

# Matériaux de construction à base de chanvre

Juin 2014



Direction régionale et interdépartementale de l'Équipement  
et de l'Aménagement d'Île-de-France



Cette étude a été réalisée par la DRIEA et l'association Construire en Chanvre au cours de l'année 2013 et publiée en 2014.

# Sommaire

Avant propos .....	5
Introduction .....	6
Le chanvre .....	9
Béton et mortiers de chanvre .....	15
Éléments préfabriqués en béton de chanvre .....	22
Laine de chanvre .....	25
Isolation en chènevotte en vrac .....	29
<b>Les matériaux et produits de construction chanvre :</b> la maturité d'une filière innovante.....	32
<b>Fiches monographiques</b>	
■ Fiche : Maison de l'habitat et du cadre de vie .....	36
■ Fiche : Maison de la ruralité .....	38
■ Fiche : Maison diocésaine .....	40
■ Fiche : Logement collectif BBC .....	42
■ Fiche : Habitation coté jardin .....	44
■ Fiche : Habitat social .....	46
■ Fiche : Maison du tourisme .....	48
■ Fiche : Maison lumière temps .....	50
■ Fiche : Maison sur la colline.....	52
■ Fiche : La campagne à la ville .....	54
■ Fiche : Maison saine & passive .....	56



# Avant propos



**L** Le développement des « filières vertes » et des matériaux biosourcés dans le secteur de la construction permet le développement de l'innovation et contribue à la mise en œuvre de la transition énergétique.

Les producteurs et utilisateurs de matériaux de construction sont appelés à rendre compte de l'impact de leur utilisation sur l'environnement, sur la santé des travailleurs en charge des travaux et des utilisateurs des bâtiments réalisés. Avec le développement d'outils d'analyse du cycle de vie des matériaux (ACV) ou de leur empreinte carbone, il sera possible d'avoir une connaissance plus complète de ces matériaux et de prendre en compte les effets de leur production et de leur utilisation sur l'environnement, notamment sur la qualité de l'air, la gestion des ressources naturelles, l'énergie nécessaire à leur production et à leur acheminement sur les chantiers.

Pour les occupants, propriétaires ou locataires, l'utilisation de tels matériaux par des professionnels qualifiés permet de réduire de manière significative le coût des charges de chauffage.

L'utilisation des matériaux d'origine végétale, qui « stockent » le carbone et dont la production et les transformations successives ont un impact réduit sur l'environnement, s'imposera plus clairement aux maîtres d'ouvrage comme aux maîtres d'œuvre. Il deviendra alors possible de privilégier les « circuits courts de production et de consommation » des matériaux de construction qui stimulent le développement économique local et minimisent la distance entre les sites de production et ceux où ils sont utilisés.

Ces quelques considérants plaident pour le développement de l'utilisation de matériaux de construction à base de chanvre en région Ile-de-France. Cette brochure est dédiée à ces matériaux qui réunissent les qualités décrites ci-dessus et pour lesquels une filière de production se développe actuellement très concrètement sur le territoire francilien.

La Direction régionale et interdépartementale de l'Équipement et de l'Aménagement d'Ile-de-France, avec le soutien du commissariat général au Développement durable du Ministère de l'Écologie, souhaite favoriser ce mouvement en faisant mieux connaître ces matériaux innovants et performants. Pour cela, avec l'aide de l'association Construire en Chanvre, elle souhaite faire découvrir leurs multiples applications aux prescripteurs, qu'ils soient maîtres d'œuvre ou maîtres d'ouvrage, professionnels ou particuliers.

Seule une connaissance plus largement partagée des potentialités de ces matériaux permettra d'en conforter la demande et de contribuer activement au développement de cette filière verte émergente.

**Gilles LEBLANC**  
Directeur régional et interdépartemental  
de la région Ile-de-France

# Introduction

## Pourquoi utiliser le chanvre dans la construction ?

Dans la construction de bâtiments, le chanvre est d'abord utilisé pour ses qualités isolantes, ses propriétés de régulation d'ambiance et d'hygrométrie de l'espace habité qui améliorent notamment les confort d'hiver et d'été. Il peut être mis en œuvre principalement :

- sous forme de laine, réalisée à partir des fibres du chanvre et commercialisée en plaques ou en rouleaux. Il peut ainsi se substituer aux autres isolants thermiques plus courants (laine de verre, laine de roche, etc...) ;
- sous forme de béton ou de mortier de chanvre, obtenus à partir de la paille de chanvre (chènevotte) mélangée à un liant à base de chaux aérienne. Il peut alors former l'enveloppe d'un bâtiment. Les techniques de mise en œuvre sont multiples, qu'elles procèdent par hourdage de blocs préfabriqués, par remplissage et/ou projection, manuelle ou mécanique, sur une structure porteuse, généralement en bois, ou encore par application d'un enduit isolant sur une surface maçonnée ;
- enfin, en vrac. Il sert surtout au remplissage d'alvéoles de structure de plancher ou de charpente en toiture.

Dans ce document, nous proposons de montrer que le chanvre, produit aujourd'hui en Ile de France par une filière agricole et une industrie de première transformation naissante, peut trouver dans le contexte régional un terrain propice à son développement, notamment sur un certain nombre de secteurs de la construction neuve et de la réhabilitation.

Dans le cas de la réhabilitation du patrimoine bâti ancien (tous les bâtiments en pierre de façon générale), le chanvre, associé au mortier de chaux, est un excellent isolant, respectueux et régulateur des équilibres de l'humidité dans les murs. Il peut y être mis en œuvre sous forme de blocs préfabriqués ou d'enduits projetés.

Dans le domaine de la construction de maisons individuelles, le béton de chanvre, qu'il soit projeté ou banché, s'associe parfaitement à une ossature bois. Cette association permet d'obtenir de meilleures performances, en termes d'inertie thermique, de régulation de la qualité de l'air, de protection contre l'incendie, que celles d'un bâtiment qui ne serait construit qu'exclusivement en bois.

Ces qualités de résistance au feu font du chanvre un matériau qui peut également être utilisé pour des bâtiments plus importants (logements collectifs, bâtiments tertiaires, ERP, etc...) en association avec une structure porteuse en béton, bois ou mixte (bois/béton).

## Comment utiliser ce document ?

Cette brochure se compose de 5 fiches techniques et de 11 fiches monographiques. Chacun de ces documents peut être lu indépendamment des autres.

### Les « fiches techniques »

La fiche technique « généralités » dresse un tableau global de l'utilisation du chanvre à travers l'histoire, de sa production et de ses différentes utilisations dans d'autres secteurs, notamment dans l'industrie, de la filière française de production et des différents organismes qui lui sont associés.

Les quatre autres fiches techniques concernent chacune une catégorie de matériaux réalisés à base de chanvre. Ces matériaux sont :

- le béton de chanvre coulé en place ;
- le béton de chanvre préfabriqué ;
- la laine de chanvre ;
- le chanvre en vrac.

Elles font le point sur :

- les différents matériaux concernés ;
- leurs performances (mécaniques, thermiques, etc...) ;
- leurs caractéristiques techniques ;
- une brève description de leur mise en œuvre ;
- le cadre normatif qui leur est applicable.

Une dernière fiche technique, intitulée « Maturité d'une filière innovante », fait la synthèse des arguments qui permettent de dissiper les préjugés les plus courants sur l'utilisation des matériaux de construction à base de chanvre.

### Les fiches monographiques

Les monographies ont pour but de montrer que l'utilisation du chanvre est envisageable en Ile de France dans un grand nombre de configurations, y compris dans le bâti collectif qui représente près des deux tiers des logements de la région.

Le chanvre étant encore peu répandu dans le cœur des villes, certains maîtres d'ouvrage, publics et privés, confiants dans la reconnaissance à court terme des nombreuses qualités de ce matériau biosourcé, ont fait le pari de l'utiliser dans un projet de construction ou de réhabilitation d'un bâtiment.

Les 11 fiches monographiques que comprend cette brochure rassemblent, sur un recto-verso, les éléments suivants :

- la définition et la localisation de l'opération ;
- l'intention originelle du maître d'ouvrage ;
- les motifs qui ont amené le maître d'ouvrage à proposer l'utilisation d'un matériau à base de chanvre pour répondre à l'intention originelle du maître d'ouvrage ;
- la description succincte du projet ;
- les techniques « chanvre » utilisées ;
- la fonction isolante remplie (sol, murs, cloisons, toit) : voir le logo situé en bas à gauche de l'image introductive ;
- les acteurs (entreprises, BET, architectes, donneurs d'ordres) impliqués ainsi que leurs coordonnées respectives ;
- la logique constructive du projet ;
- les témoignages des usagers.

Les différentes applications des matériaux de construction à base de chanvre utilisées dans les 11 opérations sont résumées dans le tableau suivant :

	Tertiaire ERP	Logement individuel	Logement collectif	Neuf	Réhabilitation	Toiture en béton de chanvre	Murs en briques de béton	Murs en béton projeté	Murs en béton branché	Sols en béton de chanvre	Page
La maison de l'habitat / Clermont-Ferrand (63)	●			●			●				36
La maison de la ruralité / Moroy-le-Boug (70)	●			●		●	●	●	●	●	38
La maison Diocésaine / Châlon-en-Champagne (51)	●				●			●	●		40
Logements collectifs BBC / Paris 13 <sup>e</sup>			●	●				●			42
Habitation côté jardin / Montreuil (93)		●		●		●		●			44
Habitat social / Ernolsheim-lès-Saverne (67)			●		●	●		●		●	46
Maison du tourisme / Troyes (10)	●				●	●		●		●	48
Maison Lumière Temps / Morbihan (56)		●		●				●			50
Maison sur la colline /Neuviller-lès Saverne (67)		●			●		●				52
La campagne à la ville / Saint Clément ( 89)		●			●	●		●		●	54
Maison saine & passive/ Morbihan (56)		●		●		●		●		●	56



# Le chanvre

## **L**a pérennité d'une production « durable »

Le chanvre accompagne et influence l'histoire humaine, aux quatre coins de la planète, depuis fort longtemps et sa culture est sans doute une des plus anciennes qui ait été pratiquée pour des usages très différents : habillement, marine (cordage et voiles, calfatage, filets) éclairage (huile), pharmacopée ...

La France en cultivait 176 000 Ha au début du XIX<sup>e</sup> siècle. Mais la fin de la marine à voile, la concurrence du coton et des fibres synthétiques et, sans doute, l'évolution de l'agriculture et de l'industrie textile lui ont été apparemment fatales ; il ne restera plus que quelques dizaines d'hectares sur le territoire français au milieu du XX<sup>e</sup> siècle. Pour la majorité des autres pays occidentaux, États-Unis en tête, la culture a été totalement interdite pour cause de prohibition.

La culture recommencera lentement à se développer en France à partir des années 1970. Puis, un peu plus tard, les autres pays européens et le Canada lèveront progressivement l'interdiction de production.

Ce renouveau a des motifs très divers, mais c'est certainement la volonté des producteurs agricoles, à la recherche de cultures différenciées, qui en est le moteur le plus efficace. Par ailleurs, les utilisations traditionnelles ayant disparues, ce renouveau ne peut être significatif qu'en s'appuyant sur de nouveaux marchés et des innovations importantes.

À l'instar de la plante, reconnue pour sa vigueur, les acteurs de la filière chanvre font preuve depuis des années de dynamisme et d'inventivité dans un contexte favorable aux qualités « durables » de la plante et des produits qui en sont issus.

Tout porte à croire que le chanvre n'est pas encore appelé à disparaître.



## Il y a chanvre et chanvre

Les usages du chanvre peuvent être très variés et il est admis de le classer selon deux catégories : le chanvre à usage psychotrope et le chanvre à usage « industriel ».

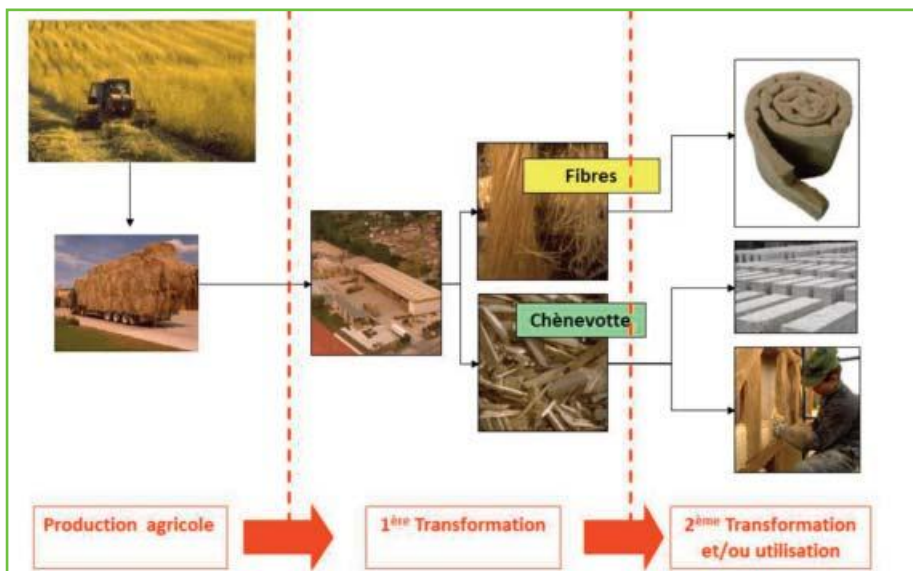
Au-delà des cultures, de l'histoire et des innombrables anecdotes – plus ou moins vérifiées et souvent mythifiées – l'interférence de ces deux facettes, l'une sulfureuse et l'autre laborieuse, a considérablement influencé la physionomie contemporaine de la production de chanvre.

Et, en particulier, c'est la confusion de ces deux usages qui a amené, avec de bonnes ou de mauvaises intentions, la majorité des pays occidentaux à mettre en place une interdiction totale de sa culture à partir de 1930, interdiction toujours en vigueur aux États-Unis.

La France a fait le choix de différencier ces usages en autorisant uniquement la culture de variétés de chanvre ayant une quantité de composant psychotrope limitée. Ce choix a permis de conserver des savoir-faire uniques – en particulier dans le domaine de la sélection variétale et de la production de semences – mais de développer à nouveau une filière de production répartie sur le territoire, de mettre en place des structures organisationnelles et de créer des compétences et des réseaux d'acteurs.

## LA FILIÈRE DE PRODUCTION DU CHANVRE INDUSTRIEL

La filière de production du chanvre industriel comprend trois grandes phases :



### La production agricole

Cette phase inclut, en premier lieu, la production de semences pour la laquelle la France bénéficie d'un outil de qualité unique en Europe comprenant, d'une part, un ensemble de variétés, toutes propriété de la Fédération Nationale de Producteurs de Chanvre (FNPC) qui assure également le développement génétique, et, d'autre part, une coopérative spécialisée dans la production de semences qui approvisionne, entre autres, la très grande majorité des besoins européens.

Pour ce qui concerne la production agricole, le chanvre s'insère parfaitement dans la rotation des cultures comme une excellente tête d'assolement laissant des terrains propres - la vitalité du chanvre étouffant les adventices - et ameublissant en profondeur grâce à un système racinaire qui peut descendre jusqu'à deux mètres sous le niveau du sol ; il permet ainsi une amélioration sensible du rendement de la récolte suivante, généralement des céréales.

La récolte de la graine (le chènevis) exige d'attendre sa maturité, qui arrive généralement à partir de la mi-septembre, malgré un risque de détérioration dû aux conditions météorologiques moins favorables. Suivant les zones climatiques et les choix culturaux, les producteurs ne récoltent donc pas systématiquement le chènevis, limitant la récolte à la paille, conditionnée en balles rondes ou parallélépipédiques.

La culture du chanvre se pratique couramment en production biologique mais elle présente, y compris en culture conventionnelle, des qualités environnementales particulières. Outre que cette culture ne demande que de faibles quantités d'engrais, la vitalité de la plante lui permet d'étouffer les adventices et de n'être sensible à pratiquement aucun parasite, insecte ou champignon. Cette caractéristique, unique en grande culture, permet d'éviter le recours à l'épandage de produits phytosanitaires (herbicides, insecticides et fongicides) et garantit une qualité sanitaire.

### La 1<sup>re</sup> transformation

La paille est généralement stockée chez les producteurs agricoles puis transportée tout au long de l'année vers des ateliers de défilage, les chanvrières, dont l'objet est, en premier lieu, de séparer la fibre de la chènevotte.

Aujourd'hui ce travail est uniquement mécanique, avec deux aspects importants : le défilage proprement dit qui consiste à « décoller » la fibre de la chènevotte et le tri des différents composants – fibres, chènevotte et poudres.

Le défilage permet également d'affiner les fibres afin d'obtenir la qualité souhaitée, en cherchant un compromis entre finesse et longueur. Par exemple, en ce qui concerne la fabrication de laine isolante, la finesse des fibres peut avoir une influence significative sur la résistance thermique.

Le deuxième objectif, le tri des différents coproduits, est rendu difficile par l'enchevêtrement des matières après le défilage. Il est toutefois indispensable, pour de nombreuses utilisations, d'obtenir un taux de séparation élevé ; c'est le cas, entre autres, pour les matériaux composites plastiques qui demandent des fibres contenant de très faibles quantités de chènevotte ou encore des bétons de chanvre dont les qualités seront altérées par la présence de poussières (poudres) dans les granulats. D'autres utilisations, comme l'isolation en vrac, sont moins exigeantes mais n'en demandent pas moins une maîtrise de l'outil de transformation.

Les chaînes de 1<sup>re</sup> transformation actuellement en service sont de dimensions et de natures extrêmement différentes et tous les outils ne permettent pas de répondre à tous les marchés.

Pour les utilisations du chanvre dans le bâtiment – mais aussi pour nombre d'autres utilisations – les chanvrières doivent, afin de garantir les performances des matériaux finis, être en mesure de fournir des matières premières présentant des caractéristiques maîtrisées et stables.

Pour les mortiers et bétons de chanvre, ces caractéristiques sont garanties par le Label Granulats Chanvre Construction.

## La 2<sup>e</sup> transformation

À l'issue de la 1<sup>re</sup> transformation, les coproduits peuvent être utilisés directement – c'est le cas des granulats pour la confection de bétons de chanvre – ou subir d'autres transformations pour obtenir des produits élaborés.

## LES COPRODUITS DU CHANVRE ET LEURS PRINCIPALES UTILISATIONS

La production du chanvre fournit trois coproduits et un sous-produit :



■ **Le chènevis** (la graine) : riche en acides gras essentiels (« Oméga-3 et Oméga-6 »), le chènevis a également une bonne teneur en protéines et en autres éléments nutritifs comme les vitamines E ou B1, des minéraux ou de la lécithine.



Le rendement agricole, dans de bonnes conditions, est de l'ordre d'une tonne à l'hectare.

■ **Les fibres** : situées en périphérie de la tige de chanvre, les fibres forment « l'écorce » de la plante et sont reconnues pour leur solidité et leur résistance. Ces qualités ont justifié pendant des siècles l'usage du chanvre pour la confection des cordages et des voilures de la marine et, traditionnellement, il était cultivé en occident pour obtenir ces fibres.



À l'issue du défibrage, celles-ci représentent 30 à 35% du poids de la paille initialement transformée soit un rendement d'environ 2,5 tonnes par hectare.

■ **La chènevotte**, le « bois » central de la tige de chanvre, présente une structure poreuse qui lui confère une faible masse volumique, une forte capacité d'absorption de l'eau et une résistance thermique élevée.



Traditionnellement considérée comme un sous-produit, la chènevotte est devenue, grâce aux valorisations modernes, en particulier dans le bâtiment, un véritable coproduit. La recherche de matières de qualité est prise en compte tout au long de la chaîne avec des impacts significatifs sur les process de production et de transformation. D'autre part, la valorisation de la chènevotte fait partie intégrante de l'équilibre financier des filières et devient même l'objet prioritaire de certains groupes de producteurs.

À l'issue du défibrage, elle représente environ 50% du poids de la paille initialement transformée soit un rendement de 3 à 4 tonnes par hectare correspondant à un volume foisonné de 30 à 40 mètres cubes.

■ **Les poudres**, mélange à taux variable de poussières végétales et minérales et de fibrilles, n'ont trouvé, jusqu'à ce jour, que peu de valorisations importantes et sont considérées comme un sous-produit.

À l'issue du défibrage, elles représentent 15 à 20 % du poids de la paille initialement transformée soit environ une tonne par hectare.

## L'évolution des utilisations contemporaines

Traditionnellement le chanvre était cultivé pour obtenir des fibres destinées à la confection de textiles ou de cordages ; certaines de ces productions ont perdué en France jusqu'au milieu du XX<sup>e</sup> siècle. À partir des années 1970, le renouveau du chanvre en France est initialement lié à l'industrie papetière et à la volonté des agriculteurs de l'Aube de mettre en place un outil performant pour répondre à ce marché. Dans un souci de rentabilité, les producteurs ont ensuite initié des travaux de développement pour trouver d'autres valorisations. Sans que cela soit exhaustif, il est probable que l'avenir du chanvre se fasse selon trois axes principaux de développement :

■ **l'alimentation** basée, à l'instar du modèle nord-américain, sur les spécificités du chènevis et l'intérêt croissant pour la diététique ;

■ **les composites plastiques**, secteur en expansion pour lequel les fibres végétales, en substitution aux fibres minérales ou d'origines fossiles, sont en mesure d'apporter des réponses à des exigences tant environnementales que techniques. Le chanvre possède des caractéristiques qui lui permettent de trouver des débouchés pertinentes dans ce secteur d'activités et de nombreux travaux sont réalisés dans ce sens.

La construction automobile et les volumes potentiels de ce secteur d'activité fascinent durablement les producteurs. Mais les composites plastiques ont des utilisations dans beaucoup d'autres secteurs d'activités, parfois beaucoup moins exigeants sur les aspects technico-économiques ; c'est le cas du bâtiment qui consomme plus de 20 % des composites plastiques ;

■ Enfin, **les matériaux de construction**, gros consommateur de matières premières et acteur essentiel du développement durable, pour lesquels les végétaux, et en premier lieu le chanvre, sont en mesure d'apporter des solutions à des problématiques souvent difficilement conciliables, qu'elles soient techniques, environnementales, sociales ou économiques. Pour différentes raisons, les développements concernant le secteur du bâtiment ont, en très grande partie, été démarrés en France où ils continuent à être particulièrement dynamiques.

## L'EXCEPTION FRANÇAISE ET SON ORGANISATION

### La place de la production française en Europe

La France est le premier producteur de chanvre avec environ 10 000 hectares par an, soit quelques 75 % de la production européenne. Cette position se confirme d'année en année en dépit des décisions d'autorisation de production prises par les autres pays de l'Union Européenne depuis maintenant plus de 15 ou 20 ans.

Il est certain que l'historique de la production du chanvre, évoqué plus haut, et le potentiel agricole français joue en faveur des producteurs de l'hexagone. Toutefois, le développement des surfaces est directement dépendant des outils de 1<sup>re</sup> transformation sans lesquels la production ne peut être valorisée. La zone d'approvisionnement de ces outils étant relativement restreinte, le nombre d'outils et leurs potentiels conditionnent directement le développement. Or, comme cela est exposé ci-dessous, la filière française connaît depuis plusieurs années un accroissement rapide du nombre de chaînes de 1<sup>re</sup> transformation et des groupes de producteurs qui les exploitent ; ce phénomène semble spécifiquement français et ne se retrouve pas, à ce jour, dans les pays voisins.

