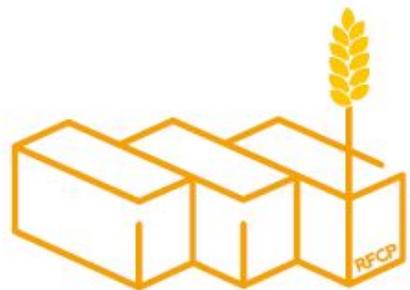


# LA CONSTRUCTION EN PAILLE

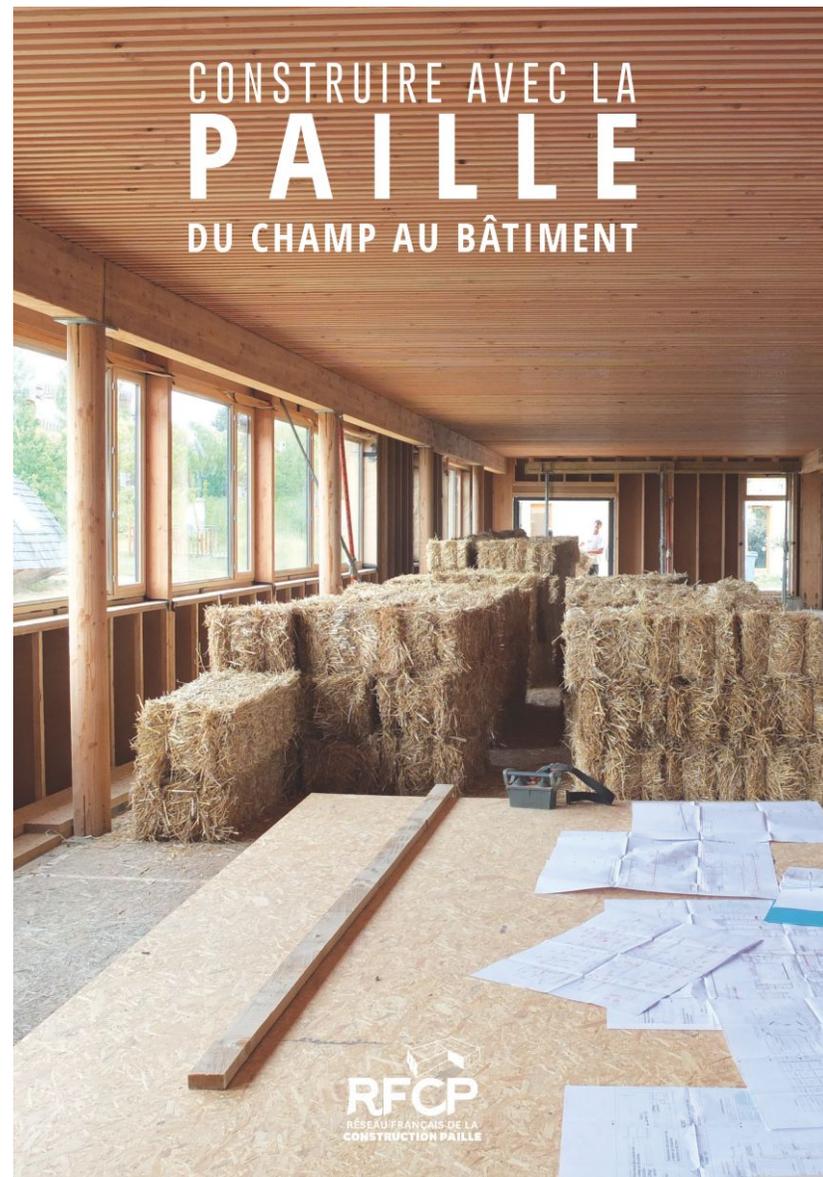


*La performance au naturel*



**Collectif  
PAILLE**  
Armorica  
Bretagne · Pays de la Loire

# CONSTRUIRE AVEC LA PAILLE DU CHAMP AU BÂTIMENT



# Le collectif Paille Armoricain

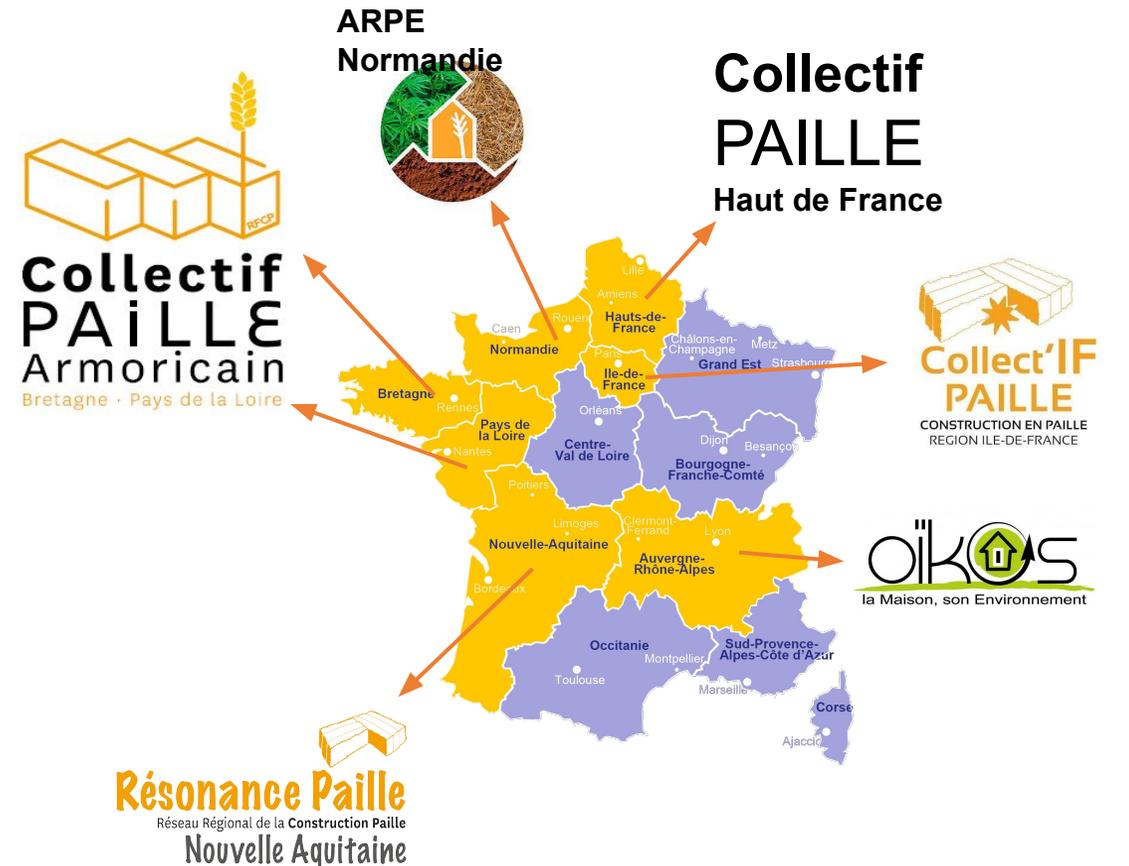
## 2015

### Le Collectif Paille Armoricain

Représentant régional du **RFCP** sur les régions Bretagne et Pays de la Loire.

#### Objet :

« Le développement de l'usage du matériau paille dans la construction sur le territoire du grand Ouest. L'association met en œuvre tous les moyens possibles pour atteindre cet objectif, dans le respect de l'Homme, de l'écologie et des principes de l'économie sociale et solidaire ».



