
FDES Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire
FFB Fédération Française du Bâtiment
FSC Forest Stewardship Concil
G

GRAB Groupe de Recherche en Agriculture Biologique
GRAPE Groupement Régional des Association de Protection de l'Environnement
GREB Groupe de Recherches Écologiques de la Batture
GRETA GRoupement d'ETablislements

I

IFN Inventaire Forestier National

ITE Isolation Thermique par l'Extérieur

ITI Isolation Thermique par l'Intérieur

J

JOUE Journal Officiel de l'Union Européenne

L

LNE Laboratoire National de métrologie et d'Essais

M

MBOC Maison Bois Outils Concept

Mpa Méga Pascal

N

NF Norme Française

NFB Natural Fiber Board

O

OQAI Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur

OSB Oriented Strand Board

P

PEFC Programme for the Endorsment of Forest Certification schemes

PNR Parc Naturel Régional

PRQA Plan Régional de la Qualité de l'Air en Normandie

PRSE Plan Régional Santé Environnement

R

RT 2012 Réglementation Thermique 2012

RT 2005 Réglementation Thermique 2005

U

UNFSA Union Nationale des Syndicats Français d'Architectes

UPJV Université de Picardie Jules Verne

V

VTT Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus

Agenda 21	Plan d'action pour le 21 ^e siècle, décrivant les secteurs où le développement durable doit s'appliquer. Ce plan d'action a été adopté par 173 chefs d'état, lors du sommet de la Terre, à Rio, en 1992.
Anas	«Bois» de la tige de lin.
Barbotine	Pâte ou enduit délayé dans de l'eau. Permet de créer une couche d'accroche pour un enduit.
Bioclimatique	L'architecture bioclimatique est une discipline de l'architecture, l'art et le savoir-faire de tirer le meilleur parti des conditions d'un site et de son environnement, pour une architecture naturellement la plus confortable pour ses utilisateurs.
Biodiversité	La biodiversité est la diversité naturelle des organismes vivants. Elle s'apprécie en considérant la diversité des écosystèmes, des espèces, des populations et celle des gènes dans l'espace et dans le temps, ainsi que l'organisation et la répartition des écosystèmes aux échelles biogéographiques. Le maintien de la biodiversité est une composante essentielle du développement durable.
Calepinage	Opération qui consiste à noter les mesures et les agencements d'éléments de construction, en vue de faciliter leur pose.
Contreventement	Élément de construction destiné à protéger celle-ci contre les déformations dues à des efforts horizontaux comme le vent.
Cribler	Tamiser, passer au crible.
Développement durable	Le développement durable (traduit de l'anglais sustainable development) est une nouvelle conception de l'intérêt public, appliquée à la croissance économique et reconsidérée à l'échelle mondiale afin de prendre en compte les aspects environnementaux généraux d'une planète globalisée.
Eco-matériaux	Matériau isolant composé à 80%, au moins, de matière organique. (Définition donnée pour cette étude.)
Energie grise	L'énergie grise est la quantité d'énergie nécessaire au cycle de vie d'un matériau ou d'un produit : la production, l'extraction, la transformation, la fabrication, le transport, la mise en œuvre, l'utilisation, l'entretien et à la fin le recyclage. Chacune de ces étapes nécessite de l'énergie, qu'elle soit humaine, animale, électrique, thermique ou autre. En cumulant l'ensemble des énergies consommées sur l'ensemble du cycle de vie, on peut prendre la mesure du besoin énergétique d'un matériau ou d'un produit. Cette connaissance peut guider ou renseigner les choix notamment en vue de réduire l'impact environnemental.
Emottage	Fait d'émotter, de briser les mottes de terre.
Etoupes (de lin)	Fibres courtes du lin.
Fongicide	Agent qui tue les champignons, dont les moisissures.
Frein vapeur	Matériau perméable en plaque ou en film mis en œuvre sur la face chaude de la paroi (verticale, horizontale ou inclinée). Ces matériaux sont étanches à l'air, et

régulent la transmission de vapeur d'eau à travers la paroi, pour éviter la formation du point de rosée à l'intérieur de l'isolant.

Fruit du mur

Décroissance d'épaisseur de bas en haut sur les murs anciens.

Géotextile

Tissus généralement en matériaux synthétiques destinés aux travaux de bâtiment, de génie civil et d'agriculture. Il s'agit d'une trame, tissée ou non, en matière synthétique, qui a la propriété de laisser passer l'eau. Elle est également appelée "anti-contaminant".

Hygrométrie

L'hygrométrie caractérise l'humidité de l'air, à savoir la quantité d'eau sous forme gazeuse présente dans l'air humide.

Ignifuge

Qui rend ininflammable, incombustible.

Infiltrométrie

Le test d'infiltrométrie (**Blower-door test** en anglais) permet de mesurer la quantité d'air rentrant dans un bâtiment et de situer les fuites d'air. Grâce à ce test, on peut connaître la quantité d'air qui entre dans l'habitat en dehors des systèmes de ventilation et connaître les endroits à colmater pour supprimer les infiltrations d'air parasites.