### Évolution de la production en France

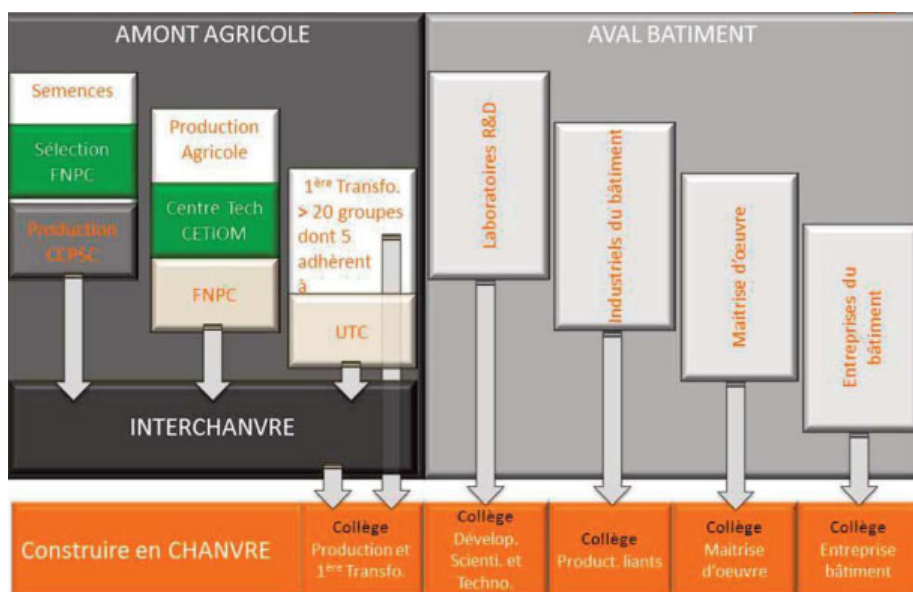
Longtemps implantée dans l'Est de la France, la production de chanvre contemporaine a tendance à se diffuser de plus en plus sur l'ensemble du territoire national.

En Ile-de-France, la filière chanvre s'organise depuis quelques années avec des structures telles que Planète Chanvre qui regroupe une dizaine d'agriculteurs et qui propose aujourd'hui différents produits issus de la culture du chanvre et Chanvre Avenir-PNR du Gatinais qui va produire et transformer du chanvre sur le territoire du Gatinais (Sud Seine et Marne et Sud Essonne).

### La structuration de la filière

Au delà des atouts évoqués ci-dessus, la filière française du chanvre a mis en place des structures opérationnelles, mais elle a surtout su les faire évoluer pour s'adapter aux besoins. Cette filière met en synergie toute la chaîne de valeur, depuis l'amont agricole jusqu'aux utilisateurs, particulièrement pour la filière construction chanvre. Elle permet également de fédérer les moyens, afin d'optimiser les ressources d'une filière de dimension encore beaucoup trop modeste et lui permettre de faire face à des développements ambitieux.

Les producteurs (environ un millier) sont regroupés au sein de la FNPC (Fédération Nationale des Producteurs de Chanvre) et les transformateurs au sein de l'UTC (Union des Transformateurs de Chanvre). Par ailleurs, Interchanvre, interprofession reconnue (depuis 2011) et constituée des producteurs agricoles (représentés par la FNPC) et des transformateurs (représentés par l'UTC), est un outil de promotion et de lobbying pour la filière.



Techniquement, elle dispose de variétés de chanvre (propriété de la FNPC) et d'un organisme de production de semences performant, la CCPSC (Coopérative Centrale des Producteurs de Semences de Chanvre), unique en Europe, voire au monde. Elle peut également s'appuyer sur un centre technique spécialisé (département du CETIOM – Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux et du Chanvre).

En collaboration avec ces différentes structures, CenC (Construire en Chanvre), qui regroupe les acteurs des filières agricoles et du bâtiment, a pour mission de développer l'utilisation du chanvre dans la construction.

### Les organismes de la filière

- La FNPC (Fédération Nationale des Producteurs de Chanvre) assure la représentation des groupements, syndicats et associations français des producteurs de chanvre au niveau des pouvoirs publics et des acteurs professionnels agricoles et de la filière chanvre. Par ailleurs, elle est propriétaire des variétés de chanvre produites par la CCPSC (voir ci-dessous) et développe des programmes de création variétale.
- La CCPSC (Coopérative Centrale des Producteurs de Semences de Chanvre) a pour objet la production et la commercialisation de semences de chanvre.
- L'UTC (Union des Transformateurs de Chanvre) est une association, créée en 2003, qui fédère les acteurs de la 1<sup>ère</sup> transformation du chanvre industriel.
- Interchanvre, association créée en 2003, a acquis le statut d'interprofession reconnue par le Ministère de l'Agriculture le 1<sup>er</sup> mars 2011. Son mandat principal est de représenter la filière du chanvre industriel (production et première transformation) auprès des pouvoirs publics nationaux et communautaires. Interchanvre a aussi pour mandat d'améliorer la visibilité de la filière auprès de la société civile.
- Le CETIOM (Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux et du Chanvre) est un centre technique comprenant un département « CULTURE DU CHANVRE » travaillant sur la production agricole et le machinisme de récolte.
- CenC (Construire en CHANVRE), organisme indépendant, a été créé en 1998 par les professionnels du bâtiment et l'amont agricole persuadés de l'avenir du chanvre dans la construction, pour rassembler des compétences et des énergies, échanger et confronter des expériences, faire évoluer et acquérir des savoir-faire et des connaissances et former de nouveaux professionnels.

Les missions de Construire en Chanvre concernent le développement technique (particulièrement dans le but de répondre aux exigences réglementaires), la formation (dont la formation et l'agrément des formateurs) et la communication (promotion de la filière et des bonnes pratiques).

Par ailleurs, au travers des compétences de ses différents adhérents, CenC accompagne les développements, qu'il s'agisse d'analyser les potentiels, d'élaborer des stratégies, de mettre en réseau différents acteurs ou d'assister les maîtres d'œuvre ou les maîtres d'ouvrages.

Au niveau européen deux structures de promotion et de développement des marchés d'application du chanvre coexistent : l'EIHA (European Industrial Hemp Association) et la CELC (Confédération Européenne du Lin et du Chanvre).

## OÙ, POURQUOI ET COMMENT UTILISER LE CHANVRE DANS LES TRAVAUX DE CONSTRUCTION ET DE RÉNOVATION ?

Le chanvre fournit deux co-produits utilisés en construction : les fibres et la chènevotte (le bois). Les fibres servent à la confection de complexes isolants présentés en panneaux ou en rouleaux dans lesquelles les traditionnelles fibres minérales sont remplacées par des fibres de chanvre.

Concernant la chènevotte, les utilisations dans le bâtiment valorisent essentiellement la porosité de ces particules, porosité qui lui confère sa faible masse volumique et son pouvoir isolant. Aujourd'hui, ces particules servent essentiellement à la confection de mortiers et bétons, légers ou extra légers, dont les performances sont directement liées à leurs compositions.

Enfin, bien que ces applications soient actuellement peu développées, la chènevotte peut également être utilisée comme isolant par déversement ou comme sous-couche nivelante ainsi que pour la fabrication de panneaux de particules.

Dans leurs différentes applications, les matériaux de construction à base de chanvre, compte tenu de leurs caractéristiques et de leurs performances (thermique, hygrothermique, acoustique...), contribuent de façon importante au confort intérieur des bâtiments.

## CONCURRENCE ENTRE LA CULTURE DU CHANVRE POUR LA CONSTRUCTION ET CULTURES AGROALIMENTAIRES

Il est légitime de s'interroger sur la concurrence entre la culture du chanvre destinée à une utilisation dans la construction et les cultures agroalimentaires. Pour cela, il est important de s'intéresser aux volumes en jeu. Sur la base d'une hypothèse très optimiste d'un taux de pénétration des matériaux à base de chanvre de 20 % de la construction neuve, la surface de culture nécessaire serait d'environ 100 000 Ha. Or, une telle surface représente moins de 0,5 % de la surface agricole utile française. La concurrence peut donc être considérée comme marginale.

## ASPECTS SANITAIRES

### Pour les personnels lors de la mise en œuvre :

Il n'y a pas d'irritation cutanée connue inhérente au matériau, ni de démangeaisons pendant la pose. Concernant les poussières créées lors de la manipulation des produits, d'une part, les procédés de fabrication de matériaux à base de chanvre permettent d'obtenir aujourd'hui des produits stables quant au taux de poussière et, d'autre part, la durée d'exposition des personnels réalisant les travaux est extrêmement limitée. Toutefois, par précaution, il convient de prendre les mesures d'usage pour limiter l'inhalation des poussières.

### Pour les occupants des bâtiments :

Pour les occupants des lieux réalisés à l'aide de ces matériaux aucun inconvénient n'est à signaler, ni même à imaginer, car les habitants ne sont jamais exposés directement au matériau, chènevotte ou fibres, confiné dans les parois et/ou les planchers.

## ATTAQUES BIOLOGIQUES

Concernant les développements fongiques potentiels, il convient de rappeler, d'une part, que les produits entrant dans le cadre des avis techniques (ou agréments techniques européens) sont soumis à des tests de résistance au développement fongique et que, d'autre part, les

documents de type normatif précisent les bonnes pratiques à mettre en œuvre pour ne pas créer des conditions favorables au développement fongique.

Concernant les rongeurs, aucun retour d'expérience ne met en évidence des dégradations importantes causées par ce type d'animaux.

Concernant les insectes (termites, poux du livre...), il est important de respecter les recommandations de mise en œuvre et, pour certains produits (chènevotte en vrac par exemple), d'utiliser des produits traités pour limiter le risque.

## ISOLATION ET RÉGLEMENTATION THERMIQUE

Les matériaux de construction à base de chanvre, compte tenu de leurs caractéristiques intrinsèques, permettent de répondre aux exigences des réglementations thermiques en vigueur (RT 2012 et RT « existant »).

Concernant les exigences en terme de consommation d'énergie primaire du bâti (cas de bâtiments neufs : RT 2012) ou en terme de résistance thermique de la paroi (cas de rénovations : RT « existant »), il est aujourd'hui possible de proposer des solutions constructives adaptées. Il s'agit notamment de dimensionner les épaisseurs de matériaux (de 10 cm à 40 cm) en fonction du matériau utilisé (laine, béton, vrac), de l'application (murs, planchers, toitures...) et de la performance attendue.

On notera aussi que les réglementations thermiques en vigueur ne prennent pas encore en compte les comportements hygrothermiques des matériaux qui améliorent aussi les performances thermiques des parois. Concernant les exigences en termes de confort d'été, les matériaux de construction à base de chanvre, compte tenu de leurs caractéristiques intrinsèques (capacité thermique élevée et comportement hygrothermique), apportent des solutions très performantes.

Il est aussi important de rappeler, lorsque l'on parle d'isolation, que la disparition de la « shon » au profit de la « surface de plancher » permet d'utiliser des techniques d'isolation faisant appel à des murs épais pour répondre à la réglementation thermique (comme cela peut être le cas pour des matériaux tels que le béton de chanvre) sans grever le droit à construire.

## RÈGLEMENTATION INCENDIE DANS LES ERP (ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC)

Tous les matériaux de construction à base de chanvre ne présentent pas les mêmes caractéristiques en termes de réaction au feu. Par conséquent, dans le cas des matériaux chanvre utilisés pour l'isolation, on se référera à l'arrêté du 6 octobre 2004. Il conviendra par exemple, dans certains cas, de protéger le matériau par un écran thermique sur la face susceptible d'être exposée à un feu intérieur au bâtiment.

## CADRE NORMATIF

Certains matériaux à base chanvre sont sous avis techniques ou agréments européens (laine isolantes, vrac...), d'autres (par exemple les bétons) bénéficient de Règles professionnelles acceptées par la C2P (Commission Prévention Produit) de l'Agence Qualité Construction. Ces différentes procédures garantissent la qualité et la pérennité des produits et des ouvrages et permettent aux entreprises du bâtiment de travailler dans le cadre assurantiel français.

# Bétons et mortiers de chanvre

**U**tilisés depuis plus de 20 ans dans la construction, les bétons et mortiers de chanvre sont des conglomérats constitués d'un granulat végétal issu de la plante de chanvre et d'un liant minéral. Il s'agit d'un matériau ayant des caractéristiques spécifiques lui permettant de répondre aux enjeux et aux exigences actuelles et futures de la construction.

Les caractéristiques microstructurales de ces bétons, notamment leur importante porosité (environ 80 % en volume), leur confèrent des propriétés thermiques, acoustiques et mécaniques particulières.

Il est aujourd'hui possible d'adapter et de dimensionner les propriétés des bétons et mortiers de chanvre par le choix des matières premières (liant et granulat) et des dosages de ces matières premières afin qu'ils assurent des fonctions spécifiques de haut niveau telles que l'isolation thermique, la régulation hygrothermique ou encore l'absorption acoustique. Par conséquent, les bétons de chanvre vont jouer un rôle clé dans le confort intérieur des bâtiments.



**Les bétons et mortiers sont aujourd'hui principalement utilisés pour réaliser, en travaux neufs ou en rénovation :**

- des murs et des doublages de murs ;
- des isolations de sol ;
- des isolations de toiture ;
- des enduits.

**Ce document présente les principales performances et utilisations des bétons de chanvre. Les points suivants sont abordés :**

- les matières premières : granulats et liants ;
- les caractéristiques : masse volumique et microstructure ;
- les performances : thermique, hygrothermique, mécanique, acoustique et environnementale ;
- les principales utilisations ;
- le cadre normatif.

## LE GRANULAT CHANVRE

Le granulats chanvre est issu de la transformation de la paille de chanvre. Il est principalement constitué de particules de chènevotte (partie interne de la tige de la plante de chanvre), de fibres (partie externe de la tige) et de poussières ou fines.

Sur le plan chimique, la chènevotte et les fibres sont constituées de cellulose, d'hémicellulose, de pectines, de lignines, de cendres, de cires et de protéines.

Les fines sont d'origines minérales et organiques.

Sur le plan morphologique, les particules de granulats peuvent être assimilées à des parallélépipèdes rectangles de 1 à 2 mm de largeur environ et de 1 à 20 mm de longueur environ. À l'échelle microscopique, le granulats chanvre peut être caractérisé par sa répartition granulométrique.

À l'échelle microscopique, les particules de granulats chanvre ont une structure poreuse. Les pores sont des tubes qui traversent la tige dans le sens de la longueur et dont les diamètres peuvent varier entre 10 µm et 400 µm.

Cette porosité varie de 60 % à 80 %.

La porosité du granulats chanvre induit une forte sensibilité du matériau à l'eau liquide et à la vapeur. Ainsi, en 10 minutes, un granulats chanvre en milieu aqueux absorbe plus de 300 % de son poids en eau.



## LES LIANTS

Les liants utilisés pour confectionner les bétons de chanvre sont des liants minéraux à base de chaux aérienne, de chaux hydraulique ou de ciment naturel prompt. Ces liants sont utilisés seuls avec le granulats chanvre, en mélange, ou peuvent servir de base à la formulation de liants spécifiques pouvant aussi être adjuvés.

Tous ces liants peuvent se différencier par leur composition minéralogique.

- Les chaux aériennes sont produites à partir de calcaire pur. Sur le plan minéralogique, elles sont constituées de dihydroxyde de calcium ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) aussi appelé portlandite.
- Les chaux hydrauliques naturelles sont obtenues à partir de calcaire argileux et de marnes, elles contiennent donc de la silice et de l'alumine. Elles sont constituées de dihydroxyde de calcium ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), de silicates dicalciques (C2S en notation des cimentiers), de silicates tricalciques (C3S en notation des cimentiers) et d'aluminates monocalciques. Les proportions de ces différents constituants dépendent des quantités d'argiles initiales.
- Quant au ciment naturel prompt, il est obtenu à partir d'un calcaire argileux de qualité constante. Ils sont constitués principalement de silicates dicalciques et d'aluminates monocalciques.

On notera que tout liant doit avoir fait l'objet de tests pour valider la compatibilité avec le granulats chanvre afin de garantir les performances des bétons.

## MICROSTRUCTURE ET MASSE VOLUMIQUE

La microstructure du béton de chanvre dépend directement des proportions entre le granulats chanvre et le liant.

Les bétons de chanvre présentent trois types de porosité : une porosité intra-particulaire, une porosité inter-particulaire et une microporosité. Dans leur majorité, les pores sont interconnectés.

Cette porosité, **très caractéristique des bétons et mortiers de chanvre** et pouvant varier de 60 % à 80 %, a une influence déterminante sur leurs **propriétés thermiques, hygrothermiques et acoustiques**.

Compte tenu de cette porosité, les bétons et mortiers de chanvre sont donc des bétons légers et leurs masses volumiques varient entre 250 kg/m<sup>3</sup> et 800 kg/m<sup>3</sup>.

## CONFORT HYGROTHERMIQUE

Afin de caractériser le confort hygrothermique d'un ouvrage en béton de chanvre dans son ensemble, il convient de prendre en compte plusieurs paramètres tels la conductivité thermique du matériau, les phénomènes de transfert de vapeur d'eau et les changements de phase de cette vapeur d'eau au sein du matériau.

### Conductivité thermique et Résistance thermique

L'une des grandeurs permettant de caractériser les performances thermiques des matériaux est la conductivité thermique.

Ainsi la conductivité thermique ( $\lambda$ ) des bétons de chanvre, mesurée à l'état sec, est, pour différentes masses volumiques et différentes utilisations :

Utilisations	Masses volumiques	Conductivité W/(m.K)	Résistance thermique m <sup>2</sup> K/W
Isolation de toiture	250 kg/m <sup>3</sup>	0,06	6,66 (pour 40 cm)
Mur et doublage	420 kg/m <sup>3</sup>	0,09	4,44
Isolation de sol	500 kg/m <sup>3</sup>	0,1	2 (pour 20 cm)
Enduits	800 kg/m <sup>3</sup>	0,15	0,33 (pour 5 cm)

### Capacité thermique

La capacité thermique est une grandeur qui permet de quantifier la capacité qu'a un corps à absorber ou restituer de l'énergie par échange thermique. En d'autres termes, la capacité thermique du matériau caractérise la capacité du matériau à stocker de la chaleur.

Pour un béton de chanvre, elle est de l'ordre de 1500 J/(kg.K).

Compte tenu d'une capacité thermique élevée, les bétons de chanvre peuvent absorber rapidement des calories sans se réchauffer notablement et limiter ainsi le déplacement de la chaleur au sein du matériau (et donc de l'extérieur à l'intérieur du bâtiment). Par conséquent, ils contribuent ainsi au confort d'été.

### Inertie et déphasage

Les caractéristiques intrinsèques du béton de chanvre, tels que sa chaleur massique et les transferts de vapeur d'eau au sein du matériau, induisent une inertie thermique et des déphasages jour/nuit contribuant ainsi au confort thermique intérieur.



La porosité ouverte du béton de chanvre entraîne des phénomènes complexes de changements de phase au sein du béton de chanvre s'accompagnant d'absorption ou de libération d'énergie. Ces phénomènes hygrothermiques ont des influences sur le confort d'hiver et d'été.

En hiver, lors d'une baisse de température (jour-nuit), il se produit un phénomène de condensation à l'intérieur du béton engendrant une action exothermique accompagnée d'une libération d'énergie qui va freiner l'évacuation de la chaleur interne vers l'extérieur et donc entraîner un retard de refroidissement améliorant ainsi le confort d'hiver.

En été, lorsque la température augmente (passage de la nuit au jour), un phénomène d'évaporation à l'intérieur du béton absorbe la chaleur qui se dégage et retarde le réchauffement ambiant, améliorant ainsi le confort d'été.

## CONFORT HYDRIQUE

Compte tenu de la forte porosité naturelle de la chènevotte, le béton de chanvre est perméable à la vapeur d'eau (facteur de résistance à la vapeur d'eau  $\mu=5$ ). Il va donc assurer des transferts de vapeur d'eau entre milieu intérieur et extérieur et ainsi contribuer au confort intérieur des bâtiments.

## CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

Le béton de chanvre présente un comportement élastoplastique, qui lui confère souplesse et déformabilité, lui permet de s'adapter à des sollicitations sans rupture fragile, limitant ainsi l'apparition de fissurations.

Les ordres de grandeur de la résistance à la compression, du module d'élasticité, ainsi que de la déformation maximum à la rupture de bétons et mortiers de chanvre, en fonction de leur masse volumique, sont les suivants :

Utilisations	Densité	Rc* (MPa)	E* (MPa)	E <sub>max</sub> **
Isolation de sol	420 kg/m <sup>3</sup>	0,3	20	0,07
Mur et doublage	500 kg/m <sup>3</sup>	0,3	20	0,04
Isolation de toiture	250 kg/m <sup>3</sup>	0,1	3	0,15
Enduits	800 kg/m <sup>3</sup>	0,4	25	0,15

\* à 28 jours de séchage

## ABSORPTION ACOUSTIQUE

Les mortiers et bétons de chanvre sont des matériaux poreux, cette porosité leur confère des propriétés d'absorption acoustique élevées. Ils permettent donc de limiter la résonance des parois et d'améliorer sensiblement l'acoustique des locaux. Ils peuvent également contribuer de façon significative à l'isolation phonique des locaux en étant associés à d'autres matériaux qui apportent par ailleurs une masse.

Le coefficient d'absorption acoustique ( $\alpha$ ) d'un béton de chanvre de 20 cm est supérieur à 0,5 et peut atteindre 0,9 entre 100 Hz et 200 Hz.

Par ailleurs, l'indice d'affaiblissement acoustique pondéré est d'environ 35 dB pour une paroi d'environ 25 cm de béton de chanvre d'une masse volumique de 500 kg/m<sup>3</sup>.

## COMPORTEMENT AU FEU : RÉACTION AU FEU

Euroclasse B pour un béton de chanvre utilisé pour réaliser les murs. (Euroclasses : classement européen de la réaction au feu des produits de construction, classement de A à F avec A produit peu ou très peu combustible, F produit combustible dont la contribution à l'embrasement généralisé est très important).

## IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Les impacts environnementaux de 1 m<sup>2</sup> de mur en béton de chanvre de 26 cm d'épaisseur ont été évalués dans le cadre d'une analyse du cycle de vie (ACV).

1 m<sup>2</sup> de mur en béton et mortier de chanvre « absorbe » 75,7 kg de CO<sub>2</sub> équivalent et en émet 40,2 kg soit au final un bilan favorable de 35,5 kg de CO<sub>2</sub> équivalent.

