

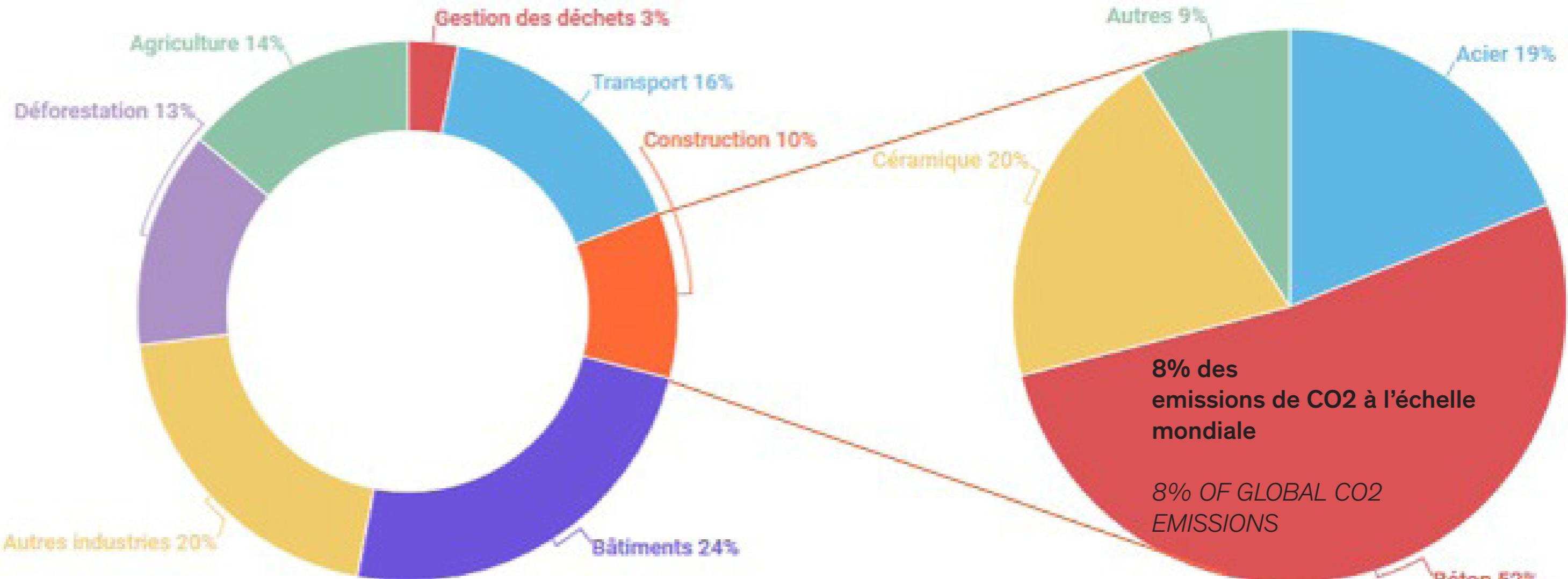


CONSTRUIRE EN FIBRES VÉGÉTALES

BUILDING WITH VEGETAL FIBERS

EMISSIONS MONDIALES DE CO2

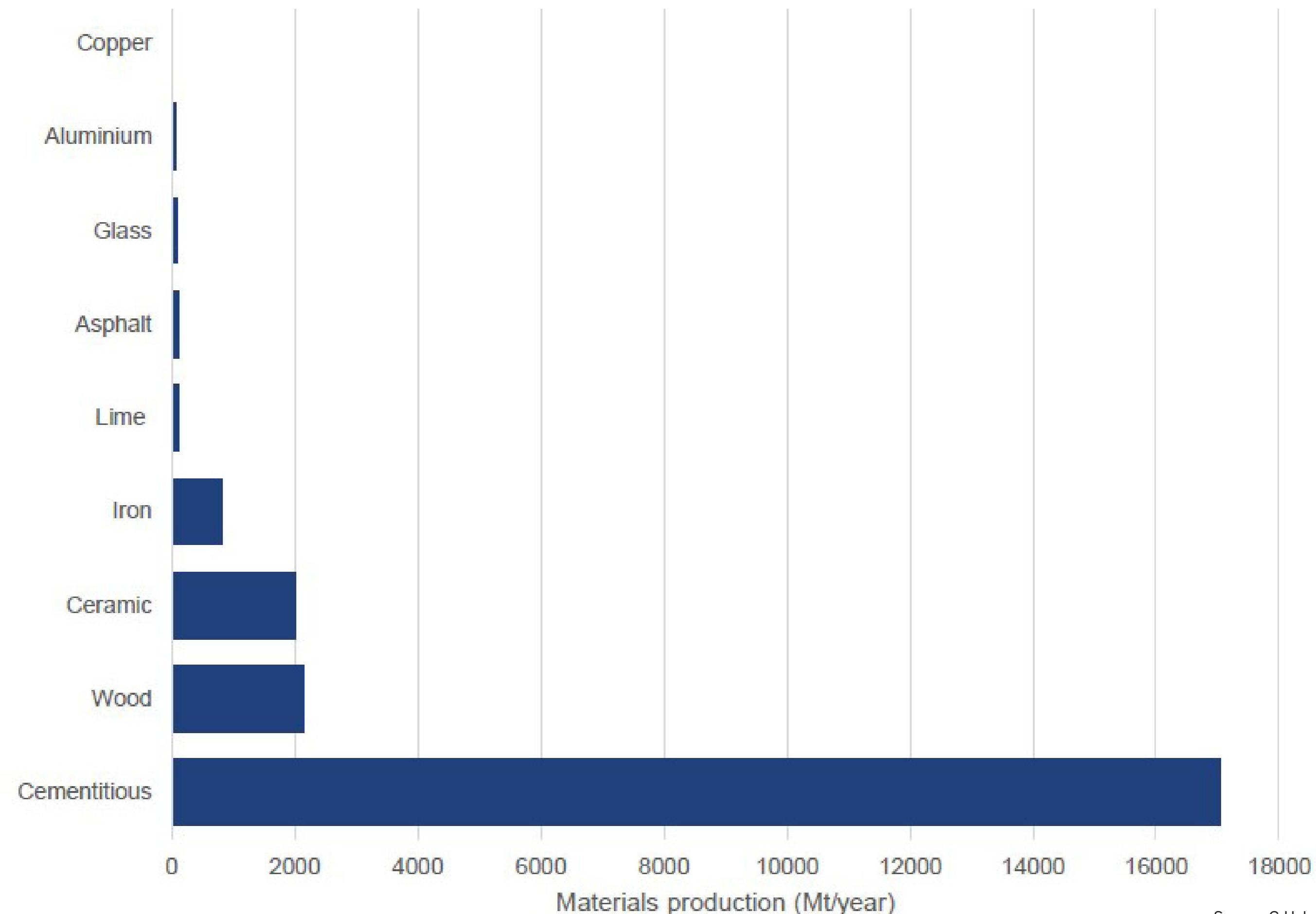
GLOBAL CO2 EMISSIONS



Source: : Manicore & Bribián et al. – Graphiques : ARTELIA Bâtiments Durables / Penetron 2022

LES MATÉRIAUX A BASE DE CIMENT CONSTITUENT 50% DE TOUT CE QUE L'ON PRODUIT

CEMENT-BASED MATERIALS MAKE UP 50% OF EVERYTHING WE PRODUCE



Source: G Habert - ETHZ

QU'EST-CE QU'UN MATERIAU BIO-SOURCÉ ?

Une matière **issue de la biomasse*** végétale ou **animale** pouvant être utilisée comme matière première dans des produits de construction et de décoration, de mobilier fixe et comme matériau de construction dans un bâtiment.

* On appelle **biomasse** les matières issues des végétaux et des animaux. Le bois est une matière organique et, lorsqu'il brûle, il dégage de l'énergie sous forme de chaleur.
Les matières de formation géologique ou fossile ne sont pas des matériaux bio-sourcés mais géo-sourcés.

Décret n° 2012-518 du 19 avril 2012 relatif au label « bâtiment biosourcé » du Code de l'urbanisme

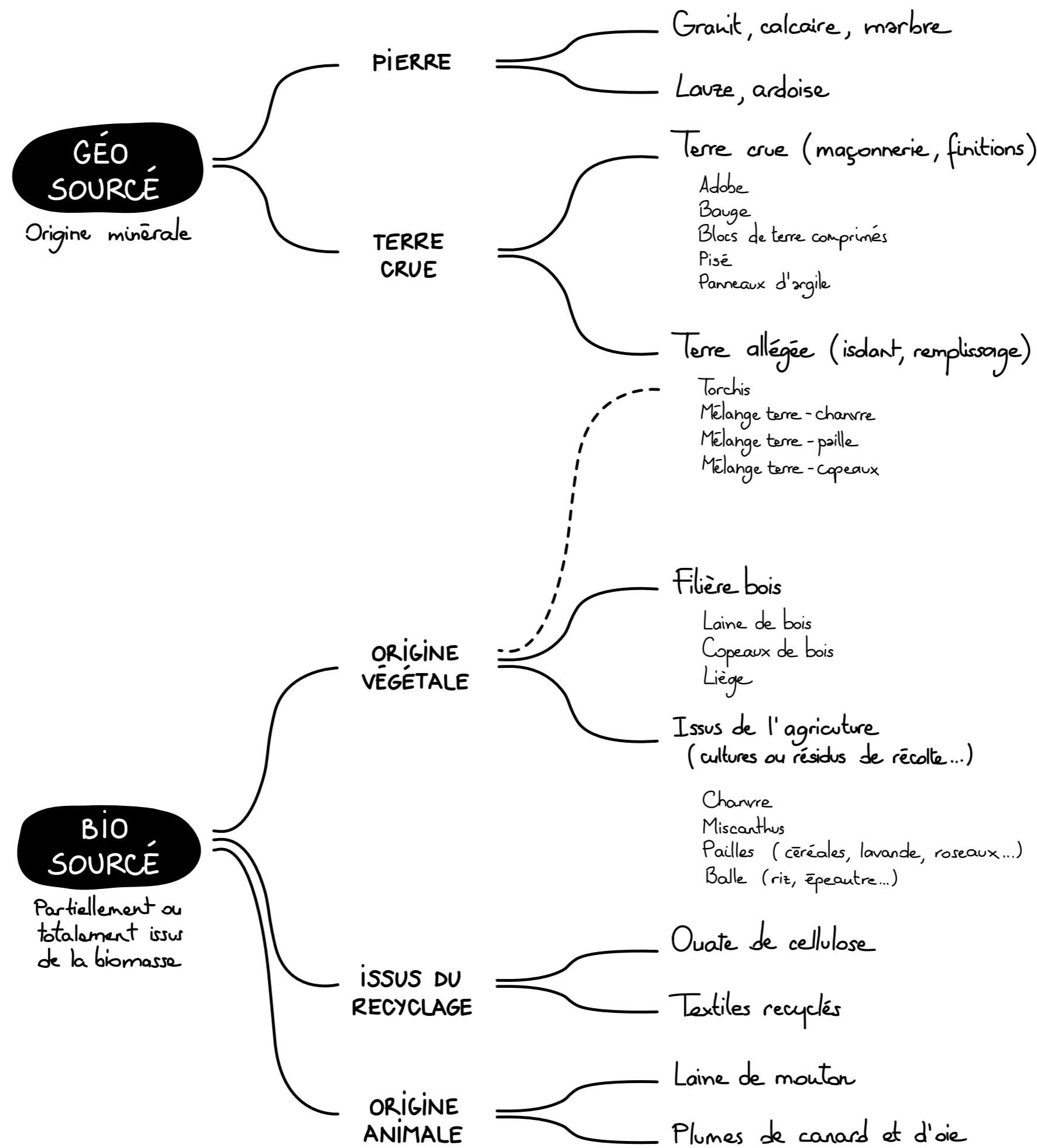
WHAT IS A BIOBASED MATERIAL ?

A material derived from plant or animal biomass that can be used as a raw material in construction and decoration products, fixed furniture and as a building material in a building.*

** Biomass refers to materials derived from plants and animals. Wood is an organic material and, when burned, releases energy in the form of heat.*

Materials from geological or fossil formations are not biobased, but geobased.

Décret n° 2012-518 du 19 avril 2012 relatif au label « bâtiment biosourcé » du Code de l'urbanisme



Liste non exhaustive des biomasses présents dans les matériaux de construction ou en phase R&D

Bois et dérivés



Bois



Liège



Ouate

Céréales



Blé



Riz

Animale



Mouton

Plantes à fibres ou oléagineuses ou assimilées



Chanvre



Lin



Colza



Tournesol



Coton



Jute



Coco

Graminées

© CODEM



Bambou



Roseau



Herbe



Miscanthus

Marin



Algues

Amidon



Maïs/PdT/céréales

AVANTAGES DES MATERIAUX BIOSOURCES / ADVANTAGES OF BIOBASED MATERIALS

PROPRIETES THERMIQUES & HYGROSCOPIQUES/ CONFORT D'ETE

Les matériaux biosourcés sont de bons isolant et ont de bonnes **propriétés hygroscopiques**. Un matériau « hygroscopique » permet d'amortir les variations du taux d'humidité d'une pièce : il absorbe l'humidité en excès, la stocke et la restitue lorsque l'atmosphère devient plus sèche. Un bon taux d'humidité dans l'air (40 à 60 %) apporte une sensation de confort thermique aux usagers du bâtiment.

Ces matériaux sont donc **perspirants** : ils laissent la vapeur d'eau s'évacuer des parois. Cette propriété est très intéressante dans la rénovation du bâti ancien en pierres, en pisé... où il est souvent impératif de laisser les parois respirer.

THERMAL & HYGROSCOPIC PROPERTIES SUMMER CONFORT

Biobased materials are good insulators and have good hygroscopic properties. A «hygroscopic» material can dampen variations in room humidity: it absorbs excess moisture, stores it and releases it when the atmosphere becomes drier. A good humidity level (40-60%) provides a feeling of thermal comfort for building users.

These materials are therefore perspirant: they let water vapor escape from the walls. This property is of great interest when renovating old stone, bricks or earth buildings, where it is often essential to let the walls breathe.

AVANTAGES DES MATERIAUX BIOSOURCES / ADVANTAGES OF BIOBASED MATERIALS

DEPHASAGE

Le déphasage désigne le temps que met une onde thermique pour traverser une paroi. Complémentaire au déphasage, l'amortissement mesure quant à lui la capacité d'une paroi à dissiper une onde thermique et à en atténuer l'intensité.

Les matériaux biosourcés présentent en moyenne un temps de déphasage plus long et un meilleur amortissement que les matériaux traditionnels (les biosourcés ont des déphasages de 6 à 10 heures et des atténuations d'amplitude allant jusqu'à 80 %), ce qui permet de conserver une température stable pendant les heures les plus chaudes, mais aussi d'évacuer le surplus de chaleur par ouverture des fenêtres le soir et la nuit, lorsque les températures redescendent.

PHASE SHIFT

Phase shift refers to the time it takes for a thermal wave to travel through a wall. As a complement to phase shift, damping measures a wall's ability to dissipate a thermal wave and attenuate its intensity.

On average, bio-sourced materials have a longer phase shift and better damping than traditional materials (bio-sourced materials have phase shifts of 6 to 10 hours and amplitude attenuations of up to 80%), making it possible not only to maintain a stable temperature during the hottest hours, but also to evacuate excess heat by opening windows in the evening and at night, when temperatures drop..

AVANTAGES DES MATERIAUX BIOSOURCES / ADVANTAGES OF BIOBASED MATERIALS

DEVELOPPEMENT ECONOMIC LOCAL

Les matériaux biosourcés participent au développement économique local : en effet, ils sont souvent produits en filière locale (zone géographique rapprochée) et en filière courte (peu d'intermédiaires). Par exemple, la paille peut être produite sur le champ agricole à côté de votre chantier, et sans aucun intermédiaire entre vous et le producteur.

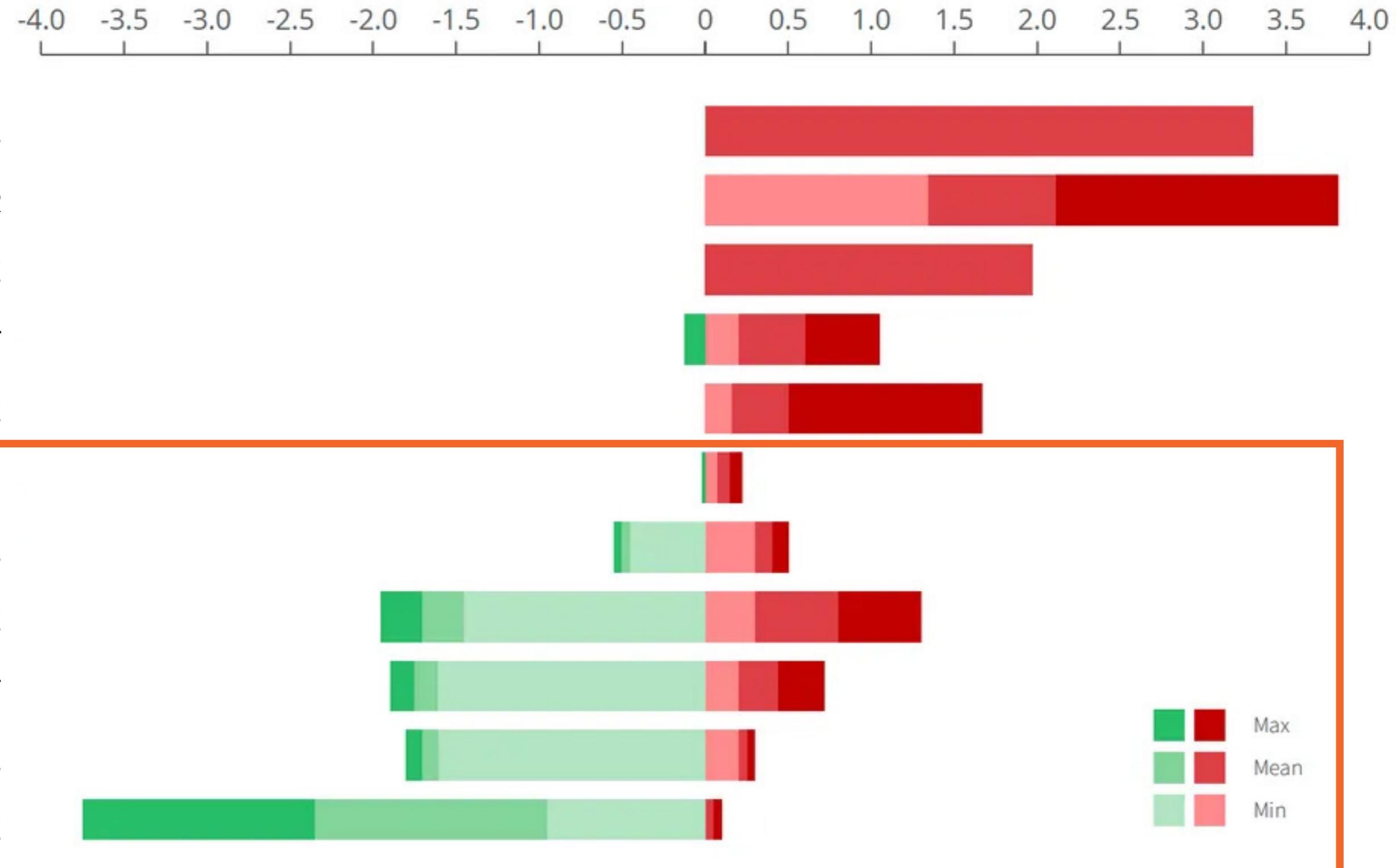
LOCAL ECONOMIC DEVELOPMENT

Bio-based materials contribute to local economic development: they are often produced locally (in close geographical proximity) and in short supply chains (with few intermediaries). For example, straw can be produced on the farm next to your building site, with no intermediaries between you and the producer.

AVANTAGES DES MATERIAUX BIOSOURCES / ADVANTAGES OF BIOBASED MATERIALS

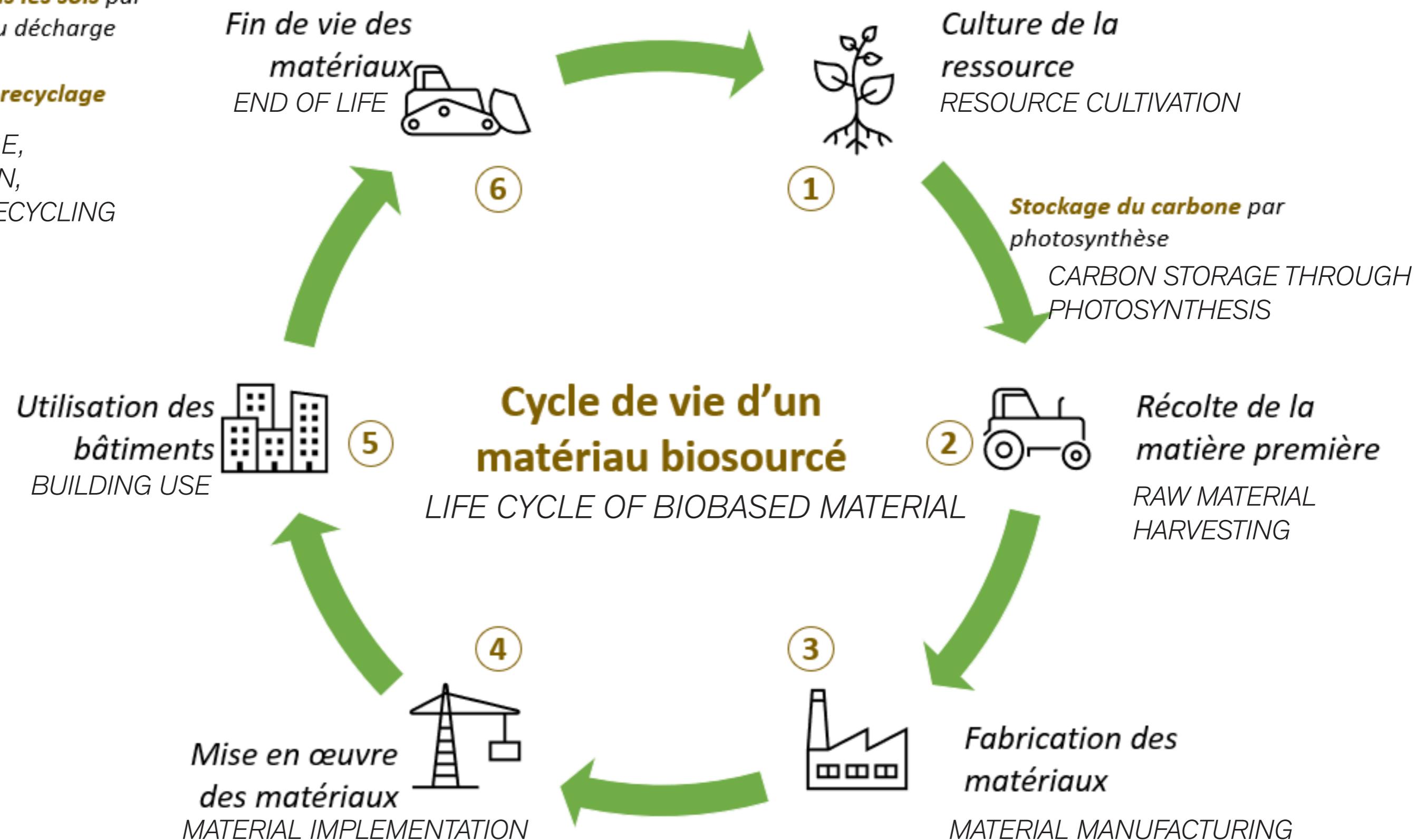
STOCKAGE DU CARBONE / CARBON STORAGE

t CO₂eq/t de matériau



AVANTAGES DES MATERIAUX BIOSOURCES / ADVANTAGES OF BIOBASED MATERIALS

- 6 - *Stockage dans les sols* par compostage ou décharge
 - *Incinération*
 - *Réemploi ou recyclage*
 - SOIL STORAGE,
 - INCINERATION,
 - REUSE OR RECYCLING



LA PAILLE DE CEREALES / CEREAL STRAW

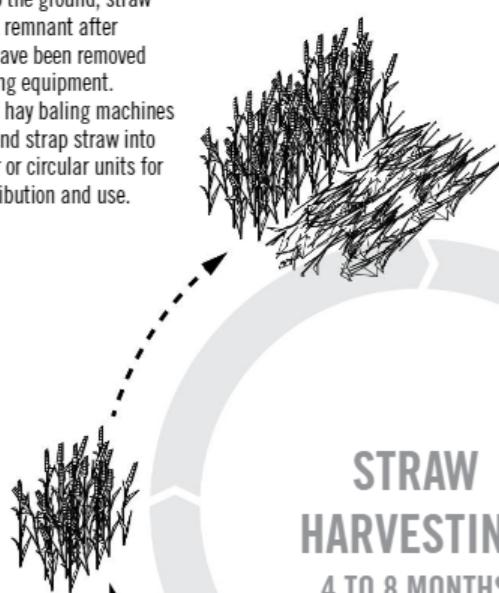


STRAW

Straw is a byproduct of critical food sources (wheat, rice, oats, barley, rye) and can be found throughout the world. After the seeds have been harvested, straw is the residual stock and not to be confused with hay, which is feedstock. Straw is about 40% carbon, and is transformed into a more useful form for construction by baling machines. Although globally it absorbs a massive amount of carbon dioxide each year, straw is left to decompose or is burned returning the CO₂ to the atmosphere. As a fast growing, inexpensive, ubiquitous, minimally processed, agricultural byproduct, straw has enormous capacity to sequester carbon as a building material. Primarily used as insulation with an R-value of 1.5 to 2 per inch, it can also be a load bearing material. In either condition, its clay, lime, or cementitious plaster skin is critical to its performance and aesthetic, and the source of much of its labor and cost as a building system.

HARVEST

Cut close to the ground, straw is the stock remnant after the seeds have been removed by harvesting equipment. Mechanical hay baling machines compress and strap straw into rectangular or circular units for easier distribution and use.



STRAW HARVESTING 4 TO 8 MONTHS

GROWTH

The growth cycle of all cereal grains is less than a year, significantly shorter than any other plant used in building. More importantly, straw is the waste product of these food grains.



PLANT

The impact of straw is directly related to its place in larger agricultural practices, and their impacts. The industrial farming of wheat and other cereal grains often involves the use of fertilizers, herbicides, and pesticides.

BIOFUEL

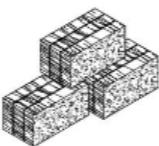
Straw's end of life can also be as fuel for heat or energy generation.

MULCH

Straw can be ground into mulch, to be used for landscaping or to biodegrade back to soil.

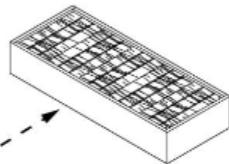
BALING

The size of the bales is contingent on the type of baler. These can range in size from a two-string rectangle weighing about 50 lbs (22 kg), to large round bales that can weigh over a ton. Larger bales can be compressed to much higher density, beneficial to being used as a load bearing structure.



PREFABRICATION

Straw as insulation can be combined with wood frames into prefabricated units in more controlled off-site factories. This avoids some of the moisture challenges of on-site construction with straw. Dry or wet skins can be applied off-site.

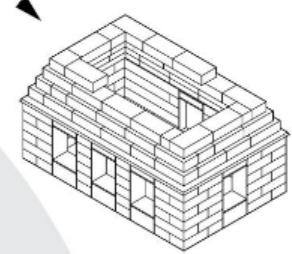


PLASTERING

Clay, lime, and/or cement is frequently used as a plaster skin, applied directly to the rough surface of both sides of straw-bales. Plaster skins are typically the air, water, and vapor controls of the assembly, as well as integral to the structural capacity of the straw wall.

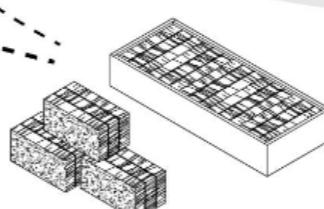
CONSTRUCTION

Straw can be used as a load bearing structure, as infill to a structural frame, or within prefabricated units. The size and type of bale or prefabricated cassette has a significant impact on the geometry of the building.



