

Conférence du 07 avril 2023

L'isolation extérieure écologique dans le bâti (ancien)

Retours d'expériences
Mise en œuvre
Exemples architecturaux

LES SINGULARITES DES ISOLANTS BIO-SOURCES

- ▣ pour l'instant souvent coût plus élevé
- bio-dégradables = sensible à l'humidité
mais ils existent des éco-matériaux résistants à l'humidité.
- selon le cas de figure : disponible saisonnière (nécessité d'anticiper)
- ☑ perméables à la vapeur d'eau = parfait pour le bâti ancien
- ☑ bilan environnemental et santé favorables
- ☑ stockage de CO2
- ☑ mise en œuvre moins dangereux (sauf poussières)
- ☑ production locale possible
- ☑ excellent déphasage thermique hivernal & estival
- ☑ souvent de très bon isolants phoniques – selon la mise en œuvre
- ☑ comportement au feu en général très favorable (détails à concevoir)

- ☑ un diagnostic du support existant et du bâti est IMPERATIF :
 - structure ?
 - humidité ?
 - présence de champignons ?
 - présence d'insectes xylophages ?
 - conditions environnantes (exposition météorologique, sollicitations mécaniques, végétation....) → type de parement ?
- ☑ se former ou se faire accompagner par une personne compétente
- ☑ choisir le bon matériaux au bon endroit
- ☑ anticiper les détails et la gestion des points singuliers

= valable pour tous les ITE / ITI



Application de la RE2020

PRINCIPES GÉNÉRAUX - EXIGENCES

Usage du bâtiment	Indicateur	Unité	2022-2024	2025-2027	2028-2030	2031 et +
Maisons individuelles ou accolées	Ic construction	kg eq. CO ₂ /m ²	640	530	475	415
	Ic énergie	kg eq. CO ₂ /m ²	160	160	160	160
	Ic total	kg eq. CO ₂ /m ²	800	690	635	575
Logements collectifs	Ic construction	kg eq. CO ₂ /m ²	740	650	580	490
	Ic énergie	kg eq. CO ₂ /m ²	560	260	260	260
	Ic total	kg eq. CO ₂ /m ²	1300	910	840	750
Bureaux	Ic construction	kg eq. CO ₂ /m ²	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu
	Ic énergie	kg eq. CO ₂ /m ²	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu
	Ic total	kg eq. CO ₂ /m ²	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu
Enseignement	Ic construction	kg eq. CO ₂ /m ²	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu
	Ic énergie	kg eq. CO ₂ /m ²	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu
	Ic total	kg eq. CO ₂ /m ²	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu



Zoom sur : la captation de carbone par les produits

CARBONE BIOGÉNIQUE EN DÉBUT DE CYCLE DE VIE

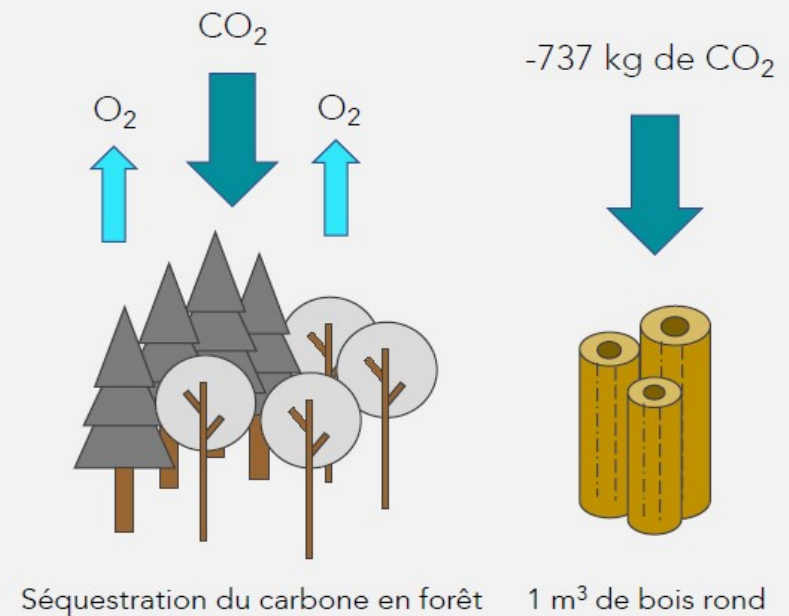
Carbone aérien = photosynthèse des végétaux

- ✓ Captation nette de dioxyde de carbone
- ✓ Dépend de la part massique du carbone dans matière sèche $\approx 45\%$
- ✓ Exemple du bois de sapin-épicéa (NF EN 16485)
 - Masse volumique à 12% = 450 kg/m^3
 - Masse sèche = $450/1,12 = 402 \text{ kg/m}^3$
 - Masse de carbone = $402 \times 50\% = 201 \text{ kg/m}^3$
 - Équivalent $\text{CO}_2 = 201 \times 44/12 = 737 \text{ kg/m}^3$