# Le matériau : au regard de la RE2020



## ÉNERGIE

Sobriété énergétique  
Décarbonation de l'énergie  
Bâtiment très performant



 Résistance  
thermique  
7,5 m<sup>2</sup>.K/W  
(bottes de 36cm)



## ENVIRONNEMENT

Réduction de l'empreinte  
carbone des bâtiments neufs



 Empreinte carbone  
-9.94 ou -9,11 kg EqCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>  
(bio ou conventionnelle pour une  
résistance  
thermique de 7.1 m<sup>2</sup>.K/W - source Inies)



## CONFORT D'ÉTÉ

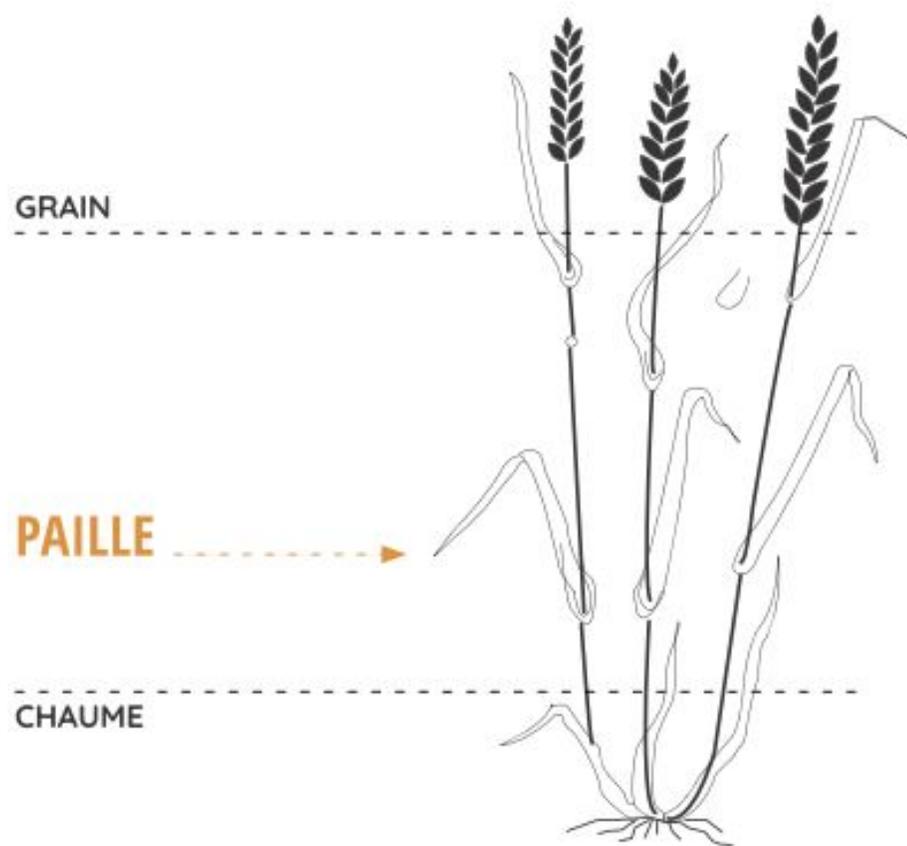
Amélioration du confort  
en cas de fortes chaleurs