STRAW CONSTRUCTION

Prefabricated panels can be reused in other projects

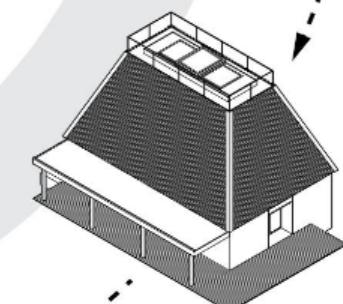


DISASSEMBLY

Prefabricated panels can be designed to be detachable and reused. Straw-bale walls can decompose, particularly if their skins are clay-based or removable.

USE

Given their thickness, straw-bale walls have excellent thermal values (approximately R-25 to 35), while their hygroscopic attributes helps balance interior humidity. With careful selection of the material for their skins, straw-bale walls can improve indoor air quality, and can have many times the thermal mass of a conventional stick framed wall.

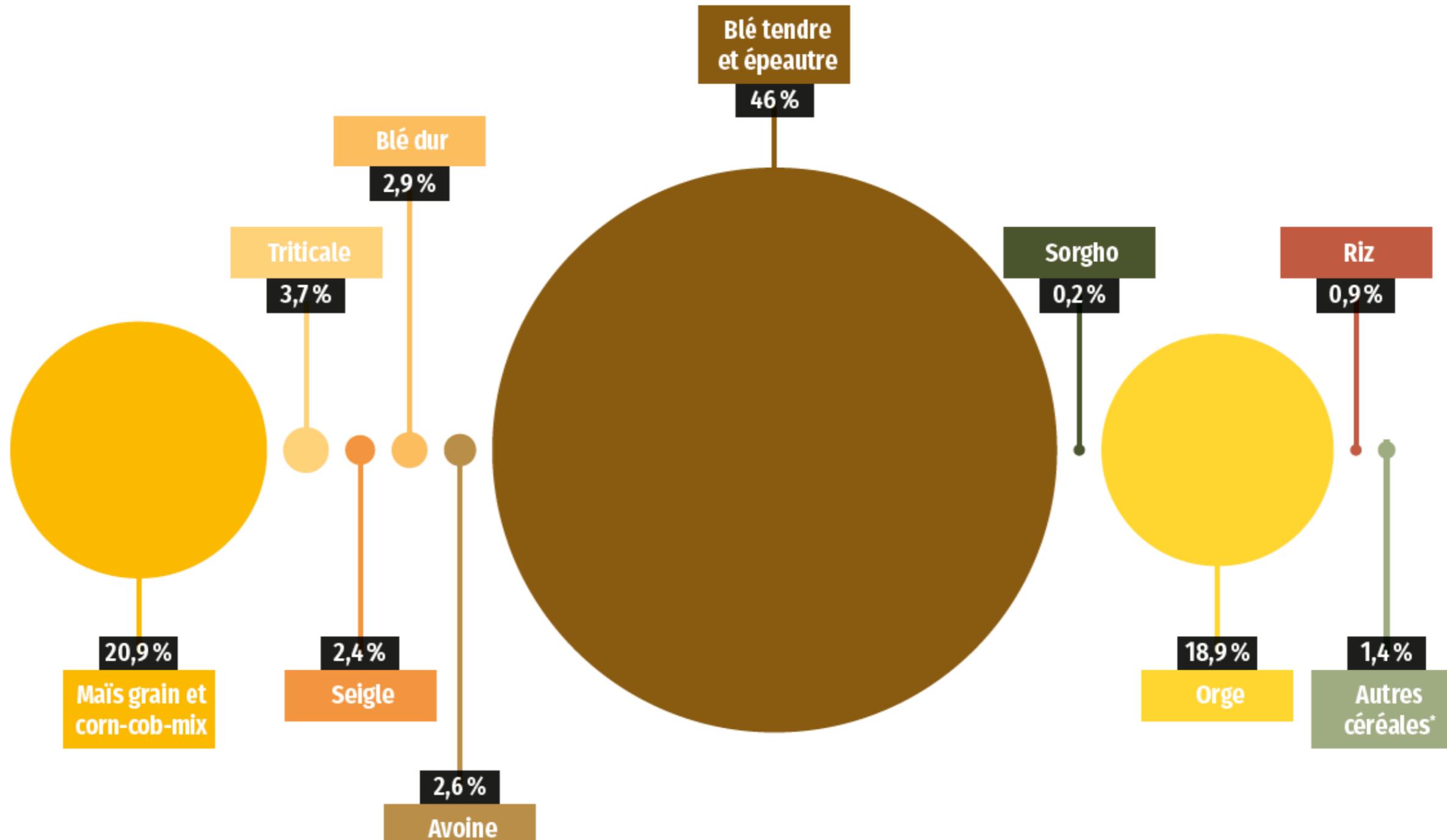


UNE RESSOURCE DISPONIBLE / AN AVAILABLE RESOURCE

La production céréalière de l'Union Européenne (28 pays) en 2017

Le blé tendre, l'orge et le maïs grain représentent 85 % de la production

Source : Eurostat



► Production totale = 309,9 Mt

*(sarrasin, millet, alpiste, grains mélangés...)

Source : passioncereales.fr

Synthèse " résidus de cultures annuelles"

Source : FranceAgriMer

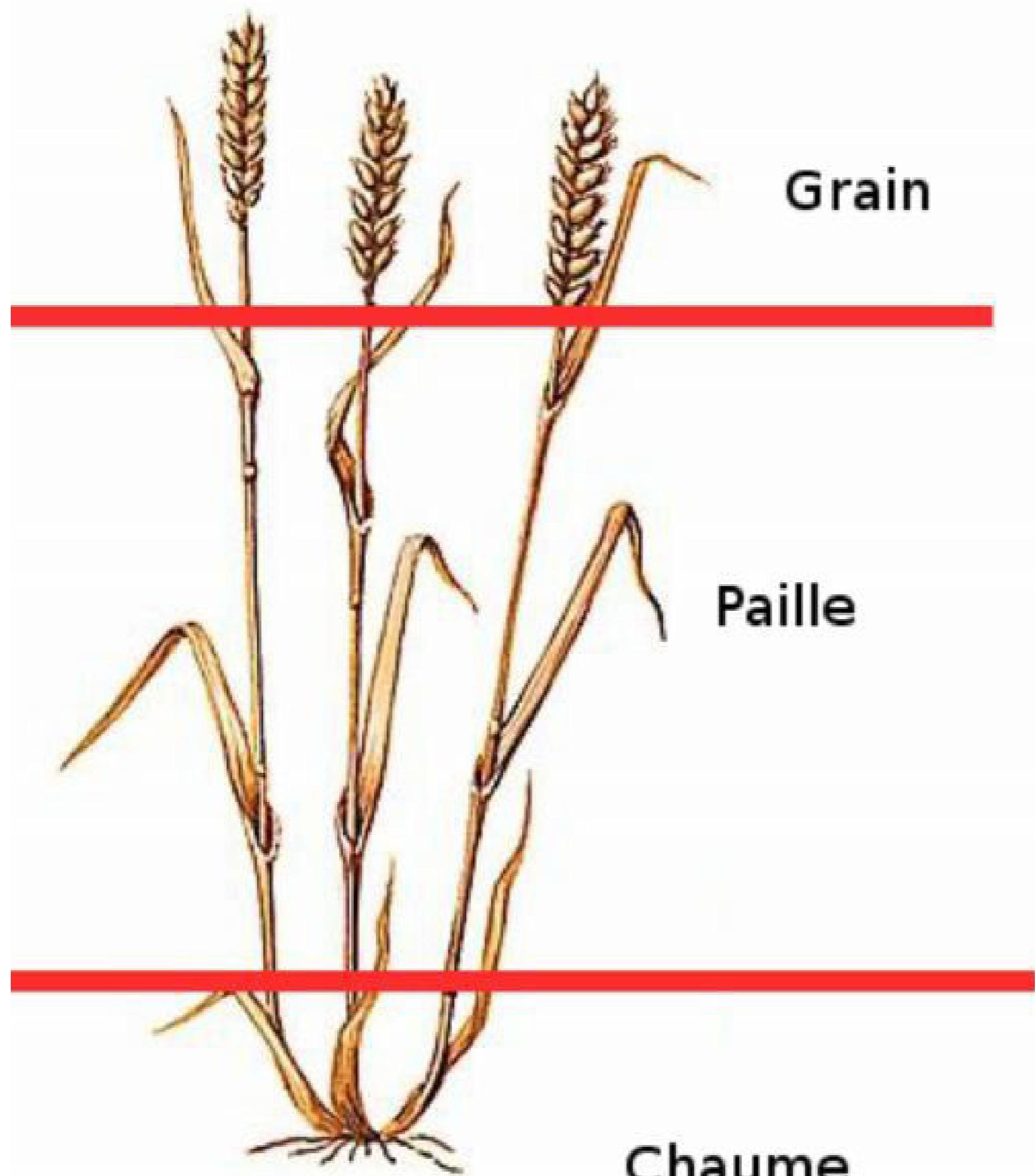
Estimations 2014						
volumes en milliers de tMS / an	Volume Total Produit	Volume Théorique Disponible (1)	Volume Usage 1	Volume Usage 2	Volume Usage 3	Volume Supplémentaire Disponible
			litière	matériaux	énergie	
Pailles de céréales	74 202	24 487	22 724 (73%)	quelques projets	quelques projets	~ 1 762
Pailles d'oléagineux	2 613	1 307				~ 1 307

Concernant les utilisations énergétiques, les pailles peuvent être utilisées directement comme combustibles ou entrer dans la fabrication de granulés pour chaudières. L'utilisation des pailles comme matériaux (isolants, pâte à papier...) reste encore très marginale

Les pailles sont broyées et enfouies dans le sol, mise en balle ou brûlées. La paille représente 6 à 10 tonnes de matières sèches par hectare

With regard to energy uses, straw can be used directly as fuel or in the manufacture of pellets for boilers. The use of straw as a material (insulation, paper pulp, etc.) is still very marginal. Straw is crushed and buried in the soil, baled or burned. Straw represents 6 to 10 tonnes of dry matter per hectare.

Source : franceagrimer.fr



Traditionnellement, on récoltait d'abord l'épi qu'on battait ensuite pour récupérer le grain. Puis on récoltait la paille, qu'on laissait sécher au champ puis qu'on mettait en botte. Il restait sur le champ le chaume (partie basse de la tige + racines) qu'on brûlait ou qu'on broyait et enfouissait.

La paille, c'est une tige dont le seul rôle est de soutenir l'épi, de transporter la sève et de résister au vent et à la pluie.

Pas d'énergie perdue, elle est creuse. Comme elle doit porter, elle est riche en tissus de soutien donc cellulose et lignine. Elle est recouverte de cires (c'est ce qui fait que la paille brille) pour être moins sensible aux maladies.

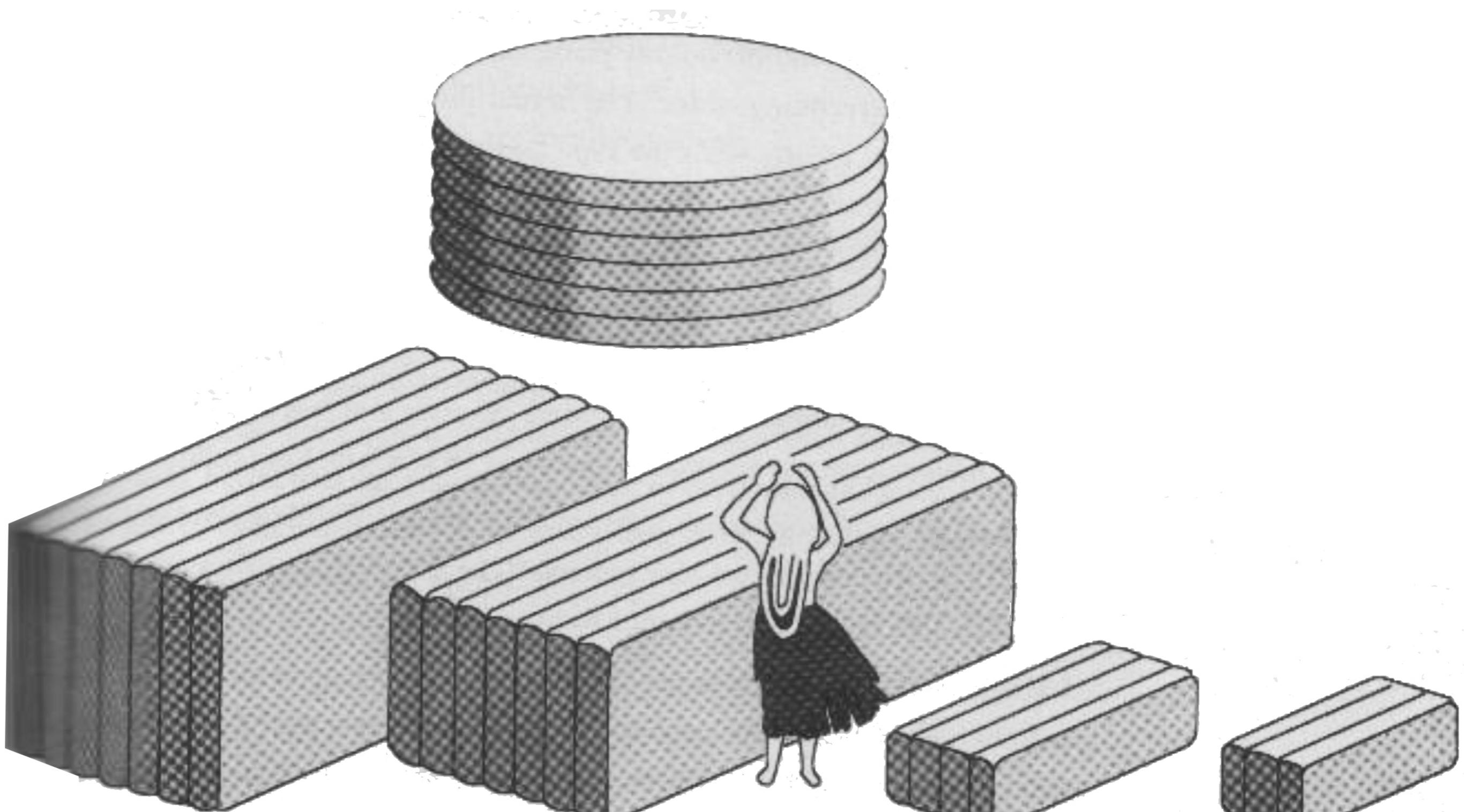
Traditionally, the ear of corn was harvested first, then threshed to recover the grain. Then the straw was harvested, dried in the field and baled. The stubble (lower part of the stalk + roots) remained in the field, either burned or crushed and buried.

Straw is a stalk whose sole role is to support the ear of corn, transport sap and resist wind and rain.

No wasted energy, it's hollow. Since it has to carry, it is rich in supporting tissues, i.e. cellulose and lignin. It's coated with wax (which is what makes straw shine) to make it less susceptible to disease.

Source : www.techniquesdelevage.fr

DIMENSIONS DES BOTTES DE PAILLE / STRAW BALE DIMENSIONS



BOTTE LARGE JUMBO
120X120X240 cm
2690 kg env.

BOTTE JUMBO
120X100X240 cm
2200 kg env.

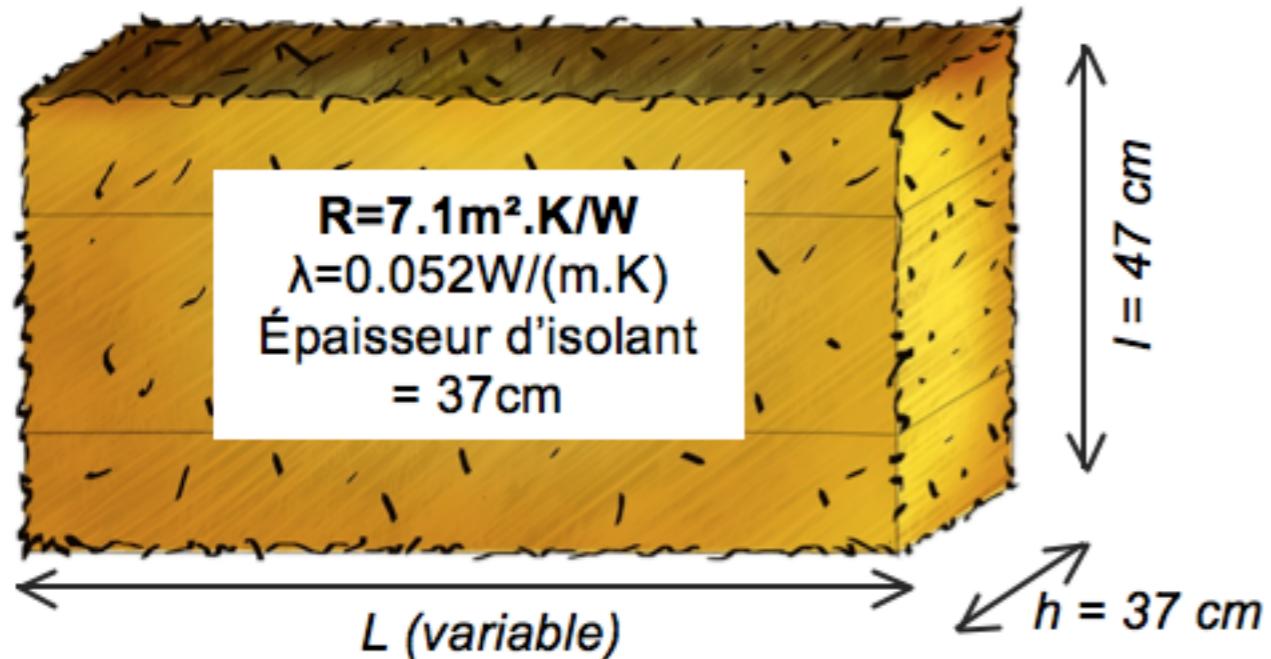
BOTTE A 3 SANGLES
40X58X118 cm
165 à 210 KG

BOTTE A 2 SANGLES
38X46X92 cm
110 à 144 KG

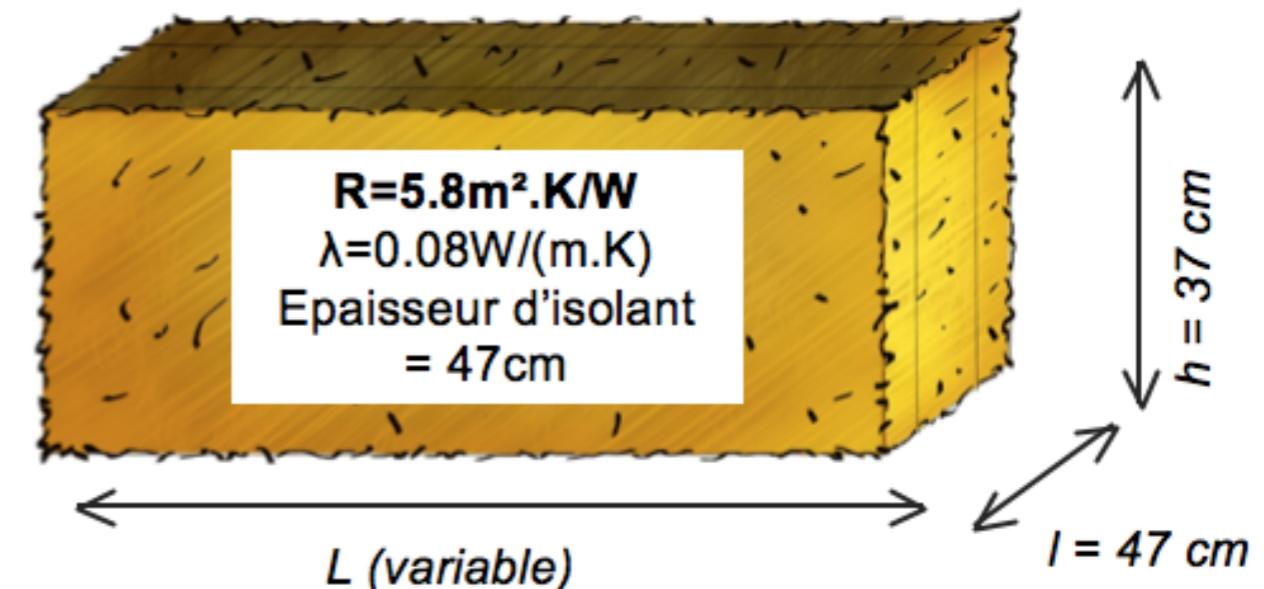
SENS DE POSE DES BOTTES DE PAILLE / LAYING DIRECTION FOR STRAW BALES

Les bottes de paille peuvent être posées sur chant ou à plat. Choix décisif car la résistance thermique R ne sera pas la même pour chaque disposition (pour rappel plus celle-ci est élevée, meilleur est le pouvoir isolant).

Straw bales can be laid on edge or flat. This is a decisive choice, as the thermal resistance R will not be the same for each layout (remember, the higher the resistance, the better the insulating power).



Bottes disposées sur chant / Straw bales on edge



Bottes posées à plat / Straw bales laid flat

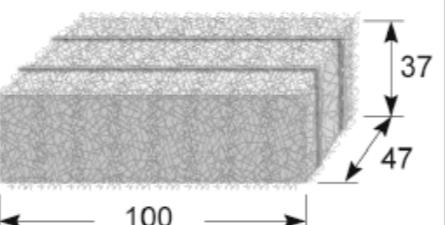
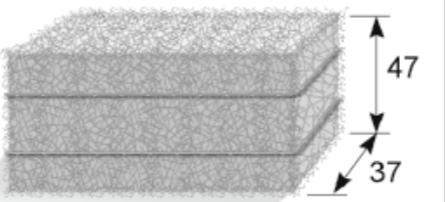
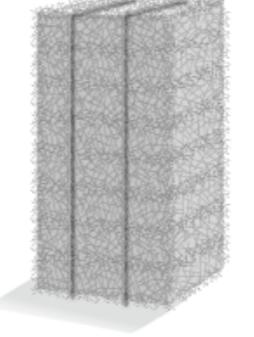
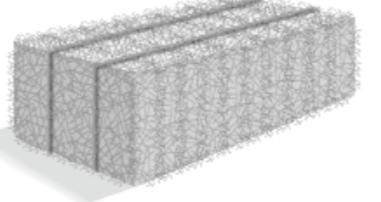
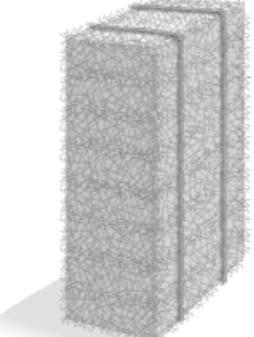
Dans le cas des bottes posées sur chant, le flux d'air est transversal au sens des fibres. Ceci explique une résistance thermique plus élevée que pour les bottes posées à plat où le flux d'air est dans le sens des fibres.

In the case of edge-laid boots, the air flow is transverse to the direction of the fibers. This explains the higher thermal resistance than with flat-laid boots, where the air flow is in the direction of the fibers.

Source : RFCP

SENS DE POSE DES BOTTES DE PAILLE

LAYING DIRECTION FOR STRAW BALES

Partie de la botte de paille visible au premier plan	Avantages	Inconvénients
À plat, chant visible 	<ul style="list-style-type: none"> Facilite : - l'empilement des bottes - la réalisation des parois courbes - l'obtention de la planéité - la mise en compression des parois 	<ul style="list-style-type: none"> - Épaisseur de la paroi - Nombre non optimal de bottes utilisées par m² de paroi
Sur chant, face visible 	<ul style="list-style-type: none"> - Moindre épaisseur de la paroi - Nombre optimal de bottes par m² de paroi 	Empilement plus difficile qu'à plat
Debout, face visible 	<ul style="list-style-type: none"> - Régularité de l'entraxe de l'ossature - Rapidité de mise en oeuvre - Facilitation de la réalisation des angles - Calepinage serré - Préfabrication facilitée 	Fixation des bottes plus délicate dans le cas d'une ossature non traversante
À plat, bout visible 	<ul style="list-style-type: none"> - Maîtrise de l'épaisseur de la paroi (après découpe des bottes) - Contrôle aisément de la longueur des bottes en découpant et reficelant celles-ci - Maîtrise complète des dimensions des bottes 	Découpage quasi systématique des bottes
Debout, chant visible 	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle aisément de la longueur des bottes en découpant et reficelant celles-ci - Maîtrise complète des dimensions des bottes 	Découpage quasi systématique des bottes

RESISTANCE THERMIQUE / INERTIE / DEPHASAGE

THERMAL RESISTANCE / INERTIA / PHASE SHIFT

Résistance thermique R (en m².K/W) : capacité à s'opposer au flux de chaleur. Plus R est élevée, plus l'isolation apportée est importante à lambda égal.

Conductivité thermique ou lambda (λ en W/(m.K)) : aptitude à conduire plus ou moins les flux de chaleur. Plus le lambda est faible, plus le matériau est isolant à épaisseur égale.

Inertie thermique : capacité d'un matériau à emmagasiner de la chaleur (ou du froid) pour le restituer ensuite progressivement. Plus un matériau est lourd et compact, plus il a une inertie thermique importante.

Le déphasage est la capacité à différer les variations de température. Il est donc lié à l'inertie thermique des matériaux mises en œuvre et au type d'isolation (intérieur/extérieur et épaisseur d'isolant). Le déphasage peut ainsi être de quelques minutes en lissant les apports solaires (nuage/éclaircie) pour éviter les à-coups du chauffage. Mais il peut aller jusqu'à plusieurs heures, notamment en été où les murs vont emmagasiner le froid de la nuit pour le restituer tout au long de la journée et éviter que le bâtiment ne monte trop en température.

Composition simplifiée	Face intérieure	Caractéristiques thermiques de « parois types » isolées en paille				
		Épaisseur	Résistance thermique	Déphasage	Inertie quotidienne côté intérieur	
		cm	m ² .K/W	heures	kJ/m ² .K	
Enduit extérieur Petites bouteilles Enduit intérieur	Enduit épais - 50 mm	45	7,2	19,4	87	
Bardage ventilé Petites bouteilles Enduit intérieur		49	7,7	19,5	106	
Enduit extérieur Grosses bouteilles Enduit intérieur		128	14,5	40	108	
Enduit extérieur Petites bouteilles Plaques intérieures	Plaques - 13 mm	42	7,4	16,4	23	
Plaque extérieure Petites bouteilles Plaques intérieures		41	7,4	16,4	23	
Bardage Petites bouteilles Plaques intérieures		46	7,6	18,6	22	
Enduit extérieur Petites bouteilles Parpaings creux	Mur massif	61	7,3	20	186	
Enduit extérieur Petites bouteilles Bois massif		55	8,5	26	68	
Enduit extérieur Terre-paille Enduit intérieur	Béton végétal	42	3,8	17	98	
Plaque extérieure Paillettes en vrac Plaques intérieures	Paille en vrac	42	7	17,8	29	

Source : La construction en Paille, Luc Floissac, terre vivante

RESISTANCE THERMIQUE / INERTIE / DEPHASAGE

THERMAL RESISTANCE / INERTIA / PHASE SHIFT

Thermal resistance R (in $m^2.K/W$): capacity to oppose heat flow. The higher the R value, the greater the insulation provided for the same lambda value.

Thermal conductivity or lambda (in $W/(m.K)$): ability to conduct heat flows to a greater or lesser extent. The lower the lambda, the more insulating the material at equal thickness.

Thermal inertia: a material's capacity to store heat (or cold) and then gradually release it. The heavier and more compact a material, the greater its thermal inertia.

Phase shift is the ability to defer temperature variations. It is therefore linked to the thermal inertia of the materials used and the type of insulation (interior/exterior and thickness of insulation). Phase shifting can be as little as a few minutes, smoothing out solar gain (clouds/ clear skies) to avoid jolts in heating. But it can be as much as several hours, particularly in summer, when the walls store up the night's cold and release it throughout the day, preventing the building from overheating.