## TABLEAUX RÉCAPITULATIF ET COMPARATIF

### Mécanique :

Utilisations	Masses volumiques	Conductivité W/(m.K)	Résistance thermique m <sup>2</sup> K/W
Isolation de toiture	250 kg/m <sup>3</sup>	0,06	6,66 (pour 40 cm)
Mur et doublage	420 kg/m <sup>3</sup>	0,09	4,44
Isolation de sol	500 kg/m <sup>3</sup>	0,1	2 (pour 20 cm)
Enduits	800 kg/m <sup>3</sup>	0,15	0,33 (pour 5 cm)

### Thermique :

	Conductivité thermique $\lambda$ (W/(mK))
Béton de chanvre	0,06 - 0,12
Béton cellulaire	0,17
Isolant à base de fibres végétales	0,04
Panneau de paille comprimée	0,12
Béton hydraulique	0,66

### Acoustique :

	Absorption acoustique $\alpha$
Béton de chanvre	0,29 - 0,9
Béton cellulaire	0,21 - 0,32
Béton hydraulique	0,3 - 0,4

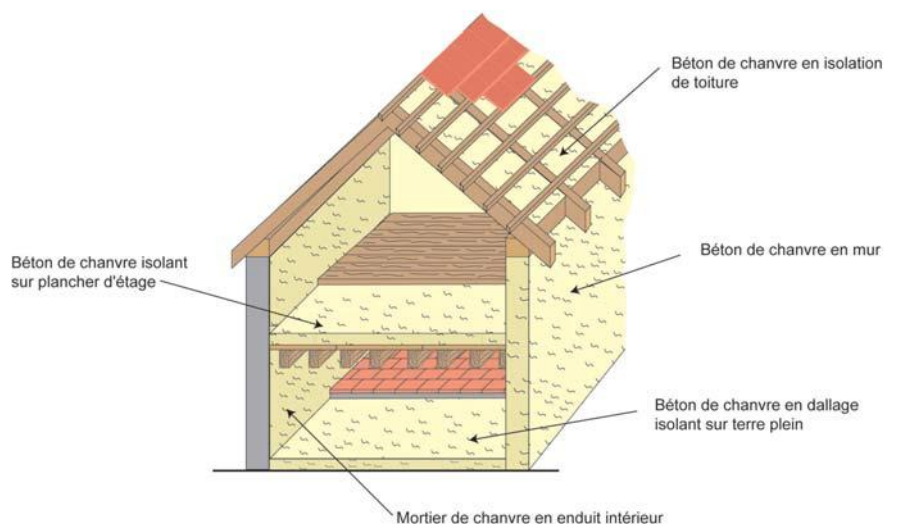
## LES PRINCIPALES UTILISATIONS

Les bétons et mortiers de chanvre sont utilisés pour réaliser des murs (avec ossature), des doublages de murs, des isolations de sol, des isolations de toiture ou encore des enduits.

Ils peuvent être mis en œuvre manuellement, auquel cas ils sont confectionnés à la bétonnière ou au malaxeur directement sur chantier puis sont déversés entre des banches (cas des murs), sur les surfaces à isoler (cas des sols ou des toitures) ou encore projetés à la truelle (cas des enduits).

Ils peuvent aussi être mis en œuvre mécaniquement à l'aide de machines qui permettent de projeter sous pression le béton de chanvre sur une surface verticale ou de déverser le béton de chanvre sur des surfaces horizontales, obliques ou entre des banches.

Les bétons et mortiers de chanvre sont utilisés en construction neuve et en rénovation, notamment comme matériau de doublage à caractère isolant sur mur ancien.



# Murs, cloisons et doublage en béton de chanvre

Le béton de chanvre peut être utilisé pour réaliser des murs, des cloisons ou des doublages pour des travaux neufs ou en rénovation. Le béton de chanvre n'étant pas porteur, il est généralement associé à une ossature et peut être mis en œuvre soit mécaniquement par projection machine sur une banche, ou manuellement par déversement entre deux banches.

Les murs, cloisons ou doublages en béton de chanvre sont revêtus d'un enduit ou d'un parement (bardage).



Projection mécanique par machine sur une banche.



Déversement manuel entre deux banches.



## Deux exemples de réalisation

«L'Arche des petites bêtes », au parc zoologique de Thoiry (77).

500 m<sup>2</sup> de mur bombé et courbe en béton de chanvre de 5,20 m de hauteur

Réalisation BATIETHIC



Sainneville  
Salle de réception

Réalisation BATIETHIC



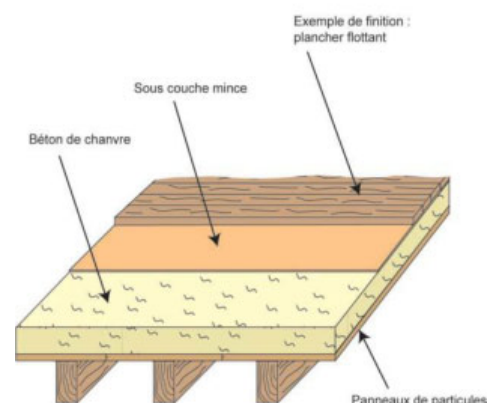
## ISOLATION DE SOLS EN BÉTON DE CHANVRE

Le béton de chanvre, préparé à la bétonnière ou au malaxeur, est déversé sur la surface à isoler, étalé au râteau, dressé à la règle puis taloché.

En isolation de sol, les bétons de chanvre sont mis en œuvre sur des épaisseurs minimum de 15 cm.

Après séchage (supérieur à 30 jours), les bétons de chanvre en isolation de sol peuvent recevoir les revêtements suivants :

- revêtements souples ;
- carrelages (céramiques, terre cuite) ;
- parquets.



Un exemple d'ouvrage intégrant une isolation de sol en béton de chanvre :  
la maison de la ruralité à Noroy-le-Bourg (musée).

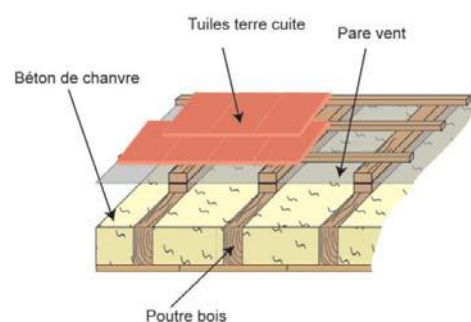


## ISOLATION DE TOITURE EN BÉTON DE CHANVRE

La mise en œuvre du béton de chanvre est réalisée avant la mise en place de la couverture. Le béton de chanvre est déversé sur un plafond coffrant fixé sur la charpente.



Réalisation Domus Ars



## ENDUITS

L'enduit chanvre peut être mis en place manuellement ou mécaniquement en plusieurs couches :

1. le gobetis ;
2. le corps d'enduit ;
3. la couche de finition.

Les enduits ainsi réalisés assurent les fonctions d'isolation thermique, d'esthétique et améliorent l'acoustique des pièces dans lesquelles ils sont mis en œuvre.

## CADRE NORMATIF

Concernant les bétons de chanvre, le document de référence sont les Règles professionnelles d'exécution d'ouvrages en bétons et mortiers de chanvre.

Plus qu'un simple document de mise en œuvre, les Règles professionnelles d'exécution d'ouvrages en bétons et mortiers de chanvre définissent aujourd'hui un cadre global dont l'objectif est de garantir la qualité et la durabilité des ouvrages.

Ainsi ces Règles Professionnelles se matérialisent par différents éléments et intègrent les points clés suivants :

- quatre documents décrivant les points clés de la mise en œuvre des bétons de chanvre dans quatre applications (réalisation de murs, réalisation d'enduits, réalisation d'isolation de toiture, réalisation d'isolation de sol) ainsi que les exigences attendues en terme de performances des bétons et mortiers ;
- un carnet présentant une quarantaine de détails constructifs conformes aux règles de construction ;
- un document décrivant les procédures d'essais à utiliser pour mesurer les performances (mécanique et thermique) des bétons et mortiers de chanvre et présentant une liste de laboratoires indépendants compétents pour réaliser ce type d'essais ;
- un référentiel qualité pour le granulats chanvre et une marque associée « chanvre bâtiment » dont l'objectif est de garantir aux utilisateurs un granulats de chanvre qui répond de manière satisfaisante à des exigences de suivi et de stabilité de ses caractéristiques ;
- une procédure d'agrément des formateurs habilités à dispenser aux entreprises des formations conformes aux Règles professionnelles.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

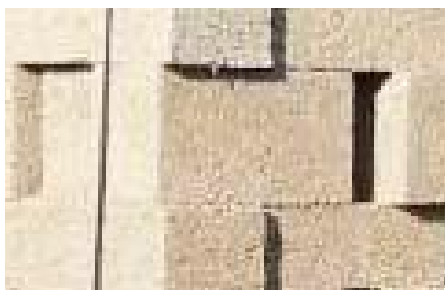
ARNAUD Laurent, HUSTACHE Yves. 2008. *Synthèse des connaissances sur les bétons et mortiers de chanvre. Construire en CHANVRE. 102 pages.*

# Éléments préfabriqués en béton de chanvre

**L**es éléments préfabriqués en béton de chanvre sont des éléments de petites dimensions de type « bloc » ou des éléments de grandes dimensions de type « panneau de mur ». Ils sont fabriqués dans le cadre de process industriels ou en atelier.

Ces éléments sont assemblés sur le chantier, s'ils sont de grandes dimensions, ou maçonnerés, s'ils sont de petites dimensions. Ils peuvent être tout aussi bien utilisés pour la construction ou la rénovation de bâtiments, qu'il soient tertiaires, industriels ou d'habitations collectives ou individuelles.

Compte tenu des caractéristiques des bétons de chanvre qui les constituent, les éléments préfabriqués présentent des performances hygrothermiques et acoustiques de haut niveau.



Blocs de béton de chanvre à maçonner  
Crédit photo Chanvr'A

Ce document présente les principales performances et utilisations des éléments préfabriqués. Les points suivants sont abordés :

- la matière première : le béton de chanvre ;
- la masse volumique ;
- la conductivité thermique ;
- les performances hygrothermiques ;
- les caractéristiques mécaniques ;
- les caractéristiques dimensionnelles ;
- les modes de fabrication ;
- la mise en œuvre et les principales utilisations ;
- le cadre normatif.

## MATIÈRE PREMIÈRE : LE BÉTON DE CHANVRE

La matière première utilisée pour réaliser les éléments préfabriqués est le béton de chanvre.

Le béton de chanvre est un conglomérat constitué d'un granulats végétal issu de la plante de chanvre et d'un liant minéral (chaux aérienne, chaux hydraulique, ciment naturel prompt ou mélanges).

Les caractéristiques microstructurales de ces bétons, notamment leur importante porosité (environ 80 % en volume), leur confèrent des propriétés thermiques, acoustiques et mécaniques particulières.



## MASSE VOLUMIQUE

Les éléments préfabriqués en béton de chanvre présentent des densités allant de **320 kg/m<sup>3</sup> à 420 kg/m<sup>3</sup>**.

## CONDUCTIVITÉ THERMIQUE

La conductivité thermique ( $\lambda$ ) des produits préfabriqués en béton de chanvre est de l'ordre de **0,07 W/(mK)**.

## CAPACITÉ THERMIQUE

La capacité thermique est une grandeur qui permet de quantifier la capacité qu'a un corps à absorber ou restituer de l'énergie par échanges thermiques. En d'autres termes, la capacité thermique du matériau caractérise sa capacité à stocker de la chaleur.

Pour les bétons de chanvre qui constituent les éléments préfabriqués, elle est de l'ordre de **1500 J/(kg.K)**.

Compte tenu d'une capacité thermique élevée, les bétons de chanvre peuvent absorber rapidement des calories sans se réchauffer notablement et limiter ainsi le déplacement de la chaleur au sein du matériau (et donc de l'extérieur à l'intérieur du bâtiment). Par conséquent, ils contribuent efficacement au confort d'été.

## PERFORMANCES HYGROTHERMIQUES

Les produits préfabriqués en béton de chanvre présentent les mêmes performances hygrothermiques que celles du béton de chanvre.

Ainsi, les caractéristiques intrinsèques du béton de chanvre, telles que sa chaleur massique et les transferts de vapeur d'eau au sein du matériau, induisent une inertie thermique et des déphasages jour/nuit améliorant le confort thermique intérieur.

La porosité ouverte du béton s'accompagne des phénomènes complexes de changements de phase au sein du béton s'accompagnant d'absorption ou de libération d'énergie. Ces phénomènes hygrothermiques influent notablement sur le confort d'hiver et d'été.

## CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

Les caractéristiques mécaniques des bétons de chanvre sont de l'ordre de :

- Résistance à la compression : **0,3 MPa**.
- Module d'Young : **20 MPa**.

Les caractéristiques mécaniques des éléments préfabriqués en béton de chanvre ne leur permettent pas d'être utilisés comme éléments porteurs, ils sont donc toujours mis en œuvre en association avec des éléments porteurs tels qu'une ossature (bois, béton ou métallique) ou un voile de béton léger.

## CARACTÉRISTIQUES DIMENSIONNELLES

Les éléments préfabriqués de petites dimensions (blocs) sont disponibles en épaisseurs variant de 10 cm à 30 cm.

Les éléments préfabriqués de grandes dimensions sont dimensionnés en fonction de l'ouvrage à réaliser.

## LES MODES DE FABRICATION

Les éléments préfabriqués sont réalisés sur des chaînes industrielles, semi-industrielles ou en atelier.



Unité de fabrication de blocs de béton de chanvre Construir'Eco



Ligne de fabrication d'éléments préfabriqués de grande dimension MNBC

## MISE EN ŒUVRE ET PRINCIPALES UTILISATIONS

### RÉALISATION DES MURS ET CLOISONS

Les éléments préfabriqués sont utilisés pour réaliser des murs ou des cloisons.

Dans le cas d'éléments **de petites dimensions** (blocs), ils sont assemblés par collage à joint mince.



Mur maçonné de blocs de béton de chanvre  
Crédit photo : HA Segalen

Les murs ainsi réalisés sont recouverts d'un enduit perméable à la vapeur d'eau.



Crédit photo : ChanvRA

Dans le cas d'**éléments préfabriqués de grandes dimensions**, les différents éléments constituant l'ouvrage sont assemblés entre eux par fixation mécanique en veillant à assurer l'étanchéité à l'air de l'ouvrage.



Assemblage de voiles béton de chanvre + béton léger.  
Crédit photo MNBC

### RÉALISATION DE DOUBLAGE DE PAROIS EXISTANTES

Les éléments préfabriqués peuvent être utilisés pour réaliser des doublages de parois existantes, intérieures ou extérieures.

## LE CADRE NORMATIF

Les éléments préfabriqués relèvent de la procédure des avis techniques ou des agréments techniques européens.

## EXEMPLES DE BÂTIMENTS RÉALISÉS AVEC DES ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS EN BÉTON DE CHANVRE

Maison individuelle réalisée en voiles bétons de chanvre + béton léger structurant.



Conception MNBC  
Crédit photo : MNBC.



# Laine de chanvre

**L**es laines de chanvre sont des produits d'isolation qui se présentent sous forme de rouleaux ou de panneaux rigides ou semi-rigides.

Elles sont produites à partir de fibres de chanvre et d'un liant (polyester, polyoléfines, amidon de maïs). Les fibres de chanvre peuvent être mélangées à d'autres fibres végétales telles que le lin, le bois ou le coton.

Elles assurent la fonction d'isolation thermique et contribuent au confort d'hiver et d'été des bâtiments.

Les laines de chanvre sont aujourd'hui utilisées pour isoler des combles perdus, des rampants de toiture, des planchers, des murs maçonnés ou des parois à ossature.



Ce document présente les principales performances et utilisations des laines de chanvre. Les points suivants sont abordés :

- masses volumiques ;
- caractéristiques dimensionnelles ;
- conductivité ;
- chaleur massique ;
- diffusion de vapeur ;
- comportement au feu ;
- principales utilisations ;
- cadre normatif.

## MASSE VOLUMIQUE

La masse volumique des laines de chanvre varie, en fonction des produits, de 25 kg/m<sup>3</sup> à 80 kg/m<sup>3</sup>.

## CARACTÉRISTIQUES DIMENSIONNELLES

Sous forme de rouleaux ou de panneaux, les laines de chanvre ont des épaisseurs pouvant aller de 40 mm à 200 mm.

## CONDUCTIVITE THERMIQUE

La conductivité thermique ( $\lambda$ ) des laines de chanvre varie, en fonction des produits, de 0.038 W/(mK) à 0.042 W/(mK).

## CHALEUR MASSIQUE

La chaleur massique est la quantité de chaleur ou d'énergie qu'il faut fournir à un corps pour élever une masse de 1 kg de 1 °C.

La chaleur massique des fibres qui constituent les laines de chanvre est de l'ordre de 1500 J.kg/K à 2000 J.kg/K.

## DÉPHASAGE ET CONFORT D'ÉTÉ

Compte tenu de leur masse volumique et de la chaleur massique élevée des fibres qui les constituent, les laines de chanvre vont permettre de créer des parois assurant un déphasage thermique suffisant pour retarder les pics de température à une heure où il est possible de ventiler l'intérieur du bâtiment. Les déphasages sont d'environ 8 h.

## DIFFUSION DE VAPEUR

La résistance à la diffusion de vapeur ( $S_d$ ), pour des laines de chanvre de 100 mm d'épaisseur, varie de 0,15 m à 0,3 m en fonction des produits.

## COMPORTEMENT AU FEU : RÉACTION AU FEU

La réaction au feu des laines de chanvre dans le cadre des euroclasses est E ou F en fonction des produits.

(Euroclasses : classement européen de la réaction au feu des produits de construction, classement de A à F avec A produit peu ou très peu combustible, F produit combustible dont la contribution à l'embrasement généralisé est très important).

## LES PRINCIPALES UTILISATIONS

### Isolation des rampants

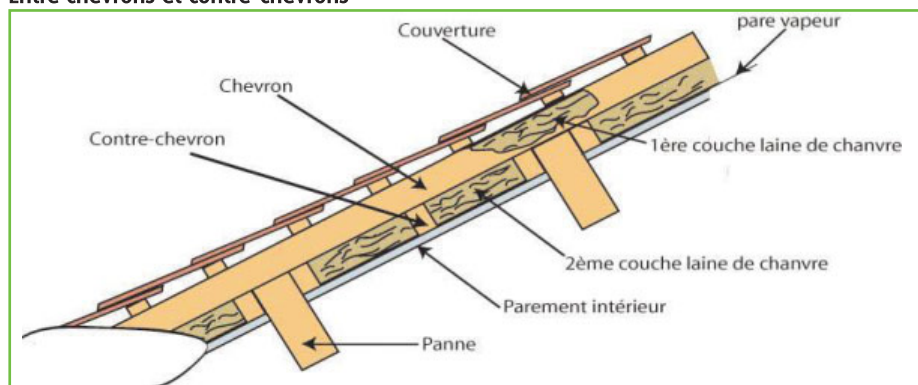
Deux cas peuvent être envisagés :

- cas d'une charpente « pannes et chevrons » ;
- cas d'une charpente fermettes.

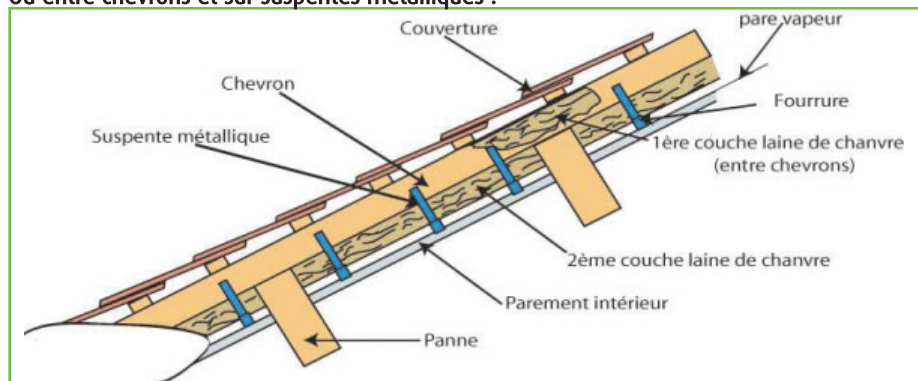
#### CHARPENTE « PANNES ET CHEVRONS »

Dans le cas d'une charpente « pannes et chevrons » (pannes horizontales et chevrons fixés sur ces pannes), la laine de chanvre est généralement mise en œuvre :

##### Entre chevrons et contre-chevrons

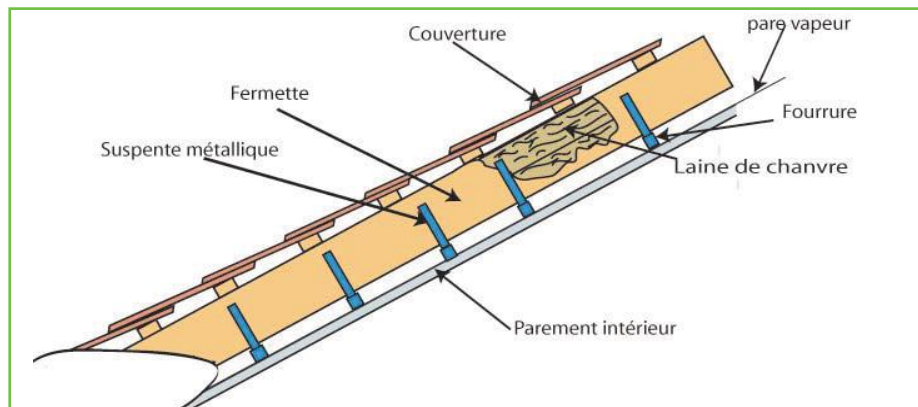


##### Ou entre chevrons et sur suspentes métalliques :



#### CHARPENTE « FERMETTES »

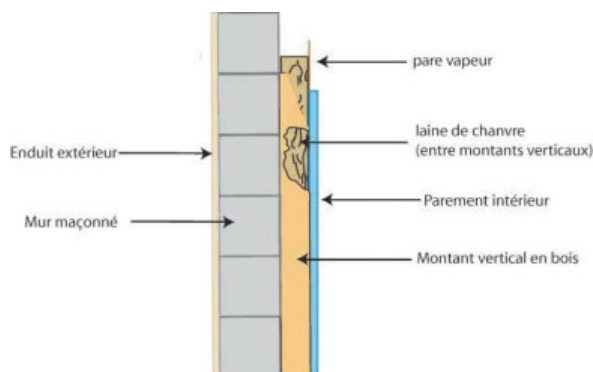
Dans ce cas, la charpente est constituée de fermettes inclinées. La laine de chanvre est mise en place entre les fermettes (première couche) et sur une ossature métallique (deuxième couche).