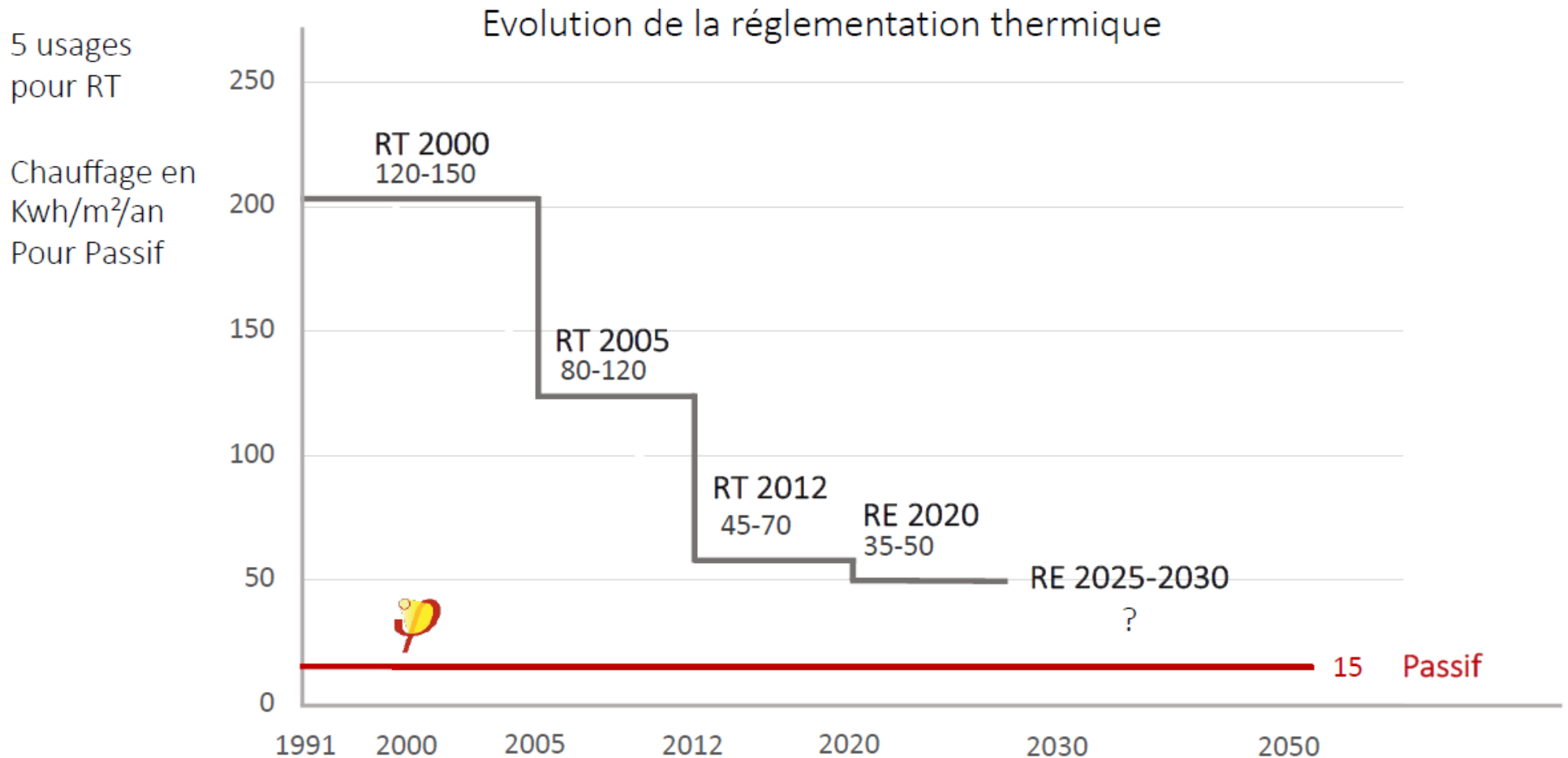
Carbone du sol = fixation par les micro-organismes

- ✓ Dépend du type de culture et du changement d'utilisation des sols
- ✓ NF EN 15804+A1 simplification : gestion durable = carbone neutre
- ✓ NF EN 15804+A2 détail : indicateur CO_2 utilisation des sols

Exemple du bois de sapin-épicéa



EVOLUTION DE LA REGLEMENTATION



- Selon la nouvelle directive européenne du 14 mars 2023
"performance énergétique des bâtiments" :
 - Tous les bâtiments classe E en 2030
 - Tous les bâtiments classe D en 2033
 - Tous les bâtiments à zéro émission en 2050