 Déphasage  
12 à 16  
heures

Sources : RFCP, livret paille

# Le matériau



## PAS DE CONCURRENCE AVEC L'ALIMENTATION

La paille\* est une tige d'une céréale dépouillée de son grain. C'est une fibre végétale issue de la production agricole de céréales. La paille n'est donc pas issue d'une culture dédiée à la construction.

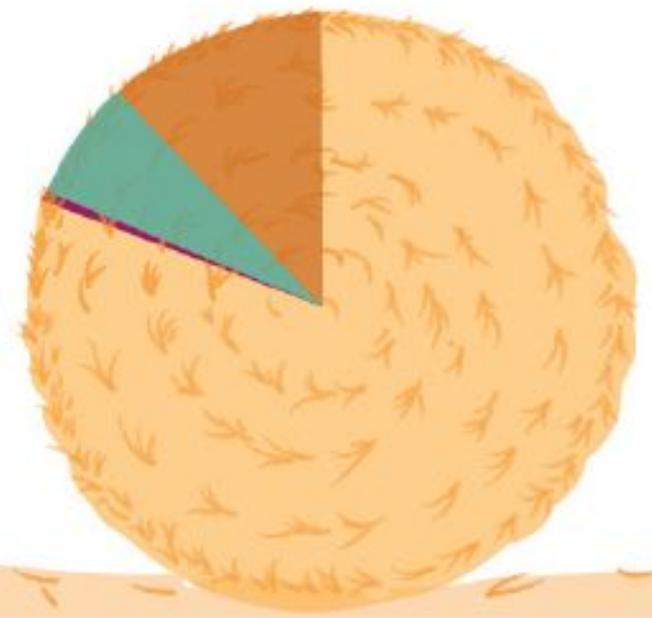
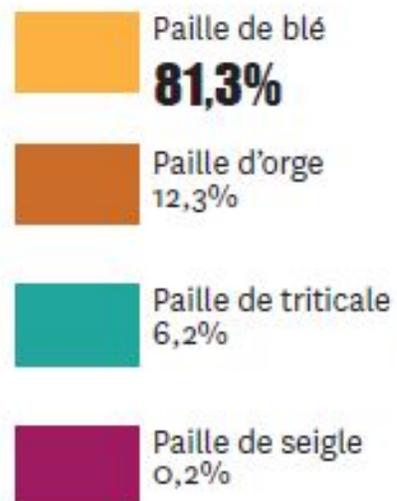
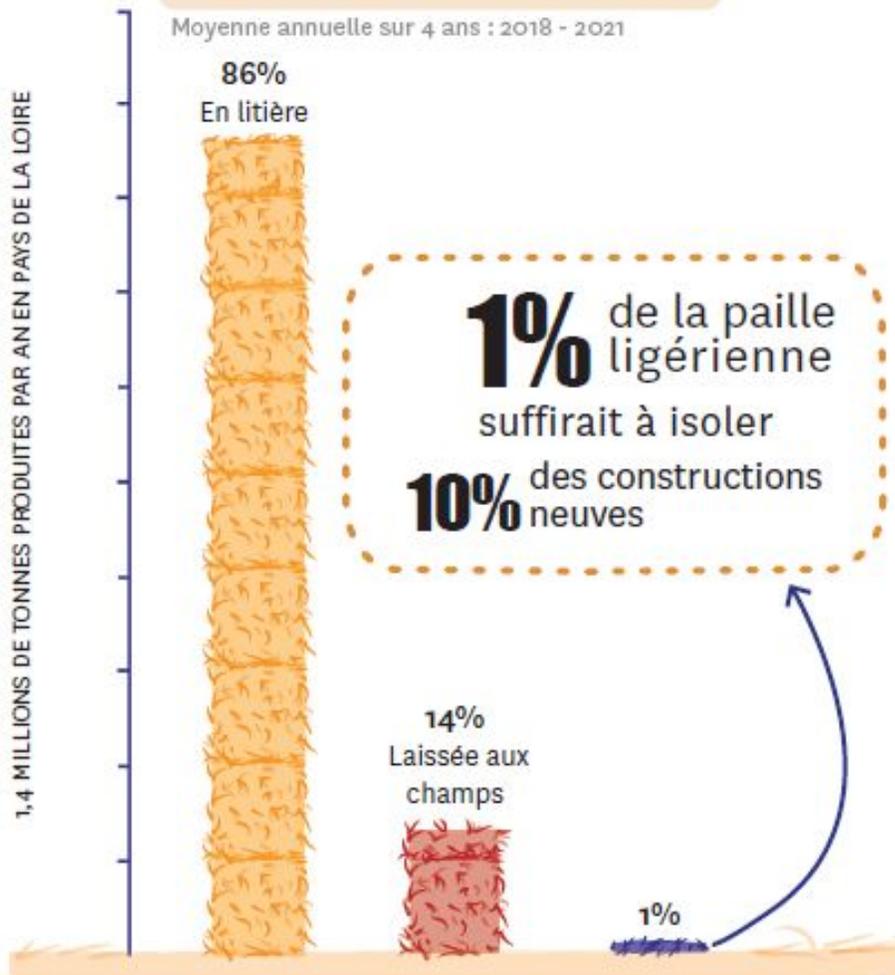
**La paille est un coproduit d'une céréale qui n'entre pas en concurrence avec l'alimentation.**