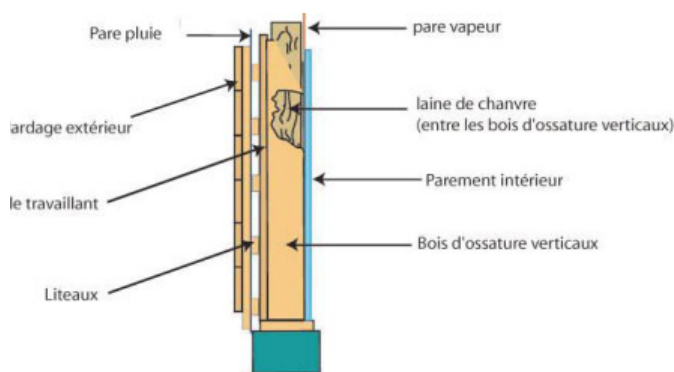
## Isolation des rampants

Les laines de chanvre peuvent être utilisées pour isoler :

- des murs maçonnés (parpaings, moellons, briques, bétons banchés, pierre...). Dans ce cas, la laine de chanvre est mise en place entre tasseaux bois, fixés sur une lisse haute et sur une lisse basse, ou dans une ossature métallique pour parement en plaques de plâtre. ;

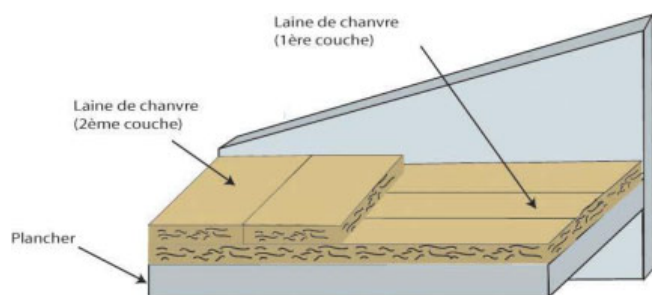


- des parois de maisons avec ossature. Dans ce cas, la laine de chanvre est mise en place entre les pièces d'ossature verticales

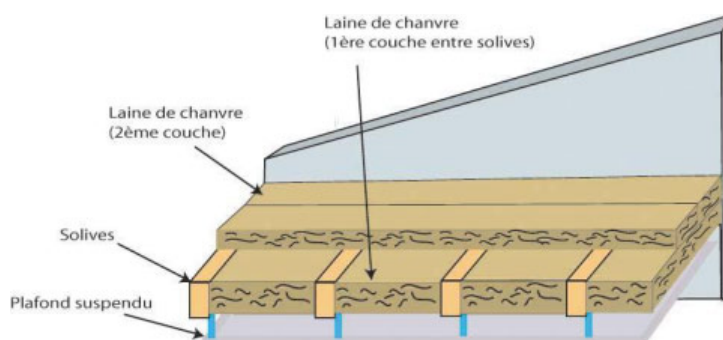


## Isolation des planchers

La laine de chanvre peut être mise en place sur plancher de combles non aménagés



ou entre solives.



## LE CADRE NORMATIF

Les laines de chanvre relèvent des procédures d'avis techniques ou d'agréments techniques européens.

## BÂTIMENTS INTÉGRANTS DES LAINES DE CHANVRE



Surélévation d'une maison individuelle à Herblay (95).  
30 cm de laine de chanvre en isolation horizontale  
*Architecte : Jean-Marc Naumovic*

# Isolation chènevotte en vrac

**L**a chènevotte est la partie interne de la tige de la plante de chanvre transformée mécaniquement. Elle se présente sous la forme de particules parallélépipédiques.

Déversée en vrac dans un espace vide, elle assure la fonction d'isolation.

Au-delà de ses propriétés d'isolant thermique, la chènevotte en vrac améliore l'inertie thermique et l'atténuation acoustique. Facile et agréable à mettre en œuvre (absence de découpe, légèreté...), la chènevotte en vrac est un produit de construction qui peut être utilisé pour isoler des combles perdus, des rampants de toitures, des parois verticales ou encore des planchers entre étages.



Ce document présente les principales performances et utilisations de la chènevotte en vrac. Les points suivants sont abordés :

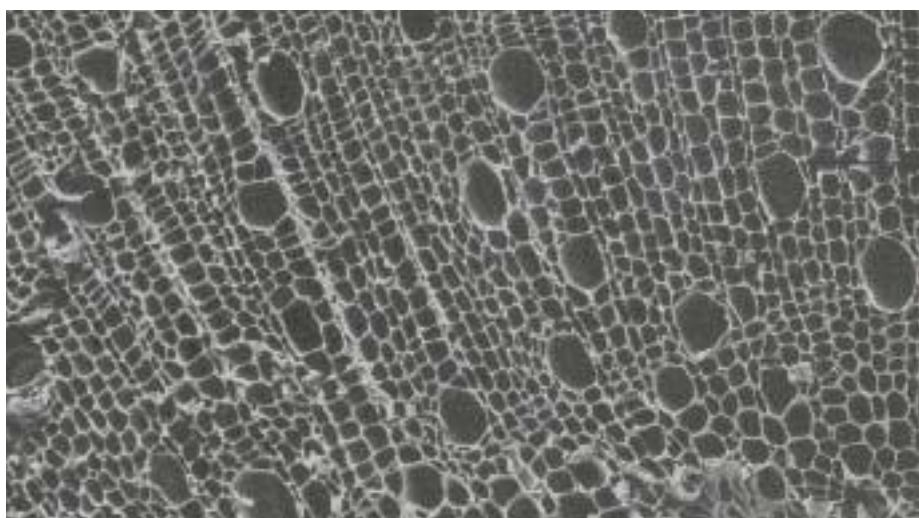
- masse volumique ;
- caractéristiques morphologiques ;
- conductivité ;
- comportement au feu ;
- principales utilisations ;
- cadre normatif.

## MASSE VOLUMIQUE

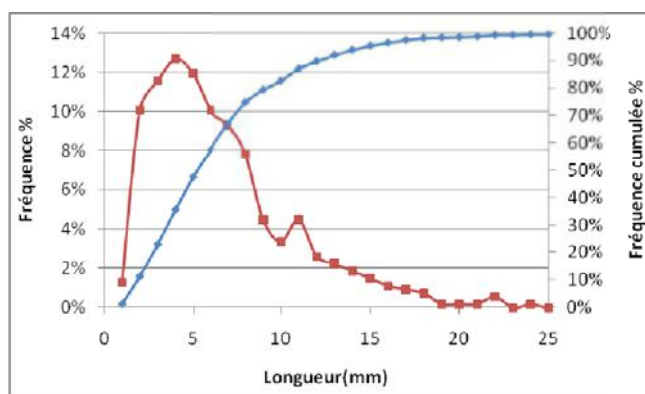
La masse volumique de la chènevotte en vrac est de l'ordre de 100 kg/m<sup>3</sup>.

## CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES

La chènevotte en vrac est constituée de particules parallélépipédiques. La microstructure de ces particules se compose de tubes séparés par de fines parois végétales. La chènevotte en vrac a donc une forte porosité, supérieure à 90 %.



Au niveau macroscopique, les particules de chènevotte ont une forme parallélépipédique de quelques millimètres à quelques centimètres de longueur. La figure suivante présente un exemple de courbe granulométrique de chènevotte en vrac.



Courbe granulométrique

## CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES

La conductivité thermique ( $\lambda$ ) de la chènevotte en vrac est de l'ordre de 0.048 W/(mK).

## COMPORTEMENT AU FEU : RÉACTION AU FEU

La réaction au feu de la chènevotte en vrac dans le cadre des euroclasses est F. (*Euroclasses : classement européen de la réaction au feu des produits de construction, classement de A à F avec A produit peu ou très peu combustible, F produit combustible dont la contribution à l'embrasement généralisé est très important*).

## LES PRINCIPALES UTILISATIONS

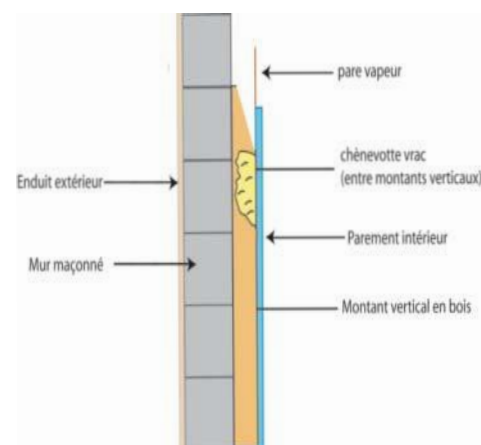
### MISE EN ŒUVRE

La mise en œuvre se fait manuellement par déversement ou mécaniquement par soufflage ou insufflation.

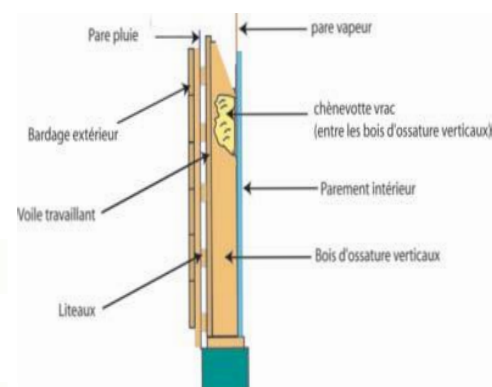
### ISOLATION DES MURS ET CLOISONS

La chènevotte en vrac peut être utilisée pour isoler :

- des murs maçonnés (parpaings, moellons, briques, bétons banchés, pierres...). Dans ce cas, la chènevotte est mise en place entre le mur et le parement intérieur.



- des parois de maison avec ossature. Dans ce cas, la chènevotte en vrac est mise en place entre les pièces d'ossature verticales



### ISOLATION DES PLANCHERS

La chènevotte en vrac peut être mise en place par déversement ou soufflage sur plancher ou à l'intérieur du plancher.

## ISOLATION DES RAMPANTS

Quelque soit la configuration de la charpente, charpente « pannes et chevrons » ou charpente fermettes, la chènevotte en vrac est déversée par le dessus (donc avant mise en place de la couverture) sur le parement intérieur et entre les pièces de charpente.



### LE CADRE NORMATIF

La chènevotte en vrac relève de la procédure des avis techniques ou des agréments techniques européens.

### EXEMPLE DE BÂTIMENT INTÉGRANT DE LA CHÈNEVOTTE EN VRAC



Maison d'habitation Sevrans.  
Surélévation-extension pour gagner trois pièces, et isolation radicale de la maison.  
30 cm de chènevotte en vrac dans les rampants de toiture.  
*Architecte Jean-Marc Naumovic*

# Les matériaux et produits de construction chanvre :

## La maturité d'une filière innovante

### UNE LONGUE EXPÉRIENCE

Avec plusieurs milliers de chantiers réalisés depuis plus de 20 ans et plus de 15 ans de travaux dans différents centres de recherche du secteur du bâtiment, en France et en Europe, les matériaux et produits de construction à base de chanvre bénéficient aujourd'hui d'un important retour d'expérience.

Cette longue expérience, forgée à la fois sur le terrain et dans les laboratoires, permet de garantir aujourd'hui la qualité et les performances des ouvrages intégrant ces matériaux et produits.



### UNE FILIÈRE STRUCTURÉE

La filière « chanvre-construction » s'est structurée depuis près de 15 ans. Cette structuration implique l'ensemble des acteurs dans une même démarche : de l'amont agricole (producteurs, transformateurs de chanvre), aux constructeurs en aval (entreprises du bâtiment, architectes, bureaux d'étude, industriels, ...) et également, les laboratoires de recherche. Cette structuration unique assure un engagement de tous les acteurs de la filière autour d'un objectif commun : apporter aux utilisateurs (maîtres d'ouvrage) des réponses adaptées et sécurisées à chaque niveau de l'acte de construire, qu'il s'agisse des produits, de la conception et de la mise en œuvre.



### DES MATÉRIAUX PERFORMANTS ADAPTÉS À LA CONSTRUCTION MODERNE

Qu'elles soient techniques, environnementales ou économiques, les performances des matériaux chanvre sont évaluées conformément aux cadres usuels et normatifs du secteur de la construction.

La diversité des matériaux et systèmes constructifs permet aujourd'hui de répondre à toutes les exigences de la construction moderne : réglementation thermique, acoustique, performance énergétique des bâtiments ainsi que leurs qualités environnementales et sanitaires. Du point de vue économique, les systèmes constructifs des matériaux à base de chanvre, utilisés à bon escient, sont totalement compétitifs par rapport aux systèmes constructifs des autres matériaux.



### UNE DÉMARCHÉ DE QUALITÉ GLOBALE ET D'EXCELLENCE

À tous les niveaux de la filière, les acteurs se sont engagés dans une démarche d'excellence depuis plusieurs années. Cette démarche se traduit par :

- le suivi de la qualité des matières premières utilisées et des produits tels que le label « chanvre bâtiment » pour les granulats pour béton ou la certification Acermi pour les laines isolantes...
- la mise en place de textes de référence : règles professionnelles pour les bétons et mortiers, avis technique pour les laines isolantes.
- la mise en place de procédures permettant de garantir la qualité de la formation des entreprises de mise en œuvre.

Cette démarche d'excellence, garantissant la qualité et la pérennité des produits et des ouvrages, permet aujourd'hui de travailler dans le cadre assurantiel français.



## LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION À BASE DE CHANVRE, CADRE NORMATIF

Matériaux - Produits	Cadre normatif	Certifications	Marquage CE*	Assurabilité**
Bétons et mortiers de chanvre	Règles professionnelles		non	oui
Éléments préfabriqués	Avis technique ou ATE+DTA		non	oui
Laines de chanvre	Avis technique ou ATE + DTA	ACERMI possible	possible	oui
Chènevotte en vrac	Avis technique ou ATE + DTA		possible	oui

### Marquage CE

\* suivant le nouveau règlement des produits de construction applicable à partir de juillet 2013, seuls les produits disposant d'une norme européenne harmonisée (qui fait consensus dans tous les pays européens) doivent être marqués CE. Pour les autres produits, les industriels peuvent, s'ils le souhaitent, obtenir un marquage CE s'il existe un guide d'ATE (Agrément Technique européen).

### Assurabilité

\*\* Les produits et systèmes constructifs rentrant dans le cadre de l'assurance décennale sont les produits considérés comme relevant des techniques courantes. Entrent dans le champ des techniques courantes les produits relevant :

- des DTU ;
- des Règles Professionnelles validées par la C2P (c'est-à-dire sur liste verte de la C2P) ;
- des avis techniques, lorsqu'ils ne sont pas mis en observation par la C2P (Commission Prévention Produit) de l'Agence Qualité Construction ;
- des ATE (Agrément Technique Européen) ayant un DTA (Document Technique d'Application).

## LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION À BASE DE CHANVRE ET LE LABEL BÂTIMENT BIOSOURCÉ

Depuis décembre 2012, le MEDDE a mis en place un cadre réglementaire d'application volontaire (le décret n° 2012-518 relatif au label « bâtiment biosourcé » publié le 19 avril 2012 et arrêté de décembre 2012) qui encadre la délivrance du Label « bâtiment biosourcé » dans le cadre d'une certification multicritère délivrée par des organismes de certification d'ouvrages accrédités par le COFRAC. Ce label concerne la construction de bâtiments neufs uniquement.

La première exigence de ce label concerne la quantité minimale de matière biosourcée intégrée dans l'ouvrage avec 3 niveaux d'exigences (voir tableau ci-dessous).

Type d'usage principal	1 <sup>er</sup> niveau 2013	2 <sup>e</sup> niveau 2013	3 <sup>e</sup> niveau 2013
Maison individuelle	42	63	84
Industrie, stockage, service de transport	9	12	18
Autres usages (bâtiment collectif d'habitation, hébergement hôtelier, bureaux, commerce, enseignement, bâtiment agricole)	18	24	36

Les autres exigences associées à ce label concernent : la mixité des produits et les impacts environnementaux et sanitaires des produits.

L'obtention des niveaux 2 et 3 est conditionnée par la mise en œuvre d'au moins deux matériaux biosourcés différents issus de familles différentes de matériaux (par exemple le bois et le chanvre)

### Exemple de bâtiments chanvre pouvant être labellisés :

**Comme le montrent ces exemples, la simple contribution du chanvre dans le calcul du label (hors bois d'œuvre) permet d'atteindre aisément une quantité de matériaux biosourcés suffisante pour atteindre le 3<sup>e</sup> niveau.**

■ Logement Collectif BBC, 25 rue Bourgon 75 013 Paris.

Contribution du chanvre dans le calcul :  $240 \text{ m}^3 \times 100/540 \text{ m}^2 \text{ (SP)} = 44 \text{ kg/m}^2 \text{ SP}$ .  
Label bâtiment biosourcé 3<sup>e</sup> niveau 2013.

■ Maison « Saine et Passive », Morbihan 56680.

Contribution du chanvre dans le calcul :  $99 \text{ m}^3 \times 100/113 \text{ m}^2 \text{ (SP)} = 87 \text{ kg/m}^2 \text{ SP}$ .  
Label bâtiment biosourcé 3<sup>e</sup> niveau 2013.

■ Maison de la ruralité, Noroy le Bourg 70000.

Contribution du chanvre dans le calcul :  $250 \text{ m}^3 \times 100/272 \text{ m}^2 \text{ (SP)} = 92 \text{ kg/m}^2 \text{ SP}$ .  
Label bâtiment biosourcé 3<sup>e</sup> niveau 2013.

■ Habitation côté jardin, Montreuil 93100.

Contribution du chanvre dans le calcul :  $78 \text{ m}^3 \times 100/64 \text{ m}^2 \text{ (SP)} = 122 \text{ kg/m}^2 \text{ SP}$ .  
Label bâtiment biosourcé 3<sup>e</sup> niveau 2013.

■ Maison Lumière Temps, Morbihan 56480.

Contribution du chanvre dans le calcul :  $134 \text{ m}^3 \times 100/154 \text{ m}^2 \text{ (SP)} = 87 \text{ kg/m}^2 \text{ SP}$ .  
Label bâtiment biosourcé 3<sup>e</sup> niveau 2013.

# Les fiches monographiques

# Maison de l'habitat et du cadre de vie

Puy de Dôme / Clermont Ferrand (63 000)



CONSTRUCTION NEUVE

## Intitulé & localisation de l'opération

« Maison de l'Habitat et du Cadre de Vie » / Construction neuve / Public / ERP / Immeuble de bureaux / Av. de la République - 63 000 Clermont-Ferrand.

## Intentions du maître d'Ouvrage / Conseil Général du Puy de Dôme

Concevoir un immeuble de bureaux pour héberger un nouveau service public dédié à l'Habitat, rassemblant des acteurs publics et associatifs intervenant sur ce champ. Il s'agit d'un lieu d'accueil du grand public, des professionnels et des acteurs politiques : services et conseils gratuits, auditorium pour séminaires, expositions, etc.

## Intentions du maître d'œuvre / A. Duverger & Y. Perret, architectes

Ce projet, vitrine du département, devait être porteur d'innovations, et cela, particulièrement dans le domaine des orientations environnementales actuellement engagées. Le souhait du maître d'ouvrage était de réaliser un projet exemplaire utilisant des technicités à fort potentiel environnemental à vocation pédagogique auprès du grand public. L'objectif est de contribuer à faire évoluer leur manière de voir et d'envisager autrement leur habitat et leur cadre de vie. Le projet s'implante sur la parcelle selon les grands principes bioclimatiques. Sur l'avenue de la République située au sud, une façade végétalisée présente l'aspect d'un jardin vertical derrière lequel s'abritent les bureaux.

Au sommet, la toiture tient lieu de support à la Centrale Photovoltaïque qui couvre les consommations électriques des parties communes.

## Nature des travaux

### Choix techniques retenus et place du chanvre.

LA STRUCTURE PORTEUSE / La structure « poteaux-dalle en béton armé » se marie à des ossatures bois, à des murs rideaux de structure porteuse en bois ou à des murs de briques de chanvre réalisés en parois monomurs (avec structures porteuses bois).

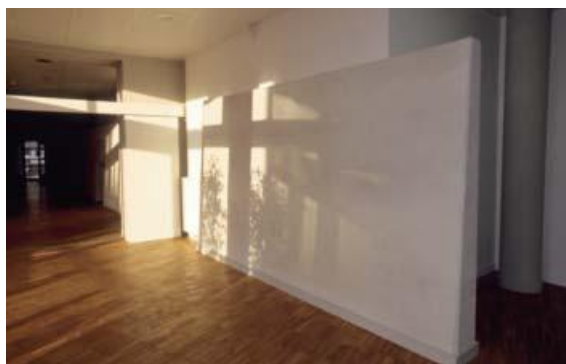
L'USAGE DU CHANVRE / 180 m<sup>3</sup>.

Toits : sans objet.

Murs : 600 m<sup>2</sup> x 0.30 m d'épaisseur, soit 180 m<sup>3</sup> de béton de mur.

Outre quelques murs intérieurs en béton de chanvre, témoins de cette pratique alors très innovante, l'ensemble des 600 m<sup>2</sup> de murs enduits ocres, réalisés en parpaings de chanvre, sont bruts à l'intérieur, comme le montre les clichés page suivante, et enduits à la chaux en extérieur (visibles sur les façades ci-dessus).

Sols : sans objet.



## Informations utiles

**DESCRIPTIF SOMMAIRE** / Le complexe se définit comme suit : - Un rez-de-chaussée d'accueil du public comprenant un hall d'exposition, une matériauthèque, des salles de réunion et un auditorium de 100 places. - Cinq niveaux de bureaux dont une partie du 5<sup>e</sup> étage est dédiée au personnel qui reçoit une salle à manger et une terrasse. - Un parc de stationnement de 46 places s'organise en sous-sol.



### SURFACES / COÛTS / DATES

**Surface au sol** : 740 m<sup>2</sup> à rez-de-chaussée + 458 m<sup>2</sup> de terrasses végétalisées sur sous-sol.

**Sous-Sol** : 1 198 m<sup>2</sup>.

**Toit** : 700 m<sup>2</sup> de toitures végétalisées et 40 m<sup>2</sup> de toit technique.

**Surfaces habitables** : 2 700 m<sup>2</sup> circulations comprises. SHON : 3 000 m<sup>2</sup>.

#### Coût de construction :

Budget : 3 750 000 € HT (Marchés de travaux - 2004).

Ratio : 1 250 € / m<sup>2</sup> SHON.

#### Coût des installations en chanvre :

Murs & cloisons intérieures : 116 110 € HT.

**Ouverture de chantier** : mars 2004 ;

**Fin de chantier** : septembre 2005.

## Les acteurs

**MAÎTRISE D'OUVRAGE** / Conseil Général du Puy-de-Dôme  
24, rue Saint Esprit - 63 000 Clermont Ferrand /  
Tél. : 04 73 42 20 20

**MAÎTRISE D'OUVRAGE DÉLÉGUÉE** / OPHIS du Puy-de-Dôme  
32, Rue de Blanzat - 63 028 Clermont-Ferrand Cedex 2 /  
Tél. : 04 73 41 16 64

**CONCEPTION** / A. Duverger & Y. Perret, architectes dplg

● Atelier d'Architecture Aline Duverger / alineduverger@alineduverger.fr

12, Bd de l'Étivalière - 42 000 Saint Etienne /  
Tél. : 04 77 21 31 57

● Atelier d'Architecture Yves Perret/ yperret.archi@wanadoo.fr

8, rue Honoré d'Urfé - 42 000 Saint Etienne /  
Tél. : 04 77 34 59 72

### SUIVI TECHNIQUE /

● Cabinet Massardier, CM économiste  
6 bis, rue Gutenberg - 42 100 Saint Etienne /  
Tél. : 04 77 81 23 17

● BET B.A. : Ingénierie Construction  
24, Rue Poylo - 42 000 Saint-Etienne / Tél. : 04.77.91.30.50

● BET Fluides & HQE : ITF  
62 rue du Bolliet - 73 230 Saint Alban Laysse /  
Tél. : 04 79 75 00 29

● BET Bois : ANGLADE Structures Bois -  
22 Rue Lamartine 66 660 Port Vendres / Tél. : 04 68 98 07 12

### MISE EN ŒUVRE /

**Bois** : Ent. Faugère Charpentier  
Chemin croissette - 63 504 Issoire Cédex / Tél. : 04 73 89 18 74

**Menuiseries extérieures** : Entreprise Meunier Marnat  
Les Daguets - 42 600 Pralong - Tel. : 04 77 97 02 25

**Chanvre** : Ent. Bati Renov - Mr Taillé et Mr Béтин (Photo)  
44 rue Centrale - 42 610 St.Georges Hauteville / Tél. :  
04 77 76 06 76

**Fourniture chanvre** : Entreprise Oliver Duport  
Les Prats - 38 350 Oris-en-Rattier / Tél. : 04 76 81 27 45

**FINANCEMENT** / Département et subventions.



## Autres prestations

### « Haute Qualité Environnementale »

#### Caractéristiques environnementales complémentaires :

- voiles de protection solaire ou treille végétale ;
- terrasses végétalisées sur support béton pour le R+6, sur support bois pour l'Auditorium ;
- récupération des eaux pluviales ;
- linoléum en étage, parquet en chêne en RDC ;
- peintures sans COV (Composés Organiques Volatiles) ;
- équipements techn. performants : Chauffage - Ventilation - Climatisation.