Imputrescible

Qui ne peut pourrir.

Isolant bio-sourcé

Matériau isolant dont la matière première est issue du monde végétal ou animal.

OSB

De l'anglais « **Oriented Strand Board** », panneau à lamelles minces de bois orientées, servant souvent de contreventement des constructions à ossature bois.

Pare vapeur

Matériau imperméable en plaque ou en film mis en œuvre sur la face chaude de la paroi (verticale, horizontale ou inclinée), dont la fonction est de limiter la transmission de vapeur d'eau à travers la paroi, pour éviter la formation du point de rosée à l'intérieur de l'isolant.

Ragréage

Action de répandre un produit auto-lissant sur le sol afin de lui donner une meilleure planéité et de faciliter la pose du revêtement.

Sel de bore

Élément chimique composé d'un sel et de borax. Cet agent est un fongicide, un insecticide, et un retardant au feu, utilisé pour le traitement de la ouate de cellulose.

➡ Fiche certification

- Site internet d'Eco Cert www.ecocert.fr/
- Site internet de NFB www.natural-fiberboard.eu/
- Site internet de PEFC France www.pefc-france.org
- Site internet de FSC France www.fsc-france.fr
- Site internet du ministère de l'agriculture et de l'agroalimentaire <http://agriculture.gouv.fr>
- Site internet du label Nature plus www.natureplus.org
- Site internet du Centre scientifique et Technique du Bâtiment www.cstb.fr
- Site internet du Laboratoire National d'Essais www.lne.fr
- Site internet de l'Association de Certification des Matériaux Isolants www.acermi.com
- Site internet de l'Association Française de Normalisation <http://groupe.afnor.org>
- Site internet de la certification Keymark www.key-mark.org
- Site internet du Comité Européen de Normalisation www.cen.eu
- Site internet de l'Agence Qualité Construction (AQC) www.qualiteconstruction.com
- Site internet du « Deutsches Institut für Bautechnik » www.dibt.de
- Site internet du magazine Allemand « Oekotest » www.oekotest.de
- Site internet du « centre de recherche multi-technologies » Finnois www.vtt.fi
- Site internet dédié au domaine du bâtiment www.energieplus-lesite.be

➡ Fiche chanvre

- Site internet des chanvrières de l'aube (LCDA) : www.chanvre.oxatis.com
- Site internet d'Agrochanvre : www.agrochanvre.com
- Site internet de la SCIC Eco-Pertica : www.ecopertica.com

➡ Fiche laine de textile recyclé

- Site internet de « Métisse » : www.lerelais.org
- Site internet d'« Isosek » : www.isosek.com
- Site internet d'« Isoa » : www.isoa.fr

➡ Fiche lin

- Dossier sur le lin en France, site internet de COOP de France : www.coopdefrance.coop
- Dossier sur la répartition du lin dans le monde et en France, site internet dédié au lin www.lelin-cotenature.fr/75/les-zones-de-production
- Site internet de l'association « Lin Demain » : <http://asso-lin-demain.e-monsite.com>
- Dossier sur le lin, sa production et sa transformation, site internet de l'Union Syndicale Agricole en Seine Maritime : www.usa76.fr

- Dossier sur le lin, par Philippe JANOT, Octobre 2008, site internet dédié au développement durable : www.bio-mag.fr
- Article sur le béton de lin isolant, Mars 2010, site internet dédié aux innovations vertes : www.cleantechrepublic.com
- Article sur le projet BTONLIN, Septembre 2010, site internet dédié aux actualités du Calvados : <http://actus.calvados-strategie.com>
- Dossier sur les coopératives linières, site internet de la maison du lin : www.lin.asso.fr/pro/Cooperatives.htm

Fiche ouate de cellulose

- Article sur la ouate de cellulose, Janvier 2008, site magazine internet « dd magazine » : <http://www.ddmagazine.com/>
- Dossier sur la ouate de cellulose, site internet de « Conseil Structure Rénovation » www.sunheat.fr/csr
- Dossier sur les briques de celluloses, site internet de l'encyclopédie libre Ekopedia <http://fr.ekopedia.org>

Fiche paille

- Dossier sur le chaume et sur la paille, site internet de toit en chaume et construction paille, www.toitenchaume-constructionpaille.com
- Dossiers sur les techniques constructives en paille, site internet des Compailleurs : www.compailleurs.eu
- Article sur le chaume, Décembre 2008, site internet sur l'habitat durable : www.voizo.fr/toiture/toit-en-chaume
- Dossier sur les couvertures en chaume , site internet de l'association national des couvreurs chaumiers : www.chaumiers.com
- Dossier sur les techniques constructives en paille, site internet dédié à l'éco-construction : www.pour-construire-ecologique.fr
- Dossier sur le chaume, site internet de Chaume habitat, entreprise de couverture : www.chaume.com
- ARPE, Vincent Doussinault