*\*ne pas confondre la paille et le foin : l'alimentation animale utilise le foin qui est de l'herbe séchée*

# Disponibilité

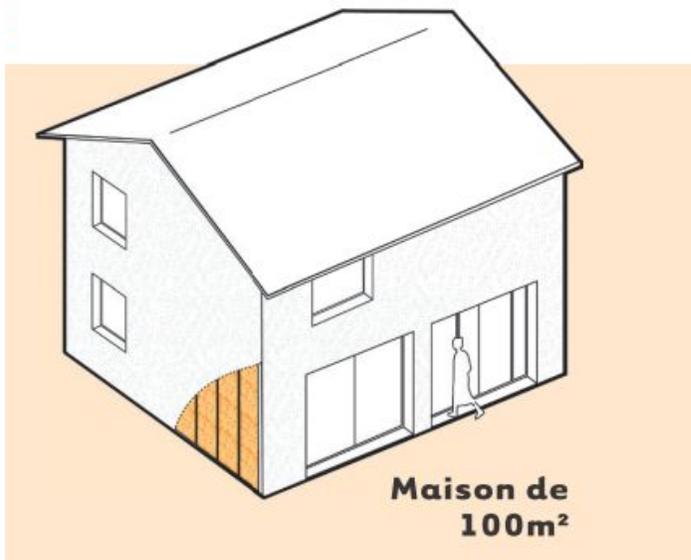
## DIFFÉRENTS USAGES DE LA PAILLE

Moyenne annuelle sur 4 ans : 2018 - 2021



# Etat des lieux de la ressource

## Faibles volumes nécessaires



⚠ Attention ces chiffres ne peuvent pas être utilisés pour d'autres typologies (bureaux, collectif, etc) car le développé de façade change d'un bâtiment à l'autre.



La Surface Utile Agricole (SAU) en Pays de la Loire en céréales s'élève à **708 727ha** en 2022 (3ha = 0,0004%). Leur SAU moyenne est de **95 ha** (3ha = 3%)

Source : [DRAAF, Pays de la Loire](#)

# Etat des lieux de la ressource

Faibles volumes nécessaires



Exemple : Lycée d'Aizenay  
9200 m<sup>2</sup>



Produite à 20km autour du chantier

# Approvisionnement

## Allotissement

### Lot fourniture de paille séparé du lot bois

- Achat à un fournisseur professionnel de paille de construction,
- Achat à un agriculteur connu pour proposer des bottes de paille de construction,
- Achat à un agriculteur au plus proche du projet.

### Fourniture de paille incluse dans le lot bois (FOB/COB)

- La gestion revient à l'entreprise. La MOE est tenue de s'assurer de la capacité de l'entreprise, ou bien de se rapprocher du CPA pour une AMO par ses membres en cas de lacunes.

# Approvisionnement

## Typologies de marché

### « LOCAL »

- Auto-constructeurs
- Artisans avec architectes
- Petits marchés publics



Botte agricole

### « INDUSTRIEL »

- Artisans avec architectes
- Marchés publics
- Constructeurs
- Promotion et gros marchés privés



- Botte calibrée (55 de long)
- Botte de 22 cm d'épaisseur
- Tatami
- Paille hachée insufflée
- Botte agricole