Ferme à Cornimont



ascendense architecture



Pignon Sud-Est



Pignon Sud-Est
Démarrage ITE



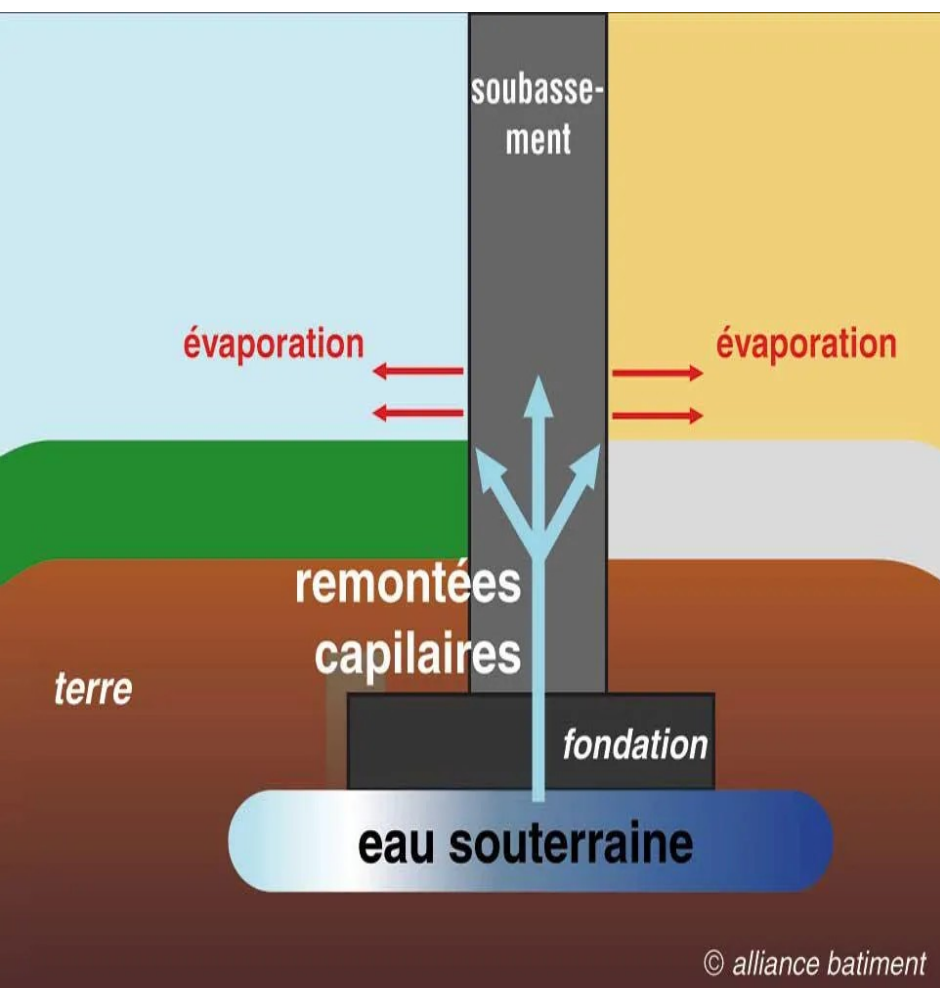
Isolation socle





















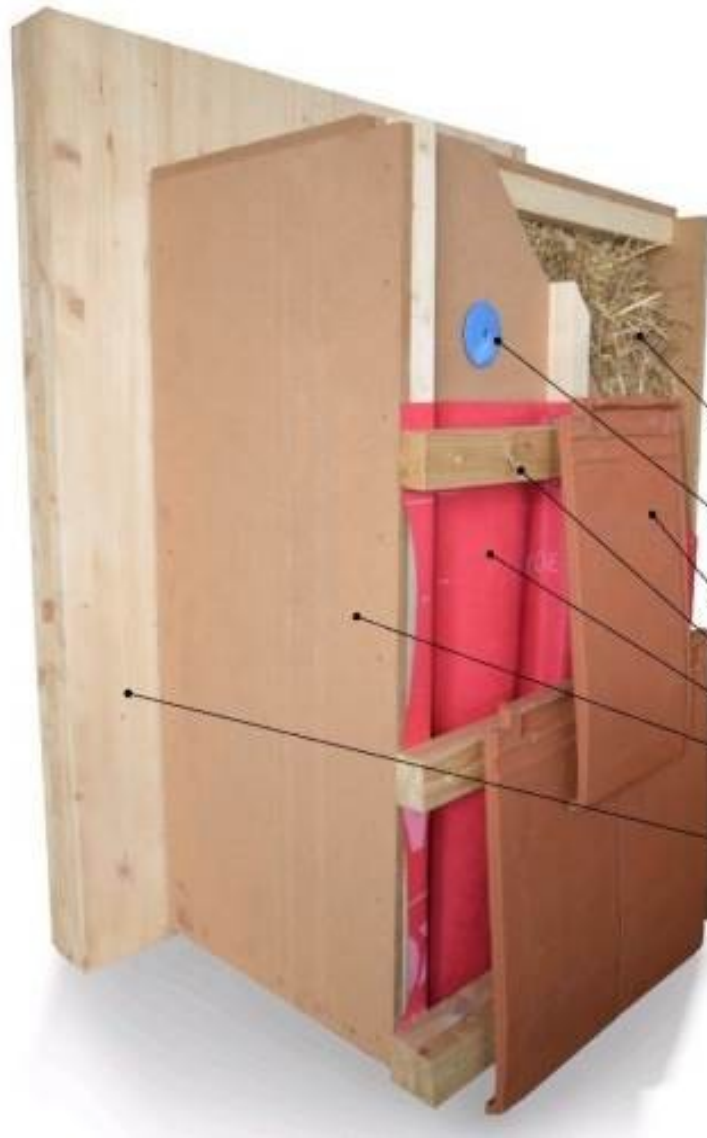
Paille & enduits
OCTONOME (70) – Jean-Michel Biancamaria



Résidence Jules Ferry – Hlm – 26 logements
2014 - Saint Dié des Vosges (88)
ASP Architecture

Caisson rapporté (auto-porteur)

Exemple du chantier de Saint Dié des Vosges



Botte de paille 38x48x120

Vis télescopique avec rupteur PT

Bardage tuile terre cuite

Lattage

Pare-pluie

Caisson paille 45cm

Panneau bois massif KLH 16cm





L'AVENIR DE LA CONSTRUCTION PAILLE A GRANDE ECHELLE

- ✓ Développement de la paille hachée insufflée
(dans des caissons pré-fabriqués ou des compartiments)
- ✓ Conditions d'utilisation similaires à celle de la ouate de cellulose
- ✓ Etudié pour permettre l'utilisation des même machines d'insufflation
- ✓ Pré-conditionné, certifié, et disponible sur demande.

- ? Coût ?
- ? Conditions d'assurabilité sans ou avec la certification des règles prof. ?

- ▣ Production centralisée (perte de l'avantage du très local)
- ▣ Bilan énergétique moins favorable que l'utilisation de la botte