Composition simplifiée	Face intérieure	Caractéristiques thermiques de « parois types » isolées en paille				
		Épaisseur cm	Résistance thermique $m^2.K/W$	Déphasage heures	Inertie quotidienne côté intérieur $kJ/m^2.K$	
Enduit extérieur Petites bottes Enduit intérieur	Enduit épais – 50 mm	45	7,2	19,4	87	
		49	7,7	19,5	106	
		128	14,5	40	108	
Bardage ventilé Petites bottes Enduit intérieur	Plaques – 13 mm	42	7,4	16,4	23	
		41	7,4	16,4	23	
		46	7,6	18,6	22	
Enduit extérieur Petites bottes Parpaings creux	Mur massif	61	7,3	20	186	
		55	8,5	26	68	
Enduit extérieur Terre-paille Enduit intérieur	Béton végétal	42	3,8	17	98	
Plaque extérieure Paillettes en vrac Plaques intérieure	Paille en vrac	42	7	17,8	29	

Source :La construction en Paille, Luc Floissac, terre vivante

RESISTANCE AU FEU

Contrairement aux idées reçues la paille ne présente pas de danger particulier face au feu si on la compare aux autres matériaux de construction. La raison est simple : pour produire un feu, il faut 3 éléments : un combustible (la paille dans notre cas), un comburant (l'oxygène de l'air) et une source de chaleur. La paille en vrac brûle très facilement, mais pas les bottes de paille bien compressées qui privent le feu d'oxygène.

Contrary to popular beliefs, straw does not pose a particular danger in the face of fire when compared to other building materials. The reason is simple: to produce a fire, three elements are needed: a fuel (the straw in this case), an oxidizer (oxygen from the air), and a source of heat. Loose straw burns very easily, but compacted straw bales do not, as they deprive the fire of oxygen.



Source :build-green

RESISTANCE AUX TERMITES ET AUX RONGEURS

RESISTANCE TO TERMITES AND RODENTS

Selon Luc Floissac, « il est plus dur de creuser dans la paille que dans beaucoup d'autres isolants » et « aux Etats-Unis des tests ont montré que les termites préfèrent les cadres des menuiseries et les portes à la paille ». Un essai sur l'appétence vis-à-vis des termites (pdf), réalisé au printemps 2010 par l'institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement (FCBA) de Bordeaux, concluait « les termites sont capables de se nourrir de paille, mais cet aliment est insuffisant du point de vue nutritif pour permettre à un groupe de termites de survivre ».

Quelques précautions sont donc à prendre pour limiter les risques, notamment dans la réalisation des crépis et tous autres moyens empêchant les rongeurs de venir y nicher.

According to Luc Floissac, « it's harder to dig in straw than in many other insulating materials » and « tests in the USA have shown that termites prefer joinery frames and doors to straw ». A test on termite palatability (pdf), carried out in spring 2010 by the Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement (FCBA) technology institute in Bordeaux, concluded that « termites are able to feed on straw, but this food is nutritionally insufficient for a group of termites to survive ».

A few precautions should therefore be taken to limit the risks, particularly when plastering or using other means to prevent rodents from nesting.



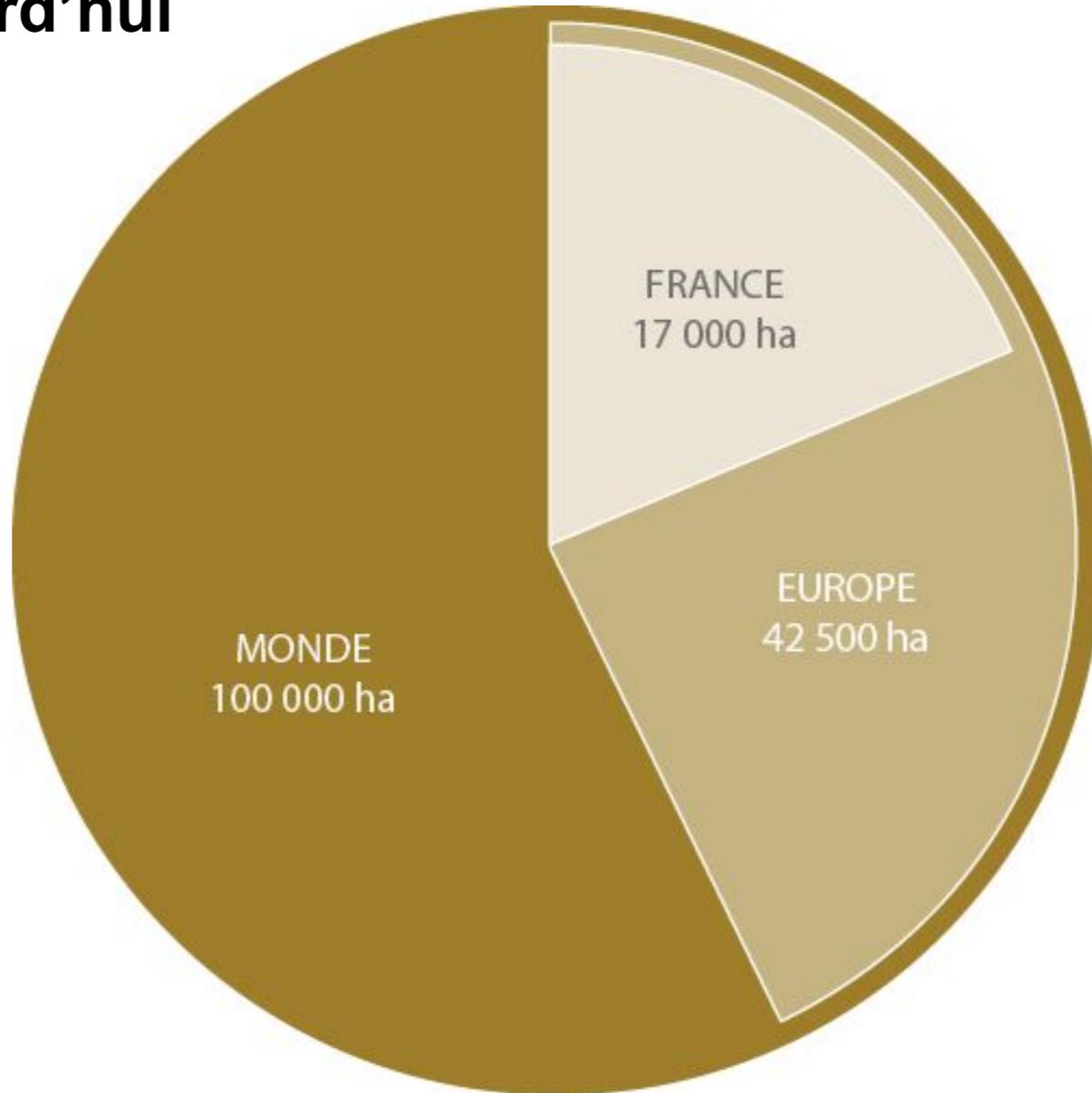
Source : build-green

LE CHANVRE / HEMP



*Source : Interchanvre - données 2017

La production aujourd'hui



Rendement moyen 2016 :
en chènevis 1,07 t/ha
en paille 6,3 t de MS/ha

La France leader européen de la production de chanvre

Chanvre



Contact

Office fédéral de l'agriculture

OFAG

Schwarzenburgstrasse 165

3003 Berne

Suisse

[E-mail](#)

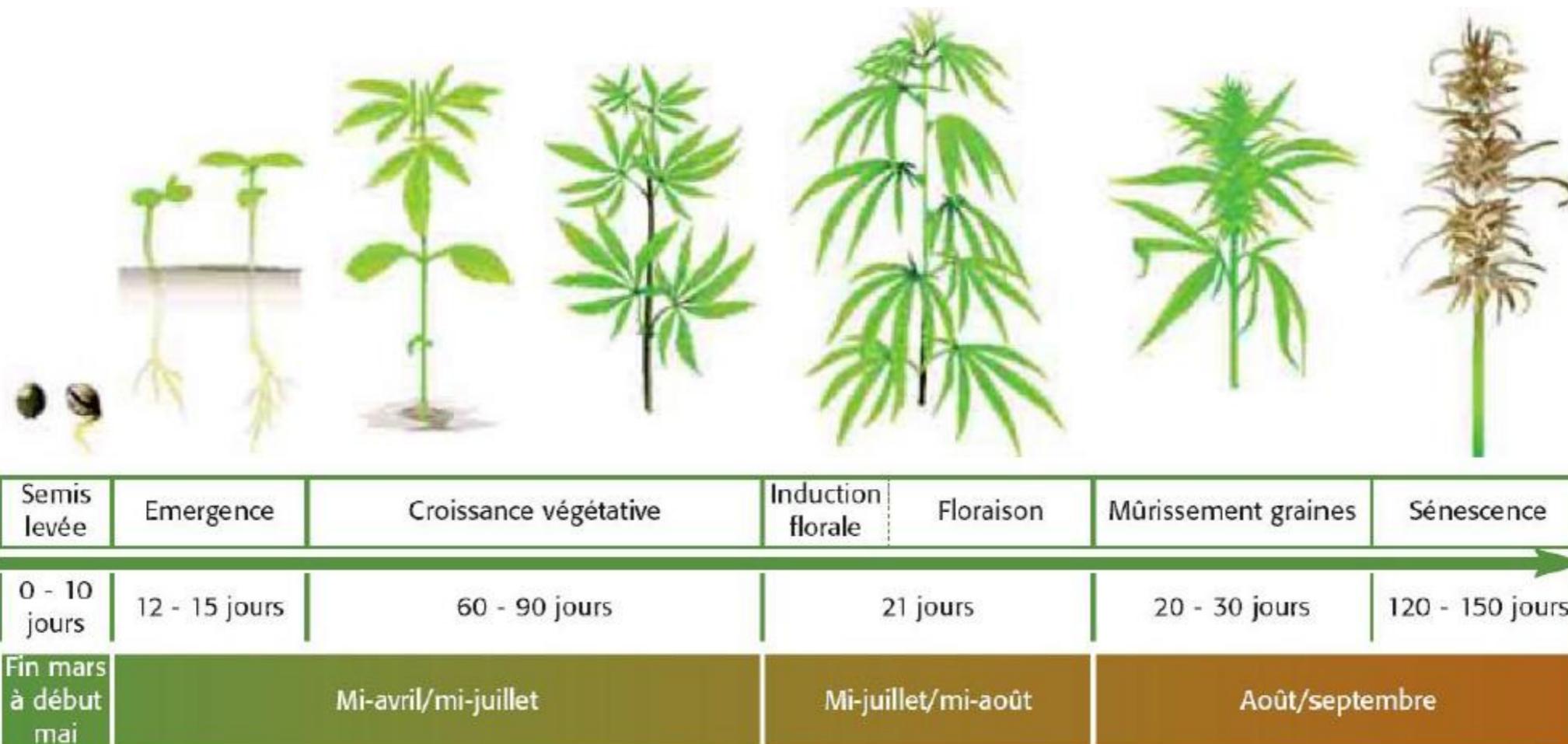
[Imprimer contact](#)



À partir du 01.01.2021, les prescriptions suivantes s'appliquent :

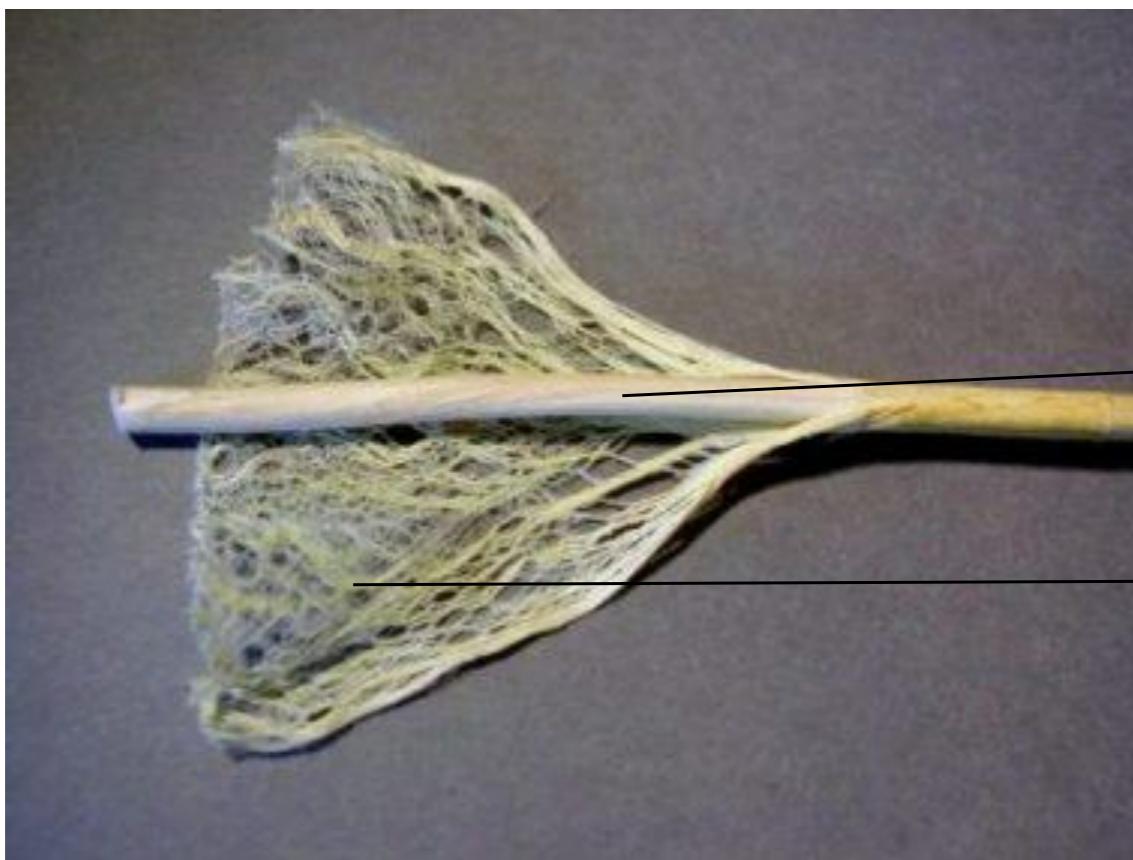
- La production agricole de chanvre est autorisée, à condition qu'il ne s'agisse pas de chanvre utilisé comme stupéfiant. Toutes les dispositions de la législation sur les semences relatives à la production et à la vente de semences et de plants de chanvre sont abrogées ([train d'ordonnances agricoles 2020](#)).
- Pour la mise en circulation de plants à des fins commerciales, les dispositions de la législation sur la santé des végétaux doivent être respectées.
- Pour la production agricole, les dispositions de la législation sur les paiements directs doivent être respectées.
- Pour l'utilisation du chanvre comme aliment pour animaux, les dispositions de la législation sur l'alimentation animale doivent être respectées.

Culture et récolte du chanvre



Transformation de la plante dans une chanvrerie

Plante intégralement valorisable : La paille de chanvre se sépare en divers éléments. Les pertes/déchets dûs à ces transformations sont inférieures à 5%.

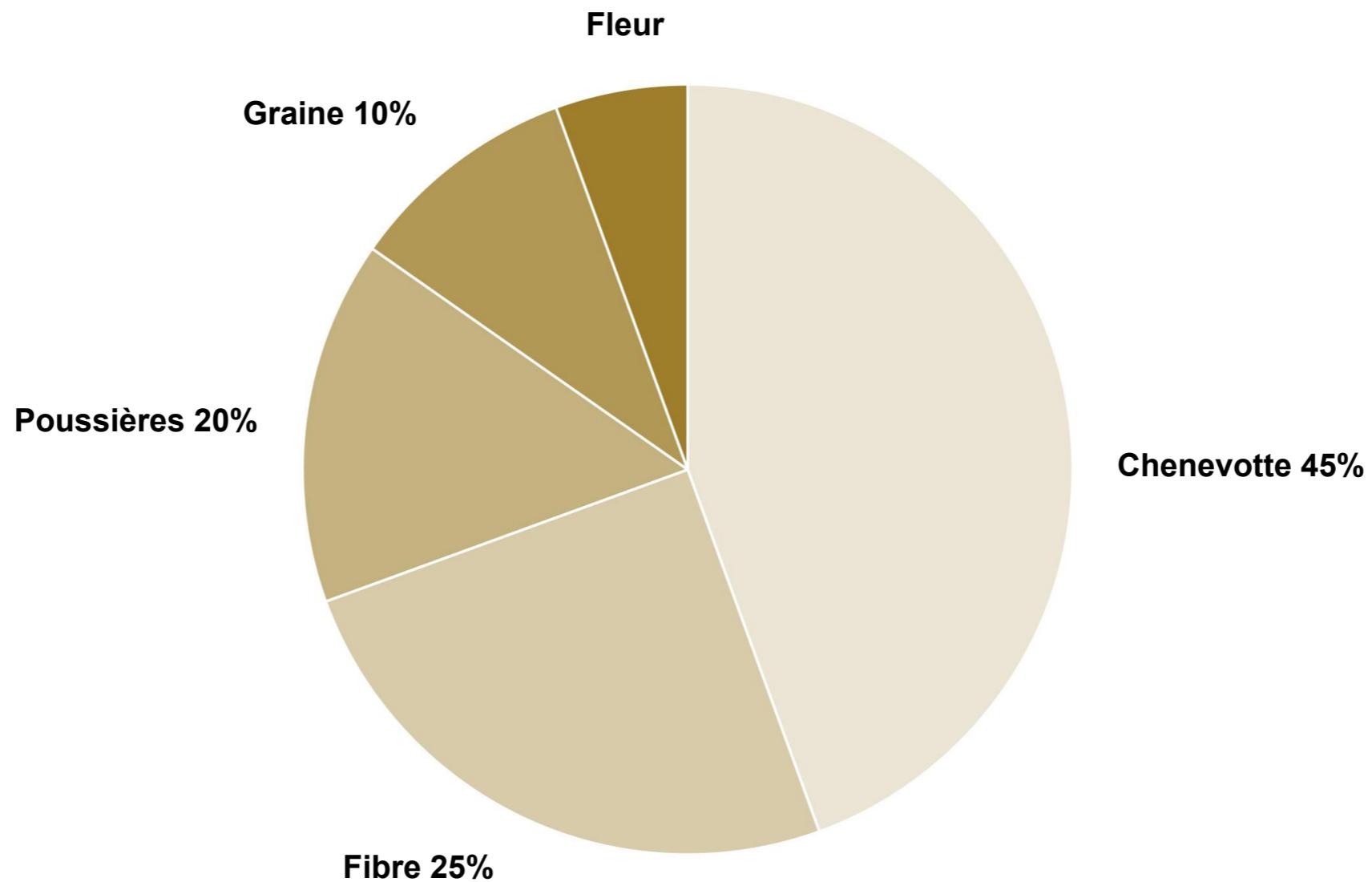


1ERE ETAPE DE TRANSFORMATION : DEFIBRAGE

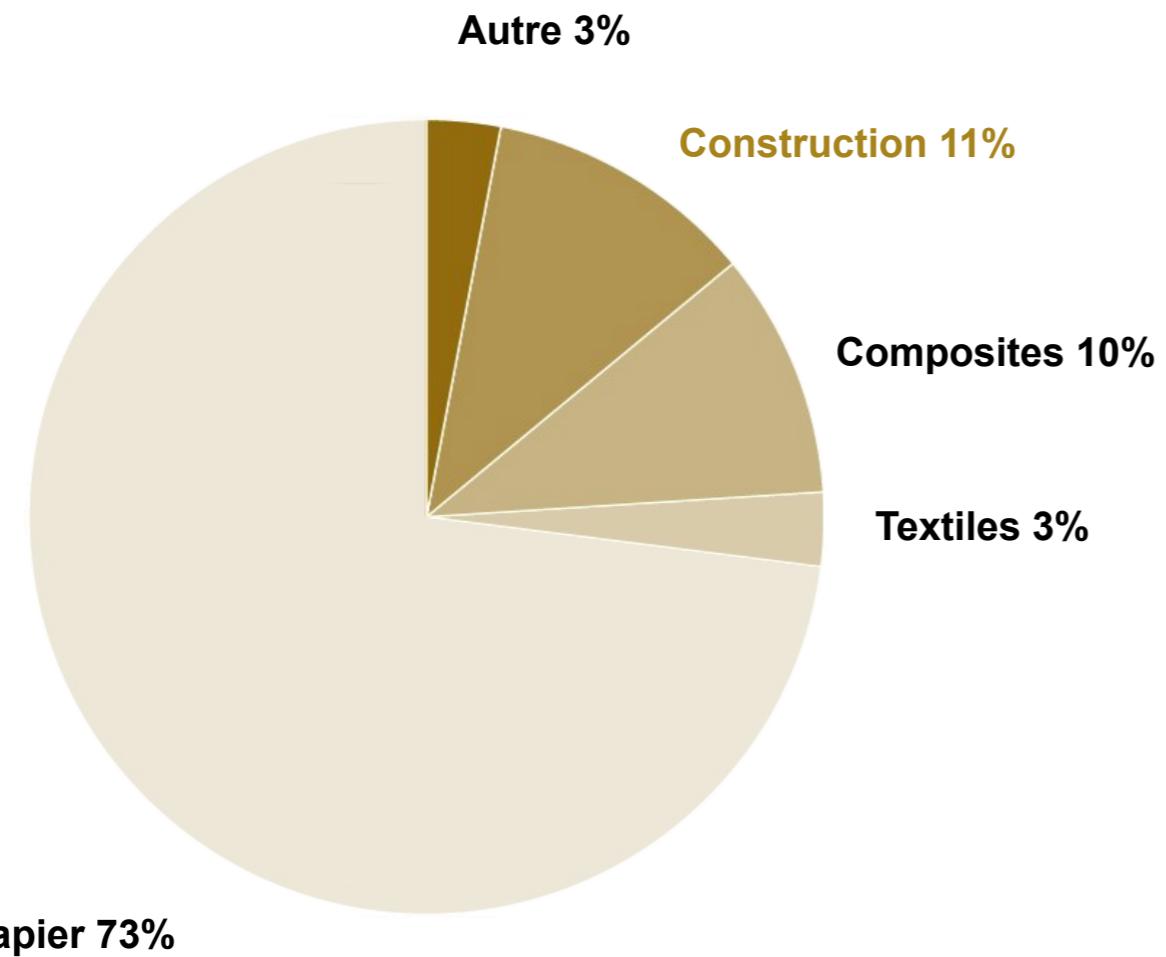
La chènevotte

La fibre

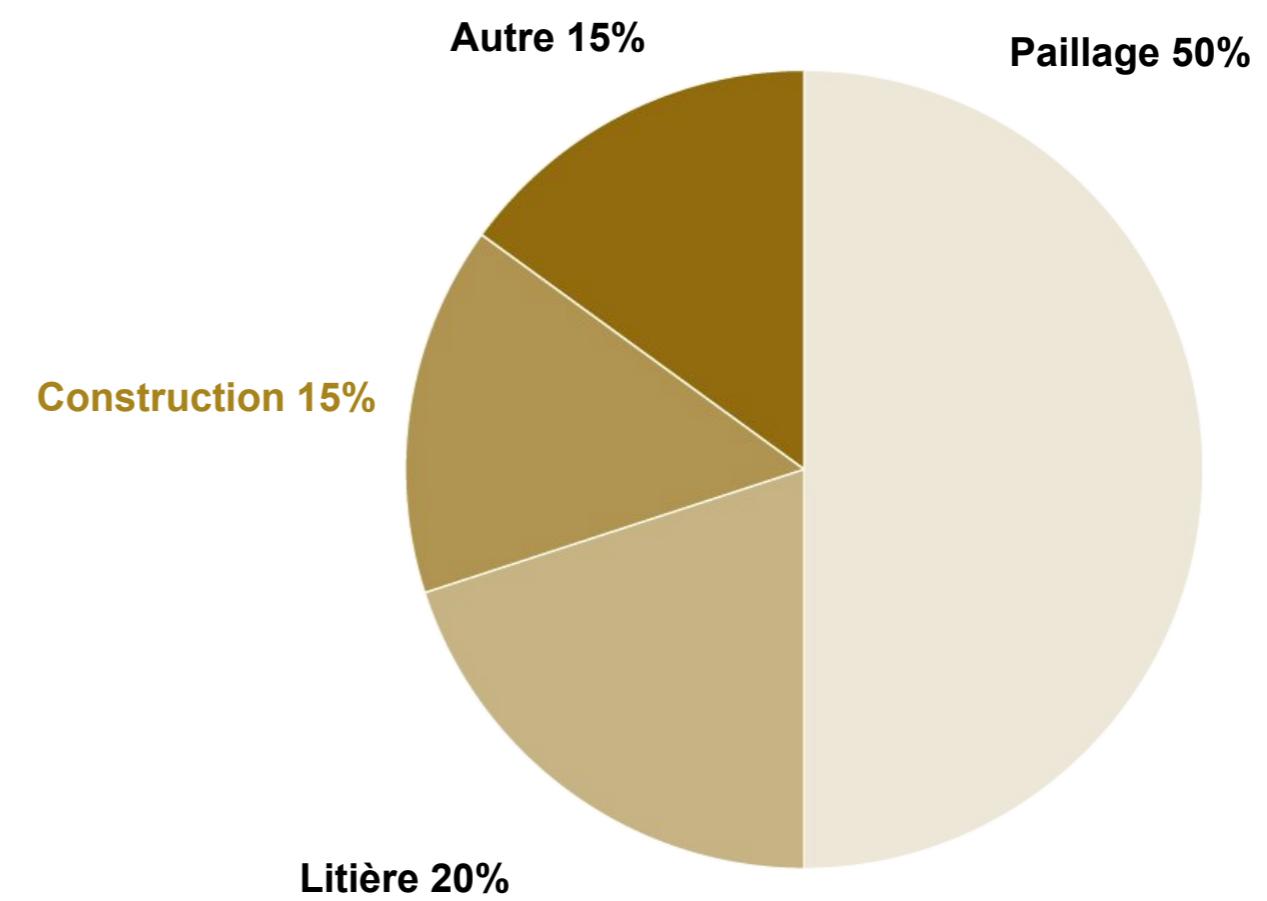
Composition de la plante



UTILISATION DE LA FIBRE



UTILISATION DE LA CHENEVOTTE



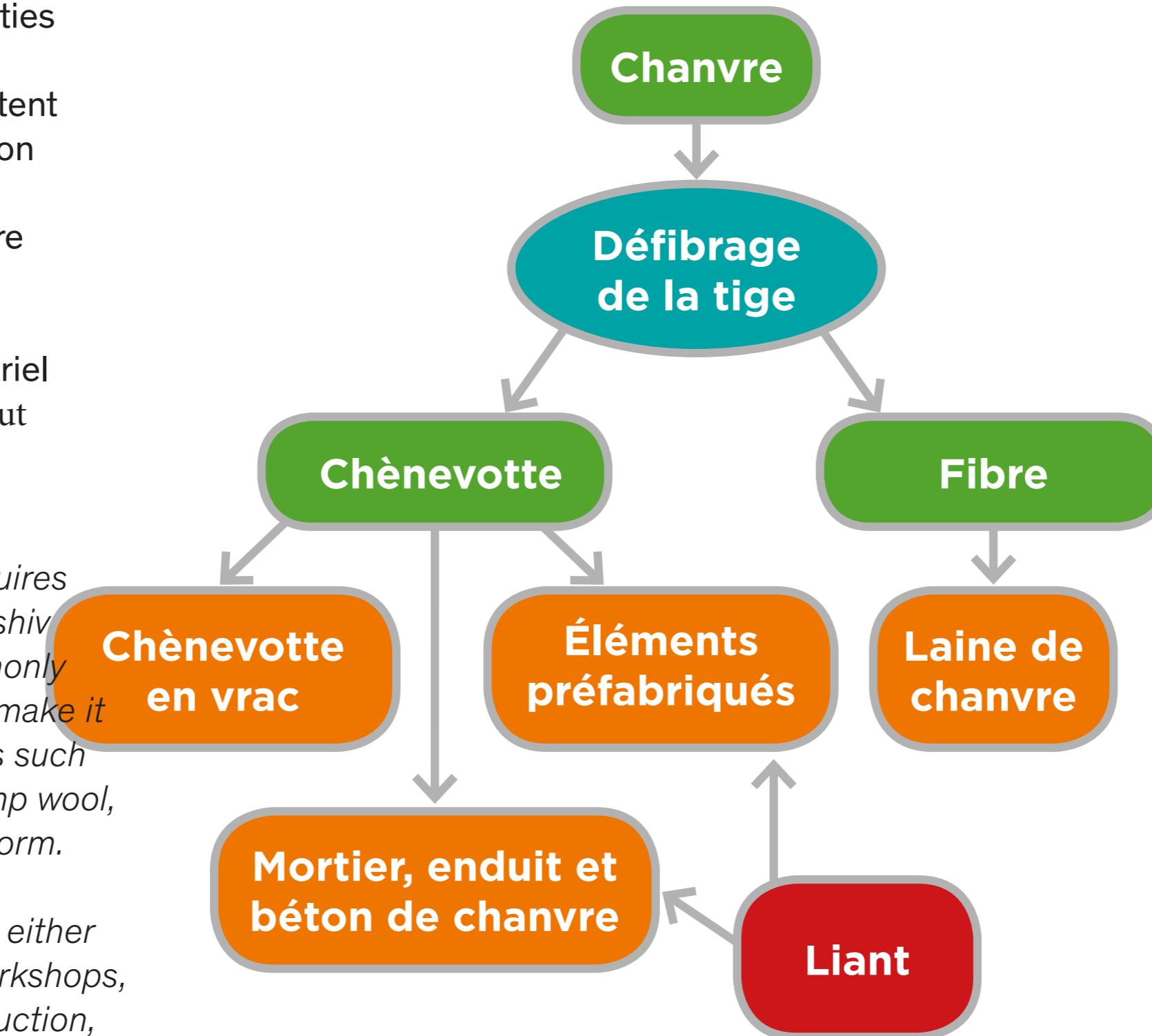
LE CHANVRE / HEMP

Le chanvre est une plante à croissance rapide nécessitant peu ou pas d'engrais. La fibre et la chènevotte sont les parties de la plante les plus utilisées pour le secteur du bâtiment. Elles permettent la création de produits de construction comme le mortier, l'enduit, le béton et la laine de chanvre, ou peuvent être directement utilisées en vrac.