# Approvisionnement « LOCAL »

## Botte de paille agricole

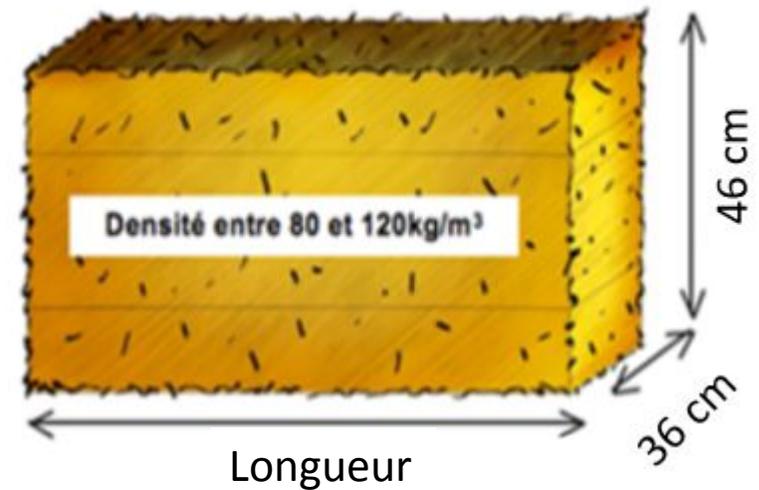
Paille : tige des céréales une fois les grains récoltés

Céréale : Blé

Densité : entre 80 et 120 kg/m<sup>3</sup>

Dimensions : 46x36xlongueur(b\*h\*L)

Taux d'humidité relative : <20%



# Approvisionnement « LOCAL »

Lot fourniture de paille séparé du lot charpente :

## Points d'attention :



Saisonnalité



Moisson entre juillet et août en fonction de l'année et de la géographie

# Approvisionnement « LOCAL »

Lot fourniture de paille séparé du lot charpente :

## Points d'attention :



Paille de blé, longueur des brins si enduit



Presse en bon état, solution de rechange si problème mécanique,  
Dimension du canal en fonction de la taille de botte souhaitée



Humidité < 20%



Lieu de stockage adéquat et protégé



**Respect de la densité** = Suivi technique de la production des bottes



Ficelles type 350



Gestion du ramassage des bottes



Conditionnement



# La ressource

## Les fournisseurs « industriels » :

### Isol'en Paille – Bottes à façon

✓ Technique Courante  
Maine et Loire 49

Fiche Technique

#### LA BOTTE DE 22

ISOLANT THERMIQUE ET SUPPORT D'ENDUIT

La botte d'épaisseur 22cm, est composée de paille en fibre longue liée par une ficelle. Ses propriétés thermiques sont qualitatives et son format permet de s'adapter aux techniques constructives déjà connues

- Botte de paille 100% naturelle
- Conforme aux Règles Professionnelles de Construction en Paille
- Densité élevée = déphasage thermique accru
- Matériau Fibreux et Flexible

USAGES SUGGERES

- Isolation des murs, toits, planchers
- Isolation Thermique par l'Extérieur
- Isolation complémentaire
- Cloisons

CARACTERISTIQUES

TECHNIQUES

Conductivité thermique NFA	0,052 W/m.K
Résistance thermique R	4,2 m².K/W
Masse volumique	+/- 100 kg/m³
Poids d'une Botte	+/- 5 kg
Perméabilité µ	1,14
Euroclasse feu enduit à la chaux	B - s1 - d0
Comportement au feu	E
Empreinte carbone	-9 kgCO <sub>2</sub> /m²
Étiquette qualité de l'air	A+
Capacité thermique massique c	1500 J/kg.K

CONDITIONNEMENT

Format	22 x 36 x 55cm
Nombre de bottes par m²	5 bottes
Nombre de bottes par palette	44 bottes
Dimensions d'une palette	1m x 1,2m x 2,6m
Poids d'une palette	300 kg

06 49 59 24 16  
info@isolenpaille.fr  
isolenpaille



La Paille : Un puits de carbone au service de l'isolation  
Nicolaos OUDHOF - Isol'en Paille

### Profibres – Bottes à façon

✓ Technique Courante  
Vendée 85

PRO FIBRES

FICHE TECHNIQUE BT 220

La BT 220 a un coût de paroi plus économique. Un remplissage idéal des systèmes type mur et façade ossaturebois (MOB/FOB) et isolation thermique extérieure (ITE).

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUE

RÉSISTANCE THERMIQUE	R = 4,58 m² K/W
MASSE VOLUMIQUE	+/- 100kg/m³
EMPREINTE CARBONE	-8,5 kgCO <sub>2</sub> /m²
AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE	-26 dB
CONDUCTIVITÉ THERMIQUE	0,048 W/m.k
PERMÉABILITÉ	µ 1,14
CAPACITÉ THERMIQUE MASSIQUE C	1558 J/kg.K
EUROCLASSE FEU ENDUIT À LA CHAUX	B - s1 - d0
COMPORTEMENT AU FEU	E

ÉTIQUETTE QUALITÉ DE L'AIR A+

CARACTERISTIQUES CONDITIONNEMENT

Format	L 600 x l 550 x Ep 220 mm
Volume palette	13,2 m³
Conditionnement sur palettes	1200 x 1200 mm