#### Caractéristiques techniques complémentaires :

- les plafonds acoustiques sont en fibres de bois dans les circulations ;
- la structure métallique, située sur la façade Sud, constitue le support des végétaux faisant office de protection solaire.



## Témoignages



**Témoignage M. Vernin / CG 63** : cet équipement, voulu, conçu et construit selon une Démarche de Qualité Environnementale, a atteint de nombreux objectifs. Il démontre qu'une volonté politique et une restauration du dialogue entre les acteurs du bâti et de l'aménagement sont nécessaires si l'on veut réduire notre empreinte environnementale sans perdre en qualité de vie et de travail. En revanche, il révèle aujourd'hui que l'on doit s'interroger à nouveau, au-delà de la conception et de la construction, sur nos pratiques de gestion et de maintenance que la Qualité Environnementale ne fait pas disparaître, mais transformer.

## Suivis techniques & consommations

**Par les Architectes** : Aline Duverger et Yves Perret ;  
Laboratoire : CETE de Lyon / Centre d'Études Technique de l'Équipement

46, rue Théobald - 38 080 L'Île d'Abeau / Tél. : 04 74 27 68 75  
**Pour le chanvre** : ENTPE / 3, Rue Maurice Audin - 69120  
Vaulx-en-Velin / Tél. 04 72 04 72 88

**Contrôleur Technique** : APAVE / 30, Bd Maurice Pourchon -  
63100 Clermont-Ferrand / Tel : 04 73 31 90 00

## Communications & reconnaissance

- Plaquette de la Maison de l'Habitat et du Cadre de Vie ;
- Le présent document.

# Maison de la ruralité

## Franche Comté / Noroy-le-Bourg (70 000)



CONSTRUCTION NEUVE

### Intitulé & localisation de l'opération

« Maison de la Ruralité » / Construction neuve / Public / ERP / route Cerre les Noroy - 70 000 Noroy-Le-Bourg.

### Intentions du maître d'ouvrage / Commune de Noroy-Le-Bourg

Le projet s'inscrit dans le pôle d'excellence rural dédié au « chanvre » du Pays de Vesoul, Val de Saône et Pays Graylois.

Il est le siège d'une association d'animation de découverte du milieu rural et de sauvegarde du patrimoine.

Il intègre un projet plus global qui comprend :

- la création d'un « Eco-lotissement » ;
- la construction d'un Pôle éducatif ;
- les liaisons douces entre le centre et la zone des constructions ;
- la création de la « Maison de la Ruralité ».

Les données du programme étaient : « *La Maison de la ruralité doit être d'une écriture architecturale contemporaine, fonctionnelle et flexible..... le matériau principalement utilisé sera le chanvre et l'ossature sera en bois. Des chantiers écoles seront organisés lors de la construction.....* ».

### Intentions du maître d'œuvre / Claude Eichwald, maître d'œuvre & Baobab architecture.

Le concept retenu par la maîtrise d'œuvre a été de créer une architecture de type agricole, c'est-à-dire un hangar qui abriterait trois modules qui seraient une illustration des différentes techniques de construction en béton de chanvre. Les différentes techniques utilisées pour chacun des modules ont permis d'organiser autant de chantiers écoles.

Certains travaux ont été réalisés par une entreprise d'insertion et ont permis à deux stagiaires de décrocher par la suite un contrat de travail à durée indéterminée.

### Nature des travaux

#### Choix techniques retenus et place du chanvre.

**LA STRUCTURE PORTEUSE /** La structure à ossature bois (82 m<sup>3</sup>) a été réalisée en Pin Douglas, pour les caissons du plancher bas, l'ossature des murs, la charpente de couverture, et en Mélèze pour les bardages extérieurs.

**L'USAGE DU CHANVRE /** « Trois plots, trois modes de construction » : 250 m<sup>3</sup> de chanvre toutes variantes confondues.

**Toits :** réalisé en poutre bois « solivium » à feuillure, support de blocs de chanvre de 20 cm d'épaisseur, formant hourdis coffrant [320 m<sup>2</sup> / 64 m<sup>3</sup>] et recouvert de 10 cm de béton de chanvre projeté [320 m<sup>2</sup> / 32 m<sup>3</sup>].

**Murs : projetés, maçonnés, banchés, d'une épaisseur de 35 cm.**

Murs projetés contre paravent, épaisseur 35 cm [110 m<sup>2</sup> / 38.50 m<sup>3</sup>] ;

Murs maçonnés 20 + 15 cm d'épaisseur :

- blocs de 20 cm [74m<sup>2</sup> / 15 m<sup>3</sup>] en vêtue extérieure,

- blocs de 15 cm [61m<sup>2</sup> / 9 m<sup>3</sup>] en remplissage entre structure intérieure,

Murs banchés 35 cm d'épaisseur [25 m<sup>2</sup> / 9 m<sup>3</sup>].

**Sols :** Dalle basse en caissons de bois et remplissage en béton de chanvre « mélange toit ». Sous face en planches brutes et plancher sapin en fermeture (bois ossature & plancher : 26 m<sup>3</sup>) et béton de chanvre (66 m<sup>3</sup>).

**Enduits de finition sable et chaux teintés et badigeons sur murs en chanvre banché et blocs de chanvre.**

**Enduit isolant (10cm sur 50m<sup>2</sup>) sur maçonnerie de moellons calcaires.**



## Informations utiles

**DESCRIPTIF SOMMAIRE** / Un toit plat reposant sur quatre troncs qui abrite deux espaces :

- L'un constitué de deux modules de bureaux et un module sanitaire séparés par les deux entrées et l'accueil. Cet espace est chauffé par le sol par une PAC air-eau ;
- Le second comprenant l'espace animation - exposition de 200 m<sup>2</sup>, n'est pas chauffé (hors gel garanti).

Très peu vitré au Nord et à l'Est (entrée de la bâtisse), il faut pénétrer dans l'espace d'exposition, largement vitré au Sud et à l'Ouest, pour s'ouvrir sur la prairie "espace de démonstration extérieure", le verger conservatoire, la truffière et la forêt.

Les finitions intérieures sont de chanvre brut, d'enduit sable et chaux, de badigeons, de pierres naturelles, de bois, qui prendront la patine du temps.



### SURFACES / COÛTS / DATES

Surface au sol (dépassement de toiture compris) : **441 m<sup>2</sup>**.

SHAB : **300 m<sup>2</sup>**.

SHOB : **441 m<sup>2</sup>** - SHON : **326 m<sup>2</sup>**.

#### Coût de construction :

Montant « hors d'eau, hors d'air » : 368 198 € HT soit 1 131 € HT / m<sup>2</sup>.

#### Coût des installations en chanvre :

Murs, Planchers bas et haut : 40 959 € HT.

Ouverture de chantier : 01-07-2009 ;

Fin de chantier : 30-06-2010. .

## Les acteurs

**MAÎTRISE D'OUVRAGE** / Commune de Noroy-Le-Bourg  
La Mairie - 70 000 Noroy-Le-Bourg.

**CONCEPTION** / Claude Eichwald & Baobab Architecture  
● Claude Eichwald, maître d'oeuvre, conception et chantier,  
5 route de Weinbourg / F. 67 340 Weiterswiller.  
Tél. : 03. 88.89.55.65 / claude.eichwald@wanadoo.fr  
● Baobab / 89 rue Maxime Guillot - 21 300 Chenove /  
Tél. : 03.80.54.91.40 / baobab.architecture@wanadoo.fr

#### SUIVI TECHNIQUE /

- Bureau de Structure : CBS / CBT - JL Sandoz -  
25 140 Les Ecorces / Tél. : 03 81 44 03 10
- Bureau de Contrôle : SOCOTEC / 30D, avenue du Général  
Leclerc - 90 000 Belfort / Tél. : 03.84.21.51.45 /  
construction.belfort@socotec.fr /  
Mr. Alain DELQUE et Mme Caroline Camozzi
- Etudes thermiques : Héliosol, Daniel Burrus  
4, rue Général Koenig - 67 330 Neuwiller-Les-Salernes  
Tél. : 06 89 40 37 06

#### MISE EN ŒUVRE /

**Bois** : LIFTEAM / ZA du Heron - 73110 Rotherens /  
Tél.: 04 79 70 41 88 / demay@ecotim.com  
**Chanvre** : DOLCI btp / rue de la tannerie -  
25 150 Autechaux Roide / Tél. : 03 81 92 45 74 /  
dolci.btp@wanadoo.fr  
AZIS / route de Villers lès Luxeuil - 70 240 Mailleroncourt  
Charrette / Tél. : 03 84 89 08 / intercomm.insertion@  
wanadoo.fr

**FINANCEMENT** / Commune et Etat (Pôle d'excellence rural)

## Autres prestations

### « Haute Qualité Environnementale »

#### Caractéristiques environnementales complémentaires :

- valorisation des filières courtes pour les travaux de menuiseries intérieures en bois de pin du pays, portes et lambrissage des bureaux ainsi que le parquet des salles d'animation ;
- menuiseries extérieures en bois avec double vitrage Argon.
- **Caractéristiques techniques et sociales complémentaires :**
- ventilation Hygrothermique B en sanitaires (vmc simple flux auto réglable) ;
- l'association Intercommunale d'insertion de la région de Saulx (AZIS), dont le coordonnateur technique avait suivi le cycle de formation de Construire en Chanvre, a réalisé les travaux de béton de chanvre banché, de maçonnerie de blocs et en pierres naturelles, et l'ensemble des enduits et badigeons intérieurs et extérieurs.

## Suivis techniques & consommations

Sans objet.

## Témoignages

**Le mot du Maire** : « *Les principaux espaces sont ventilés manuellement par ouvertures des portes et fenêtres, et, à l'usage, en occupation maximum (200 personnes) pour des réunions, expositions et animations. Aucun phénomène de condensation n'est observable* » ;  
« *Le confort acoustique est la première qualité mise en avant par les utilisateurs de la salle, malgré les grandes surfaces vitrées* ».

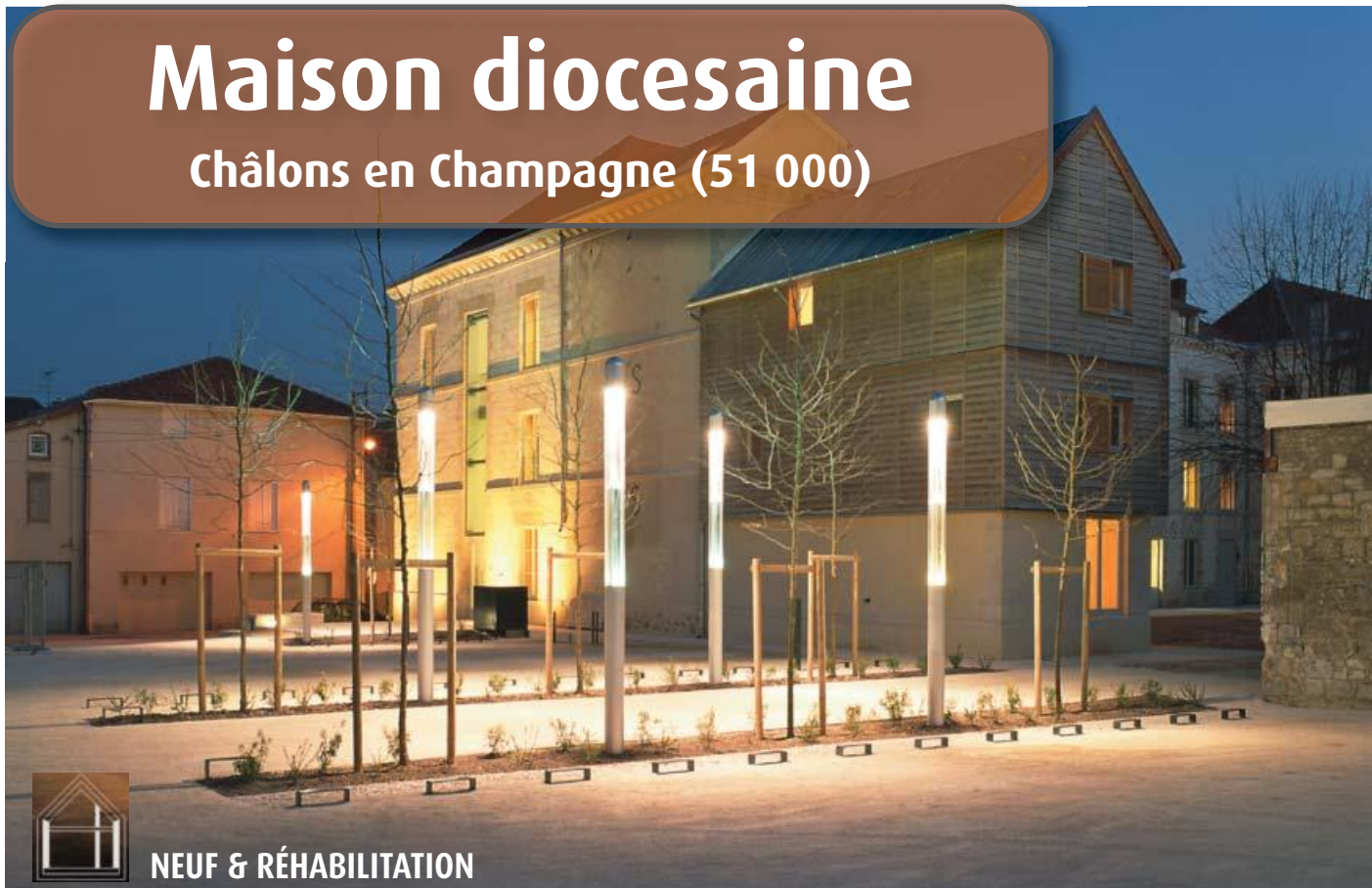
## Communications & reconnaissance

- Presse locale.



# Maison diocésaine

## Châlons en Champagne (51 000)



**NEUF & RÉHABILITATION**

### Intitulé & localisation de l'opération

« Maison diocésaine Sœur Odette Prévost » /  
Réhabilitation / Public / ERP / 1bis, rue Saint Joseph -  
51 000 Châlons-en-Champagne.

### Intentions du maître d'ouvrage / Association Diocésaine de Châlons-en- Champagne.

L'objectif premier est de reconvertir ce bâtiment existant en mettant en œuvre une démarche de qualité environnementale, proposée par l'équipe de conception, destinée à limiter, par souci de cohérence, les nuisances liées à la démolition et au gros œuvre.

### Intentions du maître d'œuvre / Méandre, Atelier d'Architecture Emmanuelle Patte-Colardelle et Christian Hackel, architectes associés.

« La réhabilitation demande une compréhension du fonctionnement du bâti existant, construit empiriquement et sans calcul. Au cours du chantier, nous avons pu constater que la démarche HQE rejoignait certaines pratiques du passé : connaissances des conditions et de l'écologie locale, utilisation de matériaux naturels disponibles à proximité, moindre consommation d'énergie. Tout en respectant la structure du bâtiment, notre intervention architecturale se voulait audacieuse et contemporaine. Cette réalisation a répondu aux souhaits du maître d'ouvrage de réaliser une maison ouverte sur la ville et communicante, lieu d'échanges des associations ».

### Nature des travaux / Choix techniques retenus et place du chanvre.

**LA STRUCTURE PORTEUSE /** Le bâtiment originel est d'une grande simplicité structurelle. Il se présente comme suit :

- mur d'enveloppe épais (50cm) et composite, constitué d'un parement extérieur en pierre de craie, d'une peau intérieure en brique pleine et d'un remplissage en terre et tout venant, le tout harpé par des pierres boutisses traversantes ;
- murs intérieurs à pans de bois revêtus d'un enduit à la chaux fibré ;
- planchers en solivage portant sur les murs longitudinaux.

Le projet, avec sa création de la rue intérieure, respecte le schéma structurel initial. Une surélévation en ossature bois d'un appentis existant permet la création d'un logement indépendant prévu au cahier des charges.

#### L'USAGE DU CHANVRE / 134 m<sup>3</sup>.

Compte tenu de la nature « perméable » des murs d'enveloppe, très vite le choix du béton chanvre est apparu comme pertinent du fait de ses propriétés hygrothermiques. En effet l'éventualité de « fermer » la paroi par un doublage du type plaque de plâtre + isolant (d'origine organique ou minérale) apparaissait empiriquement comme un non-sens, particulièrement du point de vue du confort d'été.

**Toits & dalles :** Sans objet.

#### Murs : 146 m<sup>2</sup> x 0.36 m d'épaisseur, soit 88 m<sup>3</sup> de béton de mur.

Le chanvre, de production locale et mis en œuvre sous la forme d'un enduit isolant projeté (chanvre et chaux aérienne) d'une épaisseur de 5 à 8 cm en fonction des irrégularités des murs périphériques, a été choisi en raison de ses propriétés hygrothermiques et acoustiques. Il a été appliqué sous la forme d'un mortier, coulé par banchage, en remplissage des pans de bois des murs intérieurs qui marquent la rue intérieure du bâtiment.



## Informations utiles

**DESCRIPTIF SOMMAIRE** Transformation d'un bâtiment du 19<sup>e</sup> siècle en maison des associations. Son réaménagement comprend :

- un hall d'exposition ;
- des bureaux paysagers ;
- des salles de réunion, grandes et petites ;
- un centre documentaire ;
- un logement de fonction en extension ;
- un parvis et un parc de stationnements.

### SURFACES / COÛTS / DATES

SHON: **1 720 m<sup>2</sup>**.

Surfaces utiles : **1 393 m<sup>2</sup>**

#### Coût de construction :

Coût global de construction : 1 494 600 €, soit 1 073 €/m<sup>2</sup> utile.

#### Ouverture de chantier :

Mise en service : mars 2004.



## Les acteurs

**MAÎTRISE D'OUVRAGE** / Association Diocésaine de Châlons-en-Champagne  
1 bis, rue Saint Joseph - 51 000 Châlons-en-Champagne / Mr. Thouvard / Tél. : 03 26 22 12 35

**CONCEPTION** / Méandre, Atelier d'Architecture  
Emmanuelle Patte-Colardelle & Christian Hackel, architectes associés.  
99, rue Stalingrad - 93 100 Montreuil-sous-Bois / Tél. : 01 43 63 23 44

### SUIVI TECHNIQUE /

- Bureau d'études fluides : MCI Thermique, Reims  
Parc d'Affaires Reims-Champigny - allée Jean Marie Hamelin - Bât. C  
51 370 Champigny / Tél. : 03 26 49 03 23
- Bureau d'études éclairage : Etudelec, Alain Pett  
10, rue Simon - 51 100 REIMS / Tél. : 03 26 85 00 24
- Pôle Qualité Environnementale de la construction en Champagne-Ardenne
- ADEME  
116, av. de Paris - 51 038 Châlons-en-Champagne / Tél. : 03 26 69 20 96

### MISE EN ŒUVRE /

**Bois** : Revelli - 51 Vesigneul/Marne,  
**Chanvre** : Hauteville - 51 Saint Pierre.

**FINANCEMENT** / ADEME et Conseil Général Champagne-Ardenne

## Autres prestations

« Haute Qualité Environnementale »

### Confort hygrothermique :

L'enduit intérieur « chanvre et chaux » préserve la qualité « respirante » des murs intérieurs en pans de bois et des façades, régule l'hygrométrie et conserve l'inertie thermique des parois en craie. Ces caractéristiques sont particulièrement appréciables pour le confort d'été.

### Confort acoustique :

L'enduit de chanvre, appliqué sur les murs d'enveloppe aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur du bâtiment, absorbe les bruits intérieurs et isole des bruits extérieurs.

## Suivis techniques & consommations

**Thermique** : 61 kWh énergie finale /m<sup>2</sup>/an,  
**Électricité** : 20 kWh d'énergie finale,  
**soit total 81 kWh d'énergie finale /m<sup>2</sup>/an ou 114 kWh d'énergie primaire / coéf. 2.58 pour électricité.**

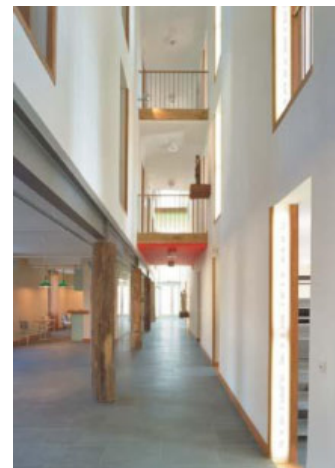
## Témoignages

*Françoise Cuypers, accueil de la Maison Diocésaine : « Je travaille chaque jour à la maison diocésaine et apprécie la qualité de vie de ce bâtiment qui n'est ni trop chaud, ni trop froid, ni trop sec, ni trop humide. Cet environnement de travail est très clair et il laisse une place importante à la lumière naturelle. Il n'y a pas de variation de température d'une pièce à l'autre ou entre les étages. De nombreux visiteurs ont remarqué qu'il fait bon chez nous ».*

« Cette réalisation a répondu aux souhaits du maître d'ouvrage de réaliser une maison ouverte sur la ville et communicante, lieu d'échanges des associations ».

## Communications & reconnaissance

- Brochure de la Région Champagne-Ardenne ;
- Communication de l'Ordre National des Architectes (CD) ;
- CETE de Lyon, fiche descriptive ;
- Lauréa « Habitat solaire - Habitat d'aujourd'hui », rubrique « Réhabilitation » / Système solaire n°175 - septembre-octobre 2006 ;
- Moniteur 5309 - aout 2005 ;
- « Maison à vivre » n° 24 ;
- « Journal du bois » n° 85 ;
- Le présent document.



# Logement collectif BBC

Paris (13<sup>e</sup>)



CONSTRUCTION NEUVE

## Intitulé & localisation de l'opération

« Logement Collectif BBC » / Construction neuve : huit logements locatifs sociaux / Public / Ile-de-France / 25, rue Bourgon - 75 013 Paris.

## Intentions du maître d'ouvrage / Paris Habitat

Réaliser un immeuble de huit logements certifié « Habitat & Environnement » comprenant le profil « A », ainsi que les options « l'option "BBC Effinergie" ». \*Très Haute Performance Énergétique.

## Intentions du maître d'œuvre / Atelier D, Ilhem Belhatem, architecte

Les bétons de chanvre répondent à de nombreuses exigences : disponibilité des matériaux renouvelables, capacité à stocker durablement du CO<sub>2</sub>, efficacité énergétique et non toxicité font partie des critères décisifs dans le choix de tels matériaux. Dosé à 220 kg/m<sup>3</sup>, le béton de granulats léger permet de réaliser, tout à la fois, le remplissage et l'isolation des parois grâce à :

- des performances thermiques élevées ;
- une forte élasticité ;
- une perméabilité importante.