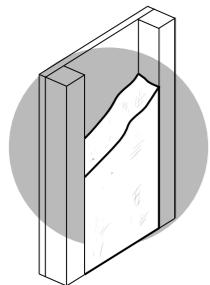
Les produits à base de chanvre sont transformés par un processus industriel ou en atelier et peuvent s'appliquer à tout type de construction, en travaux neufs ou en rénovation.

Hemp is a fast-growing plant that requires little to no fertilizer. The fiber and the shiv (hemp hurd) are the parts most commonly used in the construction sector. They make it possible to produce building products such as mortar, render, hempcrete and hemp wool, or they can be used directly in loose form.

Hemp-based products are processed either through industrial production or in workshops, and can be used in all types of construction, for new builds as well as renovations.



Source : FEDERATION FRANCAISE DU BATIMENT - Les matériaux biosourcés dans le bâtiment



CHANVRE

Plante et filière

En France, la culture du chanvre textile connaît un renouveau depuis les années 90. La plante est utilisée en culture de rotation pour améliorer la fertilité des sols. Ses tiges produisent des fibres (textiles et laines isolantes) et de la chènevotte, moelle poreuse (litière). Aujourd'hui, près de 70 000 tonnes de chènevotte sont produites en France, mais seulement 7% sont utilisés pour l'isolation. Six chanvreries, industries de première transformation alimentant les distributeurs de matériaux au niveau national, côtoient des chanvriers en circuits courts.



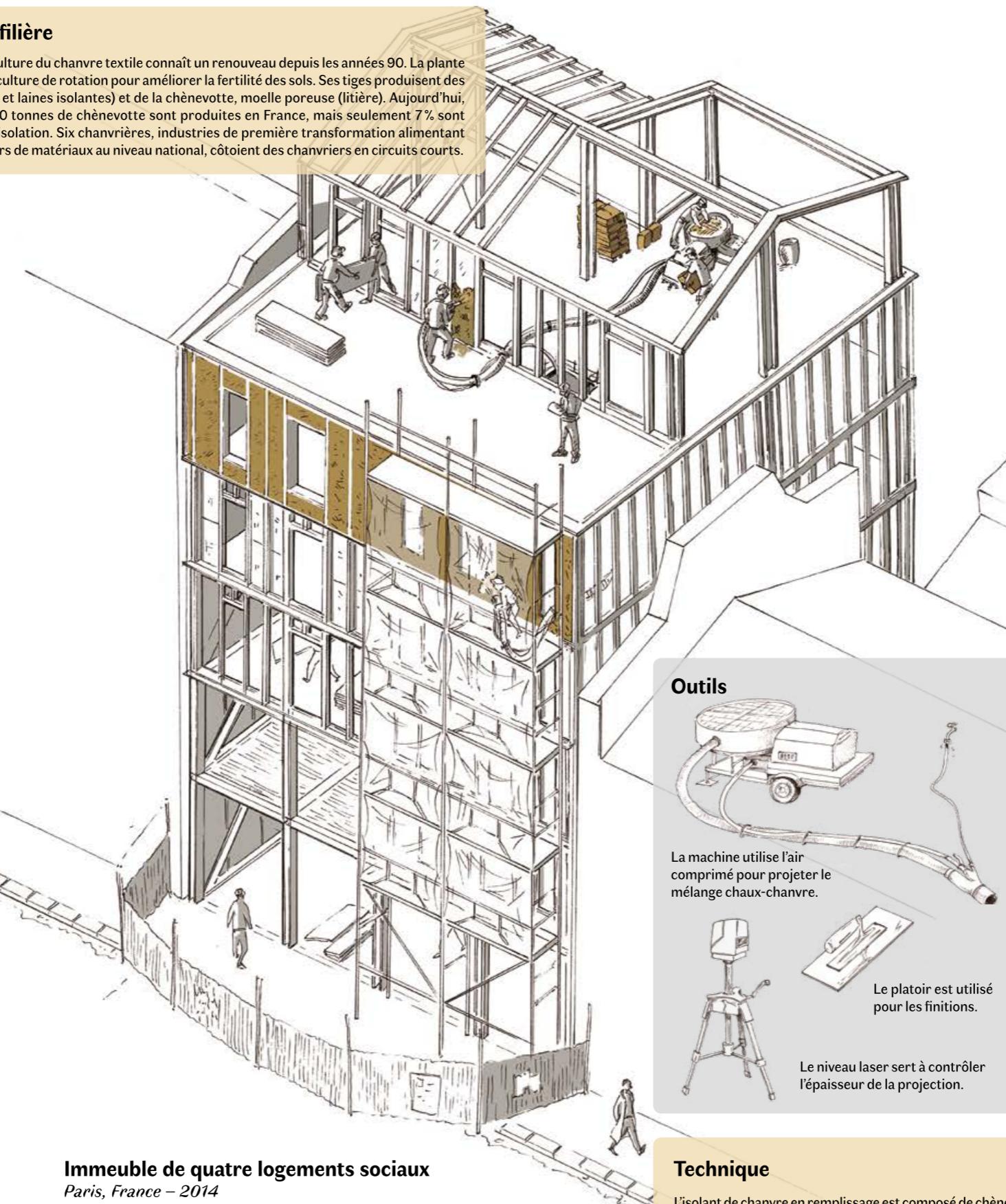
L'OSSTURE SECONDAIRE EN BOIS EST INSÉRÉE ENTRE LES TRAVÉES DE LA CHARPENTE MÉTALLIQUE PRIMAIRE. LE CHANVRE EST PROJETÉ ENTRE LES MONTANTS EN BOIS.



LE CHAUX-CHANVRE EST PRÉPARÉ SUR SITE. LA CHÈNEVOTTE ET LA CHAUX SONT MÉLANGEÉES À SEC DANS LE MALAXEUR PLANÉTAIRE. L'EAU EST AJOUTÉE DIRECTEMENT DANS LA LANCE DE PROJECTION.



UNE PLAQUE DE FERMACELL FIXÉE À L'OSSTURE EN BOIS CÔTÉ INTÉRIEUR EST UTILISÉE COMME FOND DE COFFRAGE PERDU LORS DE LA PROJECTION DU CHANVRE. CE SYSTÈME PERMET DE PROJETER UNE COQUE CONTINUE DE CHAUX-CHANVRE DÉPUIS L'EXTÉRIEUR ET D'ASSURER AINSI LA PERFORMANCE THERMIQUE DU BÂTIMENT.



Immeuble de quatre logements sociaux Paris, France - 2014

Maîtrise d'ouvrage : RIVP
Architecture : North by Northwest architectes et LM Ingénieur
Entreprises : Tempere Construction, Batiéthic, SMB

Technique

L'isolant de chanvre en remplissage est composé de chènevotte mélangée à un liant, souvent hydraulique comme la chaux ou le ciment, mais qui peut également être de la terre (liant argileux). Il se décline suivant deux techniques de remplissage d'ossature : des blocs maçonnes ou un mélange qui peut être projeté sur un fond de coffrage perdu ou tassé manuellement entre deux banches. Comme beaucoup d'autres matériaux biosourcés, le chanvre présente d'excellentes propriétés hygrothermiques : il régule les variations quotidiennes de température et d'humidité, améliorant grandement la sensation de confort intérieur.



LE MÉLANGE CHAUX-CHANVRE EST PROJETÉ DEPUIS L'EXTÉRIEUR, EN VÉRIFIANT L'ÉPAISSEUR À L'AIDE D'UN NIVEAU LASER.



CÔTÉ RUE, LES FINITIONS SONT À LA CHAUX POUR UNE CONTINUITÉ DE L'ESTHÉTIQUE URBAINE DU QUARTIER.



UN BARDAGE EN BOIS EST POSÉ CÔTÉ COUR.

CHANVRE / HEMP

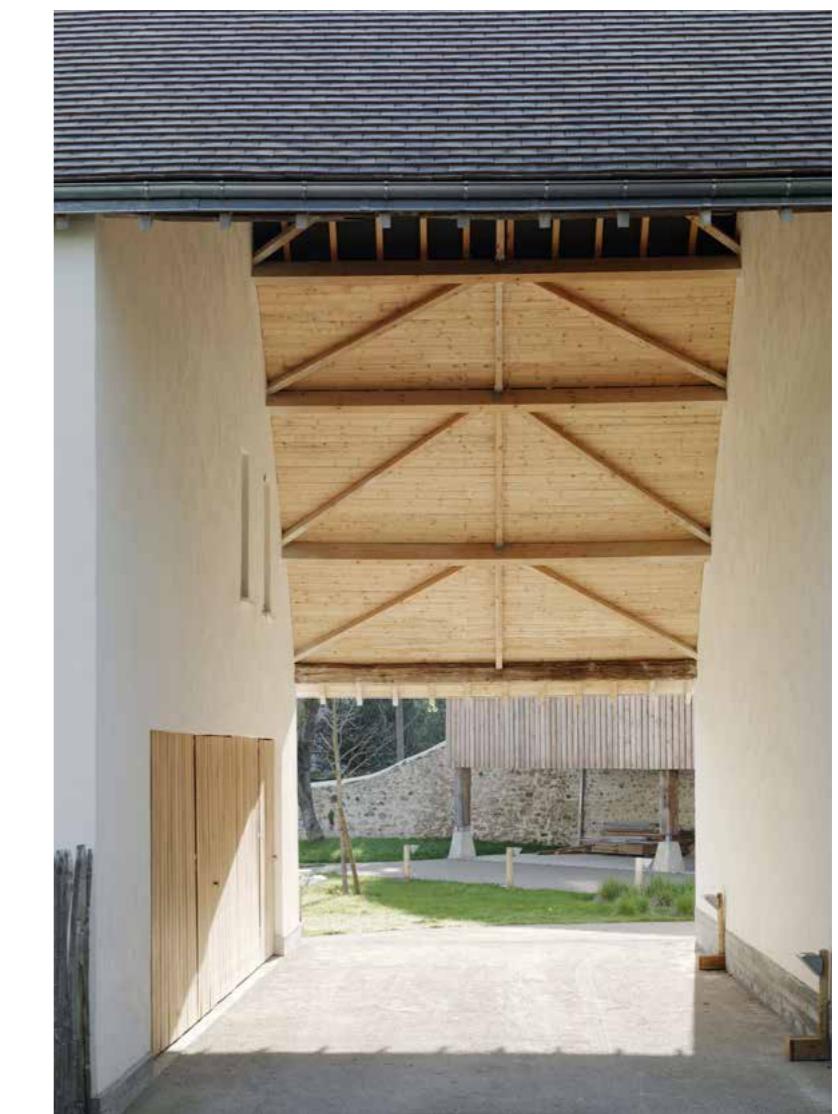
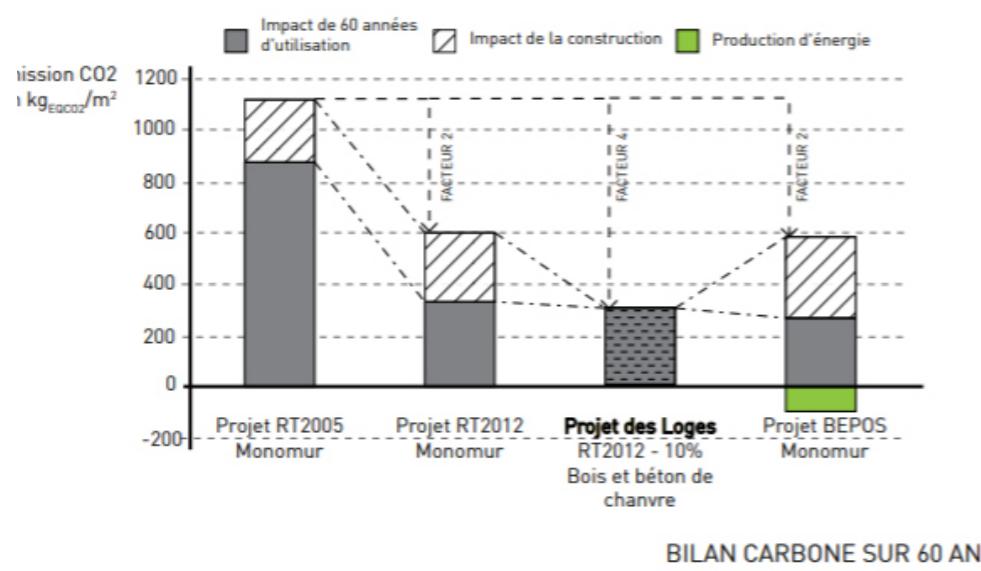
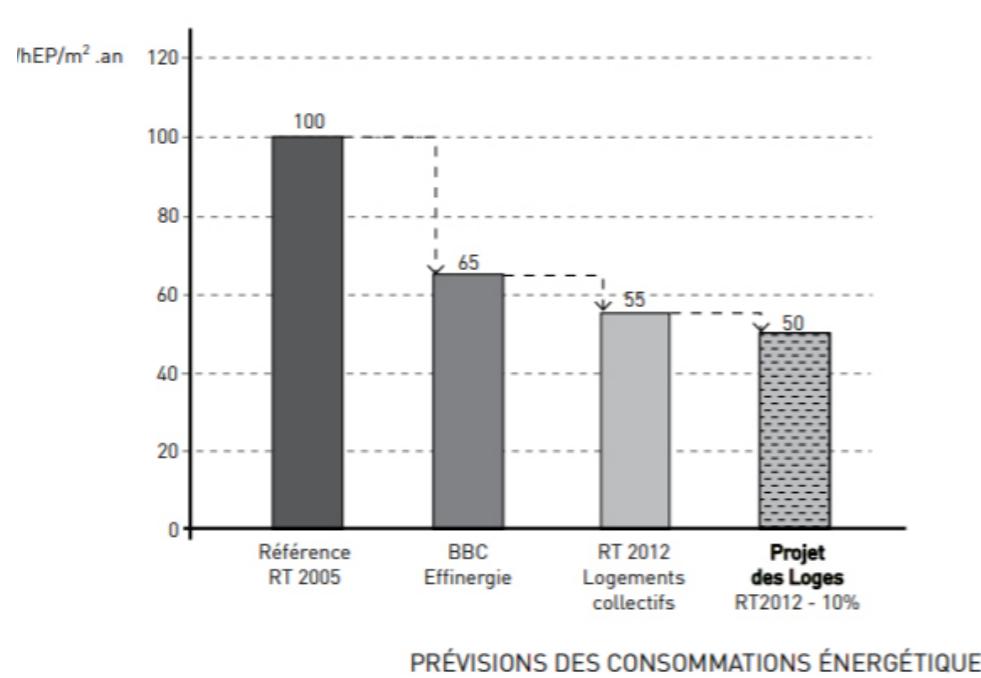
LOGEMENTS INDIVIDUELS

Localisation : France (78)

Architectes : Dumont Legrand Architectes

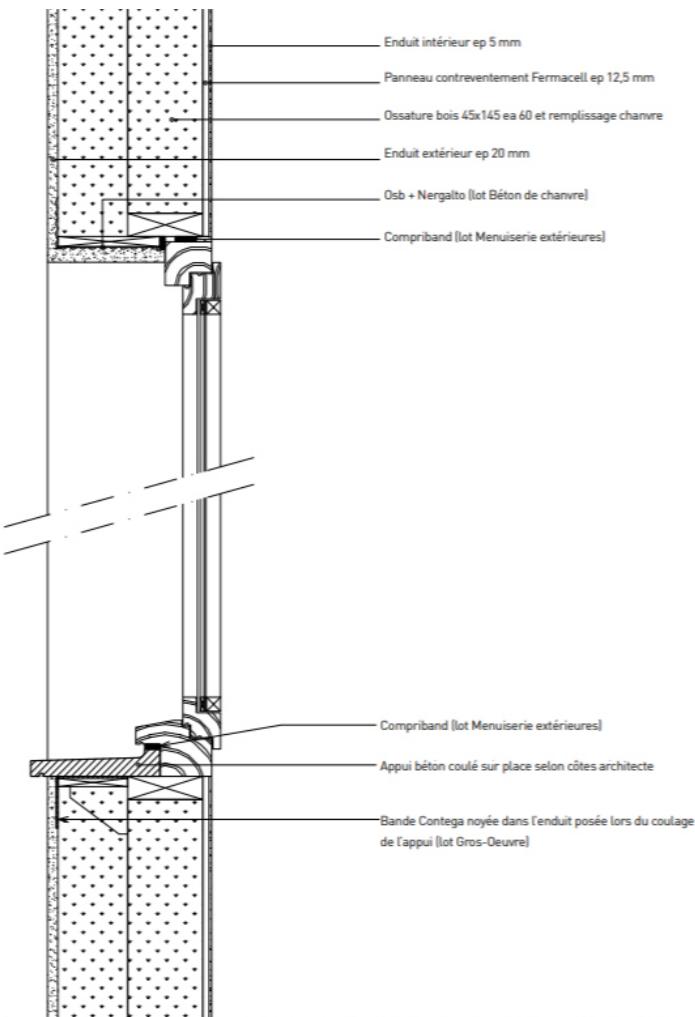
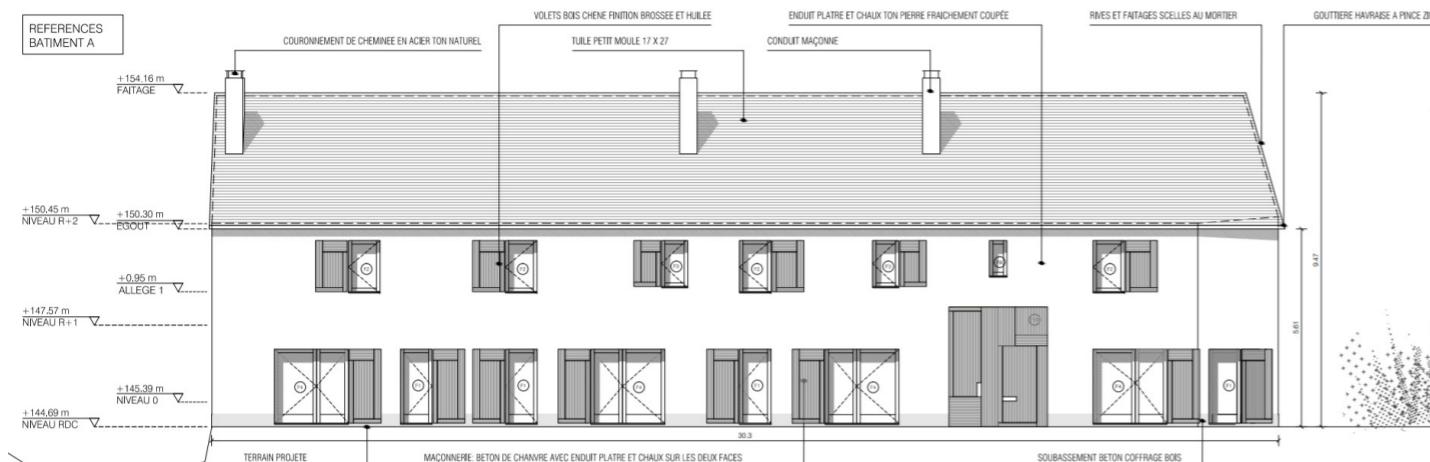
Réalisation : Mai 2015

Matériaux : Ossature bois, remplissage béton de chanvre, revêtement chaux



Source : Dumont Legrand Architectes - Chanvre aux loges

CHANVRE / HEMP



Source : Dumont Legrand Architectes - Chanvre aux loges

BRIQUES DE TERRE CRUE & BETON DE CHANVRE

REGIONAL HOUSE EDEGHEM

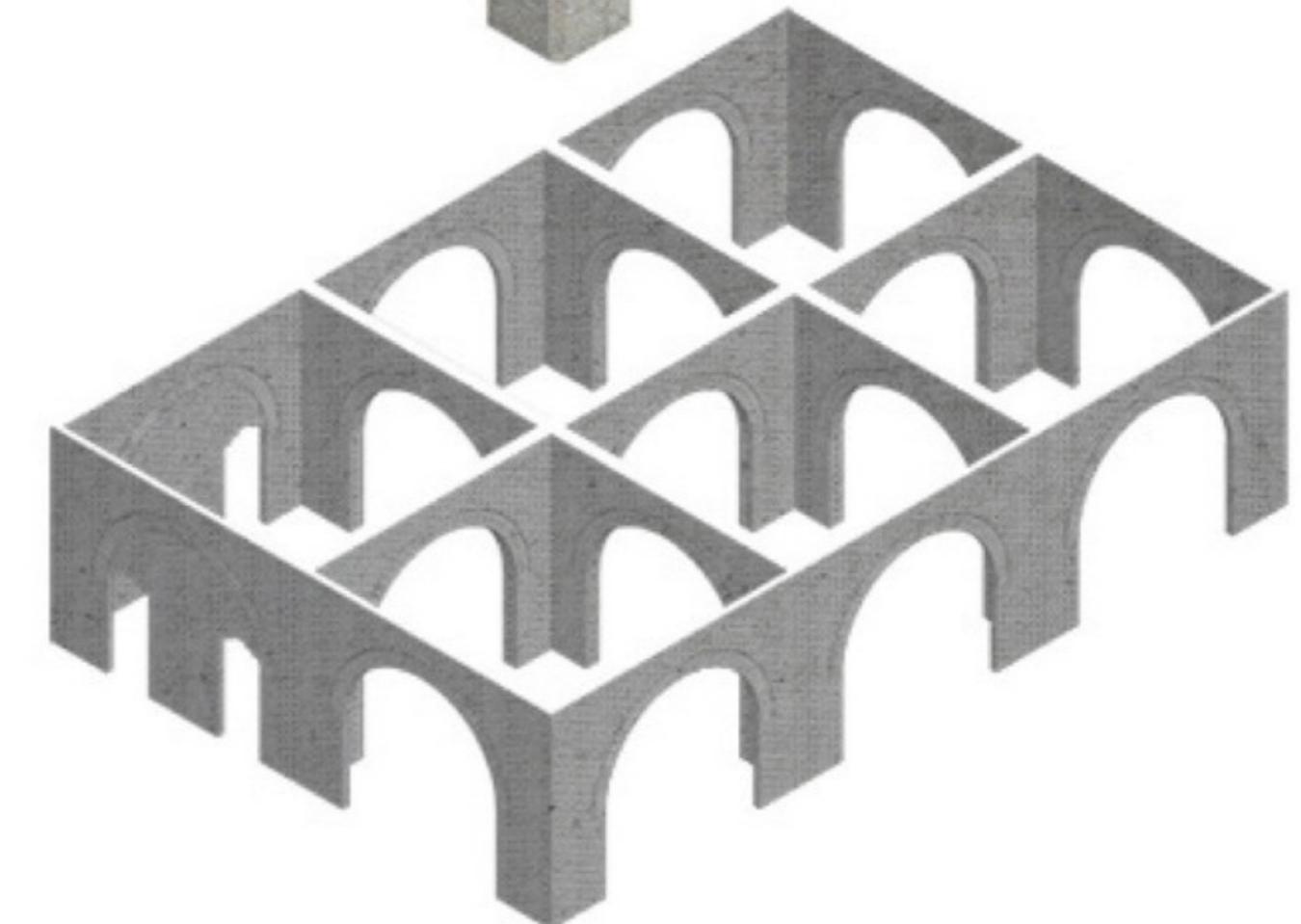
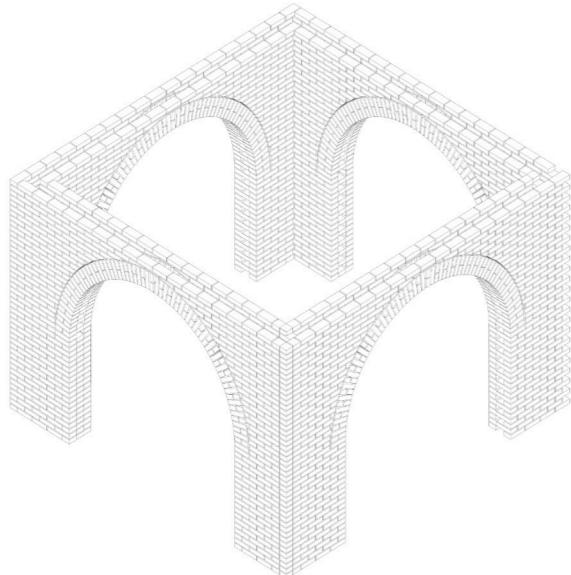
Une maison régionale pour la commune d'Edegem à l'intérieur d'un entrepôt, où les enfants peuvent s'informer sur la nature et l'écologie

Localisation : Edegem, Belgique

Architectes : BC Architects

Réalisation : 2015

Matériaux : Structure murs porteurs en BTC, isolation extérieure en béton de chanvre