### Copano – Panneaux à façon Technique Non-Courante Loire Atlantique 44

FICHE MATÉRIAU - COPANO 1.0

Panneau isolant rigide prêt à enduire, à base de paille de céréales  
Fabrication par couture, à sec, à froid, sans colle et sans additif

- FACILE ET RAPIDE À POSER
- COMPATIBLE AVEC LA RÉGLEMENTATION INCENDIE
- CONFORT D'ÉTÉ/HIVER
- MATÉRIAU SAIN 100% VÉGÉTAL, SANS ADDITIF, SANS COLLE
- FAIBLE ÉNERGIE GRISE, FAIBLE IMPACT ENVIRONNEMENTAL
- MATIÈRE PREMIÈRE LOCALE

LARGEUR 118 cm

ÉPAISSEUR 11,5 cm

LONGUEUR 240 cm  
120 cm  
55 cm sur mesure

SUPPORT D'ENDUIT terre/chaux/plâtre

CONDUCTIVITÉ THERMIQUE 0,047 W/m.k²

DENSITÉ 120 kg/m³

STOCKAGE DE CARBONE BIOGÉNIQUE 8kg eq CO<sub>2</sub>/m²

RÉSISTANCE THERMIQUE 2,4 m² K/W



Le panneau est encadré par les règles professionnelles de construction en paille. Ses caractéristiques mécaniques sont équivalentes à une botte de paille dense. \*Valeurs obtenues en laboratoire universitaire.

Raphaël DECLE, Dirigeant  
co.panneau@gmail.com  
www.copano.fr

# Approvisionnement « INDUSTRIEL »

## Les fournisseurs hors région :

**Kellig Emren**  
**Panneaux terre végétaux**  
Technique Non-Courante  
*Morbihan 56*

**Panneau isolant végétal – terre crue – chaux**

Kellig Emren développe des process et produit des isolants biosourcés permettant - avec des ressources saines et locales - de réduire la température de chauffage des bâtiments tout en apportant inertie, tenue au feu et support de finition.

**Confort d'hiver :**

- > Isolation thermique

**Confort d'été :**

- > Inertie thermique

**Facilité de mise en œuvre :**

- > Support de finition
- > Chantier sec

**Baisse des températures de chauffage :**

- > Régulation hygrique
- > Effet de paroi chaude

**Tenue au feu :**

- > Ininflammable

**Externalités positives :**

- > Matériau sain
- > Fruit d'une économie locale et circulaire
- > Gestion en fin de vie maîtrisée



**Granulat Végétal**  
Miscanthus  
Chênevotte

**Liant :**  
Terre crue  
Chaux

**Béton Végétal**

## Ielo – Paille hachée à insuffler Technique Non-Courante Vienne 86

### Caractéristique de la paille ielo

#### Performances thermiques

##### Conductivité thermique :

Nous n'avons pas encore la quantité suffisante de mesure pour faire un calcul de conductivité déclarée.  
Cependant nous avons des mesures COFRAC qui permettent à ce stade un calcul simplifié de conductivité déclarée. Elle est de 0,0459 W/(m.k).

##### Résistance thermique :

Lambda sec. 30 cm : R= 7,32 m<sup>2</sup>K/W ; Lambda humide. 30 cm : R = 6,82 m<sup>2</sup>K/W  
La résistance thermique (R) de la paroi se calcule en divisant l'épaisseur en mètre par la conductivité thermique (e/λ).

#### Diffusion de la vapeur d'eau

Perméabilité à la vapeur d'eau (S) : 0,25134 (mg/(m.h.Pa))

Coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau (μ) : 2,84

Épaisseur de couche d'air équivalente (SD) en m : pour 30 cm SD=0,852

Le coefficient SD d'une paroi se calcule en multipliant le coefficient mu par l'épaisseur en mètre (μ×e).

#### Confort d'été

Capacité thermique Cp : 1 512 (J/kg.K)

Déphasage thermique : 30 cm de paille ielo apportent plus de 13h de déphasage thermique à la paroi

Le déphasage thermique se calcule en tenant compte de la capacité thermique, la conductivité thermique, la masse volumique et l'épaisseur.

#### Conditionnement du produit et distribution



La paille sera vendue directement aux constructeurs, deux options seront possibles pour conditionner la production :

- Pressée dans des ballots de 20 kg (2022) puis 15 kg à partir de 2023.
- Ou stockée en vrac pour être ensuite transvasée dans des ballots en cours d'étude.