Ce béton participe, de fait, au confort thermique, acoustique et hygrométrique de l'habitat. Le parti architectural retenu a permis de répondre aux caractéristiques du lieu, en implantant, côté rue, une façade urbaine respectant l'alignement. Elle est marquée par sa masse clairement identifiée ainsi qu'une lecture différenciée de son soubassement, son corps et son couronnement. Au sud, cette masse cède la place à la légèreté pour offrir une façade largement vitrée, bénéficiant ainsi de façon optimale des apports solaires. Elle est ouverte sur des balcons filants qui forment d'efficaces protections solaires.

## Nature des travaux / choix techniques retenus et place du chanvre.

**LA STRUCTURE PORTEUSE /** La structure porteuse est mixte : une première structure en béton armé et une seconde en bois. La première est constituée de poteaux, poutres et dalle à rez-de-chaussée, complétée de murs séparatifs et refends en étages.

La structure secondaire, installée sur toutes les faces, a été réalisée en pin Douglas avec un montage de type ossature bois MBOC (Maison Bois Outils Concept), comprenant des montants 5/15, lisses basses et hautes. L'ensemble est contreventé par des plaques de gypse assurant la finition intérieure.



## L'USAGE DU CHANVRE / 240 m<sup>3</sup>.

Le chanvre, sous forme de béton de chanvre, vient enrober les deux structures pour assurer une parfaite étanchéité à l'air de l'ensemble et surtout éviter tout pont thermique. Projeté depuis l'intérieur pour les faces mitoyennes, il a été projeté depuis l'extérieur sur les faces sur rue et jardin.

**Toits :** Sans objet.

**Murs :** 240 m<sup>3</sup> de béton de mur.

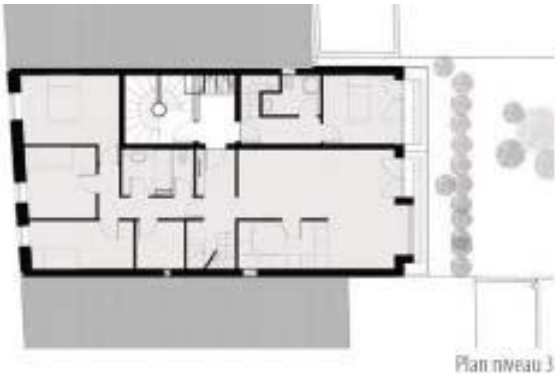
Les murs ont été réalisés par projection de béton de chanvre de 50 cm d'épaisseur sur la face nord sur rue et 35 cm sur les autres faces, puis terminé par un enduit posé sur le béton de chanvre.

**Sols :** Sans Objet.



## Informations utiles

**DESCRIPTIF SOMMAIRE** L'opération concerne la création d'un immeuble de 4 étages comprenant 8 logements dont 4 T1, 2 T4 et 2 T5 en duplex aux derniers niveaux. L'objectif premier était de s'inscrire dans une démarche visant la réalisation d'un bâtiment basse consommation.



**SURFACES / COÛTS / DATES**  
 Superficie du terrain : **209 m<sup>2</sup>**  
 Surfaces habitables : **478 m<sup>2</sup>**  
 SHON : **648 m<sup>2</sup>**

**Coût de construction :**  
 1 277 000 € soit 1 971 € Ht/m<sup>2</sup> SHON  
 Coût des façades y compris bois et chanvre comprenant les « bow-window ».  
 Murs (x4fs) tous étages : **210 681 € HT**

**Coût des installations en chanvre**  
 Murs (x4fs) tous étages : **88 535 € HT**

**Ouverture de chantier :** 4 octobre 2010.

**Réception :** septembre 2012.

## Les acteurs

**MAÎTRISE D'OUVRAGE /** Public / Paris Habitat OPH  
 21 bis, rue Claude Bernard - 75 253 Paris Cedex 05 /  
 Tél. : 01 71 37 00 00  
 olivier.cathelineau@parishabitat.fr

**CONCEPTION /** Atelier D, « Architecture et Développement Durable »

10 rue Charles Delescluze - 75 011 Paris / www.atelier-d.fr

### SUIVI TECHNIQUE /

- Bureau d'études Structure : SERF, 12 rue Mathilde Burgue - 95 600 Eaubonne / Tél. : 01 34 17 49 19
- Bureau d'ingénierie Ingelec  
 34, Av. Raspail - 94 100 - St Maur des Fossés / mcardon@ingelec.fr
- Béton de chanvre : Bureau d'études Concept, Chanvre Construction, 22 rue de Kerentré - 56 150 Baud / Tél. : 02 97 39 70 44 / goudet.l@wanadoo.fr

**MISE EN ŒUVRE /** Entreprise FAYOLLE, tous corps d'état.

**Bois et Chanvre :** Entreprise FAYOLLE / contact : dpetit@fayolle.eu

**Chanvre :** Entreprise FAYOLLE

30 rue de l'Égalité - CS30009 - 95 230 Soisy-sous-Montmorency

**FINANCEMENT /** Logements social : PLS.

### Caractéristiques techniques complémentaires :

- ventilation Hygro B Microwatt ;
- la production de chaleur est du type collectif au gaz de ville. La chaufferie comporte deux chaudières à condensation pulsatoires de puissance unitaire 20 kW. Elle participe à l'amélioration du bilan carbone du bâtiment. Elle a pour avantage :
  - rendement très élevé (100 %) par rapport aux chaudières classiques,
  - émission de NOx, à l'origine des pluies acides, proche de zéro,
  - économie de gaz de 32 % par rapport à une chaudière classique,
  - consommation électrique faible.
- l'émission de chaleur est réalisée par radiateurs à eau chaude équipés de robinets thermostatiques.

## Suivis techniques & consommations

Dans le cadre de la réalisation de cet immeuble, premier collectif en béton de chanvre en Ile de France, une étude permettant de mesurer la performance énergétique du bâtiment a été décidée.

L'étude proposée s'articule autour de deux approches complémentaires :

- l'une, technique, relative aux mesures des conditions d'ambiances et d'analyse physique des constructions ;
  - l'autre, sociologique, relative à l'analyse des perceptions et des comportements des usagers de ces espaces.
- Elle va se dérouler sur deux années à minima afin d'apprécier les conditions de confort au fil des saisons (conforts d'été et d'hiver).

### PHASE 1 / Mesures et analyse des performances thermophysiques

L'un des objectifs de la présente étude sera de vérifier si les performances prévues sont effectivement atteintes, voire dépassées.

Les mesures effectuées seront :

- les conditions ambiantes internes (T: température, HR: hygrométrie) principalement des salles de séjour (jour/nuit) ;
- la ventilation des espaces pour évaluer la qualité de l'air (débit des bouches d'extraction) ;
- la consommation énergétique, chauffage et eau chaude sanitaire ;
- le relevé des consommations d'eau froide et d'eau chaude ;
- la mesure ponctuelle de la perméabilité à l'air : un test d'étanchéité avant finitions a été réalisé.

### PHASE 2 / Étude des performances à l'usage

Cette seconde phase de l'étude vise à comprendre la perception et le comportement des usagers, éventuellement faire évoluer la gestion des équipements (ventilation notamment) ou encore modifier les modes de construction de futurs espaces.

Une évaluation économique, menée en parallèle, aura pour objectif de « mesurer » la rentabilité de l'opération et le retour sur investissement par une analyse détaillée des coûts et surcoûts finaux constatés à l'achèvement des constructions.

**Laboratoire :** Les murs des faces nord et sud ont été instrumentés. Le CETE d'Ile-de-France assure le suivi du bâtiment, en particulier du séchage des parois.

## Communications & reconnaissance

- Élaboration de fiches pédagogiques (fournies à la demande par l'Atelier D) ;
- très nombreux articles de presse (contact Atelier D) ;
- le présent document.

## Témoignages

## Autres prestations

### « Haute Qualité Environnementale »

**Caractéristiques environnementales complémentaires :** le bâtiment répond aux exigences du Plan Climat de Paris. La consommation du bâtiment est inférieure à 50 kWh/m<sup>2</sup> SHON/an en énergie primaire et propose les installations suivantes :

- menuiseries mixtes, bois-alu laqué, double vitrage argon face sud, triple vitrage argon face Nord sur rue ;
- production d'énergie électrique locale grâce aux panneaux photovoltaïques installés en toiture. L'intégration bénéficie du Label « Pass'innovation ». L'utilisation de modules photovoltaïques à base de silicium cristallin permet d'obtenir un rendement maximal, y compris sur le long terme. Surface installée : 62 m<sup>2</sup> pour une puissance installée de 8 400 wc.

# Habitation côté jardin

Ile-de-France / Montreuil (93 100)



CONSTRUCTION NEUVE

## Intitulé & localisation de l'opération

« Maison sur fond de parcelle » / Création de deux logements locatifs sur jardin / Privé / 93 100 Montreuil-sous-Bois.

## Intentions du maître d'ouvrage / Privé

Concevoir un habitat constitué d'un appartement à rez-de-chaussée, accessible aux personnes à mobilité réduite, doublé en étage d'un studio. L'ensemble doit être vite monté au regard du voisinage (école primaire attenante) et impérativement économe à l'usage.

## Intentions du maître d'œuvre / Méandre, Christian Hackel, architectes associés.

Pour répondre aux attentes du Maître d'Ouvrage, la conception du bâtiment devait permettre de réduire au maximum ses besoins énergétiques : orientation, compacité, efficacité thermique de l'enveloppe ont été, dès lors, les maîtres mots à respecter.

La localisation était, de fait, imposée par ces directives puisqu'il s'agissait :

- d'éviter les vis-à-vis pour les vues principales afin de respecter l'intimité de chacun ;
- de privilégier l'orientation sud afin de favoriser les apports solaires passifs ;
- de libérer de la profondeur de vue au niveau des espaces de vie, tant pour le bâtiment neuf que pour l'existant sur rue.

Le système constructif « ossature bois modulaire préfabriqué » avec un remplissage de béton de chanvre, déjà expérimenté par le passé, devenait, de fait, idéal pour allier rapidité de mise en œuvre et confort hygrothermique exceptionnel pour des économies à l'usage.

## Nature des travaux / Choix techniques retenus et place du chanvre.

**LA STRUCTURE PORTEUSE /** La structure porteuse est en bois, montage ossature MBOC (Maison Bois Outils Concept), montant 45/120 à entraxe de 0.60 m.



### L'USAGE DU CHANVRE / 58 m³.

Murs et toit terrasse ont été entièrement réalisés en béton de chanvre, suivant la densité propre à chaque cas de figure sur structure porteuse bois.

**Toits :** 33 m² x 0.30 m d'épaisseur, soit 10 m³ de béton de toit.

Remplissage des caissons de toit à l'aide des produits de récupération du redressage des murs (ci-dessous).

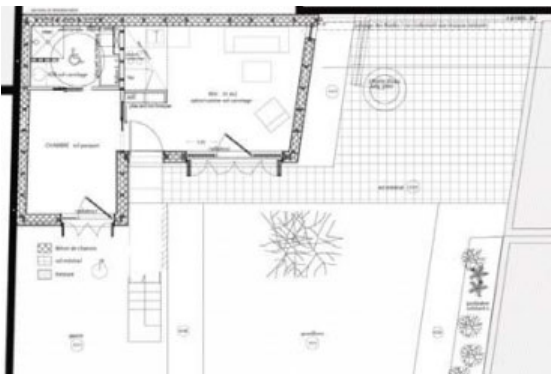


**Murs :** 160 m² x 0.30 m d'épaisseur, soit 48 m³ de béton de mur. Pleine masse en remplissage par projection.

**Sols :** Sans objet.

## Informations utiles

**DESCRIPTIF SOMMAIRE** Il s'agit d'une construction sur jardin (en fond de parcelle) constituée de deux appartements superposés, d'une volumétrie simple et résolument moderne. Chaque logement est constitué d'un séjour, d'une cuisine, d'une salle d'eau et d'une vaste chambre (plan du rez-de-chaussée ci-dessous).



### SURFACES / COÛTS / DATES

**Surface au sol :** Maison : 38.50 m<sup>2</sup>  
**Surfaces habitables :** 66 m<sup>2</sup> (33 m<sup>2</sup> RDC + 33 m<sup>2</sup> Etage)  
**SHOB :** 79 m<sup>2</sup> / SHON : 77 m<sup>2</sup>

### Coût de construction :

Coût global de construction : 145 000 €, soit 1 880 €/m<sup>2</sup> SHON.

Montant « hors d'eau, hors d'air » : 101 000 € HT, soit 1 310 € HT / m<sup>2</sup> de SHON.

### Coût des installations en chanvre

**Toit & Murs :** 19 000 € HT y compris location machine et groupe électrogène.

**Ouverture de chantier :** avril 2008.

**Livraison :** janvier 2009.

## Les acteurs

### MAÎTRISE D'OUVRAGE / Privé

**CONCEPTION /** Méandre, Atelier d'Architecture /

www.meandre.fr

Christian Hackel, architectes associés / Chef de projet :

Sandrine Duris.

99, rue Stalingrad - 93 100 Montreuil-sous-Bois /

Tél. : 01 43 63 23 44

### SUIVI TECHNIQUE /

● Christian Hackel, architectes associés /

contact.meandre@wanadoo.fr

99, rue Stalingrad - 93 100 Montreuil-sous-Bois /

Tél. : 01 43 63 23 44

● Béton de chanvre : Bureau d'études Concept, Chanvre

Construction, 22 rue de Kerentré - 56 150 BAUD /

Tél. : 02 97 39 70 44 /goudet.l@wanadoo.fr

### MISE EN ŒUVRE /

**Bois :** RC Eco sarl.

**Chanvre :** Entreprise Le Souef.

30 rue de l'Egalité - CS30009 - 95 230 Soisy-sous-Mont-

morency

**FINANCEMENT /** Fonds propres du maître de l'ouvrage

## Autres prestations

### « Haute Qualité Environnementale »

**Caractéristiques environnementales complémentaires :**

- toiture végétalisée ;
- récupération des eaux pluviales pour toilettes et arrosage du jardin ;
- système « écoGreen » pour les places de stationnement.

**Caractéristiques techniques complémentaires :**

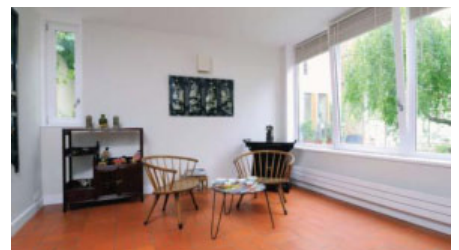
Sans objet.

## Suivis techniques & consommations

Sans objet.

## Témoignages

L'isolation renforcée de la toiture et des murs assure au maître d'ouvrage des économies d'énergie conséquentes. De même, la toiture végétalisée, associée à une cuve de récupération d'eau pluviale, permet d'économiser de l'eau pour l'arrosage du jardin et l'alimentation des chasses d'eau des toilettes.



## Communications & reconnaissance

- Le présent document.

# Habitat social

Alsace / Ernolsheim-lès-Saverne (67 330)



NEUF & REHABILITATION

## Intitulé & localisation de l'opération

« Habitat Social » / Rénovation d'une maison traditionnelle et création de deux logements sociaux / Public / Logements locatifs T1 et T3 / 78, rue Principale - 67 330 Ernolsheim lès Saverne.

## Intentions du maître d'ouvrage / Ville d'Ernolsheim-Lès-Saverne

Conserver une maison ancienne typique de l'architecture rurale des Vosges du Nord et démontrer que les bâtiments anciens au coeur de nos villages peuvent connaître une nouvelle jeunesse et offrir un habitat confortable et économe en énergie à l'usage.

## Intentions du maître d'oeuvre / Claude Eichwald, architecte

« Mes lignes directrices de conception étaient les suivantes :

- reprendre les intentions du maître d'Ouvrage avec lesquelles je suis en accord ;
- mes matériaux de prédilection sont le bois, le chanvre et la chaux, et ils s'imposaient naturellement pour transformer et agrandir un bâtiment traditionnel fait de grès, de bois et de chaux ;
- en définitive, économie d'usage, réutilisation des matériaux, filières courtes, respect des savoirs faire dans une expression contemporaine ont été les idées directrices ».

## Nature des travaux / Choix techniques retenus et place du chanvre.

**LA STRUCTURE PORTEUSE /** La partie basse de l'existant est en maçonnerie de grès et le niveau supérieur partiellement en colombage



**L'USAGE DU CHANVRE /** 82 m<sup>3</sup> de béton toutes compositions comprises.

**Toits :** 109 m<sup>2</sup> x 0.34 m d'épaisseur, soit 37 m<sup>3</sup> de « béton de toit ».

Le toit a fait l'objet d'un remplissage spécifique au toit ;

**Murs :** ils ont été entièrement réalisés en béton de chanvre, suivant la densité propre à chaque cas de figure sur structure porteuse bois.

**Sols :** 40 m<sup>2</sup> x 0.15 m d'épaisseur, soit 6 m<sup>3</sup> de « béton de sol ».

Une dalle a été coulée à rez-de-chaussée sur empierrement préalable.

**Enduits :** 105.17 m<sup>2</sup> x 0.15 m d'épaisseur, soit 16 m<sup>3</sup> de « béton de mur ».

Des enduits isolants en béton de chanvre, composition spécifique aux murs, et chaux ont été rapportés sur les murs existants du soubassement.

## Informations utiles

**DESCRIPTIF SOMMAIRE** / Le bâtiment, comprenant deux extensions, l'une sur le pignon nord et l'autre sur la face ouest, comprend deux appartements : un studio à rez-de-chaussée accessible aux personnes à mobilité réduite depuis la rue principale, surmonté d'un T3 à rez-de-jardin et combles accessible sur la ruelle d'accès à l'église.



### SURFACES / COÛTS / DATES

**Surfaces habitables** : 121 m<sup>2</sup> (40 m<sup>2</sup> T1 à RDC + 81 m<sup>2</sup> T3 en étage)

**SHOB** : 261 m<sup>2</sup> m<sup>2</sup> / SHON : 159 m<sup>2</sup>

#### Coût de construction :

Le coût de construction, hors d'eau et d'air y compris démolition, s'élève à 177.813.

#### Coût des installations en chanvre

**Toit & Murs** : Toit, Murs, Sol : 29 662 € HT.

**Ouverture de chantier** : septembre 2010 ;

**Fin de chantier** : mars 2012.

## Les acteurs

**MAÎTRISE D'OUVRAGE** / Commune d'Ernolsheim Lès Saverne  
Rue Principale - 67 340 Ernolsheim Lès Saverne

**CONCEPTION** / Claude Eichwald, maître d'œuvre /  
claud.eichwald@wanadoo.fr  
3, route Weinbourg - 67 340 Weiterswiller / Tél. : 03 88 89 55 65

#### SUIVI TECHNIQUE /

● Héliosol - 4, rue du Général Koenig - 67 340 Ernolsheim Lès Saverne / Tél. : 03 89 40 37 06 /  
contact@heliosol.fr / www.heliosol.fr

#### MISE EN ŒUVRE /

**Bois** : Entreprise Dick - 3 A, rue Pasteur Huser - 67 340 Rothbach /  
Tél. : 03 88 89 34 18

**Chanvre** : Entreprise Dolci btp / rue de la tannerie -  
25 150 Autechaux Roide / Tél. : 03 81 92 45 74 /  
dolci.btp@wanadoo.fr  
Ecosphère habitat / 3 rue des paiens - 67 720 Hoerdt /  
Tél. : 03 88 69 39 35 / contact.web@ecosphere-habitat.com

**FINANCEMENT** / Finances communales et subventions.

## Autres prestations

### « Haute Qualité Environnementale »

**Caractéristiques environnementales complémentaires :**

● Chauffage au bois.

**Caractéristiques techniques complémentaires :**

● Eau chaude sanitaire bois et électrique.

## Suivis techniques & consommations

**Thermique** : Cette bâtisse a fait l'objet d'un diagnostic énergétique dans le cadre du bilan de l'ensemble des bâtiments de la commune.

Il en a résulté que la consommation d'énergie pour le chauffage, ramenée à la surface des locaux, en énergie finale, est de 357 kWh/m<sup>2</sup>/an et, en énergie primaire, de 214 kWh/m<sup>2</sup>/an.

Rappel : chauffage au bois (1 kWh<sub>th</sub> = 0.6 kWh<sub>ep</sub>).

Le résultat après travaux pour l'énergie primaire, calculé avec Comfi Pléiades, est de 52.81 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an pour le chauffage au bois, et 96 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an pour toutes les dépenses comprenant le chauffage au bois, ECS bois, ECS électrique, éclairage, ventilation et dépenses électriques annexes.

## Témoignages

### Débat public « Un café bavard à Epping » :

« Quand innovation et tradition coïncident pour :

- conserver une maison ancienne, typique de l'architecture rurale des Vosges du Nord ;
- démontrer que les bâtiments anciens au cœur de nos villages peuvent connaître une nouvelle jeunesse et offrir un habitat confortable, économe en énergie et, en tous points, conforme à la nouvelle réglementation thermique ;
- valoriser des matériaux locaux et des isolants renouvelables d'origine végétale.

Trouver une nouvelle affectation pour les bâtiments anciens situés dans les villages s'avère être un nouveau défi pour économiser la terre (argile) qui se fait de plus en plus rare. »

## Communications & reconnaissance

- Prix spécial du jury du " Parc naturel régional des Vosges du Nord - Fondation du Patrimoine" en 2009 ;
- Dernières Nouvelles d'Alsace : Le 7 octobre 2011, visite de Madame Nathalie Kosciusko-Morizet, Ministre de l'Écologie, et Monsieur Philippe Richert, Ministre chargé des Collectivités territoriales, du précédent gouvernement, auxquels Monsieur Jeanot Schnell, Maire de la commune, présentent l'exemplarité de l'opération ;
- Débat public / Un café bavard à Epping : « Faut-il innover dans l'art de rénover nos patrimoines ? Faire du beau avec du vieux... » - jeudi 3 novembre 2011 ;



# Maison du tourisme

Aube / Troyes (10 000)



RÉNOVATION & EXTENSION



## Intitulé & localisation de l'opération

« Maison du Tourisme » / Réhabilitation & Extension / Public / ERP / Immeuble de bureaux / 16, rue Aristide-Briand - 10 000 Troyes.

## Intentions du maître d'ouvrage / Ville de Troyes

L'immeuble, situé au coeur de la ville et, de fait, soumis au plan de sauvegarde et de mise en valeur (PSMV), est réhabilité en privilégiant les matériaux naturels, locaux, issus de filières courtes, tout en visant le Label « BBC - Effinergie Rénovation », de maîtrise des dépenses énergétiques et la recherche d'un meilleur confort.

## Intentions du maître d'œuvre / Ville de Troyes

La volonté de la ville de Troyes et de son architecte repose sur la recherche de solutions techniques compatibles avec la restauration d'une maison à pans de bois dont certaines pièces datent du début du XVI<sup>e</sup> siècle et la construction d'une extension à ossature bois, en cohérence avec le parcellaire et l'architecture troyenne permettant notamment de répondre aux exigences d'accessibilité d'un ERP. Le projet s'est appuyé sur les orientations du Grenelle de l'environnement, puis sur l'Agenda 21, élaboré et adopté par la Ville. Ce projet, formalisé à l'automne 2011, reprend les fondements de la démarche haute qualité environnementale et s'appuie plus particulièrement sur les six axes suivants :

- confort hygrométrique
- confort acoustique
- qualité de l'air
- choix des procédés et produits de construction
- chantier à faible nuisance
- gestion de l'énergie.