FDES bottes de plein champs selon le type d'agriculture



Bio

Catégorie d'impact / flux	Unité	Total fabrication	Total mise en oeuvre	Total vie en oeuvre	Total fin de vie	Bénéfices et charges au-delà des frontières du système	Total cycle de vie (sauf D)
Réchauffement climatique	kg CO2 eq.	-5,42E+01	1,69E+00	0,00E+00	4,26E+01	-7,03E-01	-9,94E+00
Appauvrissement de la couche d'ozone	kg CFC-11 eq.	4,26E-07	2,35E-07	0,00E+00	1,16E-07	-6,62E-08	7,77E-07
Acidification des sols et de l'eau	kg SO2 eq.	3,52E-02	9,23E-03	0,00E+00	3,30E-02	-4,51E-03	7,75E-02
Eutrophication	kg (PO4) ³⁻ eq/UF	1,42E-02	1,60E-03	0,00E+00	7,40E-03	-2,05E-03	2,32E-02
Formation d'ozone photochimique	kg éthylène eq.	1,48E-03	5,40E-04	0,00E+00	5,43E-04	-1,41E-04	2,58E-03
Épuisement des ressources abiotiques (éléments)	kg antimoine eq.	2,50E-05	8,88E-06	0,00E+00	2,00E-06	-6,23E-06	3,59E-05
Épuisement des ressources abiotiques (combustibles fossiles)	MJ	5,75E+01	2,48E+01	0,00E+00	9,32E+00	-8,90E+00	9,15E+01
Pollution de l'air	m3	7,93E+02	3,02E+02	0,00E+00	3,32E+02	-9,22E+01	3,75E+03
Pollution de l'eau	m3	2,02E+00	5,42E-01	0,00E+00	2,43E-01	-3,36E-01	2,80E+00
Utilisation de l'énergie primaire renouvelable, à l'exclusion des ressources d'énergie primaire renouvelables utilisées comme matières premières	MJ PCI	3,06E+01	3,77E+00	0,00E+00	9,97E+00	0,00E+00	3,99E+02
Utilisation des ressources d'énergie primaire renouvelables utilisées en tant que matières premières	MJ PCI	4,95E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-6,23E-01	0,00E+00
Utilisation totale des ressources d'énergie primaire renouvelable	MJ	5,25E+02	3,77E+00	0,00E+00	2,27E+00	0,00E+00	5,29E+02
Utilisation de l'énergie primaire non renouvelable, à l'exclusion des ressources d'énergie primaire non renouvelables utilisées comme matières premières	MJ PCI	6,09E+01	2,61E+01	0,00E+00	1,11E+01	-6,23E-01	9,62E+01
Utilisation des ressources d'énergie primaire non renouvelables utilisées en tant que matières premières	MJ PCI	1,87E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-9,87E+00	1,87E+00
Utilisation totale des ressources d'énergie primaire non renouvelables	MJ PCI	6,09E+01	2,61E+01	0,00E+00	1,11E+01	0,00E+00	9,81E+01
Utilisation de matière secondaire	kg	3,83E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-9,87E+00	3,83E+00
Utilisation de combustibles secondaires renouvelables	MJ PCI	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Utilisation de combustibles secondaires non renouvelables	MJ PCI	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Utilisation nette d'eau douce	m3	3,68E-01	5,34E-03	0,00E+00	8,19E-03	0,00E+00	3,81E-01
Déchets dangereux éliminés	kg	1,99E-01	7,46E-02	0,00E+00	1,86E-02	0,00E+00	2,93E-01
Déchets non dangereux éliminés	kg	1,67E+00	9,38E-01	0,00E+00	4,59E+00	-3,49E-03	7,20E+00
Déchets radioactifs éliminés	kg	2,53E-04	1,43E-04	0,00E+00	8,79E-05	0,00E+00	4,84E-04
Composants destinés à la réutilisation	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-2,85E-01	0,00E+00
Matériaux destinés au recyclage	kg	0,00E+00	1,93E-01	0,00E+00	0,00E+00	-1,62E-01	1,93E-01
Matériaux destinés à la récupération d'énergie	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-3,53E-05	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur, électricité	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur, vapeur	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur, gaz de process	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Conventionnelle

Catégorie d'impact / flux	Unité	Total fabrication	Total mise en oeuvre	Total vie en oeuvre	Total fin de vie	Bénéfices et charges au-delà des frontières du système	Total cycle de vie (sauf D)
Réchauffement climatique	kg CO2 eq.	-5,21E+01	1,59E+00	0,00E+00	4,14E+01	-6,85E-01	-9,11E+00
Appauvrissement de la couche d'ozone	kg CFC-11 eq.	6,03E-07	3,16E-07	0,00E+00	1,10E-07	-6,44E-08	1,02E-06
Acidification des sols et de l'eau	kg SO2 eq.	5,09E-02	7,35E-03	0,00E+00	3,20E-02	-4,39E-03	9,03E-02
Eutrophication	kg (PO4) ³⁻ eq/UF	2,94E-02	1,22E-03	0,00E+00	7,17E-03	-2,00E-03	3,78E-02
Formation d'ozone photochimique	kg éthylène eq.	1,51E-03	4,07E-04	0,00E+00	5,18E-04	-1,37E-04	2,43E-03
Épuisement des ressources abiotiques (éléments)	kg antimoine eq.	2,89E-05	6,17E-06	0,00E+00	1,76E-06	-6,06E-06	3,68E-05
Épuisement des ressources abiotiques (combustibles fossiles)	MJ	6,42E+01	2,79E+01	0,00E+00	8,66E+00	-8,67E+00	1,04E+02
Pollution de l'air	m3	1,07E+03	2,25E+02	0,00E+00	3,23E+03	-9,36E+01	4,52E+03
Pollution de l'eau	m3	3,21E+00	6,15E-01	0,00E+00	2,30E-01	-3,34E-01	3,06E+00
Utilisation de l'énergie primaire renouvelable, à l'exclusion des ressources d'énergie primaire renouvelables utilisées comme matières premières	MJ PCI	2,53E+01	1,01E+00	0,00E+00	4,84E+02	0,00E+00	5,10E+02
Utilisation des ressources d'énergie primaire renouvelables utilisées en tant que matières premières	MJ PCI	4,95E+01	0,00E+00	0,00E+00	4,82E+02	-6,07E-01	0,00E+00
Utilisation totale des ressources d'énergie primaire renouvelable	MJ PCI	5,07E+02	7,05E+00	0,00E+00	2,17E+00	0,00E+00	5,10E+02
Utilisation de l'énergie primaire non renouvelable, à l'exclusion des ressources d'énergie primaire non renouvelables utilisées comme matières premières	MJ PCI	6,09E+01	2,91E+01	0,00E+00	1,04E+01	-6,07E-01	1,06E+02
Utilisation des ressources d'énergie primaire non renouvelables utilisées en tant que matières premières	MJ PCI	1,86E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-9,61E+00	1,86E+00
Utilisation totale des ressources d'énergie primaire non renouvelables	MJ PCI	6,82E+01	2,91E+01	0,00E+00	1,04E+01	0,00E+00	1,08E+02
Utilisation de matière secondaire	kg	1,26E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-9,61E+00	1,26E+01
Utilisation de combustibles secondaires renouvelables	MJ PCI	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Utilisation de combustibles secondaires non renouvelables	MJ PCI	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Utilisation nette d'eau douce	m3	3,37E-01	4,80E-03	0,00E+00	7,89E-03	0,00E+00	3,49E-01
Déchets dangereux éliminés	kg	3,21E-01	4,34E-02	0,00E+00	1,64E-02	0,00E+00	3,80E-01
Déchets non dangereux éliminés	kg	1,83E+00	9,55E-01	0,00E+00	4,46E+00	-3,40E-03	7,25E+00
Déchets radioactifs éliminés	kg	2,76E-04	1,89E-04	0,00E+00	8,40E-05	0,00E+00	5,49E-04
Composants destinés à la réutilisation	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-2,77E-01	0,00E+00
Matériaux destinés au recyclage	kg	0,00E+00	1,93E-01	0,00E+00	0,00E+00	-1,58E-01	1,93E-01
Matériaux destinés à la récupération d'énergie	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-3,44E-05	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur, électricité	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur, vapeur	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Énergie fournie à l'extérieur, gaz de process	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00