Source : architects.bc-as.org

BRIQUES DE TERRE CRUE & BETON DE CHANVRE

EARTH BRICKS & HEMP CONCRETE

REGIONAL HOUSE EDEGHEM



Source : architects.bc-as.org

BRIQUES DE TERRE CRUE & BETON DE CHANVRE

EARTH BRICKS & HEMP CONCRETE

REGIONAL HOUSE EDEGHEM

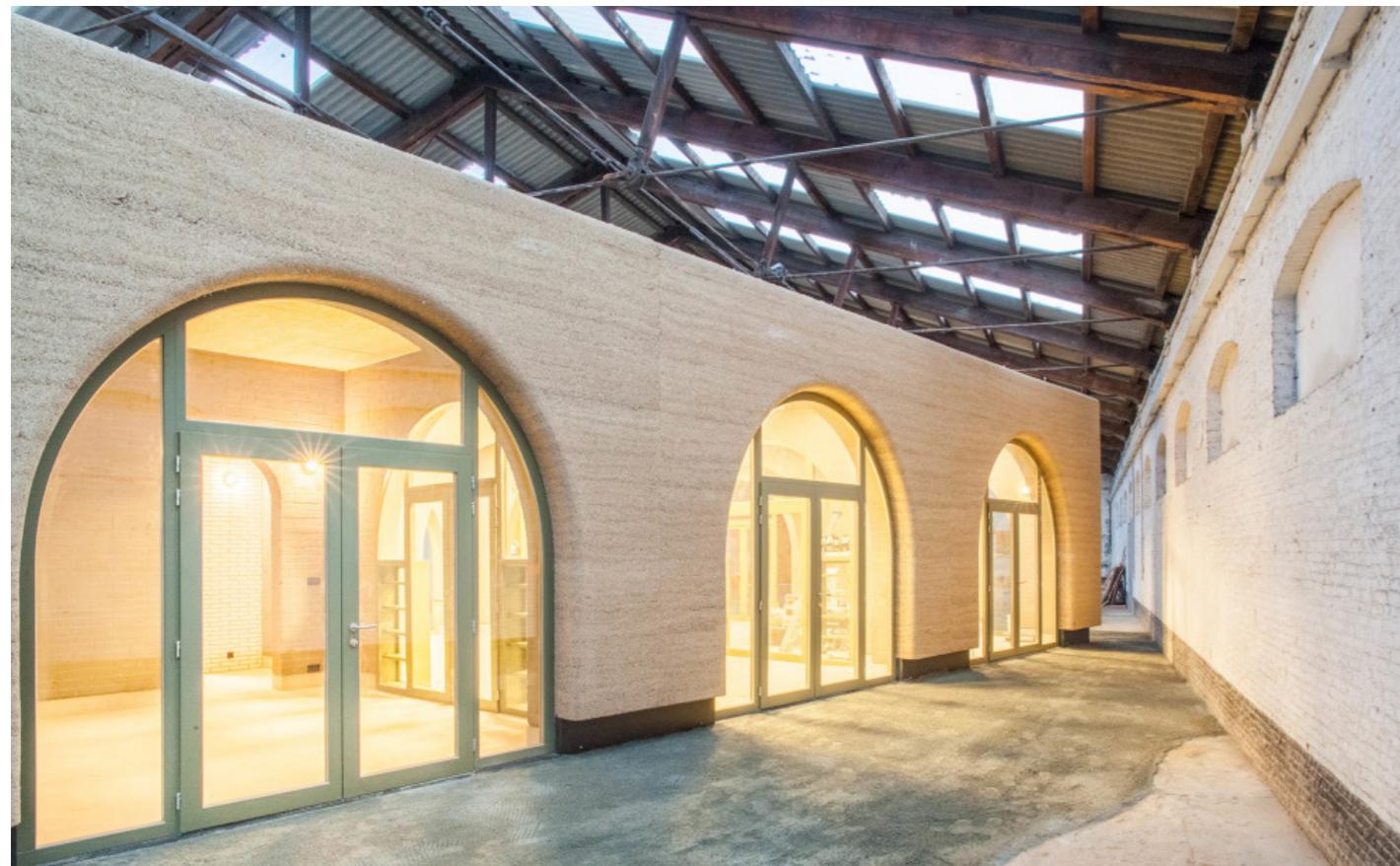
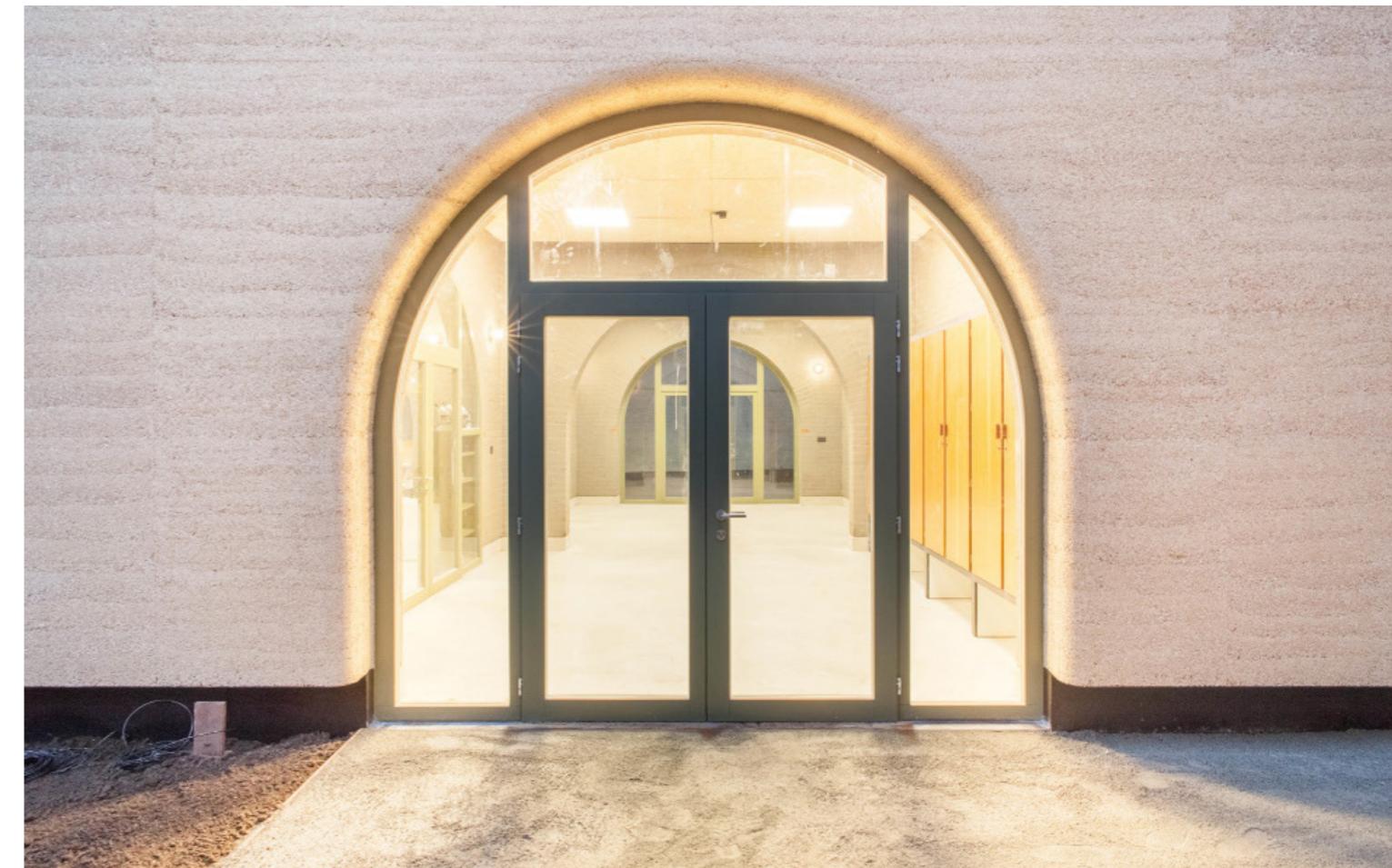


Source : architects.bc-as.org

BRIQUES DE TERRE CRUE & BETON DE CHANVRE

EARTH BRICKS & HEMP CONCRETE

REGIONAL HOUSE EDEGHEM



Source : architects.bc-as.org

CHANVRE / HEMP

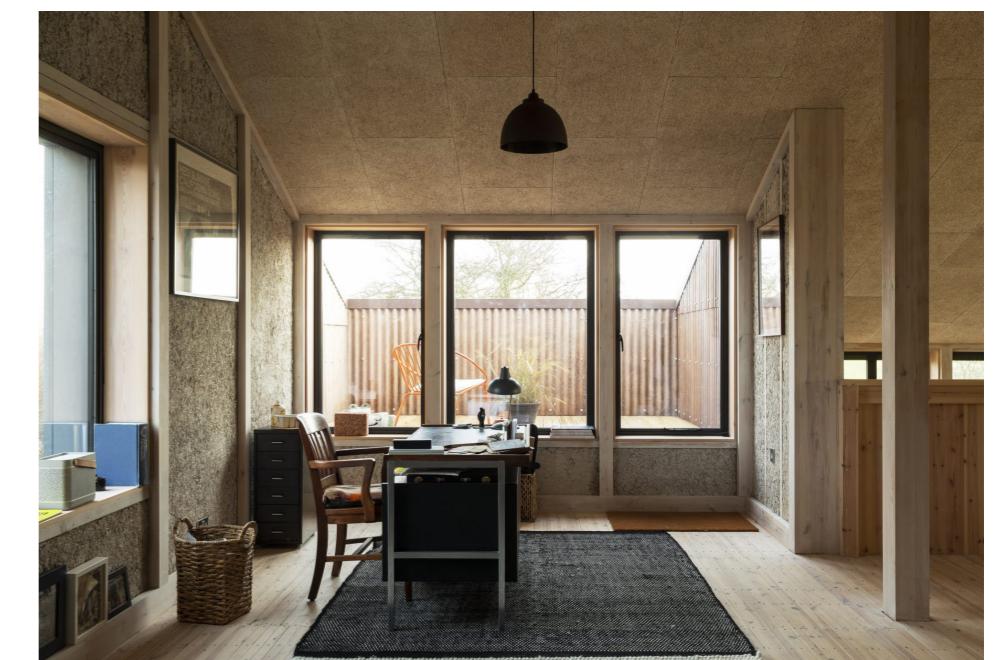
EXTENSION D'UNE FERME

Localisation : Cambridgeshire, Angleterre

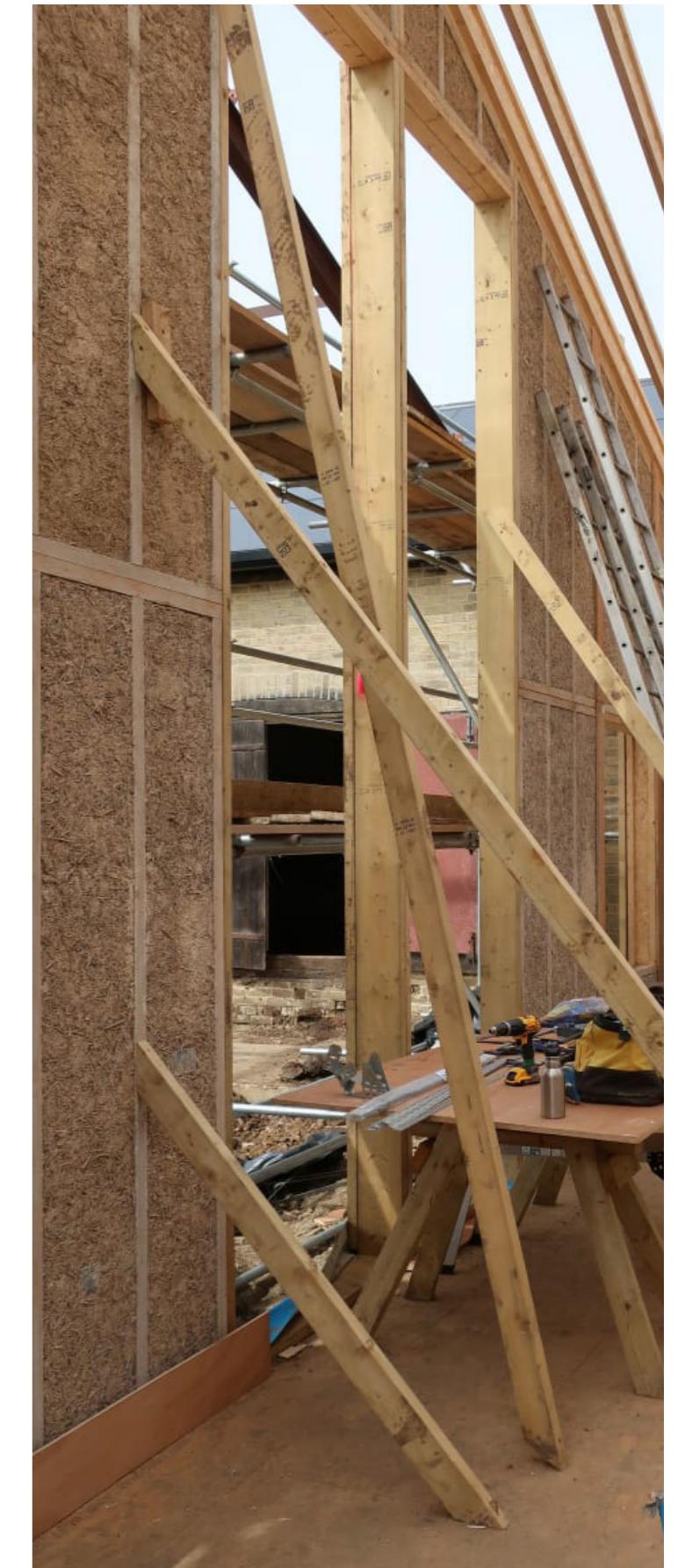
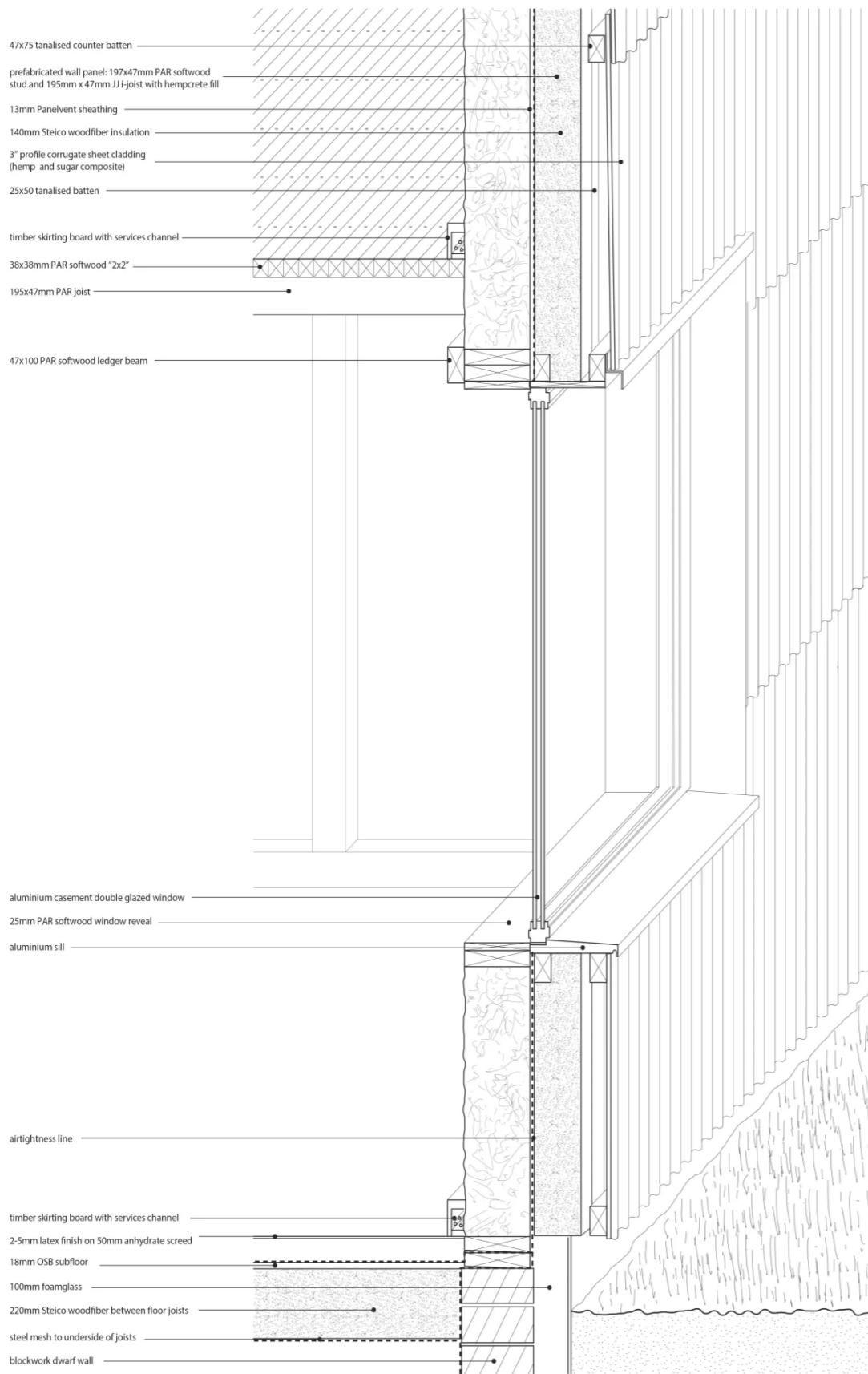
Architectes : Practice Architecture

Réalisation : 2020

Matériaux : Ossature bois, remplissage briques de béton de chanvre, façade panneaux ondulés expérimentaux en fibre de chanvre et résine à base de sucre provenant de déchets agricoles (tels que les épis de maïs et les enveloppes d'avoine), qui sont pressés thermiquement pour obtenir les formes souhaitées



CHANVRE / HEMP





Betonsteinwerk und
Baustoffhandel seit 1964.

HOME DEUTSCH HOME ITALIANO HOME ENGLISH



hemp lime water minerals

- Building without insulation
- Fire resistant
- Resistant to water and insect
- Clean indoor air
- Durable/suitable for generations



- Strong, Light, Breathable
- Energy efficient
- Incredible insulation and heat accumulation
- 100% nature without compromises
- Reusable- Cradle to Cradle

CARBON NEGATIVE- 90%!



Source : <https://www.hanfstein.eu/>

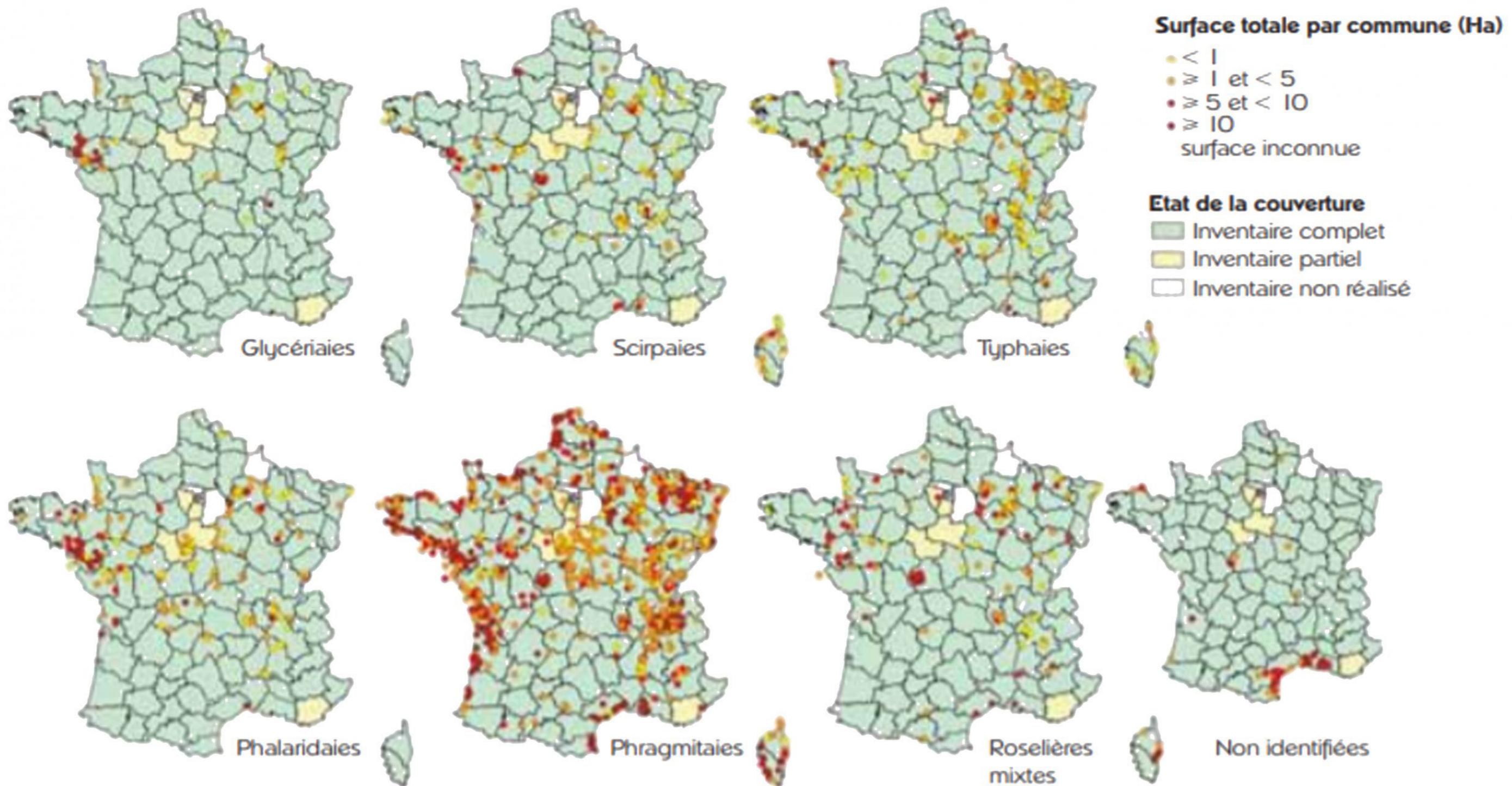
ROSEAU / REED



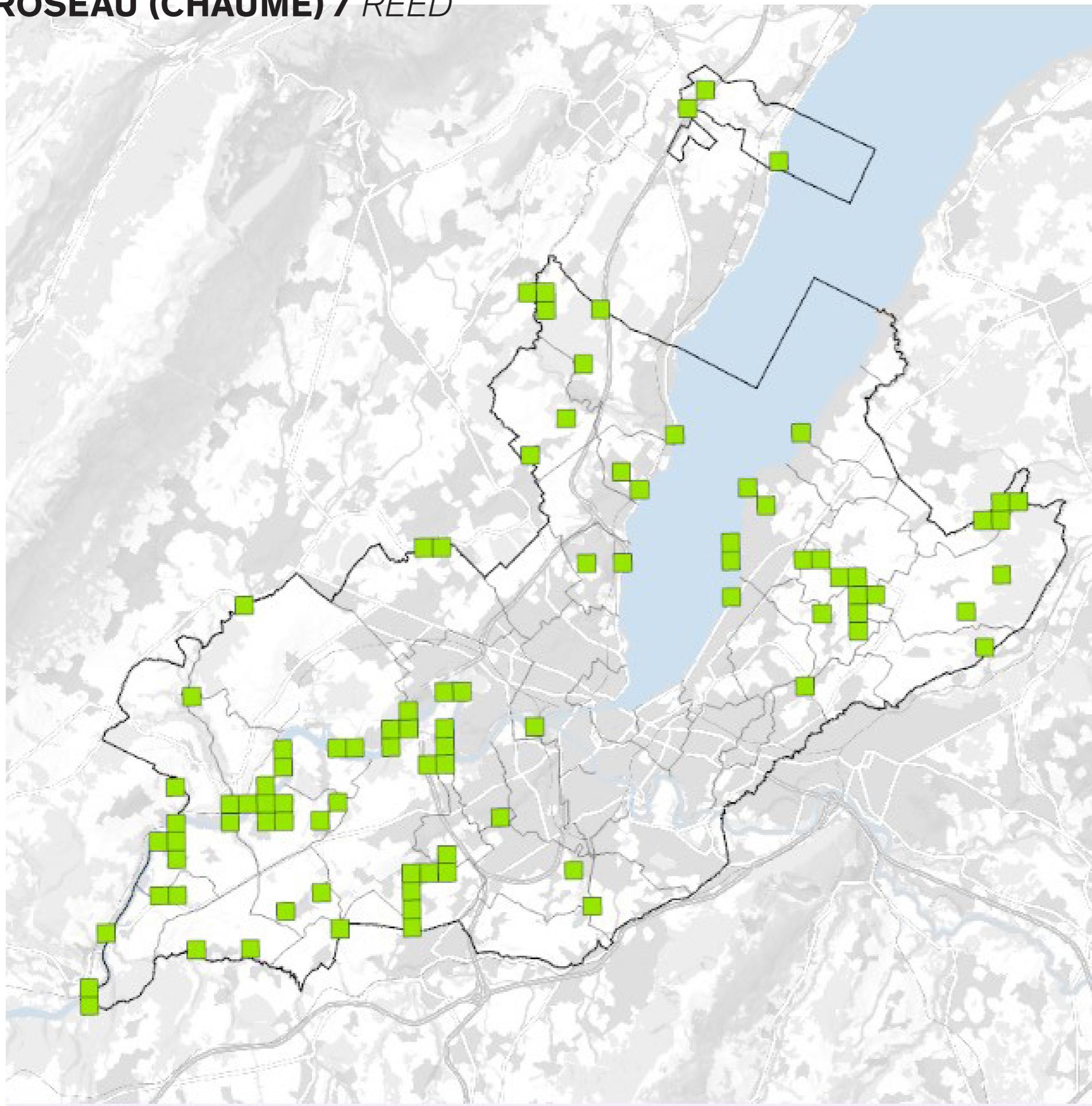
ROSEAU (CHAUME) / REED



ROSEAU (CHAUME) / REED

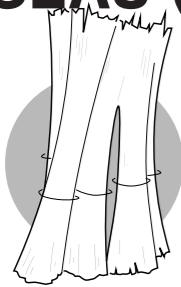


ROSEAU (CHAUME) / REED



Source : SITG - Genève

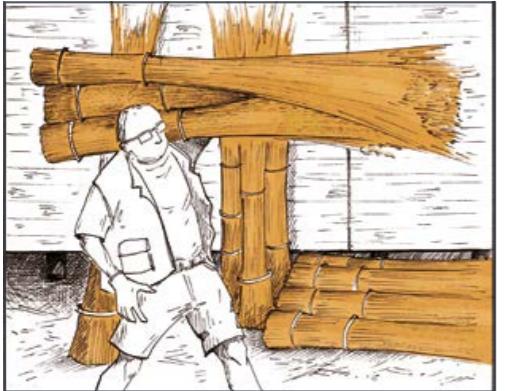
ROSEAU (CHAUME) / REED



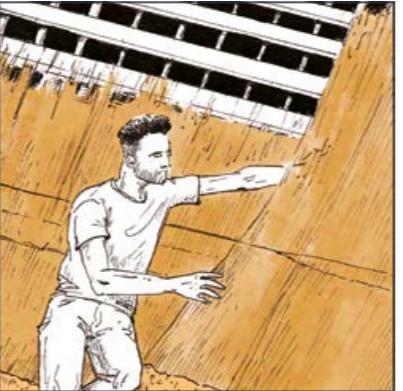
ROSEAU

Plante et filière

A l'origine, le mot chaume désigne la tige creuse herbacée des graminées. C'est aussi le nom donné par extension au matériau des couvertures traditionnelles en roseau, mais aussi en paille de blé ou de seigle et plus rarement en bruyère, jonc ou genêt. Si le chaume couvre encore quelques milliers de toits répartis dans l'Hexagone, la plupart sont en roseau et se situent en Bretagne, dans la grande Brière. Les roselières de la Camargue assurent les trois quarts de la production française, soit environ un million de bottes.