## Nature des travaux / Choix techniques retenus et place du chanvre.

**LA STRUCTURE PORTEUSE /** Restauration du pan de bois selon les caractéristiques des époques les plus représentatives de ce type de construction (XVI<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup>) et réalisation d'une extension en pan de bois traditionnel dans un dessin contemporain. Provenance locale des bois d'ossatures.

### L'USAGE DU CHANVRE / 14 tonnes de granulats.

Le chanvre est issu du département de l'Aube, premier département français producteur de chanvre. La Chanvrière de l'Aube produit la chènevotte. Le béton de chanvre est projeté par l'intérieur pour les murs et l'extérieur pour la toiture. La mise en œuvre a été réalisée par l'entreprise Léon Noël. Outre la proximité de sa production, le chanvre est le meilleur compromis d'un point de vue écologique, du respect des traditions en garantissant des performances énergétiques recommandées, sans omettre la rapidité de mise en œuvre réalisée par projection par l'intérieur.

**Toits :** l'ensemble de la toiture est isolé par un béton de chanvre léger d'une épaisseur de 30 cm. Il comprend la couverture du bâtiment existant et celle de l'extension, selon deux modes de mise en place, l'une en conservant les chevrons existants et l'autre à partir d'une structure nouvelle de charpente sur la base de chevrons formant ferme.

**Murs :** remplissage de 630 m<sup>2</sup> d'ossature bois de 30 cm de béton de chanvre (soit 189 m<sup>3</sup>, 4,5 ha de chanvre issu du département de l'Aube).

**Sols :** réalisation d'une dalle isolante en béton de chanvre drainée et ventilée au sous-sol pour une pose adaptée de tommettes en terre cuite et à la recherche d'un volant thermique modéré.



## Informations utiles

**DESCRIPTIF SOMMAIRE** / Le projet répond aux principes suivants :

- mise en valeur de la lecture de chaque époque importante de l'évolution du bâtiment existant, restauration des façades selon l'époque la plus significative;
- préservation de la réversibilité des éléments à forte valeur patrimoniale en conservant les éléments importants de restauration. Les modifications du projet n'entraînent pas de démolition irréversible ;
- respect du parcellaire : La Maison du tourisme est construite dans le respect de l'architecture traditionnelle locale, avec notamment :
  - une ossature traditionnelle en pans de bois.
  - une toiture à deux pans pour l'extension et des pignons sur rue et cour ;
  - la restitution d'une ferme d'avant-corps sur la rue Champeaux et la restauration d'une façade XVI<sup>e</sup> ;
  - restauration et mise en valeur de la façade existante de la cour, du pan de bois, de la charpente et de la couverture de la croupe XVII<sup>e</sup>.

Côté rue, une extension d'environ 50 m<sup>2</sup> au sol permet de gérer l'accessibilité aux étages en y intégrant un ascenseur.

Cette extension est étroite (4 mètres) afin de retrouver l'esprit d'alignement du bâti ancien et les caractéristiques du parcellaire du centre historique.

Un traitement différencié de certains détails permet de bien dissocier la partie restaurée du bâtiment existant de la construction neuve en extension.

## SURFACES / COÛTS / DATES

SHON EXISTANT conservée et créées : **493 m<sup>2</sup>**  
 SHON construites : **219 m<sup>2</sup>**  
 SHON totales : **712 m<sup>2</sup>**

### Coût de construction :

Coût des travaux : **2 638 000 € TTC**  
 Coût total de l'opération : **2 900 000 € TTC**

### Coût des installations en chanvre

Toit & Murs et dalles en sous-sol : **86 000 € HT.**

**Ouverture de chantier** : février 2011 ;  
 Hors d'eau - Hors d'air : octobre 2012 ;

**Livraison** : début juillet 2013.

## Les acteurs

**MAÎTRISE D'OUVRAGE** / Ville de Troyes  
 Place Alexandre Israël -10 000 Troyes Cedex /  
 Tél. : 03 25 42 33 33

**CONCEPTION** / Ville de Troyes  
 Claire PERRON, architecte dplg du Patrimoine, Ville de Troyes.  
 Pôle Urbanisme et Patrimoine - Direction des Bâtiments -  
 Bureau d'Etudes Bâtiments - Hôtel de Ville / Place  
 Alexandre Israël - BP 767 10 026 Troyes cédex /  
 Tél. : 03 25 42 33 33

### SUIVI TECHNIQUE /

BET structure : IDS Structure / 1, place du Lavoir -  
 10 260 Courtenot / Tél. : 03 25 38 62 32

BET Thermique : MCI Thermique / Parc d'affaires Reims  
 Champigny -Bât. C -Allée Jean Marie Amelin -  
 51 370 Champigny / Tél. : 03 26 49 03 23

BET Acoustique : LESLIE Acoustique / 31, rue Maillefer /  
 51100 Reims / Tél. : 03 26 06 89 99

### MISE EN ŒUVRE /

Bois : Chanvre : Léon Noël SAS -2, rue des Frères Michelin -10 600  
 La Chapelle Saint Luc / Tél. : 03 25 71 91 05

**FINANCEMENT** / Ville de Troyes, Grand Troyes et la région  
 Champagne Ardennes. Fibre recherche et Développement  
 (FRD), Fédération Française du Bâtiment (FFB), Electricité  
 de France (EDF), Région Champagne-Ardenne, Agence de  
 l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), La  
 Chanvrière de l'Aube (LCPA), Confédération de l'Artisanat  
 et des Petites Entreprises du Bâtiment (CAPEB).

## Suivis techniques & consommations

Énergie primaire : 100 kWep/m<sup>2</sup>/an au lieu de  
 205 kWep/m<sup>2</sup>/an ;

Gaz à effet de serre : 5 kgéqCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/an au lieu de  
 31 kgéqCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/an ;

Le contrôle scientifique et technique, est assuré par l'ENTPE  
 avec le suivi énergétique en partenariat avec EDF. Il s'agit  
 en l'occurrence de :

- démontrer la performance d'une restauration du bâti traditionnel troyen en chanvre ;
- contribuer à une meilleure connaissance du comportement du béton de chanvre afin d'inciter son usage dans le centre ancien ;
- mettre en place une instrumentation permettant de caractériser le comportement thermique et acoustique du béton de chanvre et d'assurer le suivi énergétique de l'ouvrage.

Cette instrumentation se traduit par une centaine de points de suivi reposant sur l'incorporation de compteurs d'énergie, de capteurs de températures et d'humidité contre les parois intérieures et extérieures et dans les parois, de capteurs de taux de Dioxyde de Carbone (CO<sub>2</sub>), idem Azote (NO<sub>2</sub>), idem COV pour le suivi de la qualité de l'air.

## Témoignages

Nicolas Villiers, Directeur de l'Office de Tourisme de Troyes et sa région : « Touristes et visiteurs expriment quotidiennement leur fierté et leur surprise de découvrir un tel écrin, véritable concentré de l'identité locale. L'outil révèle à l'utilisateur une fonctionnalité exemplaire, un cadre et un environnement exceptionnels dont le visiteur s'imprègne à son insu. C'est, pour l'équipe de l'Office de Tourisme, une véritable réussite, une vraie satisfaction et un honneur de bénéficier d'un tel cadre de travail. »

## Communications & reconnaissance

- Contact/  
 Direction de la Communication/ a.moniot@ville-troyes.fr/  
 Tél. : 03 25 42 34 36 ;
- Projet « PREBAT 2011 » pour la promotion de la restauration du bâti traditionnel en chanvre (sélection automne 2012) et la mise en place d'un système de chauffage et climatisation sous forme d'une PAC ;
- Presse locale et nationale (projet et suivi énergétique) ;
- Le présent document.

## Autres prestations

### « Haute Qualité Environnementale »

**Caractéristiques environnementales complémentaires** :  
 la mise en œuvre de dallage en terre cuite en provenance de l'Aube ;  
 la mise en place de doubles fenêtres ventilées.

### Caractéristiques techniques complémentaires :

- chauffage et rafraîchissement par pompe à chaleur (PAC aérothermique. Puissance froide : 96.05 kW ; puissance chaud : 73.15 kW) ;
- ventilation double flux dans les salles de réunion et extractions dans les autres locaux ;
- construction d'un parapluie pour la réalisation du chantier dans des conditions optimales (photo ci-contre) ;
- la notion de Développement Durable, qui sous-entend un troisième volet social, souvent négligé, est ici souligné volontairement par la collectivité en imposant à chaque entreprise retenue le recours à un volume d'heures d'insertion par l'emploi, ici dénommé « clause d'insertion imposée ».

### Démarche originale

Mise en place d'une convention partenariale sur le « Suivi énergétique de la construction et caractérisation du chanvre construction » associant l'ADEME Champagne-Ardenne, Le Grand-Troyes, la société Fibre Recherche et Développement, Electricité de France, La Chanvrière de l'Aube, la FFB et la CAPEB Aube autour d'un programme scientifique et technique original développé par l'École Nationale des Travaux Publics de l'État de Lyon.



# Maison lumière temps

Bretagne/ Morbihan (56 480)



CONSTRUCTION NEUVE

## Intitulé & localisation de l'opération

« Maison, Lumière du Temps » / Construction neuve / Privé / 56 480 Cléguérec, sur les Hauteurs du Morbihan.

## Intentions du maître d'ouvrage / Privé

Être tout à la fois dedans et dehors. Habiter et être habité par le paysage.

Concevoir un bâtiment qui allie « Ecologie, Lumière, Verticalité, Santé (matériaux sains) et Bien-Être ».

Il s'agit d'une approche que l'on pourrait qualifier de « biodynamique ». La forme devient « posture » dans le paysage.



## Intentions du maître d'œuvre / Yann Roïnnel, architecte

Une démonstration architecturale qui se présente comme « une ode à la Nature ». Faire une maison tout à la fois « Architecture de notre temps », « bioclimatique » et vitrine de matériaux sains judicieusement répartis.

La maison se révèle comme un manifeste par son potentiel technique.

« Confort hygrothermique indéniable du béton de chanvre associé aux autres matériaux, soit la terre crue (mur de refend) et la tomette au sol pour l'inertie. »



## Nature des travaux / Choix techniques retenus et place du chanvre.

LA STRUCTURE PORTEUSE / Ossature bois (photo ci-dessous)



## L'USAGE DU CHANVRE / 96 m<sup>3</sup>.

Le couple « chaux-chanvre », pour ses caractéristiques écologiques (proche de la Nature, « monomur », simple et sain), est le matériau idéal.

Par ailleurs, par sa souplesse de mise en œuvre, il laisse toute liberté de composition architecturale, volumétrique, etc.

C'est la meilleure réponse actuelle à la conception bioclimatique, procurant une parfaite adéquation régulation-confort hygrothermique, énergie grise, esthétique et sensualité des enduits à la chaux.

Toits : Sans objet.

Murs : 275 m<sup>2</sup> x 0.35 m d'épaisseur, soit 96 m<sup>3</sup> de béton de mur.

Béton de chanvre, dosage pour mur, en remplissage sur une épaisseur de 35 cm (clichés ci-dessous).



Sols : Sans objet.

## Informations utiles

**DESCRIPTIF SOMMAIRE** / A rez-de-chaussée, après le sas nécessaire de l'entrée, encadré de part et d'autre par le garage à gauche et un atelier de bricolage à droite, la pièce de vie se déroule comme une rue où se succèdent cuisine, zone de repas, aire de distribution, pour aboutir enfin au salon, véritable havre de paix baigné de lumière. Cette rue est fermée au nord par un mur de masse banché en terre crue (du terrain) derrière lequel s'articule élégamment l'appartement des maîtres des lieux. C'est également par cet espace inondé de lumière que l'on accède à la mezzanine de l'étage depuis laquelle s'organisent deux chambres additionnées des installations sanitaires respectives nécessaires.

### SURFACES / COÛTS / DATES

Surface au sol : Maison : **130 m<sup>2</sup>** - Y compris terrasses et garage : **170 m<sup>2</sup>**  
 Surfaces habitables : **135 m<sup>2</sup>** (100 m<sup>2</sup> RDC + 35 m<sup>2</sup> Etage)  
 SHOB : **245m<sup>2</sup> m<sup>2</sup>** / SHON : **185 m<sup>2</sup>**  
**Coût de construction**  
 Montant « hors d'eau, hors d'air » : **175 000 € HT / 209 300 € TTC** (hors enduits), soit 945 € HT par m<sup>2</sup> de SHON.  
**Coût des installations en chanvre**  
 Toit et Murs : **38 000 € HT.**  
**Ouverture de chantier** : juin 2010 ;  
 Hors d'eau - Hors d'air : décembre 2010 ;  
**Fin de chantier** : juillet 2011.



## Les acteurs

**MAÎTRISE D'OUVRAGE** / Privé

### CONCEPTION

Yann Roinnel, architecte dplg / <http://roinnel.com/>  
 11, place Saint Pierre - 28 000 Chartres /  
 mobile : 06 08 43 31 51

### SUIVI TECHNIQUE

Yann Roinnel, architecte dplg / <http://roinnel.com/>  
 37, avenue Aristide Briand - 35 000 Rennes /  
 mobile : 06 08 43 31 51

### MISE EN ŒUVRE

**Bois** : SARL « ART DU TOIT » - Québrillac.  
 ZA Rollin - 35 190 Québrillac / Tél. : 09 75 76 64 66.

### Chanvre

SARL S12C, ZA La Biardel - 35 520 La Mézière /  
 Tél. : 02 99 69 24 82.

**FINANCEMENT** / Fonds propres du Maître d'Ouvrage.

## Suivis techniques & consommations

**Laboratoire** : CRATERRE ENSA - Grenoble / analyse de la terre, préconisations pour mise en oeuvre du béton de terre (prélèvement sur site) ;

### Bureaux d'études

Thermique : P. Binder - Rennes / mobile : 06 18 45 77 58, suivi sur une année des dépenses énergétiques par sondes ;  
 Bois : JP Albertani - Dinan / mobile : 06 26 86 26 58, étude structure bois.

## Témoignages/ Le Maître d'Ouvrage

« La lumière qui nous est apportée par les grandes ouvertures au sud, ainsi que le confort thermique que procurent les murs de béton de chanvre, nous donnent une sensation de bien-être tout au long de la journée, que le temps soit couvert ou ensoleillé... »



« ...Chaleur très agréable à l'intérieur quelque soit la température extérieure et la fraîcheur reposante sur les parties à l'arrière du mur de terre. La construction en béton de chanvre répond à nos attentes de bien-être et de confort. »

## Autres prestations

### « Haute Qualité Environnementale »

#### Caractéristiques environnementales complémentaires :

- bio matériaux : béton de chanvre, terre crue, terres cuites, billes de schiste, ouate de cellulose, laine de bois, liège, bois massif et panneaux déroulés ;
- récupération des eaux pluviales (cuve enterrée de 5,5 m<sup>3</sup>) pour l'arrosage du jardin, les équipements sanitaires, la cuisine et la buanderie ;
- chauffage au bois : poêle de masse enchâssé dans mur de masse en terre crue banchée (distribution de chaleur par double conduit maçonné) ;
- eau chaude solaire ;
- ventilation hygro « B » ;
- isolation du toit en ouate de cellulose en vrac ;
- dalle réalisée en billes de schiste + chape chaux + tomettes ;
- cloisons intérieures en ossature bois, remplissage en laine de bois ;
- soubassement isolé en liège.

#### Caractéristiques techniques complémentaires :

- ventilateurs en plafond dans le séjour pour destratification ;
- châssis hauts télécommandés pour ventilation naturelle.

## Communications & reconnaissance

- Le présent document.



# Maison sur la colline

## Alsace/ Neuviller-lès-Saverne (67 330)



CONSTRUCTION NEUVE

### Intitulé & localisation de l'opération

« Maison sur la colline » / Construction neuve / Privé / 31, rue des Acacias - 67 330 Neuviller-lès-Saverne.

### Intentions du maître d'ouvrage / Privé

Il s'agit d'« éco-construire », sur un terrain exceptionnellement situé, une maison à ossature bois qui intègre les spécificités du relief en bénéficiant d'une très large vue sur tout le paysage environnant. Construire exclusivement en bois était également l'intention initiale du Maître d'Ouvrage.

### Intentions du maître d'œuvre / Claude Eichwald, architecte

« ...Les maisons individuelles et les bâtiments que je construis sont pensés avec ce matériaux exceptionnel. Je préconise le béton de chanvre dans 99 % des cas. Lorsque l'on additionne ses qualités d'isolant, la capacité de la plante à stocker le CO<sub>2</sub> par photosynthèse et l'énergie grise nécessaire à la fabrication des briques, le bilan est excellent. Le chanvre est un végétal qui pousse presque partout sur des terres en jachère, sans aucun intrant. Ces arguments finissent généralement par persuader les plus sceptiques.

... Le bloc de chanvre est un matériau qui gère très bien l'humidité et procure une certaine inertie thermique. Nous avons renforcé celle-ci avec la pose de brique de 20 cm dans les cloisons situées derrière les deux poêles. »



### Nature des travaux / Choix techniques retenus et place du chanvre.

#### LA STRUCTURE PORTEUSE /

La structure principale est de type poteaux-poutres, complétée de colombage propre au vocabulaire architectural local. L'ensemble étant réalisé en pin Douglas.



#### L'USAGE DU CHANVRE / 75.21 m<sup>3</sup>

**Toit** : 114 m<sup>2</sup> x 0.26 m d'épaisseur (29.71 m<sup>3</sup> de béton de toit).

Le toit est isolé avec 26 cm (R=4,50) de béton de chanvre et deux lames d'air. L'épaisseur retenue s'est avérée insuffisante. Aujourd'hui, un minimum de 30 cm est à prévoir au regard des exigences et connaissances techniques et scientifiques.

**Murs** : 130 m<sup>2</sup> x 0.35 m (20cm + 15cm) d'épaisseur (45.50 m<sup>3</sup> de béton de mur).

Les murs périphériques sont réalisés en briques de 20 cm doublées de 15 cm en extérieur. Les cloisons intérieures sont banchées en auto construction par le Maître d'Ouvrage.

**Dalle & plancher** :  
Sans objet.

## Informations utiles

**DESCRIPTIF SOMMAIRE** / Une fois n'est pas coutume, les pièces de vie (séjour, cuisine, chambre parentale) de cette maison se situent en étage afin de bénéficier pleinement du paysage, tandis que les zones de sommeil et repos (chambres des enfants, petit salon, salle de bains et cellier) se trouvent en contrebas.



### SURFACES / COÛTS / DATES

**Surfaces habitables** : 121 m<sup>2</sup> (40 m<sup>2</sup> T1 à RDC + 81 m<sup>2</sup> T3 en étage)

**SHOB** : 261 m<sup>2</sup> m<sup>2</sup> / SHON : 159 m<sup>2</sup>

#### Coût de construction :

Montant « hors d'eau, hors d'air » : 191 114 € HT (cis démolition préalable), soit 1 204 € HT par m<sup>2</sup> de SHON.

#### Coût des installations en chanvre

**Toit & Murs** : Toit, Murs, Sol : 29 662 € HT.

**Ouverture de chantier** : septembre 2010 ;

**Fin de chantier** : mars 2012.

## Les acteurs

### MAÎTRISE D'OUVRAGE / Privée

**CONCEPTION** / Claude Eichwald, architecte, maître d'œuvre.

claud.eichwald@wanadoo.fr  
3, route Weinbourg - 67 340 Weiterswiller /

Tél.: 03 88 89 55 65

### SUIVI TECHNIQUE /

Bureaux d'études : Héliosol - 4, rue du Général Koenig - 67 340 Ernolsheim Lès Saverne / Tél. : 03 89 40 37 06 / contact@heliosol.fr / www.heliosol.fr

### MISE EN ŒUVRE /

**Bois** : Charpente & couverture / Wendling / 26 rue de l'industrie - 67 170 Brumath / Tél. : 03 88 68 48 47 / charpente.wendling@wanadoo.fr

**Chanvre** : Gros œuvre / ADM - 67 700 Saverne / Cessation d'activité.

**Briques de chanvre** : Chanvribloc - ZI des Marais -

38 350 La Mure / Tél. : 04 76 30 93 00 / chanvribloc.com

Le Maître d'ouvrage, famille et amis pour la mise en œuvre des cloisons intérieures en béton banché de chanvre.

**FINANCEMENT** / Fonds propres du Maître d'Ouvrage.

## Suivis techniques & consommations

Le bilan des consommations théoriques s'établit à 56 kWh/m<sup>2</sup>/an, 20 kWh/m<sup>2</sup>/an d'énergie primaire pour le chauffage et 36 kWh/m<sup>2</sup>/an pour l'eau chaude, une consommation pénalisée par l'absence de panneaux solaires refusés car la maison se trouve en secteur sauvegardé.



Et dans la pratique, la consommation du premier hiver a été de quatre stères de bûches (6 000 kw) et 1 tonne de granulés (4 700 kw) équivalant 73 kWh/m<sup>2</sup>/an.

Rappel : les cloisons intérieures ont été réalisées en béton banché, ce qui nécessite un temps de séchage allongé par rapport à la brique quasi sèche lors de la mise en œuvre.

Consommation aujourd'hui : 3 stères + maxi 1 tonne de granulés sur deux hivers rigoureux, 1 mois à -10/-15 minimum, dont quelques nuits à -20°C.

## Autres prestations

### « Haute Qualité Environnementale »

#### Caractéristiques environnementales complémentaires :

- isolation thermique en laine de bois du plancher bas ;
- isolation phonique du plancher de l'étage en ouate de cellulose insufflée ;
- isolation phonique des autres planchers avec des panneaux en fibre de bois bouvetés ;
- fenêtres artisanales (filière courte) à doubles vitrages argon ;
- enduits intérieurs et badigeons de chaux avec pigments naturels.

#### Caractéristiques techniques complémentaires :

- Un poêle à bûches en étage et un poêle à granulés à rez-de-chaussée.

## Témoignages

Auto-constructeur pour l'aménagement intérieur, le maître d'ouvrage s'exprime en ces termes : « Au départ, j'avais des doutes sur la solidité des murs. Le mortier de pose est un mélange de chaux NHL 3.5 avec du sable fin. C'est un liant particulièrement fluide. Je pensais que tout allait s'écrouler avant le séchage ! Pour les maçons, les gestes restent les mêmes. Au lieu du parpaing, ils ont utilisé cette brique, beaucoup plus légère à manipuler, facile à scier et à coller. Elle peut être stockée à l'extérieur et sa mise en œuvre peut se faire par temps de pluie. C'est un matériau à la stabilité prouvée avec des liants à base de chaux aérienne et hydraulique. »

« ... Lors du premier hiver, lorsqu'il faisait -15°C dehors, nous avions 18°C dans les chambres. Et même sans chauffer, nous maintenons les 15°C. La maison est très confortable... »

...c'est précisément la maison que nous avons imaginée. »



## Communications & reconnaissance

● Presse locale : Dernières Nouvelles d'Alsace du 31 octobre 2007 ;

● La Maison écologique, n°51, juin-juillet 2009, dont certains parafes contenus dans ce document sont issus ;

● Le présent document.

# La campagne à la ville

## Boulogne/ Saint Clément (89 100)



RÉNOVATION

### Intitulé & localisation de l'opération

« Maison individuelle » / Rénovation / Privé / 89 100 Saint Clément

### Intentions du maître d'ouvrage / Privé

Le lieu, l'aspect « la campagne à la ville », la situation de la maison en fond de jardin ou encore le dynamisme de la végétation ont séduit le maître d'ouvrage. Il souhaitait profiter d'un maximum de lumière naturelle, d'espaces très ouverts et d'accès directs au jardin. Une future extension permettant de vivre en rez-de-chaussée a été initialement envisagée. Sur le plan technique, le souhait était de réaliser une rénovation « en profondeur » et durable avec des matériaux de qualité.