DEVELOPPEMENT DE PRODUITS DERIVES DE LA PAILLE



La botte de 22 (22x36x55cm)



La paille comme locomotive des autres matériaux biosourcés



La paille hachée

Habitat social Granges sur Vologne – Le Toit Vosgien













Habitat social Plainfaing
Le Toit Vosgien





Habitat social Gérardmer - Le Toit Vosgien



Moulin à Fretigney-et-Velloreille



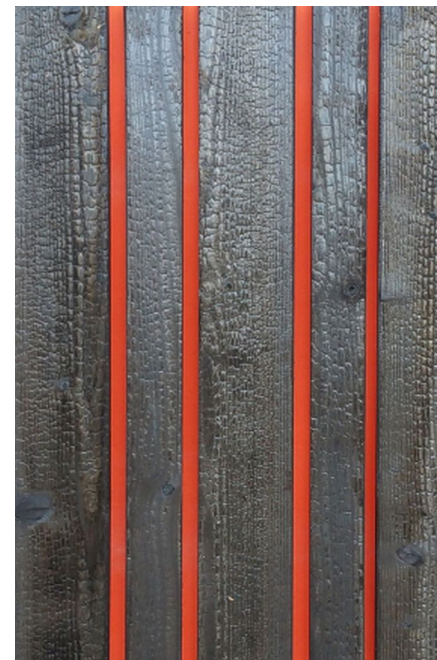


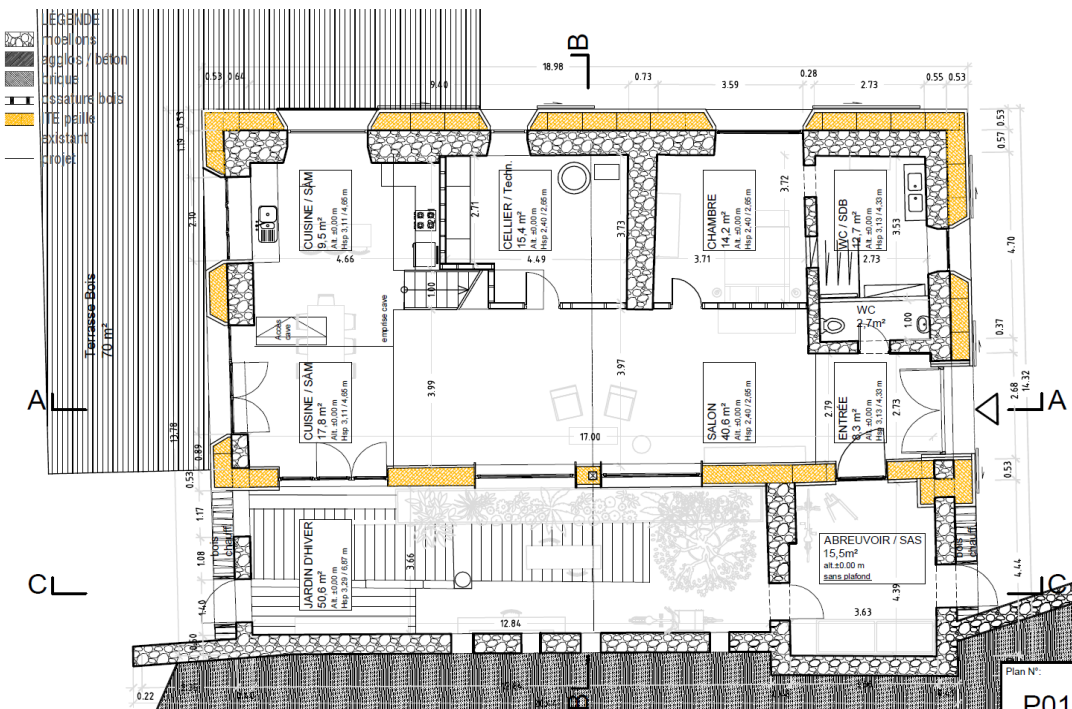
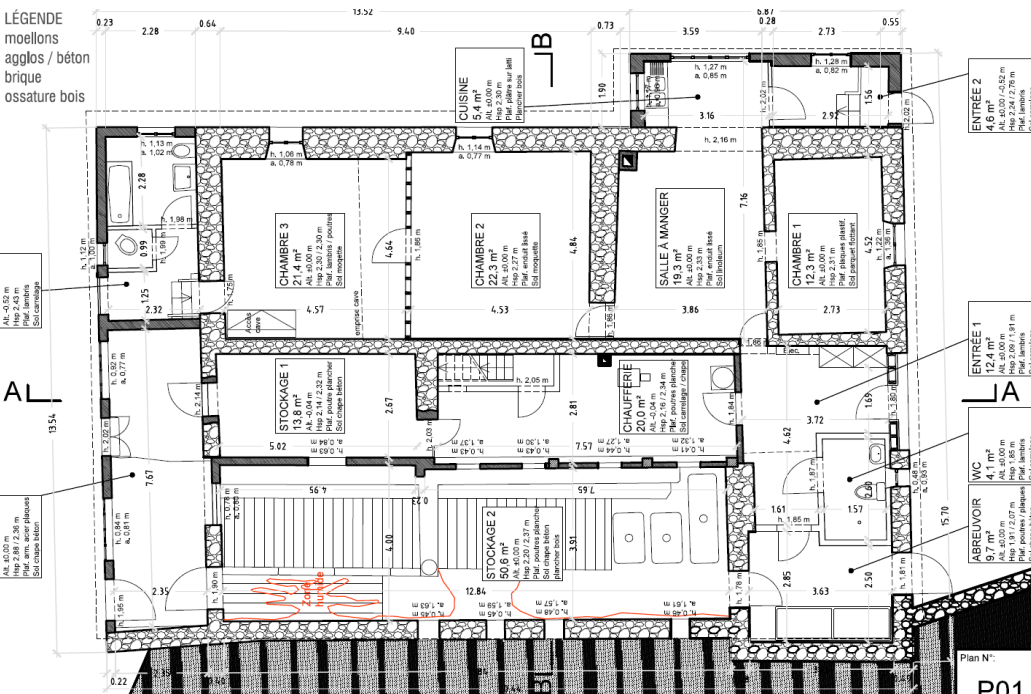
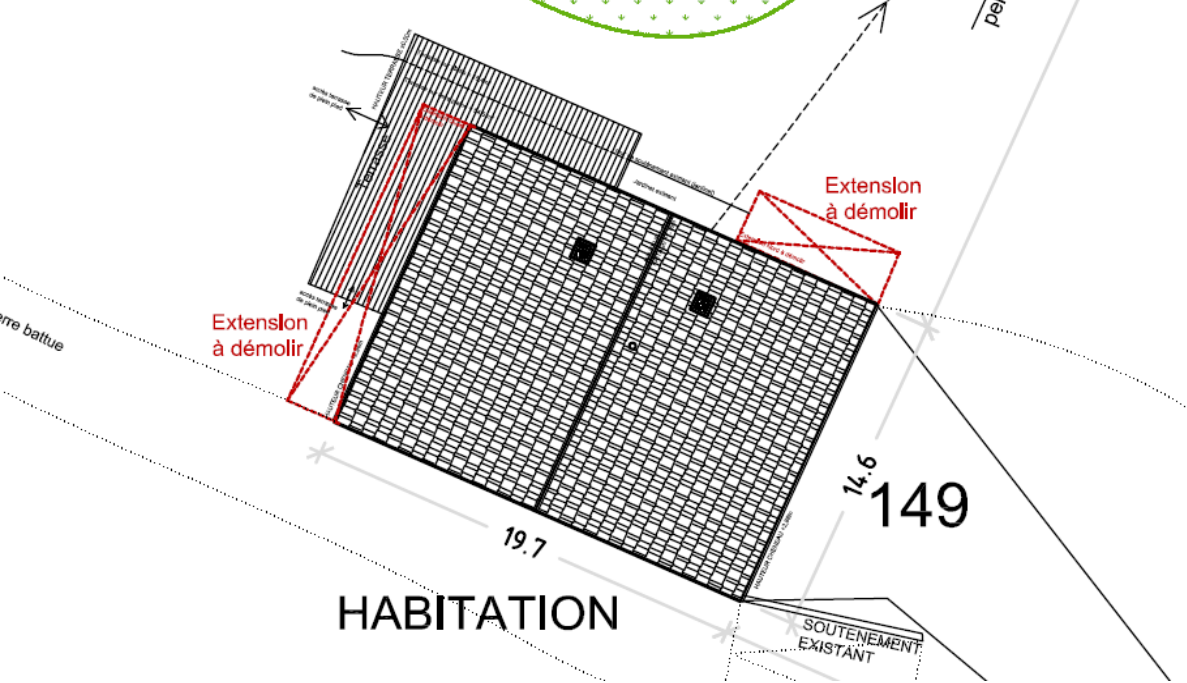