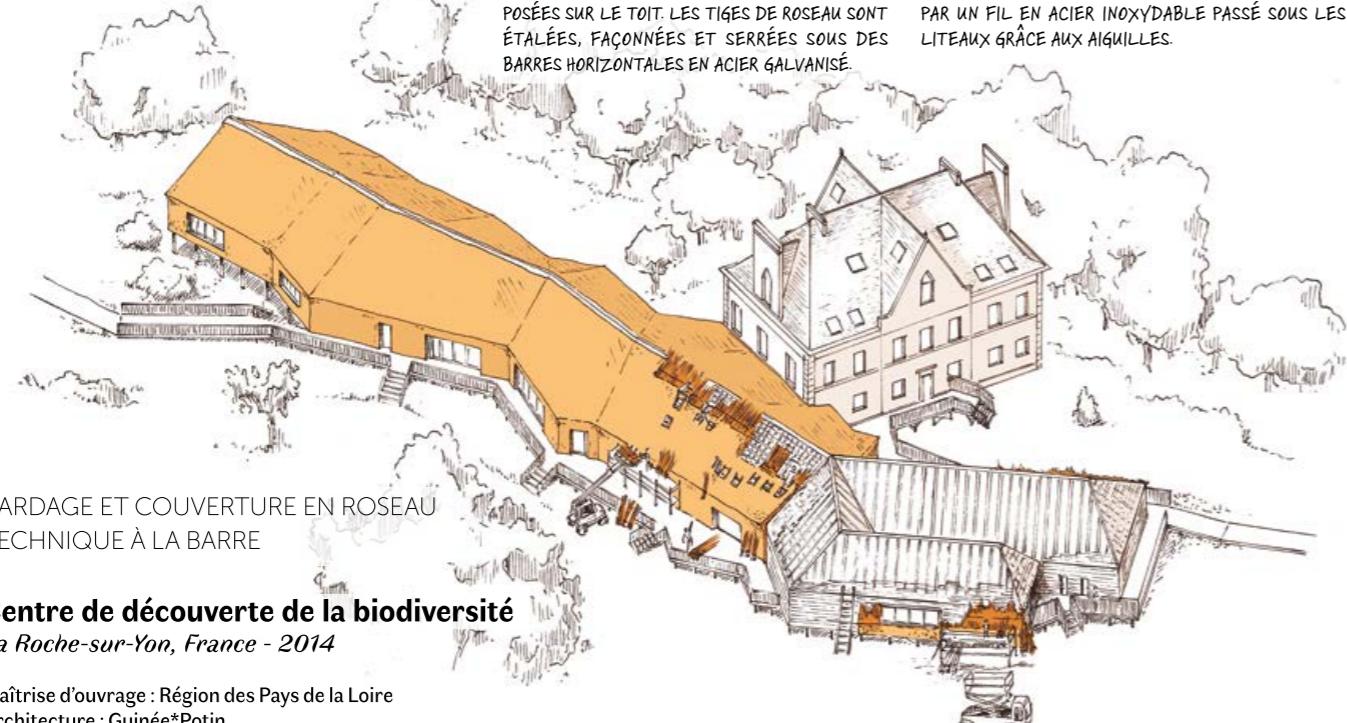
LE ROSEAU EST MIS EN BOTTES APRÈS LA RÉCOLTE.



PAR RANGÉES SUCCESSIVES, LES BOTTES SONT POSÉES SUR LE TOIT. LES TIGES DE ROSEAU SONT ÉTALÉES, FAÇONNÉES ET SERRÉES SOUS DES BARRES HORIZONTALES EN ACIER GALVANISÉ.



CHAQUE BARRE HORIZONTALE EST FIXÉE À LA TOITURE PAR UN FIL EN ACIER INOXYDABLE PASSÉ SOUS LES LITEAUX GRÂCE AUX AIGUILLES.

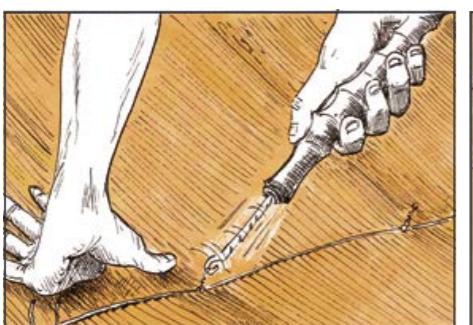


BARDAGE ET COUVERTURE EN ROSEAU
TECHNIQUE À LA BARRE

Centre de découverte de la biodiversité

La Roche-sur-Yon, France - 2014

Maîtrise d'ouvrage : Région des Pays de la Loire
Architecture : Guinée*Potin
Entreprises : Cruard Charpente, SARL Le Goff (chaumiers)



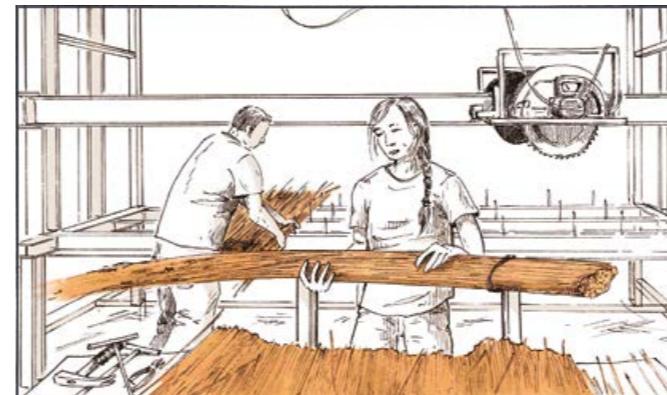
LES TIGES DE ROSEAU SONT SERRÉES ENTRE LA BARRE ET LES LITEAUX À L'AIDE D'UN VRILLEUR.



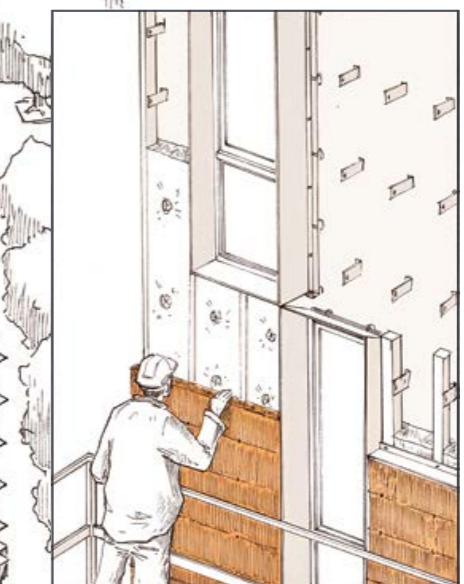
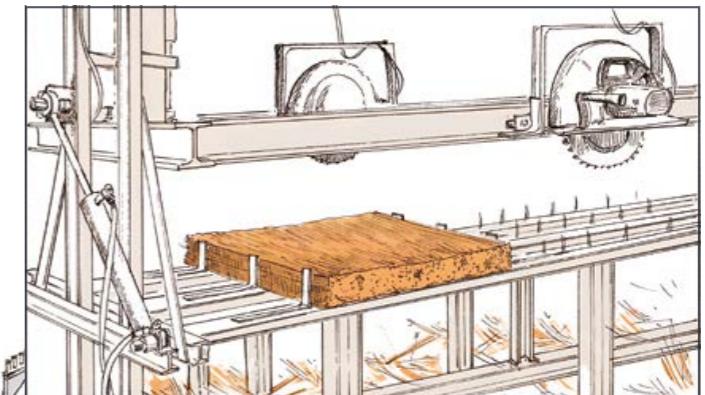
LE CHAUME EST ÉGALISÉ AVEC UN BATTOIR.



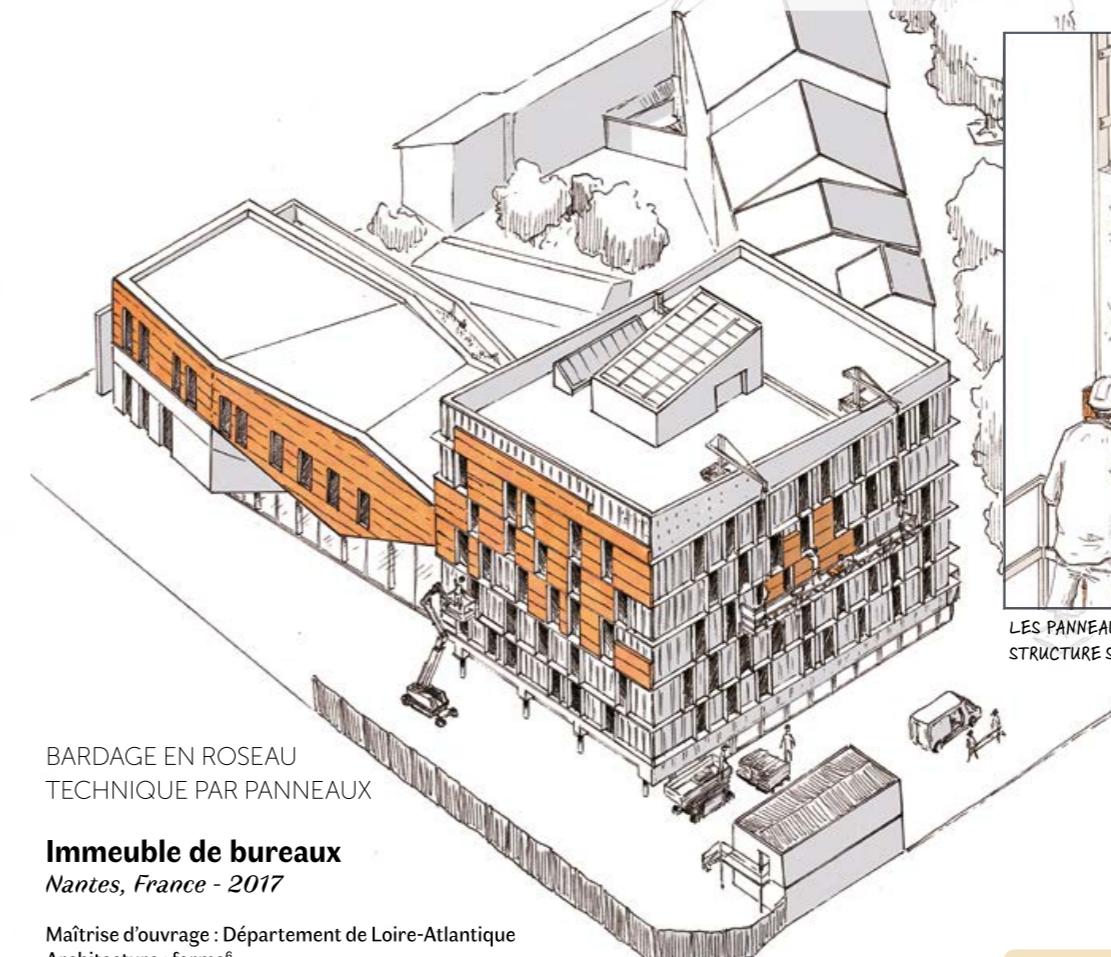
LE FAÎTAGE EST RÉALISÉ À LA CHAUX.



LES PANNEAUX DE BARDAGE EN ROSEAU SONT PRÉPARÉS EN ATELIER À L'AIDE D'UNE MACHINE FABRIQUÉE SPÉCIALEMENT POUR LE CHANTIER, QUI MET AU GABARIT ET COUPE LES ROSEAUX AUX DIMENSIONS DU CALEPINAGE.



LES PANNEAUX DE FAÇADE SONT FIXÉS SUR UNE STRUCTURE SECONDAIRE EN BOIS.



BARDAGE EN ROSEAU
TECHNIQUE PAR PANNEAUX

Immeuble de bureaux

Nantes, France - 2017

Maîtrise d'ouvrage : Département de Loire-Atlantique
Architecture : forma⁶
Entreprises : Axima et Patrice Leray (chaumier)

Technique

La technique de couverture en chaume utilise des bottes de roseaux de 1,2 à 2 m de longueur. En moyenne, 12 à 15 bottes sont nécessaires pour couvrir un mètre carré. Chaque botte est posée sur la charpente ou les murs les pieds en bas, avant d'être serrée puis fixée par un fil d'acier vissé à la structure. L'étanchéité de la toiture est garantie par la qualité du serrage et le recouvrement des tiges qui avoisine les 99 % de leur longueur pour la technique à la barre. Épaisse d'environ 30 cm, la couverture en chaume est une des plus légères.

Les outils traditionnels du chaumier



Les aiguilles sont utilisées pour faire passer la ligature autour du chaume et le presser entre la barre et le support.



Le vrilleur permet au chaumier de serrer fortement les fils d'attache.



Le battoir sert à égaliser les roseaux pour obtenir la pente souhaitée.



Les chevalets permettent au chaumier de se déplacer sur la toiture.

Source : Amaco Fibra award

ROSEAU

CENTRE DE DÉCOUVERTE, DE CULTURE SCIENTIFIQUE ET DE RECHERCHE SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA BIODIVERSITÉ

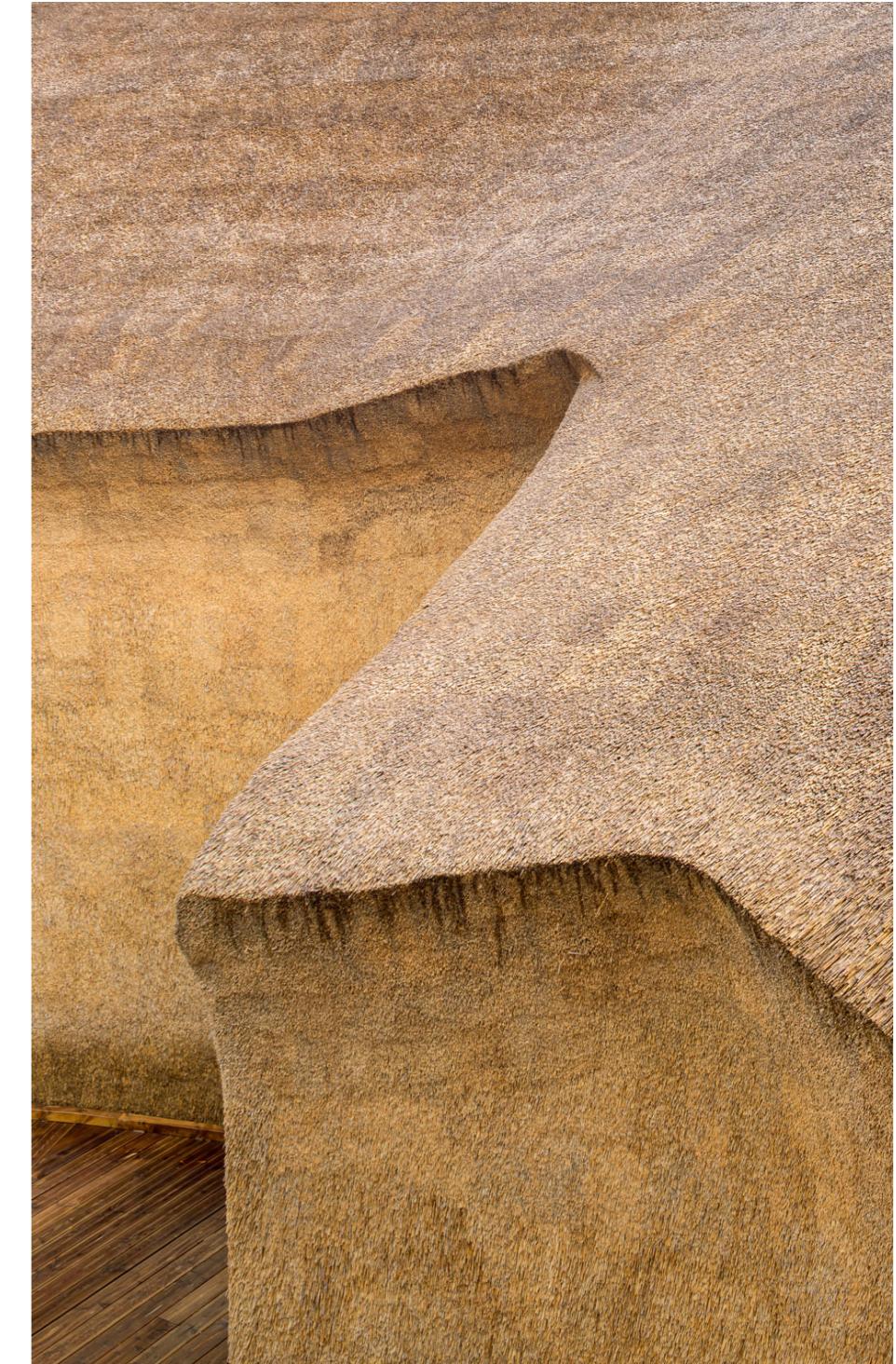
Localisation : LA ROCHE SUR YON

Architectes : Guiné Potin

Surface: 2057 m²

Réalisation : 2014

Matériaux : Bardage extérieur en roseaux de camargue, Structure bois



Source : guineepotin.fr

ROSEAU / REED



Source : guineepotin.fr

ROSEAU

/ REED ROSEAU (CH)

Une approche Bioclimatique

Environnement, biodiversité, sont les mots leitmotiv du projet. Recouvert d'un épiderme en chaume, composé d'environ 38 000 bottes de roseaux de 3.5kg chacune, soit 133 tonnes (1800m² de chaume en couverture, 1100m² en bardage) et fait de cette réalisation, le premier bâtiment public ainsi bardé en France. Malgré la proximité des Marais de Brière, le chaume provient, paradoxalement de l'une des première régions de production française située dans le sud, les Marais de Camargue. Faute d'agrément ou de DTU, le chaume n'a pas été pris en compte dans les calculs thermiques, de même qu'il n'est pas considéré comme étanche, ce qui explique l'importance des isolants et la pose d'un pare-pluie en façade alors que l'eau de pluie ruisselle dans l'épaisseur du premier centimètre. Un classement M3 a été obtenu après des essais de tenue au feu. Sensible et expressive, cette expérimentation architecturale offre au Centre de recherche Beautour, jeune institution culturelle, une identité remarquable qui permet une intégration totale du projet dans son environnement.

Projet BBC Effinergie classe A

Labellisation PEQA (Performances Energétiques et Qualités associées)

Etanchéité à l'air <1.2m³ / h / m²

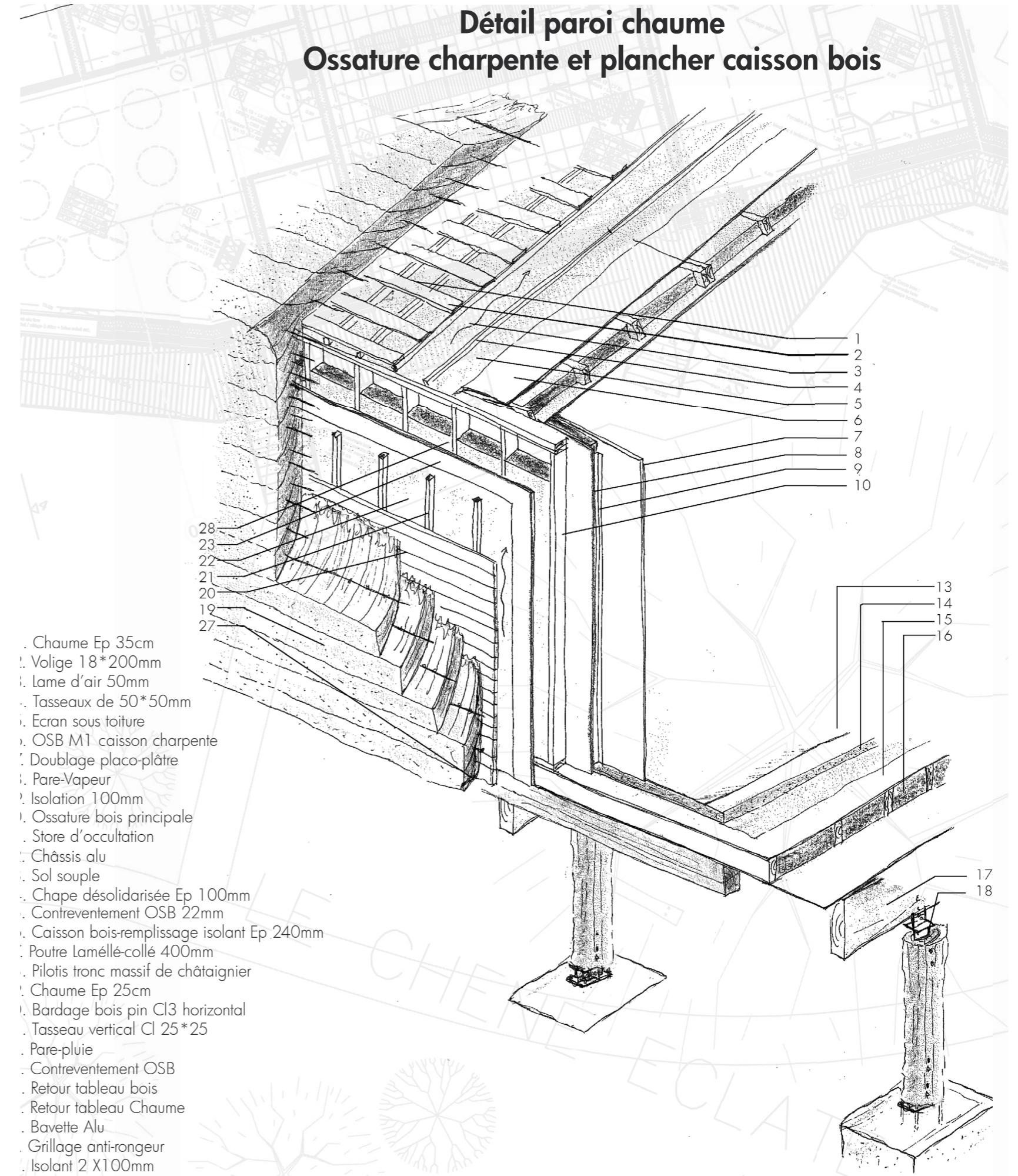
Mode d'énergie : chauffage bois granulé
ventilation double flux

Tableau comparatif des matériaux

Matériaux	Densité kg/m ³	λ W/m.°C
Zinc	7130	112
Acier	7500 à 8200	52
Ardoise	> à 2700	2.1
Béton	2500	1.75
Verre	2700	1.15
Polyesters	1400 à 1700	0.4
Feuillus (Chêne)	600 à 750	0.23
Feuillus (Peuplier)	450 à 600	0.15
Résineux (Sapin)	300 à 450	0.12
Pnx paille comp.	300 à 400	0.12
Chaume	120 à 230	0.065
Laine de roche	18 à 25	0.047
Polystyrène expansé	20 à 24	0.039

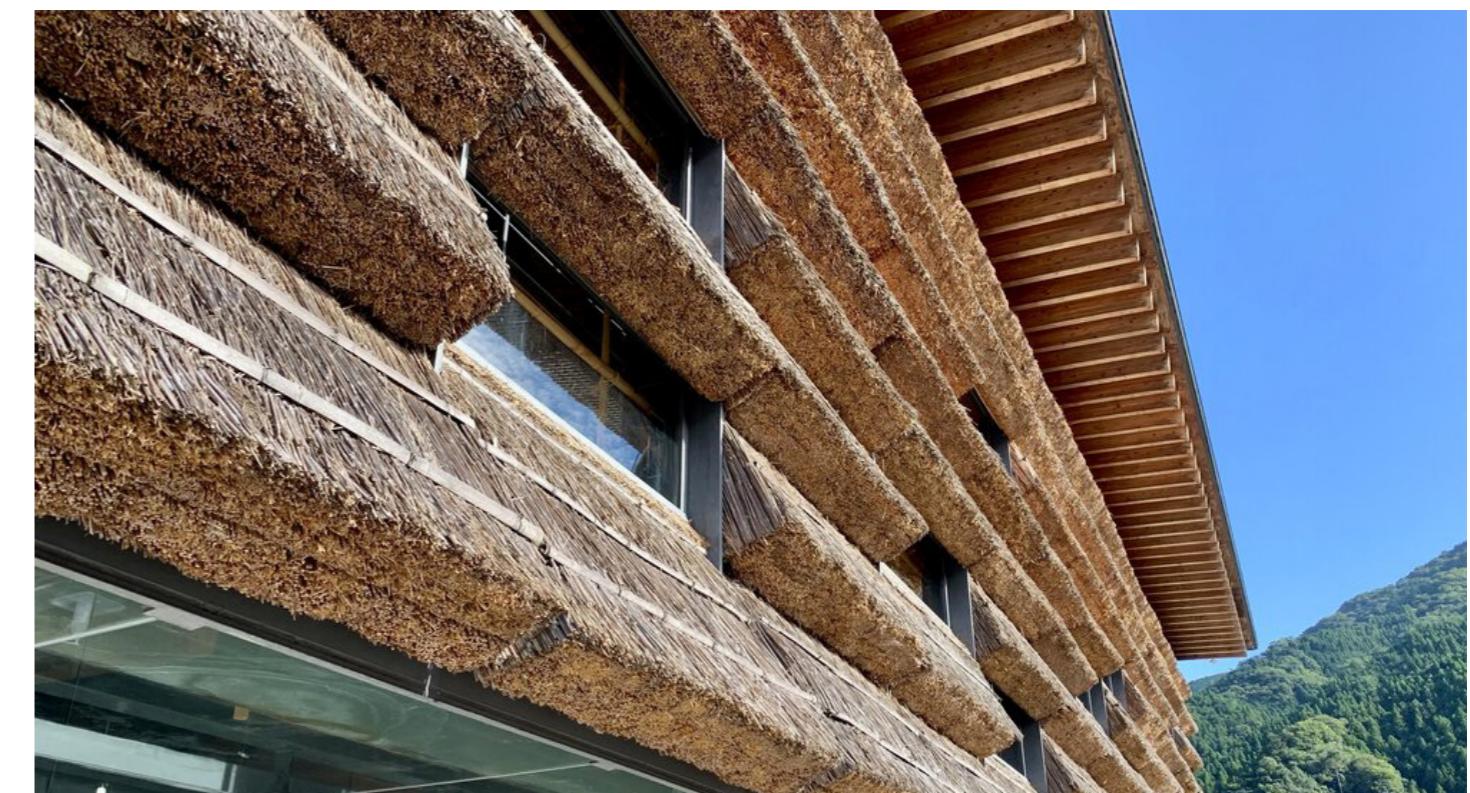
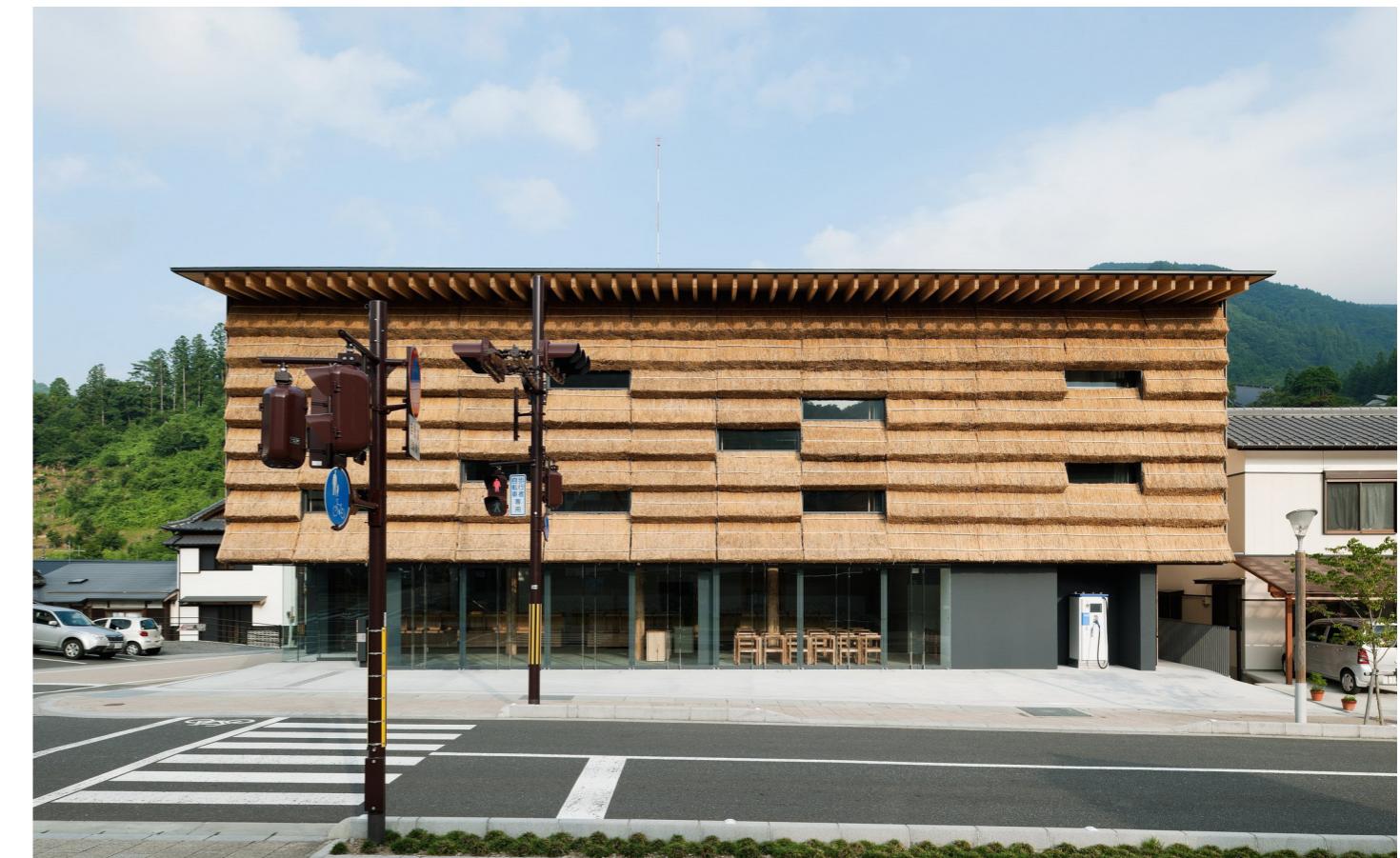
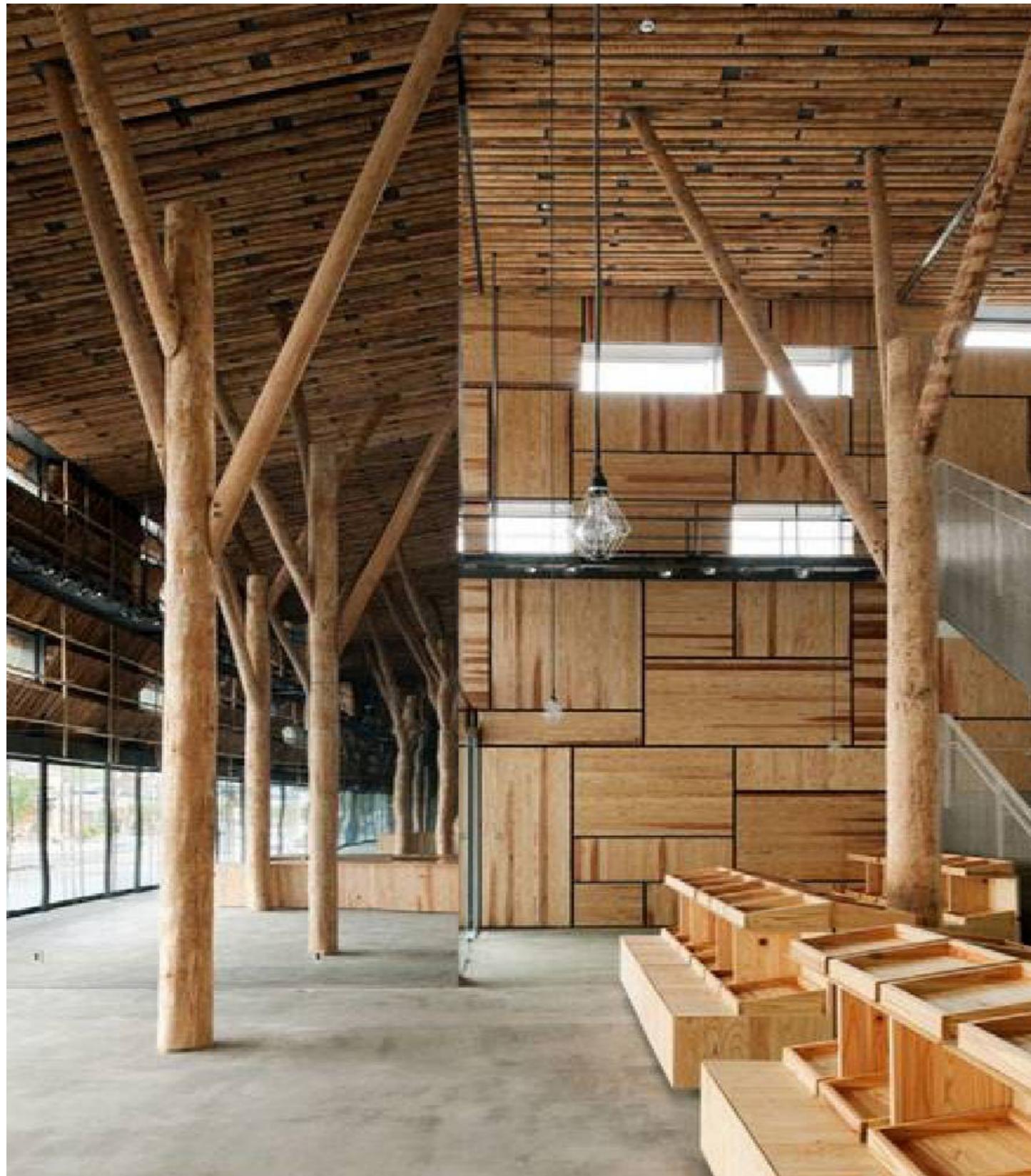
La conductivité thermique λ traduit l'aptitude d'un ma-