Fiche qualité sanitaire de l'air

- Directive européenne 2008/50/CE, sur la qualité de l'air, du 23 avril 2008, site internet dédié à la réglementation sur l'environnement : www.reglementation-environnement.com
- Décret n°2011-321 du 23 mars 2011, relatif à l'étiquetage des produits de construction [...], site internet dédié aux lois françaises : www.legifrance.gouv.fr
- Dossier sur la qualité de l'air intérieur, site internet de l'agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie : www.ademe.fr
- Dossier sur la qualité de l'air intérieur, site internet dédié à la construction écologique : www.guidemaisonecologique.com



Fiche risque de condensation dans les parois

- Site internet d'un bureau d'ingénierie : www.engineering-palagio.it
- Base de données des caractéristiques matériaux COCON, site internet référençant une base de données : www.eosphere.fr
- Application java utilisée pour les calculs, site internet de l'université du Limousin : <http://serveur-iel.unilim.fr/>



Fiche terre

- P-Y. BARD, M. DAYRE, H. GUILLAUD, H. HOUBEN, G. PERRIER, « Traité de construction en terre », édition Parenthèse, 2006, 360 pages.
- C.A. de CHAZELLE « Echanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue ,1», Actes de la table-ronde de Montpellier 17-18 novembre 2001, éditions de l'Espérou, 2003, 426 pages.
- H.GUILLAUD, « Echanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue, 2. Les constructions en terre massive, pisé et bauge », Actes de la table-ronde de Villefontaine, Isère 28-29 mai 2005, éditions de l'Espérou, 2007, 328 pages.
- J. JEANET, B. PIGNAL, P. SCARATO, « Bâtir en pisé, technique, conception réalisation», édition Pisé terre d'avenir, cahier technique n°3, 1998, 51 pages.
- C. LACHERAY, P. LEBAS, C. PONTIVIANNE, X. SAVARY, P. SCHMIT, F. STREIFF, « La terre crue en Basse-Normandie, de la matière, à la manière de bâtir », édition CRÉCET de Basse-Normandie, 2007, 76 pages.
- A. LEMARQUIS, « Etude sur les sols en terre crue », Mémoire de DSA Architecture en terre, 60 pages, 2008.
- J-M. LE TIEC, G. PACCOUD, « Pisé H₂O », édition CRAterre, 2006, 40 pages.
- B. PIGNAL, « Terre crue, technique de construction et de restauration », édition Eyrolles, 2005, 120 pages.
- Dossier sur les techniques constructives en terre , site internet de l'association CRAterre : <http://craterre.org>
- Dossier sur les techniques constructives en terre, site internet des éditions terre vivante : <http://www.terrevivante.org>
- Dossier sur les techniques constructives en terre , site internet de la cité sciences et de l'industrie : www.cite-sciences.fr
- Site internet de la Capeb Haute-Normandie : www.capeb-haute-normandie.fr



Fiche thermique

- Site internet sur les classements au feu www.protectionincendie.com
- Site internet dédié aux économies d'énergie dans le bâtiment www.maison.com
- Site internet dédié aux éco-matériaux www.cd2e.com
- Site internet sur la thermique du bâtiment www.climamaison.com
- Site internet sur l'architecture bioclimatique <http://archi.climatic.free.fr>
- Site internet dédié à l'éco-construction <http://variance.free.fr>
- Site internet d'un bureau d'étude thermique www.bilan-thermique-28.fr

➡ Référentiels de compétences pour les techniques bauge et torchis

- Dossier sur les techniques constructives en terre, site internet dédié à l'éco-construction : www.futura-sciences.com
- Dossiers sur les techniques constructives en terre, site internet de l'association nationale des professionnels de la terre crue : www.asterre.org
- Dossier sur les techniques constructives en terre, site internet dédié au bâtiment : www.guide-de-l-habitat.com
-

➡ Références utilisées dans plusieurs fiches

- S. Courgey, J-P. Oliva, « L'isolation thermique écologique », édition Terre vivante, 2010, 255 pages.
- Dossiers sur le lin et le chanvre en Normandie, site internet de la chambre d'agriculture de Normandie : www.cra-normandie.fr
- Information sur les entreprises de pose, site internet du Conseil Régional de Basse Normandie <http://cheque-eco-energie.region-basse-normandie.fr>
- Information sur les entreprises de pose, site internet de l'association régionale pour la promotion de l'éco-construction en Basse-Normandie : www.arpe-bn.com

Les matériaux bio-sourcés produits et/ou utilisés en Basse-Normandie

La région Basse Normandie initiatrice de ce projet a produit en partenariat avec l'ADEME, ARCENE, les 7 vents du Cotentin et l'ARPE, un guide présentant les différents matériaux bio-sourcés : Chanvre, Lin, Bois, ouate de cellulose, paille, laine de textile recyclée, terre crue.

Chacun de ces matériaux possède une fiche descriptive détaillée, vous y trouverez les caractéristiques, les modes de mise en œuvre, les lieux de production, les professionnels qui mettent ces matériaux en œuvre.

Contact

Région Basse-Normandie

Direction de l'Aménagement et du Développement Durables
Abbaye-aux-Dames Place Reine Mathilde
BP 523 14035 CAEN
Tel. 02 31 06 96 91 / Fax 02 31 06 98 91

www.region-bassenormandie.fr