# Des solutions pour toutes les typologies et échelles de projets



**Maison individuelle** Elven (56)

**Surface :** 120 m<sup>2</sup>

**Hauteur :** R+1

**Livraison :** 2016

**Quantité de paille :** 450 bottes

**Transport :** 20 km

**Mise en œuvre paille :** sur chantier

## Habitat individuel



**Isolation thermique extérieure** Vannes (56)

**Architecte :** FRAMM Architecture

**Surface :** 236 m<sup>2</sup>

**Hauteur :** R+2

**Livraison :** 2014

**Quantité de paille :** 130 bottes

**Mise en œuvre paille :** sur  
chantier



# Des solutions pour toutes les typologies et échelles de projets

## Habitat collectif

**Résidence Sénior** La Chapelle Thouarault (35)

**Architecte** : 10i2la Architecture

**Surface** : 1067 m<sup>2</sup>

**Hauteur** : R+3

**Durée de chantier** : 17 mois

**Livraison** : 2022

**Quantité de paille** : 1300 bottes

**Transport** : 190 km champ > chantier

**Mise en œuvre paille** : en atelier



# Des solutions pour toutes les typologies et échelles de projets

## Ecole

**Ecole du chat perché, Quistinic (56)**  
**Architecte :** Devernay architecte

**Surface :** 709 m<sup>2</sup>

**Hauteur :** R+1

**Livraison :** 2022

**Transport :** 5 km champ > chantier

**Mise en œuvre paille :** sur site en chantier participatif

**Capacité d'accueil :** 172 personnes



© Devernay Architectes

# Des solutions pour toutes les typologies et échelles de projets

## Collège

**Collège des 7 îles Perros-Guirec (22)**

**Architectes : COSA, Blandine Houssais architecture.**

**Surface : 3800 m<sup>2</sup>**

**Hauteur : R+2**

**Livraison : 2021**

**Quantité de paille : 2500 bottes**

**Mise en œuvre paille : en atelier**

**Capacité d'accueil : 400 personnes**



# Des solutions pour toutes les typologies et échelles de projets

## Lycée

**Lycée d'Aizenay (85)**

CRR architectes

**Surface : 9200 m<sup>2</sup>**

**Hauteur : R+3**

**Durée de chantier : 24 mois**

**Livraison : 2022**

**Transport : 50 km champ > chantier**

**Mise en œuvre paille : en atelier**

**Capacité d'accueil : 840 personnes**



# Des solutions pour toutes les typologies et échelles de projets

## Bureaux d'entreprise

**Bureaux de Socopolis** Vannes (56)  
**Architecte** : 10i2la Architecture

**Surface** : 2150 m<sup>2</sup>

**Hauteur** : R+2

**Durée de chantier** : 18 mois

**Livraison** : 2018

**Quantité de paille** : 1300 bottes

**Transport** : 180 km  
champ > chantier

**Mise en œuvre paille** : en atelier



# Des solutions pour toutes les typologies et échelles de projets

## Centre sapeurs-pompiers

**Centre d'incendie et de secours**

Colombey-les-belles (54)

**Architecte** : FFW architecture

**Surface** : 1140 m<sup>2</sup>

**Hauteur** : R+1

**Durée de chantier** : 18 mois

**Livraison** : 2017

**Quantité de paille** : 800 bottes

**Transport** : 120 km champ > chantier

**Mise en œuvre paille** : en atelier



# Des solutions pour toutes les typologies et échelles de projets

## Centre de loisirs

**Centre de loisirs les Buissonnets**

Saint-Etienne-de-Mont-Luc (44)

**Architecte : Menguy Architecte**

**Surface : 1100 m<sup>2</sup>**

**Hauteur : R+1**

**Durée de chantier : 24 mois**

**Livraison : 2013**



# Des solutions pour toutes les typologies et échelles de projets

## Immeuble

**Résidence Jules Ferry Saint-Dié-des-Vosges (88)**

**Architecte** : ASP architecture

**Surface** : 2079 m<sup>2</sup>

**Hauteur** : R+8

**Durée de chantier** : 12 mois

**Livraison** : 2013

**Quantité de paille** : 2 800 bottes

**Transport** : 200 km champ > chantier

**Mise en œuvre paille** : en atelier



# Des solutions pour toutes les typologies et échelles de projets

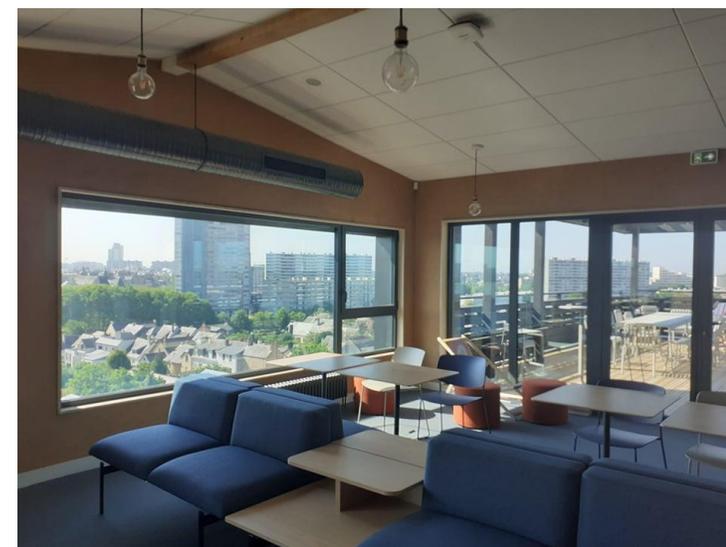
Extensions,  
Surélévation

**Siège de Néotoa**

Rennes (35)