Détail paroi chaume Ossature charpente et plancher caisson bois



Source : beautour-paysdeloire.fr

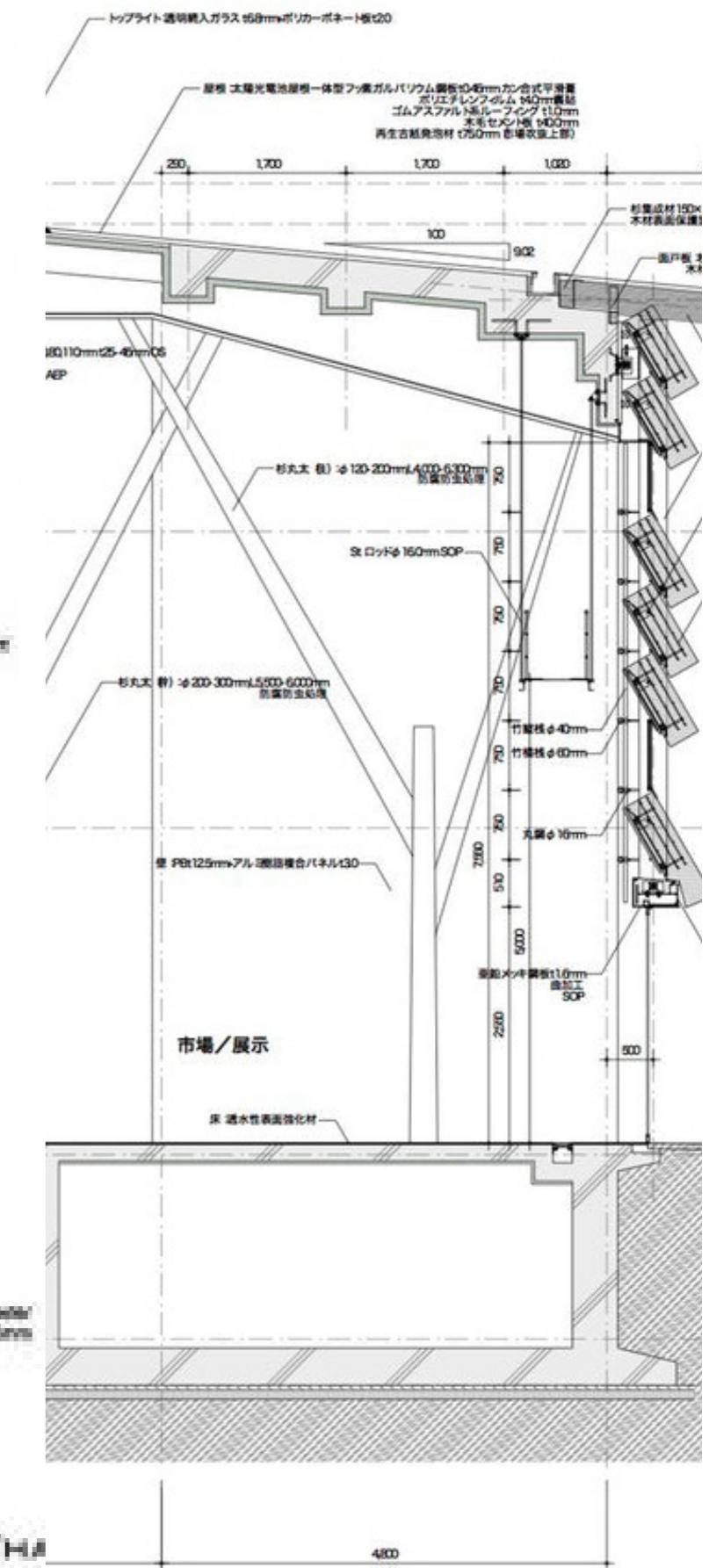
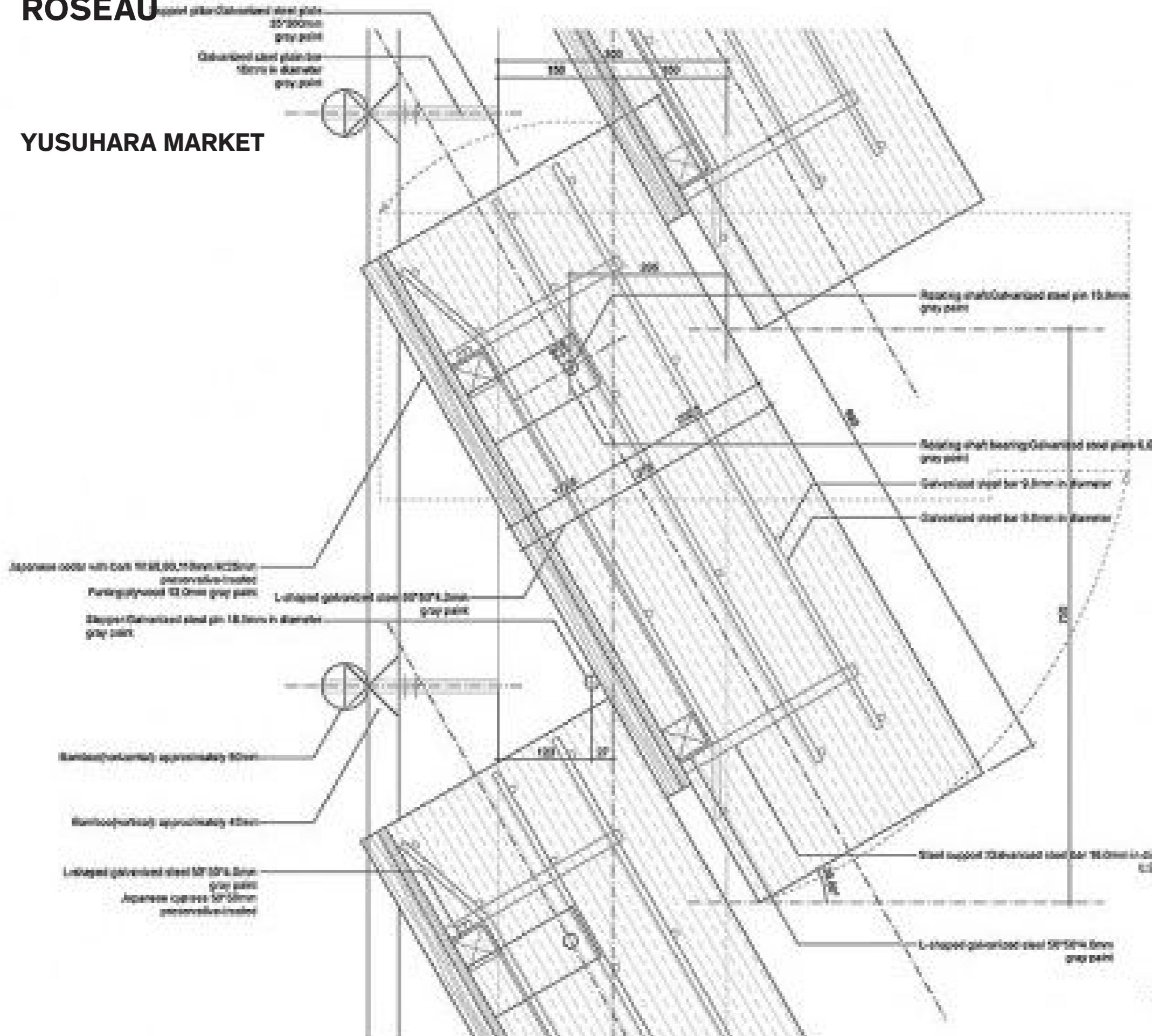
ROSEAU / REED YUSUHARA MARKET



Source : Archdaily

ROSEAU

YUSUHARA MARKET

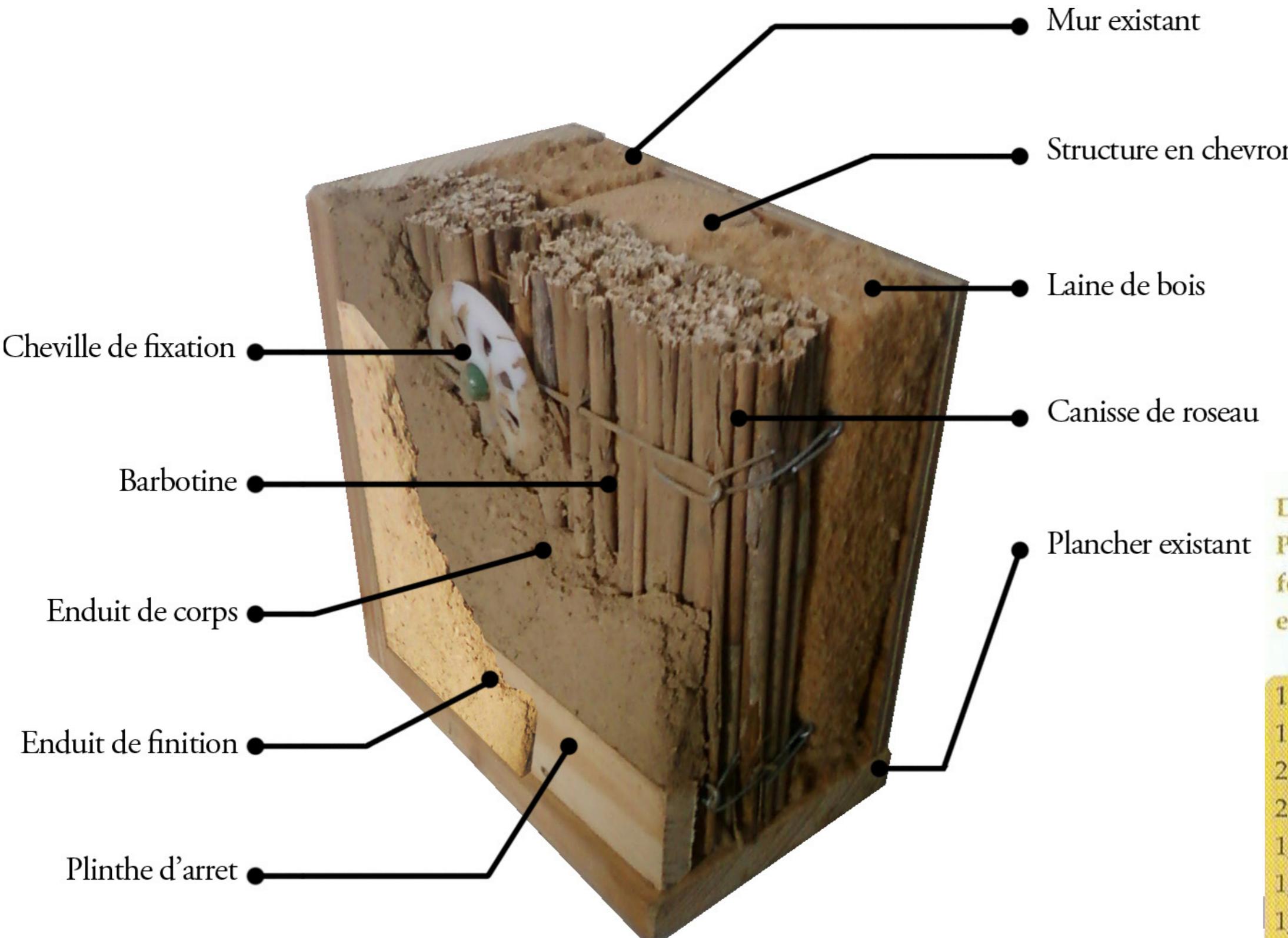


Source : Archdaily

ROSEAU

PANNEAUX ISOLANTS & SUPPORT D'ENDUIT

INSULATING PANELS & COATING SUPPORT



Densité : 155 Kg/m³
 Conductivité thermique : 0,055 W/mK
 Résistance à la diffusion : 2
 Classe de protection incendie : B2 - normalement inflammable
 Résistance à la compression : 750 N/cm²
 Teneur en énergie primaire : faible

 Qualité écologique : Produit naturel sans additifs chimiques
 Pas d'émissions de Co2 en production ni en utilisation
 Aucune production de déchets
 Compostage sans problème.

Die Hiss Reet
 Platte ist in
 folgenden Maßen
 erhältlich:

1,0 m x 2,0 m x 0,02 m
1,0 m x 2,0 m x 0,05 m
2,0 m x 1,0 m x 0,02 m
2,0 m x 1,0 m x 0,05 m
1,25 m x 0,8 m x 0,03 m
1,25 m x 0,8 m x 0,06 m
1,25 m x 0,8 m x 0,08 m
1,25 m x 0,8 m x 0,12 m



ROSEAU

PANNEAUX ISOLANTS & SUPPORT D'ENDUIT

INSULATING PANELS & COATING SUPPORT

1 Enduit extérieur chaux 20 mm

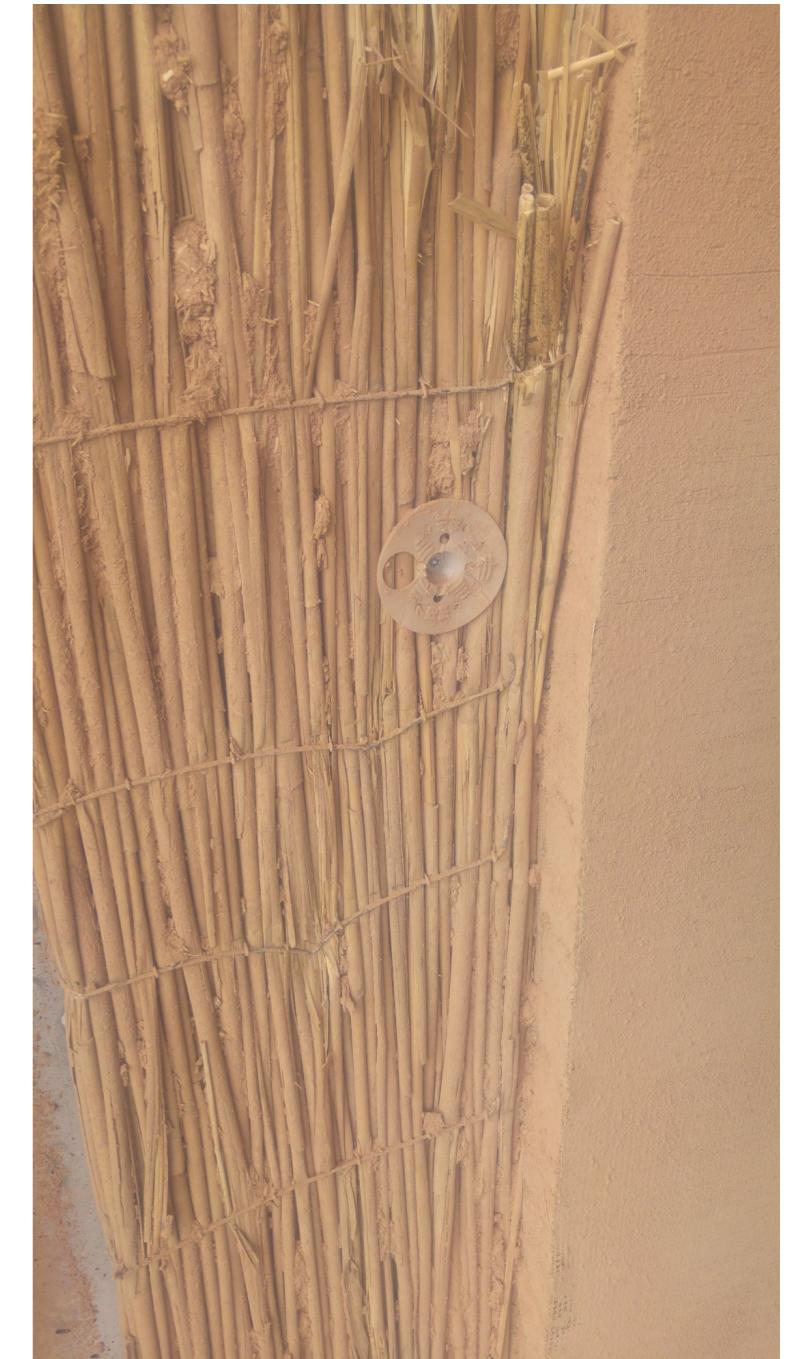
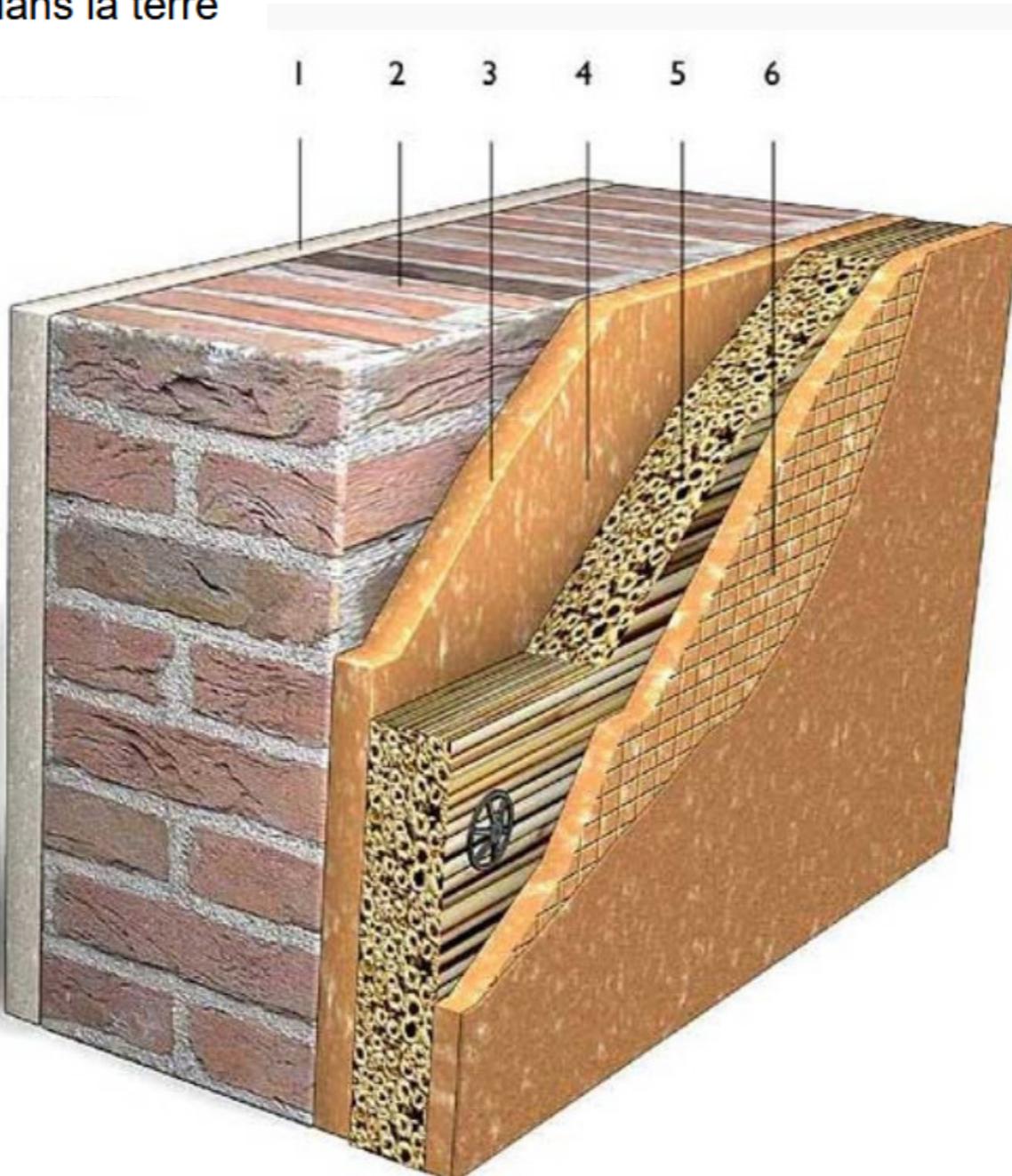
2 Mur de briques 240 mm