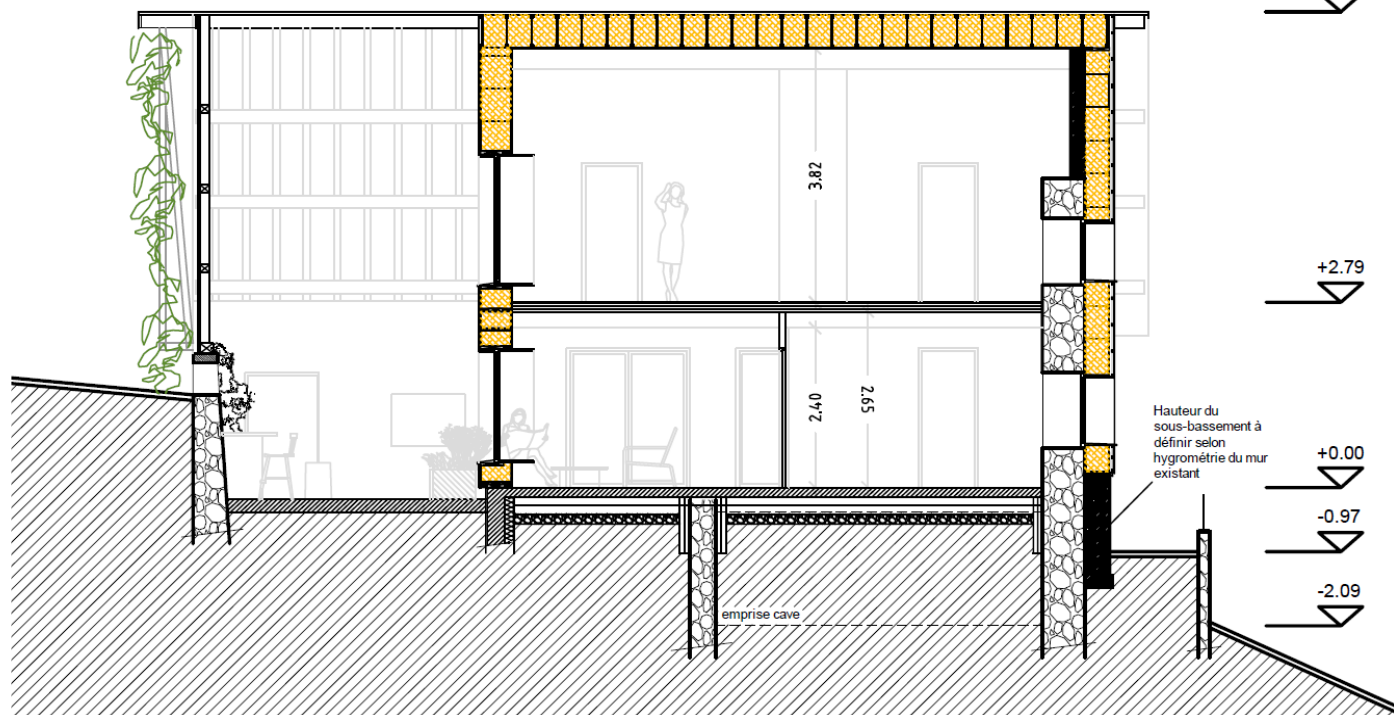
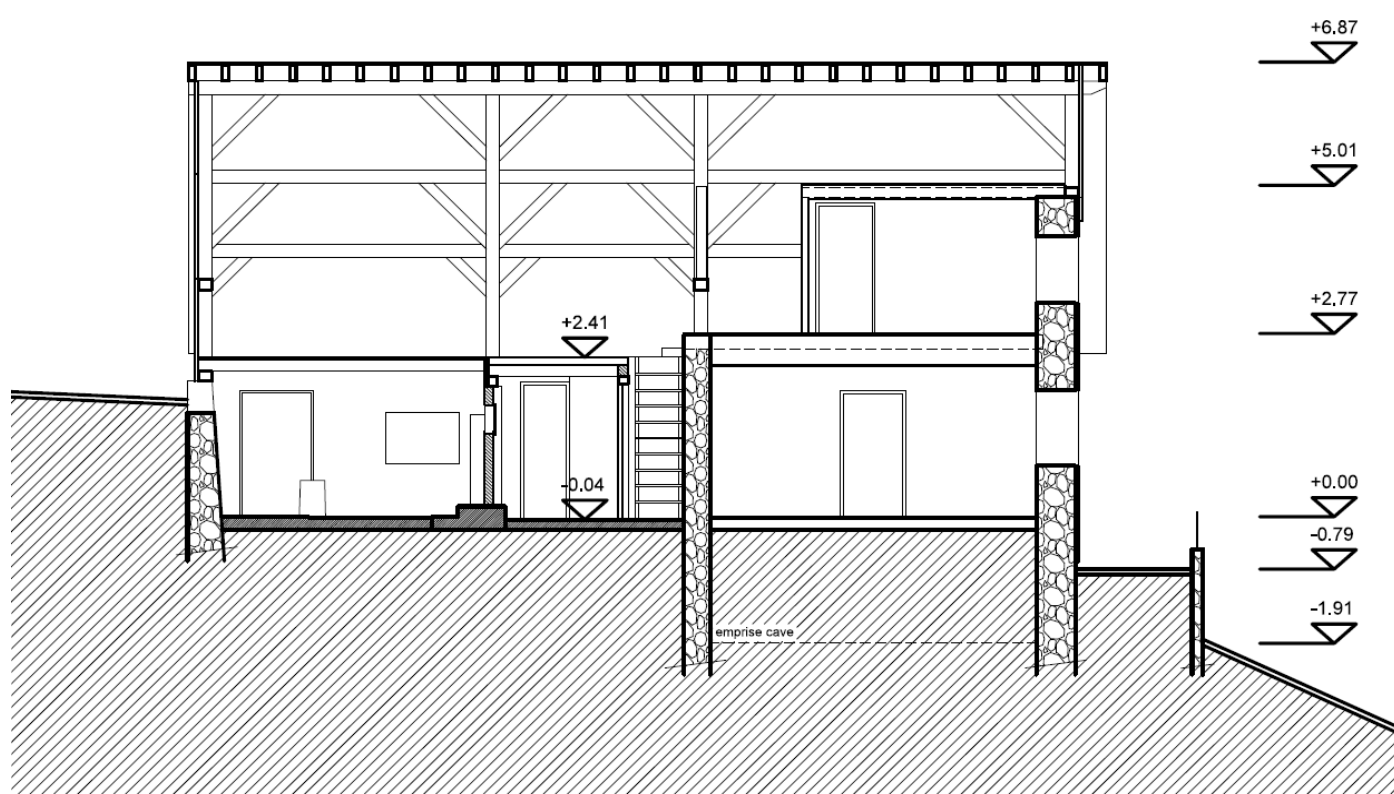