R+5

**Architecte : 10i2LA**



# Des solutions pour toutes les typologies et échelles de projets

## Isolation thermique extérieure

**Salle des Fêtes de Laurenan (22)**

**Architecte** : Silvia Meneghini, Lab Architecture

**Durée de chantier** : 9 mois

**Livraison** : 2022

**Quantité de paille** : 2000 bottes

**Transport** : 3 km champ > chantier

**Mise en œuvre paille** : sur chantier



# Contacts régionaux

**Céline Bohers**

Animatrice de la filière Construction Paille en Bretagne et Pays-de-la-Loire

07 81 99 17 12

**Benoît Dufrache**

Coordinateur de la filière Construction Paille en Bretagne et  
Pays-de-la-Loire

07 82 27 01 50

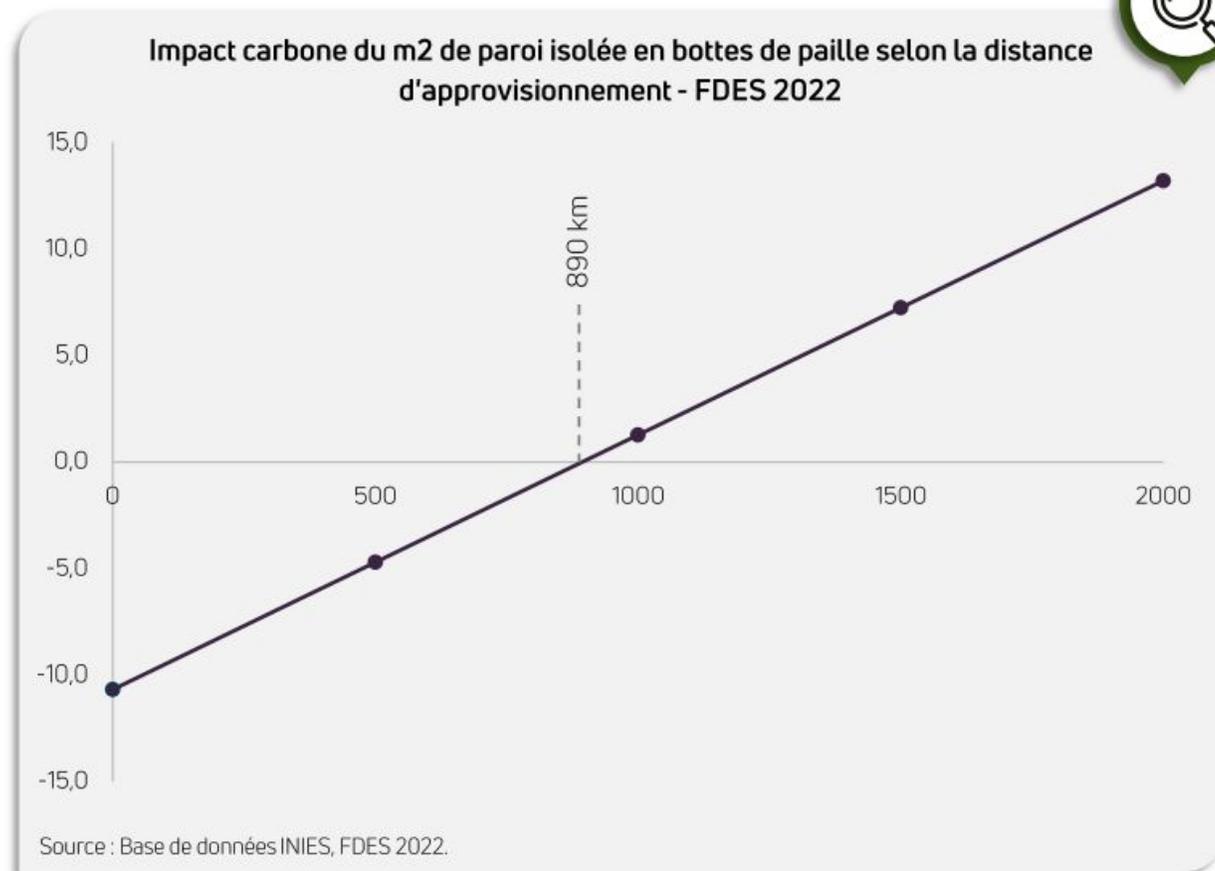
**COLLECTIF PAILLE ARMORICAIN**

48 Bd Magenta 35000 RENNES

[collectifpaillearmoricaïn@gmail.com](mailto:collectifpaillearmoricaïn@gmail.com)

[www.armorique.constructionpaille.fr](http://www.armorique.constructionpaille.fr)

# Impact lié au transport



Sources : *Etude de développement économique de la filière paille pour le Bâtiment en Bretagne*, Cellule économique de Bretagne, Septembre 2023