### Intentions du maître d'œuvre / Méandre, Christian Hackel, architecte associé.

L'existant était constitué d'une bâtisse originelle de forme carrée à simple rez-de-chaussée et combles, couverte d'une toiture deux pentes. A cela s'est ajouté au fil des années plusieurs extensions, petits rajouts, appentis... sans qualité spatiale particulière et de construction rudimentaire. Le projet a tout d'abord consisté à éliminer toutes ces excroissances afin de retrouver la volumétrie initiale et de pouvoir envisager la construction d'une extension à terme. Dans un second temps, l'espace intérieur de l'existant a été réorganisé sans bouleverser les caractéristiques structurelles du bâtiment et en exploitant ses atouts. Ainsi l'espace de jour se développe au rez-de-chaussée formant un espace ouvert et traversant. L'espace de nuit est installé à l'étage. La particularité du projet a consisté à dégager de belles hauteurs au rez-de-

chaussée en libérant la sous-pente. Du point de vue de l'amélioration thermique de l'ensemble, le choix s'est porté sur l'utilisation du béton de chanvre dans tous les éléments d'enveloppe.

### Nature des travaux /choix techniques retenus et place du chanvre.

**LA STRUCTURE PORTEUSE /** Murs existants en moellons de pays, craie, silex, pierre calcaire, plancher à structure bois et panneaux de paille compressée à l'étage, charpente en bois couverte en tuiles plates de Bourgogne et zinc.

#### L'USAGE DU CHANVRE / 75.21 m<sup>3</sup>

**Toit :** 105 m<sup>2</sup> x 0.30 m d'épaisseur, soit 32 m<sup>3</sup> de béton de toit.

Dépense de la couverture / mise en place d'une structure secondaire au-dessus de la charpente existante / béton de chanvre mis en place sur une sous-face en panneaux à particules conservée en finition intérieure.



**Murs :** 190 m<sup>2</sup> x 0.12 m d'épaisseur moyenne, soit 23 m<sup>3</sup>.

Isolant projeté contre parois existantes après piquetage de la totalité des murs à l'intérieur et à l'extérieur / mortier de chanvre et chaux sur leurs faces intérieures (6 à 20 cm) ainsi qu'à l'extérieur sur les différentes façades (4 à 10 cm).

**Sols :** 55 m<sup>2</sup> x 15 cm d'épaisseur, soit 8 m<sup>3</sup> de béton de sol.

Chape isolante sur empiècement ventilé : 55 m<sup>2</sup>, soit 8 m<sup>3</sup> / chauffage par le sol / revêtement de sol : béton poncé.

Enduits à la chaux sur murs intérieurs et extérieurs.



## Informations utiles

**DESCRIPTIF SOMMAIRE** / En attendant l'extension prévue au projet, l'existant se déploie sur deux niveaux. Le rez-de-chaussée s'organise en une pièce unique qui s'articule autour de la pièce de service qu'est le cellier. L'étage se trouve comme suspendu au-dessus du séjour et abrite une vaste chambre agrémentée des pièces sanitaires usuelles et d'un bureau accessible en contrebas.



### SURFACES / COÛTS / DATES

**Surface au sol** : Maison : 86.49 m<sup>2</sup>  
**Surfaces habitables** : 106 m<sup>2</sup> (64 m<sup>2</sup> RDC + 42 m<sup>2</sup> Etage)  
**SHOB** : 173 m<sup>2</sup> / **SHON** : 153 m<sup>2</sup>  
**Coût de construction**  
 Montant « hors d'eau, hors d'air » : 122 345 € HT / 146 324 € TTC (cis enduits), soit 1 414 € HT/m<sup>2</sup> SHON.  
**Coût des installations en chanvre**  
 Toit, Murs, Sol (RDC) : ... € HT y compris usage de la machine de projection.  
**Ouverture de chantier** : mars 2008 ;  
**Fin de chantier** : novembre 2009.

## Les acteurs

**MAÎTRISE D'OUVRAGE** / Privée

**CONCEPTION** / Méandre, Atelier d'Architecture / [www.meandre.fr](http://www.meandre.fr)  
 Christian Hackel, architectes associés /  
 Chef de projet : Sandrine Duris.  
 99, rue Stalingrad - 93 100 Montreuil-sous-Bois /  
 Tél. : 01 43 63 23 44

**MISE EN ŒUVRE** /

**Chanvre** : SARL SIZC, ZA La Biardel 35 520 La Mézière /  
 Tél. : 02 99 69 24 82



**FINANCEMENT** / Fonds propres du Maître d'Ouvrage.

## Autres prestations

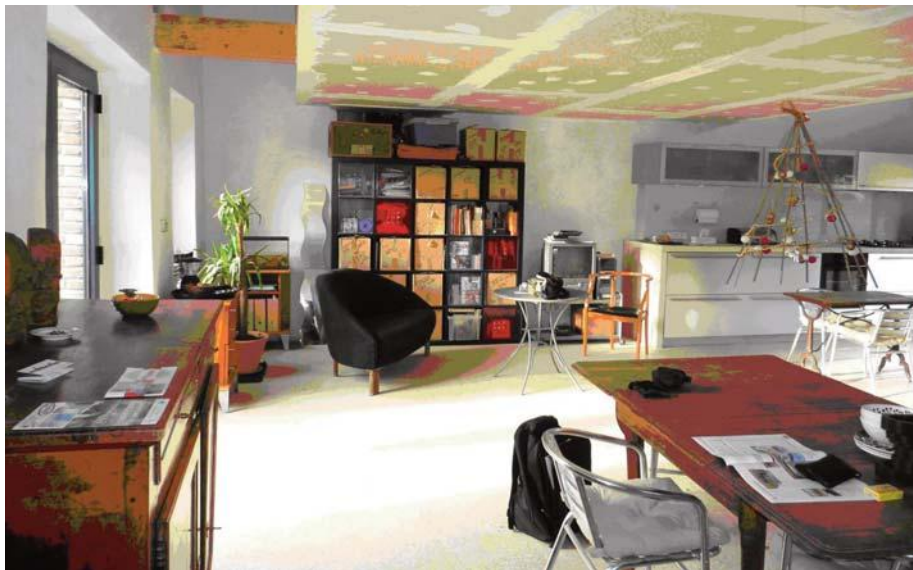
« Haute Qualité Environnementale »

**Caractéristiques environnementales complémentaires :**

- Plancher intérieur en panneau de paille compressée ;
- Confort d'été : ventilation des pièces sous combles.

## Témoignages

Au delà de quelques petits désordres réparés ou acceptés, la réalisation répond totalement aux attentes : luminosité, liaison intérieur-extérieur et surtout sensation de confort en toute saison. Malgré des parties vitrées importantes en doubles-vitrages, l'absence de volets et de rideaux, la sensation de confort thermique est sensible tant en hiver (le radiateur de la chambre sous les combles n'a été utilisé qu'une seule journée depuis la réception) qu'en été, même dans les périodes les plus chaudes y compris sous les combles avec des fenêtres de toit côté sud.



## Suivis techniques & consommations

Aucun problème technique lié à l'utilisation de mortier et béton de chanvre n'est à observer.



**Bilan des consommations** : 87 kWh/m<sup>2</sup> de plancher (après réalisation) et avant 225 kWh/m<sup>2</sup>/an (DPE).

## Communications & reconnaissance

- Le présent document.

# Maison saine & passive

Bretagne / Morbihan (56 680)



CONSTRUCTION NEUVE

## Intitulé & localisation de l'opération

« Maison saine et passive » / Construction neuve / Privé / 56 680 Morbihan

## Intentions du maître d'ouvrage / Privé

L'objectif premier du Maître d'Ouvrage était de se rapprocher du littoral, d'y investir ses économies dans la réalisation d'une nouvelle maison pour y passer ses vieux jours. Dès le départ, l'accueil en chambres d'hôtes était un impératif à respecter. Enfin, la préoccupation première était de réaliser des économies substantielles à l'usage.

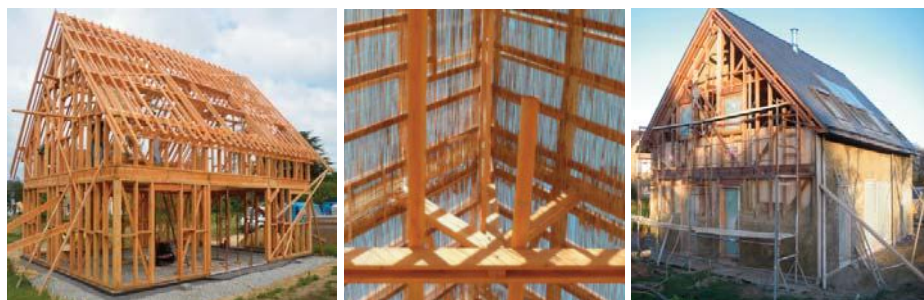
## Intentions du maître d'œuvre / Christine Montfort, architecte dplg.

Construire une maison économe en Bretagne sans se préoccuper de la qualité de l'air intérieur est une gageure, voire une faute professionnelle grave. Il a donc été envisagé dès le départ de se préoccuper de la question du « radon » et d'y intégrer toutes les notions propres à la conception d'un habitat sain. Le matériau « chanvre », sous sa forme propre à la réalisation de béton, a été retenu consécutivement à la visite d'un bâtiment incendié. La structure en métal, les installations intérieures, tout avait brûlé excepté le béton de chanvre sur lequel on ne percevait qu'à peine l'effet des fumées. L'ossature secondaire en bois était restée presque intacte. La brique « monomur », initialement sélectionnée, a aussitôt été supplantée par ce matériau impressionnant, aussi souple que résistant à toutes les agressions extérieures : feu, eau, termites, etc... à condition bien évidemment de respecter une mise en œuvre adaptée et responsable.

## Nature des travaux

### Choix techniques retenus et place du chanvre.

La structure porteuse /Au regard de ce qui est énoncé ci-avant, une structure en ossature bois a été retenue, en pin Douglas d'origine locale, noyée dans le béton de chanvre. Le temps nécessaire à la mise en œuvre du chanvre a permis un séchage complet au bois avant la projection du composé.



### L'usage du chanvre / 99 m<sup>3</sup>

**Toit : 116 m<sup>2</sup> x 0.30 m d'épaisseur, soit 35 m<sup>3</sup> de béton de toit.**

Le béton de toit a été coulé sur la canisse en place sur une épaisseur de 30 cm. Une lame d'air de 2.5 cm le sépare du pare pluie (feutre de bois de 1.5 cm) mis en place au-dessus. Ce dernier reçoit les liteaux, eux-mêmes support des voliges et enfin de l'ardoise. Une faîtière ventilée a été spécialement conçue en zinc pour permettre la ventilation de la volige depuis le cache moineaux jusqu'au faitage.

**Murs : 147 m<sup>2</sup> x 0.36 m d'épaisseur, soit 53 m<sup>3</sup> de béton de mur.**

Les murs, d'une épaisseur de 36 cm, ont été réalisés par projection sur banches provisoires installées tantôt en intérieur, tantôt en extérieur pour des raisons techniques, sanitaires et climatiques. Ils ont ensuite été recouverts, à l'intérieur comme à l'extérieur, d'un dégrossi à la chaux d'une épaisseur de 2 cm, puis, ensuite, d'un enduit à la chaux dressé à la règle, de même épaisseur à l'extérieur (par l'entreprise) et à l'intérieur (par le maître d'ouvrage).

**Sol : 76 m<sup>2</sup> x 0.15 m d'épaisseur, soit 11 m<sup>3</sup> de béton de sol.**

Un isolant, récupéré de la chute des murs, d'une épaisseur de 15 cm recouvre le sol du rez-de-chaussée, coulé sur un empierrement ventilé.



## Informations utiles

**DESCRIPTIF SOMMAIRE** / Il s'agit d'une maison individuelle d'aspect traditionnel, doublée d'un garage relié à la maison par une coursive agrémentée d'une pergola. La maison s'articule sur deux niveaux autour d'un mur de masse central réalisé en briques de terre crue par lequel elle est alimentée en air, frais ou chaud, selon les conditions climatiques. L'appartement du couple s'organise autour de ce mur en ordre continu, tandis que l'étage est constitué de deux appartements distincts comprenant respectivement une chambre, une salle d'eau et un cabinet de toilette inscrit ou indépendant.



### SURFACES / COÛTS / DATES

**Surface au sol** : maison : 92 m<sup>2</sup> -

Avec terrasses et garage : 184 m<sup>2</sup>

**Surfaces habitables** : 114 m<sup>2</sup>

(73 m<sup>2</sup> RDC + 41 m<sup>2</sup> Etage)

**SHOB** : 253 m<sup>2</sup> m<sup>2</sup> / **SHON** : 136 m<sup>2</sup>.

### Coût de construction

Montant « hors d'eau, hors d'air » : 152 391 € HT / 182 530 € TTC (hors enduits), soit 1 125 € HT par m<sup>2</sup> de SHON.

### Coût des installations en chanvre

Toit, murs, sol (rez-de-chaussée) : 45 635 € HT cis location machine et groupe électrogène.

**Ouverture de chantier** : juin 2009 ;

Hors d'eau - Hors d'air : novembre 2009 ;

**Fin de chantier** : printemps 2011

(finitions réalisées par le maître d'ouvrage).

Occupation par intermittence depuis lors et occupation permanente envisagée début 2013.

## Les acteurs

### MAÎTRISE D'OUVRAGE / Privé

**CONCEPTION & SUIVI / Christine Montfort**, architecte dplg (ENSA, Nantes), architecte d'intérieur (ENSAD, Paris), éclairagiste (CEGEP Ahuntsic, Montréal) ; Agricultrice : 1<sup>re</sup> production de chanvre en 2011.  
6, rue du Moulin - 56 550 Belz / Tél. : 02.90.74.95.57 / christine.montfort@sfr.fr

### SUIVI TECHNIQUE

- ECR Environnement, Etudes géotechniques / [www.ecr-environnement.com](http://www.ecr-environnement.com)
- Axis Environnement, Marc Le Grouyellec, études de filière conventionnelle / <http://axisnet.jimdo.com/>
- Abrys, Stéphane Sevellec, économie de la construction/[http://www.manageo.fr/fiche\\_info/445265143/39/abrys.html](http://www.manageo.fr/fiche_info/445265143/39/abrys.html)
- Be3C, Structure bois / <http://www.chanvre-terre-chaux.com/pole-habitat-ecologique.html>
- Claude Bossard, électricité « biocompatible » / <http://www.electromagnetique.com/>
- Soluled, Franck et Karine Dumont, solutions techniques d'éclairage par Leds / <http://www.soluled.com/topic/index.html>
- Aqualogick, Mathieu Rolland, phyto-épuration / <http://www.aqualogik.fr/>

*Note :* La qualité du sol révélée par l'étude géotechnique et la légèreté des installations, bois + béton de chanvre, n'a pas nécessité de calculs structurels préalables comme pour une construction conventionnelle.

### MISE EN ŒUVRE

**Bois** : éléments bois / contacts : 06 84 22 10 60 - 06 67 81 77 68

**Chanvre** : Jean Marie Le meut, maçonnerie / 06 85 42 50 54

**Mur de briques en terre crue** : Scop Terraterre / <http://www.terraterre.net>

**FINANCEMENT** / Fonds propres du Maître d'Ouvrage.

## Autres prestations

### « Haute Qualité Environnementale »

#### Caractéristiques environnementales complémentaires :

- menuiseries mixtes, bois-alu laqué, double vitrage argon face sud, triple vitrage argon faces ouest (confort d'été), nord et est (confort d'hiver) ;
- mur de masse en briques de terre crue ;
- poêle de masse à double foyer, feu et cuisson ;
- plancher en chêne (marches d'escalier et étage) réalisé avec le bois du maître d'ouvrage. Les arbres ont été abattus en période adaptée et le bois a été débité par une scierie mobile, ressuyé chez le maître d'ouvrage, a été séché dans un séchoir artisanal local ;
- toilettes sèches et phyto-épuration.

#### Caractéristiques techniques complémentaires :

- isolation du soubassement par plaques de liège de 6 cm ;
- ventilation naturelle, entrées d'air par conduites dans le mur de masse ;
- électricité « biocompatible » ;
- éclairage par leds, très haute performance ;
- eau chaude sanitaire solaire ;
- ouverture solaire pour volets de toit et châssis sur vide sur séjour ;
- béton ciré dans salle de douche du rez-de-chaussée.

## Suivis techniques & consommations

**Laboratoire** : les murs de la maison, faces nord et sud, l'isolant en sol et le mur de masse ont été instrumentés par le centre de recherche de l'UBS. Ce dispositif a fait l'objet d'un suivi scientifique pendant près de trois années.

**Séchage** : centre de recherches de l'Université de Bretagne Sud, antenne de Lorient, responsable : Patrick Gloannec, technicien : Anthony Magueresse.

**Bureaux d'études** : La structure bois a également fait l'objet d'une instrumentation de suivi.

**Bois** : le suivi du séchage du bois a été réalisé par Monsieur Gérard Gandon, Bureau de Conseils « Olergie » / [f2g.olergie@wanadoo.fr](mailto:f2g.olergie@wanadoo.fr)

**Phonique** : Réalisé / contact : Be3C / [laurentgoudet@me.com](mailto:laurentgoudet@me.com)

**Radon** : Réalisé par Ch. Zeilas / [cpbz@bluewin.ch](mailto:cpbz@bluewin.ch) / 06 16 77 26 99

**Valeur max. mesurée** : 65 Bq/m<sup>3</sup> dans la chambre à coucher à rez-de-chaussée. (Recommandation de l'Organisation mondiale de la santé : 100 Bq/m<sup>3</sup>).

## Témoignages

**Le maître d'ouvrage occupant** : « à température égale, avec notre maison actuelle, nous avons ici une réelle sensation de chaleur. L'humidité partout ailleurs perceptible disparaît dans cette maison. Nous apprécions particulièrement cet air sec et avons de ce fait moins besoin de chauffer. Nous allumons le poêle pour le plaisir de voir une flambée et surtout cuisiner. Bien conçue, la maison est en permanence inondée de lumière, et bien que petite, nous circulons avec aisance d'un espace à l'autre sans jamais nous gêner mutuellement... ».

## Communications & reconnaissance

- Presse locale (Le Télégramme) en cours de chantier ;
- Le présent document.

## Crédits photographiques

### Fiche généralités

Hustache Yves - [yves.hustache@eco-innov.eu](mailto:yves.hustache@eco-innov.eu)

### Fiche bétons et mortiers de chanvre

1 - Segalen Henri Alain - [segalenhenni@orange.fr](mailto:segalenhenni@orange.fr)  
 2,3 - Hustache Yves - [yves.hustache@eco-innov.eu](mailto:yves.hustache@eco-innov.eu)  
 4 - Duport Olivier - [Duport.Olivier@wanadoo.fr](mailto:Duport.Olivier@wanadoo.fr)  
 5,6,7,8 - Leroux Benjamin - [benjamin.leroux@batiethic.fr](mailto:benjamin.leroux@batiethic.fr)  
 9,10,11 - Claude Eichwald - [Claude.Eichwald@wanadoo.fr](mailto:Claude.Eichwald@wanadoo.fr)  
 12 - Alexis Allard - [Alexisallard@domusars.fr](mailto:Alexisallard@domusars.fr)  
 Tous les schémas Yves Hustache - [yves.hustache@eco-innov.eu](mailto:yves.hustache@eco-innov.eu)

### Fiche éléments préfabriqués en béton de chanvre

1,4,7,11 - Segalen Henri Alain - [segalenhenni@orange.fr](mailto:segalenhenni@orange.fr)  
 2,8 - Collombier Pierre Jean - [contact@chanvra.fr](mailto:contact@chanvra.fr)  
 3,6,9,10 - Charvoz Laurent (MNBC) - [charvoz-martin-entreprise@wanadoo.fr](mailto:charvoz-martin-entreprise@wanadoo.fr)  
 5 - Thomas Guillonnet - [construireco@gmail.com](mailto:construireco@gmail.com)

### Fiche laine de chanvre

1 - Segalen Henri Alain - [segalenhenni@orange.fr](mailto:segalenhenni@orange.fr)  
 2 - Joreau Olivier - [o.joreau@cavac.fr](mailto:o.joreau@cavac.fr)  
 3 - Naumovic Jean-Marc - [batiments-verts@bbox.fr](mailto:batiments-verts@bbox.fr)  
 Tous les schémas Yves Hustache - [yves.hustache@eco-innov.eu](mailto:yves.hustache@eco-innov.eu)

### Fiche isolation en chènevotte en vrac

1,4 - Duport Olivier - [Duport.Olivier@wanadoo.fr](mailto:Duport.Olivier@wanadoo.fr)  
 2 - Hustache Yves - [yves.hustache@eco-innov.eu](mailto:yves.hustache@eco-innov.eu)  
 3 ?  
 5 - Naumovic Jean-Marc - [batiments-verts@bbox.fr](mailto:batiments-verts@bbox.fr)  
 Tous les schémas Yves Hustache - [yves.hustache@eco-innov.eu](mailto:yves.hustache@eco-innov.eu)

## Crédits fiches d'opérations

**La maison de l'habitat / Clermont-Ferrand** : MM.Taillé et Bétin

**La maison de la ruralité / Noroy-le-Boug** : Claude Eichwald.

**La maison Diocésaine / Châlon-en-Champagne** : Atelier Méandre, Christian Hackel.

**Logements collectifs BBC / Paris 13<sup>e</sup>** : Atelier D.

**Habitation côté jardin / Montreuil** : Atelier Méandre, Christian Hackel.

**Habitat social / Ernolsheim-lès-Saverne** : Claude Eichwald.

**Maison du tourisme / Troyes** : Perron Claire, Carole Bell, Adrien Clergeot, Ville de Troyes.

**Maison Lumière Temps / Morbihan** : Yves Roinnel.

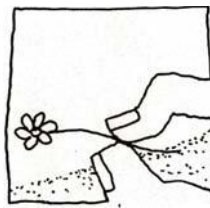
**Maison sur la colline / Neuville-lès Saverne** : Claude Eichwald.

**La campagne à la ville / Saint Clément** : Atelier Méandre, Christian Hackel.

**Maison saine & passive / Morbihan** : Christine Montfort, Alain Goudet.

# Avec l'aimable participation de :

## Maison de l'Habitat et du cadre de vie



Yves Perret, architecte



## Maison de la Ruralité



## Maison Diocésaine



## Logement collectif BBC



Monique FLEURY-ROBINET  
Assistante Administrative  
Direction de la Construction et de l'Investissement  
21bis, rue Claude Bernard, 75253 Paris Cedex 05  
Tél : 01 71 37 03 00 / Fax : 01 71 37 01 03



## Habitat côté jardin



## Habitat Social



## Maison du Tourisme



## Maison Lumière Temps



yann roinnet architecte

## Maison sur la colline



## La campagne à la ville



## Maison Saine & Passive





Direction régionale et interdépartementale de l'Équipement  
et de l'Aménagement d'Ile-de-France  
21/23 rue Miollis - 750732 PARIS cedex 15  
Tél. 01 40 61 80 80  
Fax 01 40 61 81 61