3 Enduit de terre

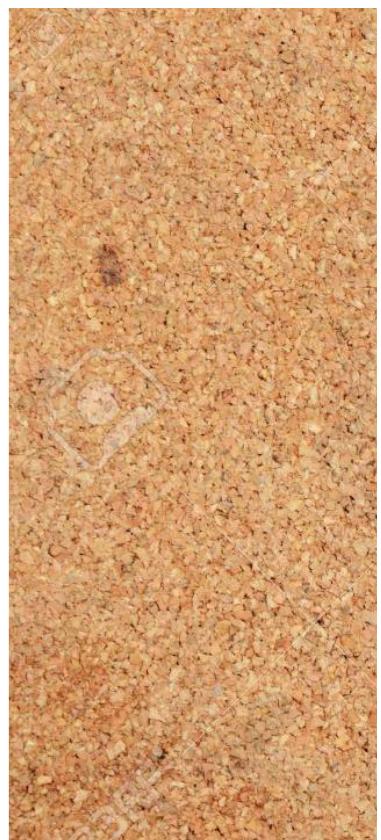
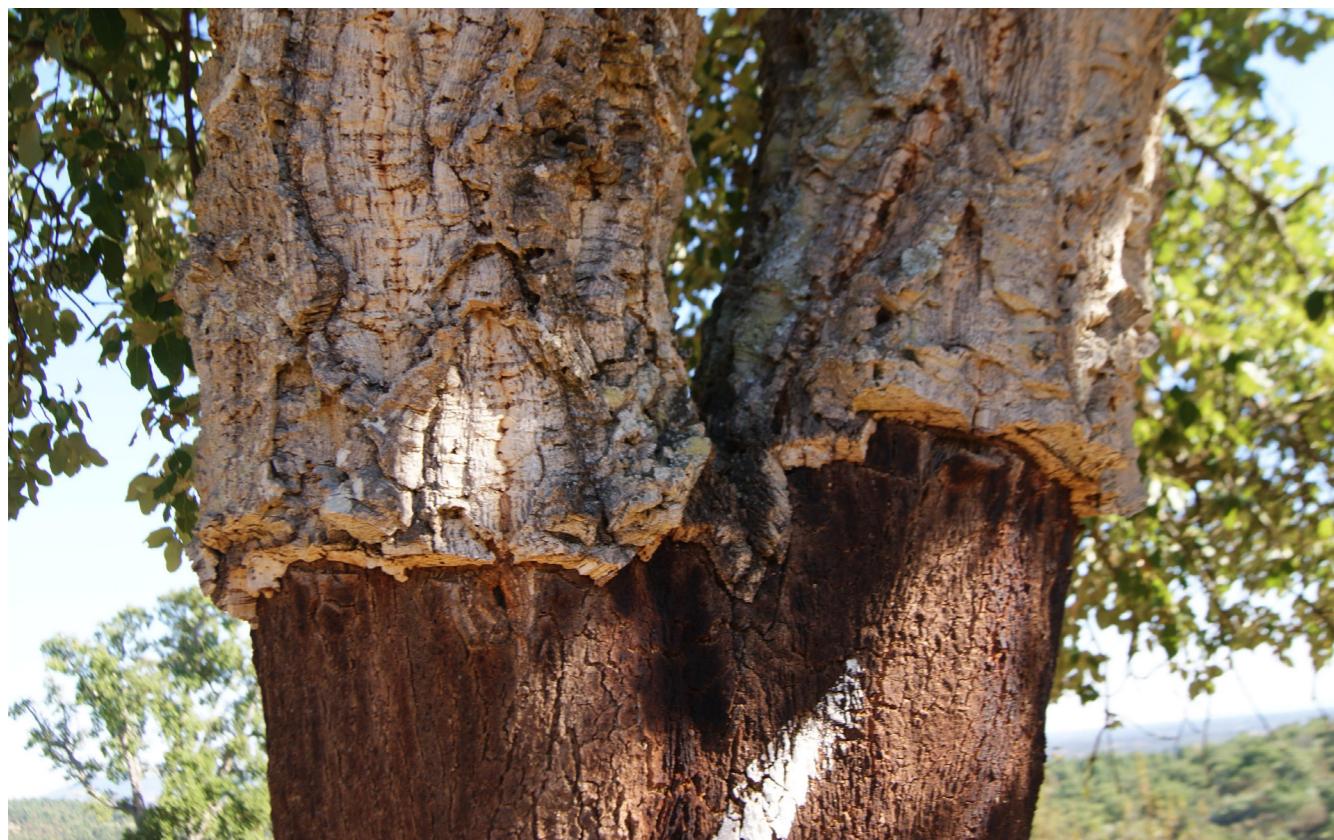
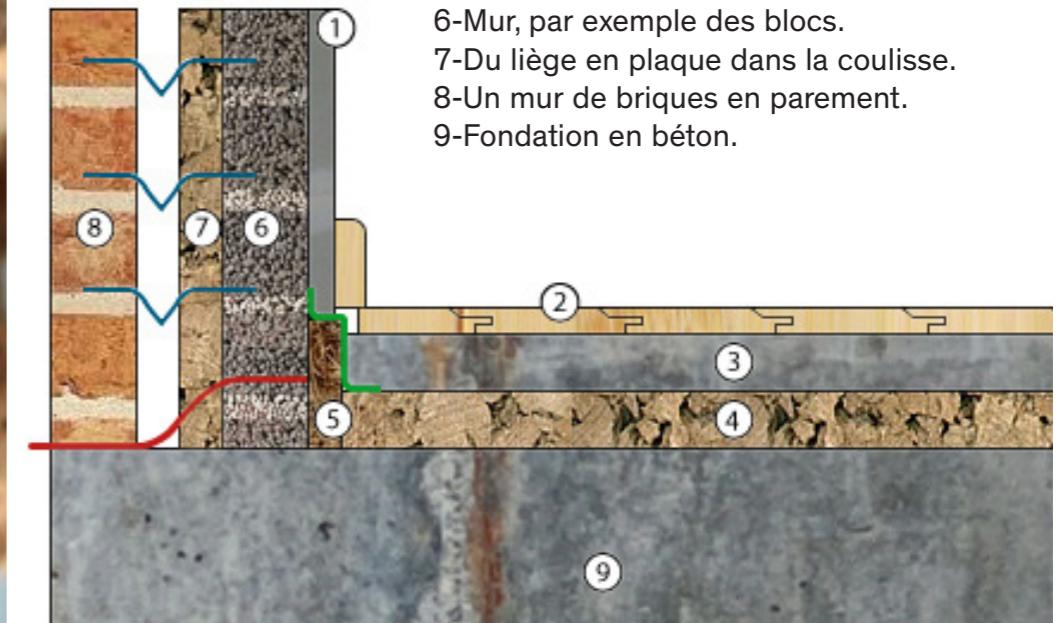
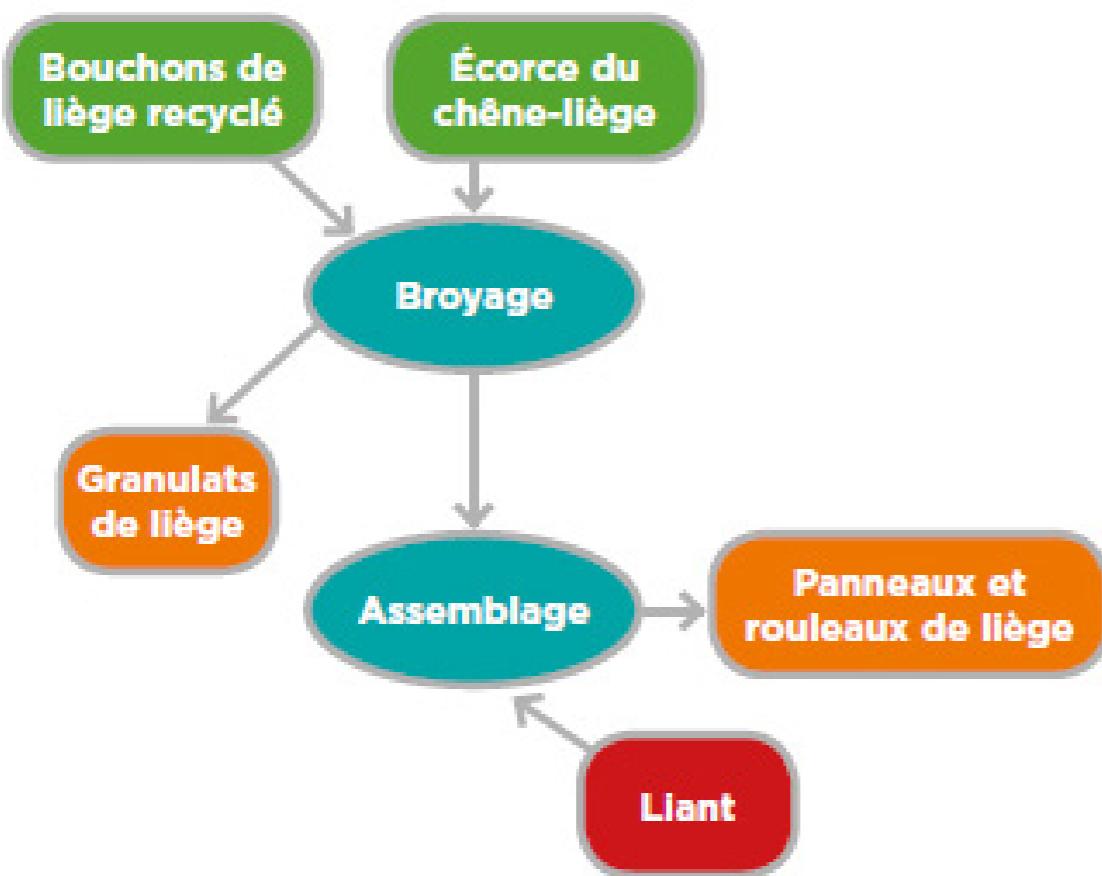
4 Panneaux de roseaux de 50 mm

5 Trame roseaux de 20 mm noyé dans la terre

6 Enduit de finition



LIÈGE / CORK



Source : Forma6 - Immeuble de bureaux

ISOLATION DE TOITURE EN LIÈGE

CORK ROOF INSULATION



Source : kenovel-liege.be

LIÈGE CORK

LOCAL ENVIRONNEMENT DU STADE DES ABERE

Localisation : MEYRINM SUISSE

Architectes : FAZ

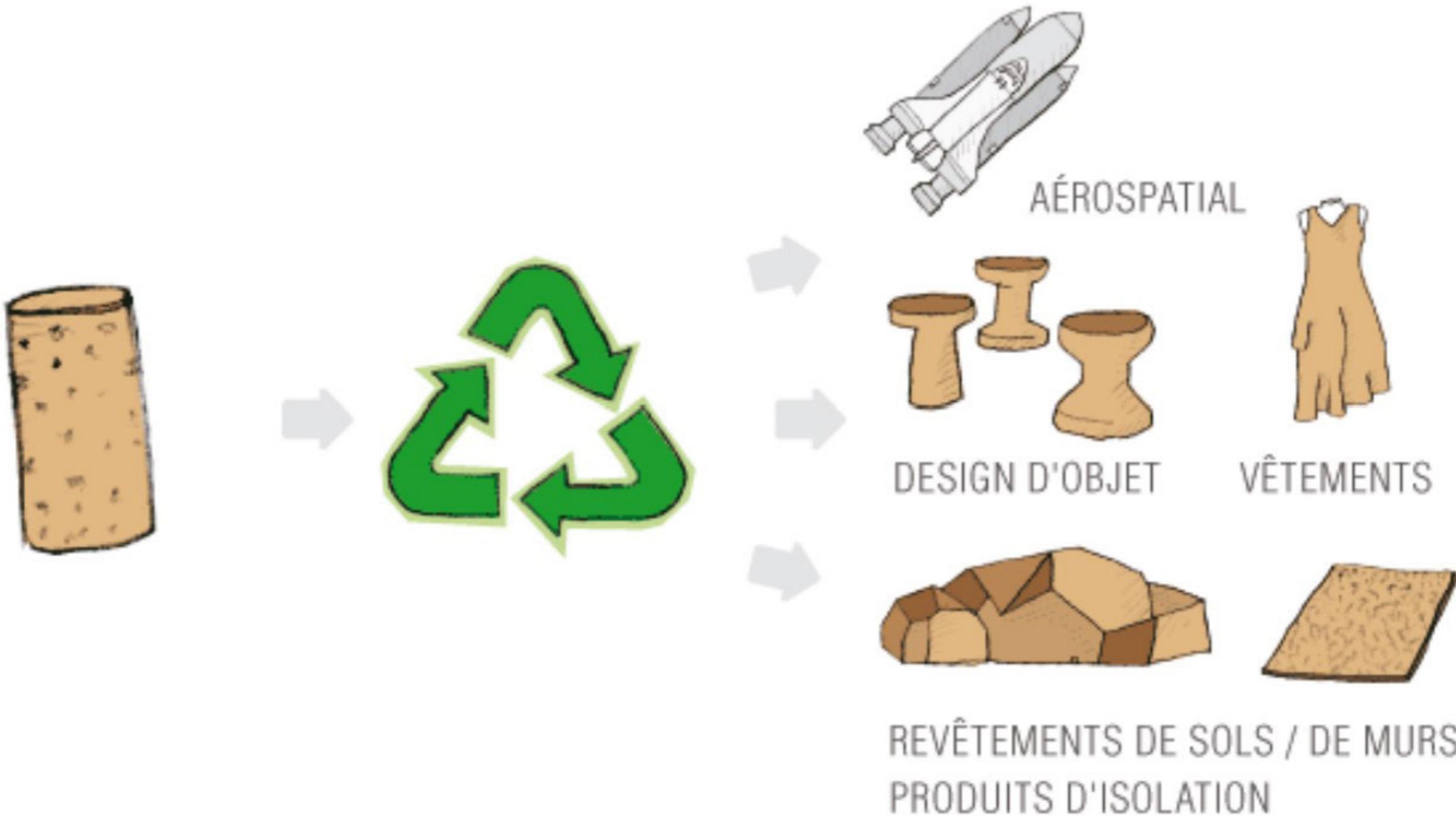
Réalisation : 2022

Matériaux : Revêtement extérieur plaques de Liège,
Structure bois, béton de réemploi



Faz architectes - Local Environnement du stade des Arbères à Meyrin

RECYCLAGE DU LIEGE / CORK RECYCLING





Granulés de liège en vrac recyclés SOLIDALIEGE

★★★★★ 9 avis

Marque : SOLIDALIEGE

Ce **granulat de liège SOLIDALIEGE** est issu de bouchons de liège recyclés. Il est issu des bouchons de liège que nous récupérons au sein de notre structure et en partenariat avec les bouchons de l'espoir du 67.

Conditionnement : en sac de 100L

Granulométrie : 0,5 à 2mm ou 2 à 5mm

⊕ [Plus de détails](#)

② [Posez une question sur ce produit](#)

Accueil > Isoler > Matériaux d'isolation écologique > Isolation liège > Enduit liège à projeter Diathonite Evolution



Enduit liège à projeter Diathonite Evolution

★★★★★ 2 avis

Marque : Diasen

Enduit écologique pré-mélangé en liège à projeter pour l'isolation de façade par l'extérieur. Le Diathonite finition s'appelle également Decork façade.

Conditionnement : Sac de 18kg

⊕ Plus de détails

?

Posez une question sur ce produit

AUTRES ISOLANTS BIOSOURCES

OTHER BIO-BASED INSULATION MATERIALS

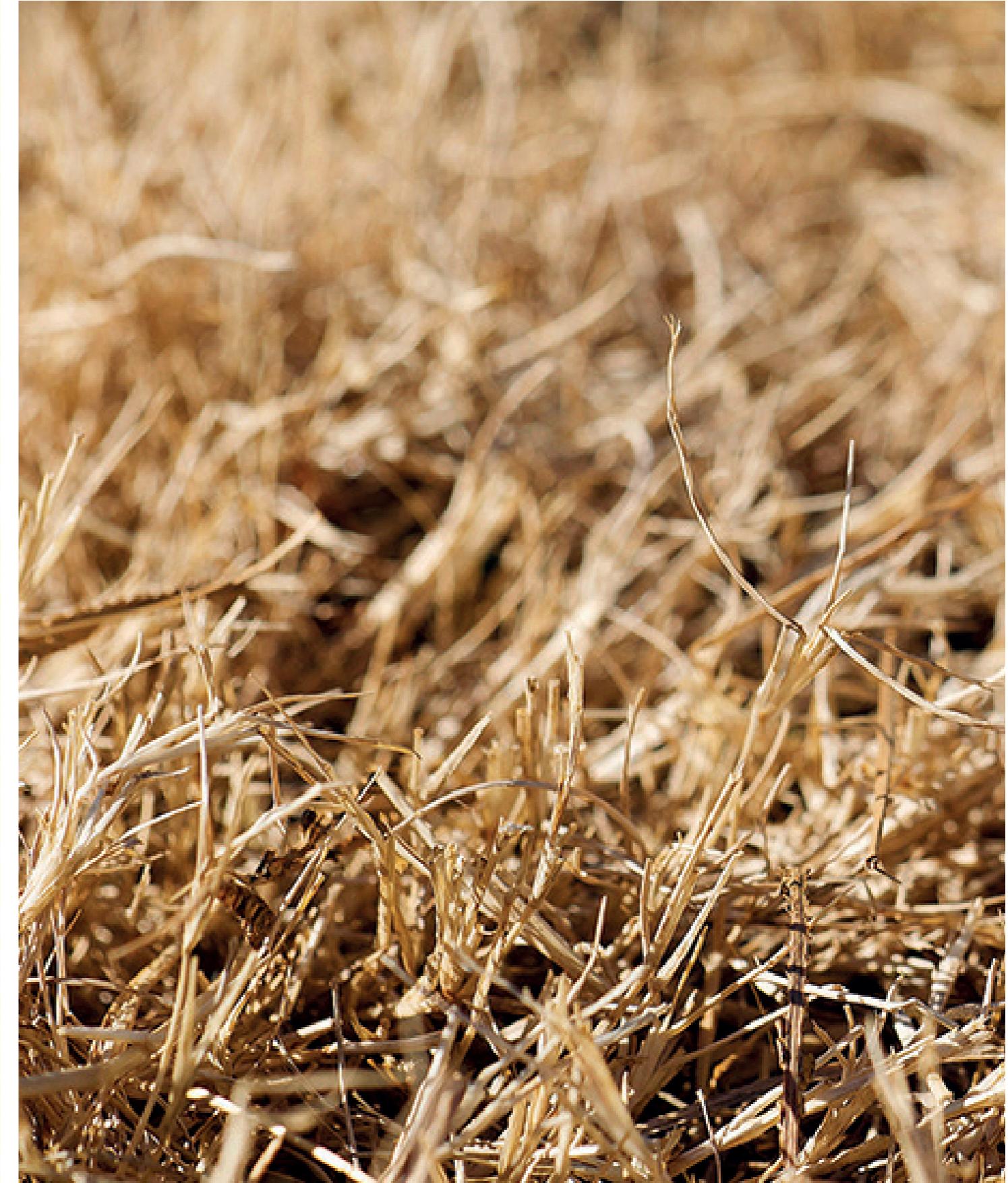
ISOLATION A BASE DE COPRODUIT DE LA CULTURE DU RIZ

INSULATION MADE FROM RICE-CULTIVATION BY-PRODUCTS



ISOLATION A BASE DE COPRODUIT DE LA CULTURE DU RIZ

INSULATION MADE FROM RICE-CULTIVATION BY-PRODUCTS



ISOLATION A BASE DE D'HERBE / GRASS-BASED INSULATION



ISOLATION A BASE DE D'HERBE / GRASS-BASED INSULATION



QUELQUES ISOLANTS BIOSOURCES | AVANTAGES | INCONVENIENTS

SOME BIO-BASED INSULATION MATERIALS | ADVANTAGES | DISADVANTAGES

CHANVRE



LIN



PAILE DE BLE



OUATE DE CELLULOSE



AVANTAGES :

- Très bon bilan environnemental
- Facile à cultiver, sans phytosanitaires
- Renouvelable à court terme
- Plante entièrement valorisable
- Résistance aux insectes et rongeurs
- Si incendie, pas de dégagements toxiques
- Approvisionnement du vrac en circuit court
- Bonne gestion de l'humidité intérieure

INCONVENIENTS :

- Résilient en cas d'humidité accidentelle, mais putrescible si prolongée
- Additifs synthétiques dans les panneaux

AVANTAGES :

- Renouvelable, matériau réutilisable
- Plante entièrement valorisable
- Si incendie, pas de dégagements toxiques
- Bonne gestion de l'humidité intérieure

INCONVENIENTS :

- Résilient en cas d'humidité accidentelle, mais putrescible si prolongée
- Additifs synthétiques dans les panneaux

AVANTAGES :

- Très faible coût
- Ressource locale, renouvelable et abondante
- Excellent bilan environnemental
- Bonnes performances hydrothermiques
- Reconnaissance officielle et règles pros

INCONVENIENTS :

- Présence de pesticides possible
- Putrescible en cas d'humidité prolongée

AVANTAGES :

- Très peu chère
- Très bon bilan carbone
- Usage généralisé
- Proviennent de produits biosourcés recyclés
- Bonne inertie thermique
- Peu sensible au feu

INCONVENIENTS :

- Adjuvants ignifuges controversés
- Beaucoup de poussière à la mise en œuvre
- Machine pour soufflage, insufflation, flocage

Source : La Maison Ecologique

QUELQUES ISOLANTS BIOSOURCES | AVANTAGES | INCONVENIENTS

SOME BIO-BASED INSULATION MATERIALS | ADVANTAGES | DISADVANTAGES

BALLES DE CEREALES



COTON RECYCLÉ



LIEGE



LAINE DE MOUTON



AVANTAGES :

- Très peu chère
- Production locale
- Excellent bilan environnemental

AVANTAGES :

- Bon pouvoir hygroscopique
- Matériau issu du recyclage
- Économie circulaire, voire sociale et solidaire

AVANTAGES :

- Très bonne résistance à la compression
- Quasiimperméable aux liquides et aux gazs
- Résistant aux parasites et imputrescible

AVANTAGES :

- Facile à découper et à poser
- Bon pouvoir hygroscopique
- Durable et réutilisable
- Pas de dégagements toxiques si incendie

INCONVENIENTS :

- Pas de certifications
- Filière encore confidentielle

INCONVENIENTS :

- Coût assez élevé
- Putrescible en cas d'humidité persistante

INCONVENIENTS :

- Importé du Portugal
- Renouvelable mais rare
- Coût élevé

INCONVENIENTS :

- Attire les insectes
- Long processus de production

Source : La Maison Ecologique

QUELQUES ISOLANTS BIOSOURCES | AVANTAGES | INCONVENIENTS

SOME BIO-BASED INSULATION MATERIALS | ADVANTAGES | DISADVANTAGES

HEMP



LINEN



WOOD FIBER PANNELS



CELLULOSE INSULATION



ADVANTAGES :

Excellent environmental performance
Easy to cultivate, without pesticides
Renewable in the short term
Entirely usable plant
Resistant to insects and rodents
No toxic emissions in case of fire
Bulk supply through short supply chains
Effective management of indoor humidity

DISADVANTAGES:

Resilient in case of accidental moisture, but susceptible to rot if exposed for extended periods
Synthetic additives in panels

ADVANTAGES :

Renewable, reusable material
Entirely usable plant
No toxic emissions in case of fire
Effective management of indoor humidity

DISADVANTAGES:

Resilient in case of accidental moisture, but prone to rot if exposed for extended periods
Synthetic additives in panels

ADVANTAGES :

Easy to install and widely used
Renewable and widely available
Weatherproofing products, suitable as plaster support

DISADVANTAGES:

Requires a powerful machine for blow-in insulation
High cost of certain products
Prone to rot in case of persistent moisture
Energy-intensive manufacturing process (high densities)
Additives may release harmful gases in case of fire

ADVANTAGES :

Very inexpensive
Excellent carbon footprint
Widely used
Made from recycled bio-based products
Good thermal inertia
Low fire sensitivity

DISADVANTAGES:

Controversial flame-retardant additives
Generates a lot of dust during installation
Requires a machine for blowing, injection, or spraying

Source : La Maison Ecologique

QUELQUES ISOLANTS BIOSOURCES | AVANTAGES | INCONVENIENTS

SOME BIO-BASED INSULATION MATERIALS | ADVANTAGES | DISADVANTAGES

CEREAL HUSKS



ADVANTAGES :

Very inexpensive
Locally produced
Excellent environmental performance

DISADVANTAGES:

No certifications
Industry still relatively unknown

RECYCLED COTTON



ADVANTAGES :

Good hygroscopic properties
Material derived from recycling
Supports circular economy, even social and solidarity-based

DISADVANTAGES:

Relatively high cost
Prone to rot in case of persistent moisture

CORK



ADVANTAGES :

Very high compression strength
Almost impermeable to liquids and gases
Resistant to pests and rot-proof

DISADVANTAGES:

Imported from Portugal
Renewable but rare
High cost

SHEEP WOOL



ADVANTAGES :

Easy to cut and install
Good hygroscopic properties
Durable and reusable
No toxic emissions in case of fire

DISADVANTAGES:

Attracts insects
Long production process

Source : La Maison Ecologique

COMPARAISON DES ISOLANTS USUELS VERSUS BIOSOURCES

COMPARISON OF CONVENTIONAL INSULATION MATERIALS VERSUS BIO-BASED INSULATION

Comparatif global

		Utilisation						Caractéristiques isolantes		Caractéristiques techniques				environnemental ¹⁹⁾		ITC/m ²	
Produits	Conditionnement	Mur et cloison	Plancher	Rampant	Toiture «sarking»	Support d'enduit en ICF ²⁰⁾	sous chape	Lambda (λ) en W/m.K	Épaisseur en cm pour R = 5	Capillarité ²¹⁾	Résistance à la vapeur μ	Classement au feu	Chaleur spécifique (c en J/kg.K)	Hygrocopie	Énergie grise (kWhEp/UF) ²²⁾	Effet de serre (kCO ₂ eq/UF) ²²⁾	Indicatif pour R = 5
Isolants synthétiques	Polystyrène expansé (PSE)	Panneaux (7 à 30 kg/m ³)					•	0,032 à 0,038	16 à 19	0	20 à 100	E	1450	Non	89	😊	14 à 21 €
	Polystyrène extrudé (PSX) au HFC	Panneaux (25 à 40 kg/m ³)					•	0,029 à 0,035	14,5 à 17,5	0	80 à 100	E	1300 à 1500	Non	141	😊	421 😞 😞 😞 25 à 35 €
	Polystyrène extrudé (PSX) au CO ₂	Panneaux (25 à 40 kg/m ³)					•	0,030 à 0,038	15 à 19	0	80 à 100	E	1300 à 1500	Non	144	😊	23 😞 25 à 35 €
	Polyuréthane (PUR)	Panneaux (20 à 50 kg/m ³)					•	0,022 à 0,030	11 à 15	0	30 à 100	C à E	1400 à 1500	Non	119	😊	20 😞 25 à 35 €
Isolants minéraux	Laine de verre	Rouleaux (15 à 40 kg/m ³)	•	•	•			0,035 à 0,042	17,5 à 21	0	1 à 2	A1, A2	840 à 1030	Non	68	😊	13 😞 5 à 16 €
	Laine de roche	Rouleaux (15 à 30 kg/m ³)	•	•	•			0,039 à 0,042	19,5 à 21	0	1 à 2	A1, A2	840 à 1030	Non	58	😊	11 😞 8 à 10 €
		Panneaux (25 à 70 kg/m ³)	•	•	•	•	•	0,033 à 0,038	16,5 à 19	0	1 à 2	A1, A2	840 à 1030	Non	108	😊	21 😞 13 à 26 €
	Mousse de pierre	Panneaux (115 à 240 kg/m ³)	•				•	0,045 à 0,60	22,5 à 30	0 à 3	3 à 6	A1, A2	1000 à 1300	Oui	160	😊	47 😞 😞 70 à 110 €
Isolants d'origine végétale	Chanvre	Panneaux-Rouleaux (18 à 75 kg/m ³)	•	•	•			0,036 à 0,048	18 à 24	1	1 à 2	E	1200 à 1700	Oui	78	😊	0 😊 25 à 30 €
		Briques chanvre-chaux (260 à 340 kg/m ³)	•				•	0,063 à 0,071	31,5 à 35,5	2	1 à 5	B	1700	Oui	88	😊	3 😊 80 à 100 €
		Béton chaux-chanvre (190 à 400 kg/m ³)	•	•	•	•	•	0,056 à 0,09	28 à 45	2	10 à 13	B	1500 à 1700	Oui	72	😊	-10 😊 30 à 100 €
		Chènevotte en vrac (90 à 115 kg/m ³)	•	•	•			0,045 à 0,050	22,5 à 25	1	1 à 2	E	1950	Oui	5	😊😊	-30 😊 9 à 25 €
		Laine de chanvre en vrac (30 à 50 kg/m ³)	•	•	•			0,046 à 0,051	23 à 25,5	1	1	E	1200 à 1700	Oui	15	😊	-7 😊 6 à 12 €
	Fibre de bois	Panneaux flexibles (30 à 50 kg/m ³)	•	•	•			0,036 à 0,042	18 à 21	1 à 2	E	1800 à 2100	Oui	31	😊	-6 😊 19 à 40 €	
		Panneaux rigides (140 à 270 kg/m ³)	•	•	•	•	•	0,038 à 0,050	19 à 25	0 à 2	3 à 5	E	1800 à 2100	Oui	159	😊	-7 😊 43 à 90 €
	Liège expansé	Vrac (60 à 100 kg/m ³)	•	•	•			0,040 à 0,043	20 à 21,5	0	1 à 5	E	1700 à 2000	Non	29	😊	-22 😊 25 à 35 €
		Panneaux (105 à 150 kg/m ³)	•	•	•	•	•	0,038 à 0,042	19 à 21	0	5 à 30	E	1700 à 2000	Non	46	😊	-31 😊 50 à 76 €
	Laine de lin	Panneaux-Rouleaux (20 à 40 kg/m ³)	•	•	•			0,037 à 0,038	18,5 à 19	1	1 à 2	B à F	1300 à 1700	Oui	59	😊	2 😊 20 à 30 €
	Paille de blé	Bottes compressées (80 à 120 kg/m ³)	•	•	•	•	•	0,045 à 0,055	22,5 à 27,5	1	1 à 2	E	1400 à 2000	Oui	5	😊😊	-31 😊 4 à 6,5 €
	Balle de riz	Vrac (100 à 150 kg/m ³)	•	•	•			0,049 à 0,053	24,5 à 26,5	2	1 à 2	E	1500 à 1700	Oui	7	😊😊	-40 😊 2 à 19 €
Isolant d'origine animale	Laine de mouton	Rouleaux (10 à 20 kg/m ³)	•	•	•			0,035 à 0,045	17,5 à 22,5	1	1 à 2	E	1000 à 1800	Oui	16	😊	2 😊 17 à 30 €
Isolants issus du recyclage	Fibres textiles recyclées	Panneaux-Rouleaux (18 à 25 kg/m ³)	•	•	•			0,038	19	1	1 à 3	E	1200 à 1400	Oui	36	😊	1 😊 19 à 27 €
	Ouate de cellulose	Vrac insufflé (40 à 65 kg/m ³)	•	•	•			0,040 à 0,044	20 à 22	2	1 à 2	B à E	1600 à 2100	Oui	2	😊	-10 😊 6,5 à 15,5 €
		Vrac soufflé (23 à 45 kg/m ³)	•					0,036 à 0,041	18 à 20,5	2	1 à 2	B à E	1600 à 2100	Oui	13	😊	-6 😊 4 à 9,5 €
		Vrac projeté humide (32 à 65 kg/m ³)	•	•	•	•	•	0,040 à 0,043	20 à 21,5	3	1 à 2	B à E	1600 à 2100	Oui	20	😊	-9 😊 5 à 12 €

Source : La maison écologique

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

BRIEF BIBLIOGRAPHY