Ferme à St Maurice sur Moselle





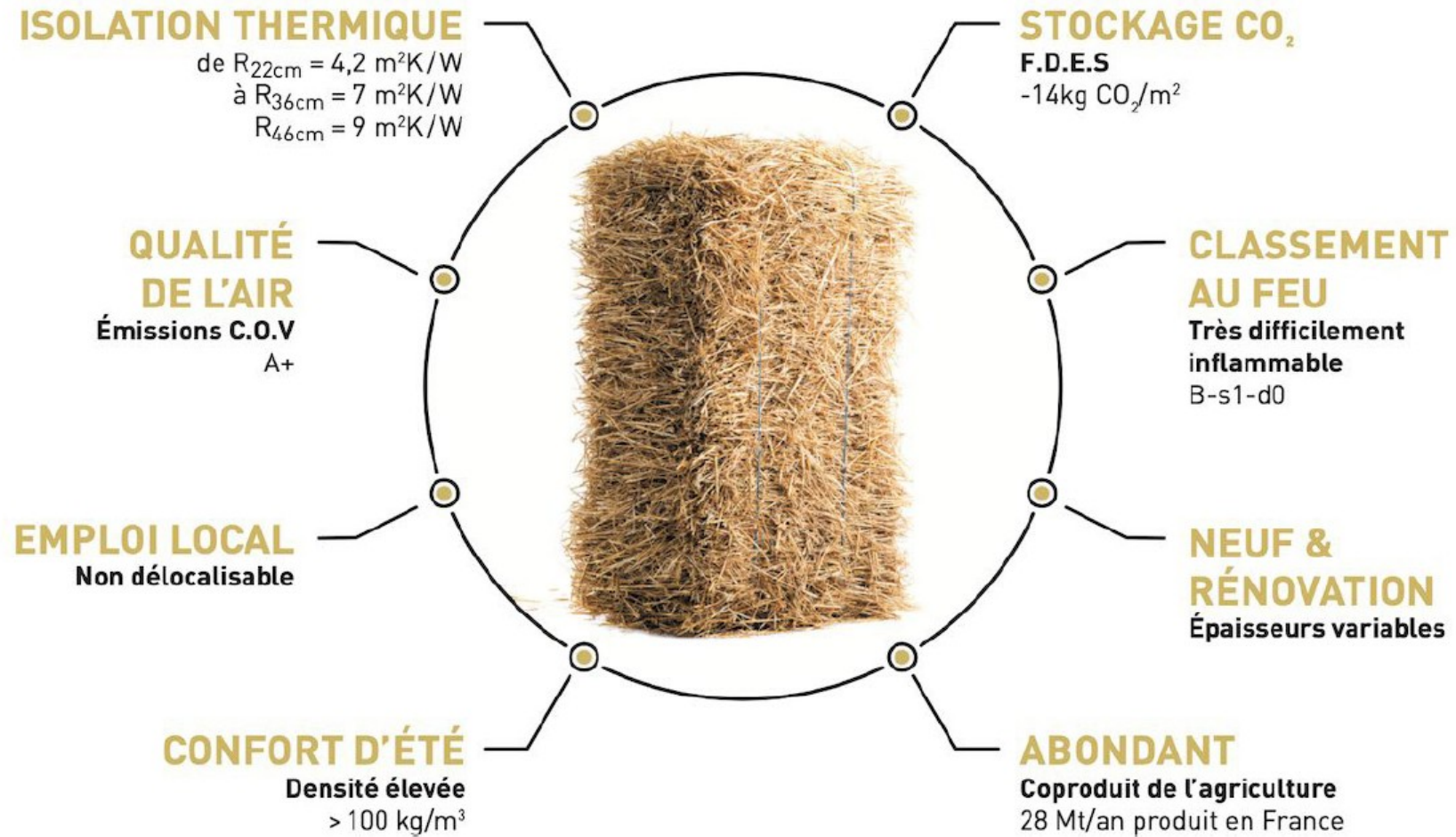








LES ATOUTS DE LA CONSTRUCTION EN PAILLE mais pas que



Source : Isol'en paille

Le déphasage thermique

Matériaux	Masse volumique (kg/m³)	Conductivité thermique (W/m.°C)	Capacité thermique volumique (Wh/m³.°C)	Epaisseur d'isolant en hiver pour R=7	Epaisseur d'isolant en été pour D=12 h
Botte de paille à chant	100	0,052	47	36 cm	30 cm
Botte de paille à plat	100	0,080	47	56 cm	35 cm
Laine de bois	55	0,040	31	28 cm	31 cm
Fibre de bois rigide	160	0,050	90	35 cm	20 cm
Ouate insufflée	60	0,038	31	27 cm	30 cm
Polystyrène expansé	10	0,035	3	25 cm	94 cm
Laine de verre	15	0,038	5	27 cm	76 cm
Parpaing de ciment	850	0,900	238	630 cm	53 cm
Bois résineux	400	0,120	158	84 cm	24 cm

Épaisseur en hiver : pour $R = 7 \text{ m}^2.\text{K/W}$

Epaisseur en été : pour un déphasage de 12 h

[Sommaire](#)

[1.1 Généralités](#)

[1.2 Grandeurs](#)

[1.3 Etanchéité à l'air](#)

[1.4 Vapeur d'eau](#)

[1.5 Conclusion](#)

Qui fait quoi??

Structure

Métier Constructeur paille



Filière sèche

Filière humide

Métier plaquiste /bardeurs

Métier enduiseurs

Qui fait Quoi?

Isolation paille

Gestion étanchéité à l'air

Gestion étanchéité à l'eau

Préparation du support sec ?

Isolants support d'enduit complémentaire

LES CONTRAINTES DU MARCHÉ PUBLIC

_contrainte TEMPS : Le délai de réalisation préconisé par le maître d'ouvrage

_contrainte DISPONIBILITE ENTREPRISE

_contrainte DISPONIBILITE PAILLE

_contrainte REGLEMENTAIRE : La couverture d'assurance décennale (Maîtrise d'oeuvre / entreprises), contrôleur technique, règles professionnelles paille

_PROFESSIONNELS COMPETENTS pour l'accompagnement du projet et la réalisation du chantier

_QUEL TECHNIQUE de construction paille est adaptée au marché public ?

_MOTIVATION et implication du maître d'ouvrage

LES CONTRAINTES GENERALES

_STOCKAGE

