

Données sur la filière

Dernière mise à jour le 22/03/2022.

Sommaire

Les adhérents	2
Les dynamismes régionaux	4
Les Règles Pro	5
La formation	8
Les stagiaires	10
Focus sur les personnes au chômage ou en reconversion professionnelle	11
Commentaires des stagiaires	12
Les appels d'offre	14
La part de la paille dans les appels d'offre « à exigences »	15
Les dynamismes régionaux	16
Les exigences	17

Les adhérents

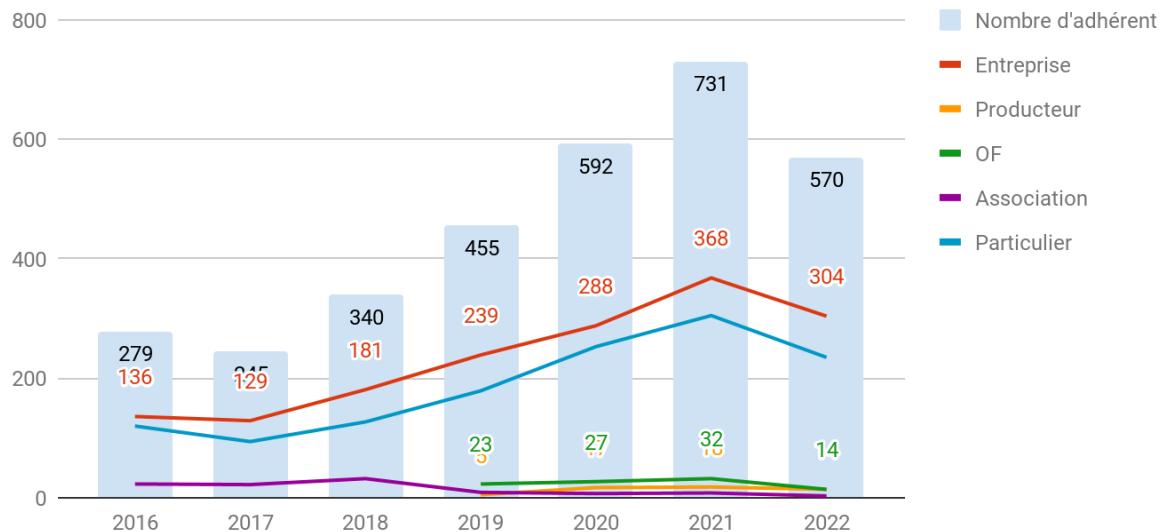


—

Données sur la filière « Paille »

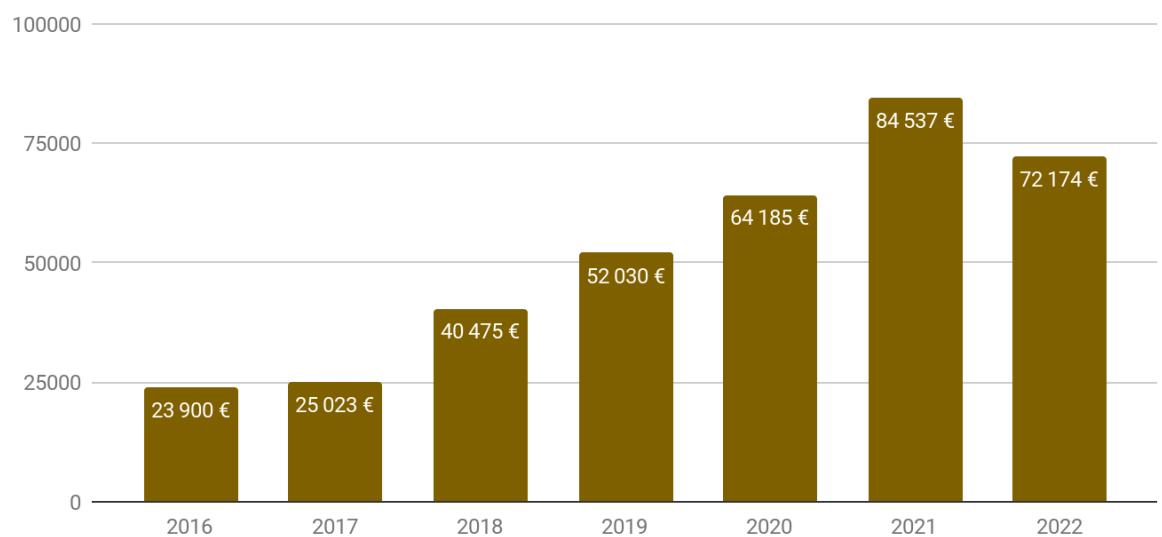
Le nombre d'adhérent est en croissance forte et régulière depuis 2018, comme le montre le graphique :