_DISPONIBILITE PAILLE

_CHOIX DES BONNES BOTTES

_CONNAISSANCES TECHNIQUES DES PERSONNES IMPLIQUEES

_ETANCHEITE A L'AIR

_COMPORTEMENT HYGROMETRIQUE D'UN ELEMENT DE CONSTRUCTION



LEPIR2

Partenaires/Adhérents



L'incendie qui autorise à construire en paille des ERP sur deux étages

Eric Leysens | 22/02/2010 | 11:34 | Matériaux

CSTB
de l'Etat en construction

62/65
Rapport d'essai n° 26021044



Vue des niveaux N+1 et N+2 (SUD)



Vue des niveaux N et N+1 (NORD)

N/Réf : EB/MT
D55F/26021044

D55F/IS(RAPPORT D'ESSAI)

CSTB
de l'Etat en construction

63/65
Rapport d'essai n° 26021044



Allège N+1 SUD après dépose de la paille



Allège N+1 NORD après dépose de la paille

N/Réf : EB/MT
D55F/26021044

D55F/IS(RAPPORT D'ESSAI)

Points de vigilance

Retour d'expériences de chantier :

Convection entre pare-pluie et botte et
rayonnement sur le pare-pluie qui s'échauffe
→ **Condensation** possible au niveau de la dernière
botte (si pas de lame d'air prévu)

L'eau liquide a ruisselé sur le
panneau et le montant a pris
l'eau





Vides entre montants et bottes de paille, chantier d'un groupe scolaire à proximité d'Arras (62)



PRO- PAILLE

LA FORMATION
AUX RÈGLES
PROFESSIONNELLES

**RÉSEAU FRANÇAIS
DE LA CONSTRUCTION PAILLE**
SCM Lejeune - 28, avenue Léon Blum
31 500 Toulouse / Tél. : 09 74 74 82 30
bureau.formation@rfcp.fr
www.rfcp.fr

**PLUS D'INFORMATION
SUR LE PROGRAMME DES FORMATIONS**



➔ www.rfcp.fr/formation-propaille



Construction en bottes de paille

Cadre réglementaire, normatif, technique et pédagogique

Pour qui ? Pourquoi ? Comment ?

Règles Professionnelles de la construction en paille
Remplissage isolant et support d'enduit

Règles CP 2012 révisées,
3ème édition – avril 2018



MERCI POUR VOTRE ATTENTION !

ASCENDENSE Architecture
3 chemin des oiseaux
88400 Gérardmer
T 09 62 09 18 99
ruthenberg.ascendense@orange.fr
bonne.ascendense@orange.fr