Nombre d'adhérents par statuts



Au niveau des cotisations, la croissance se confirme aussi :

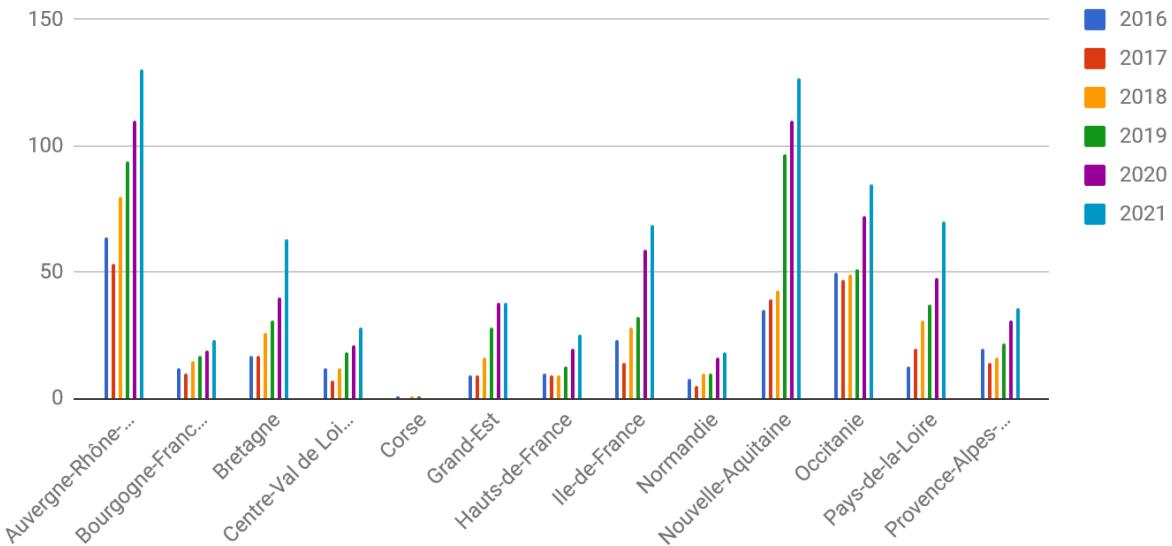
Montant des cotisations



Les dynamismes régionaux

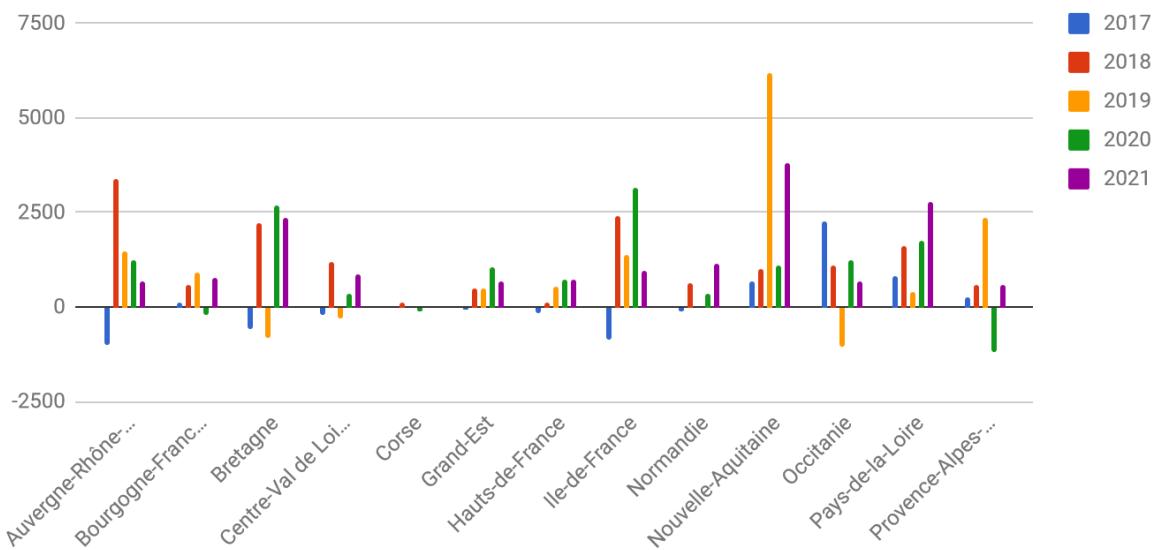
Voyons la répartitions des adhérents dans chaque région :

Nombre d'adhérents en régions



Enfin, comment les cotisations perçues évoluent dans chaque région :

Evolution des cotisations en régions



Les Règles Pro

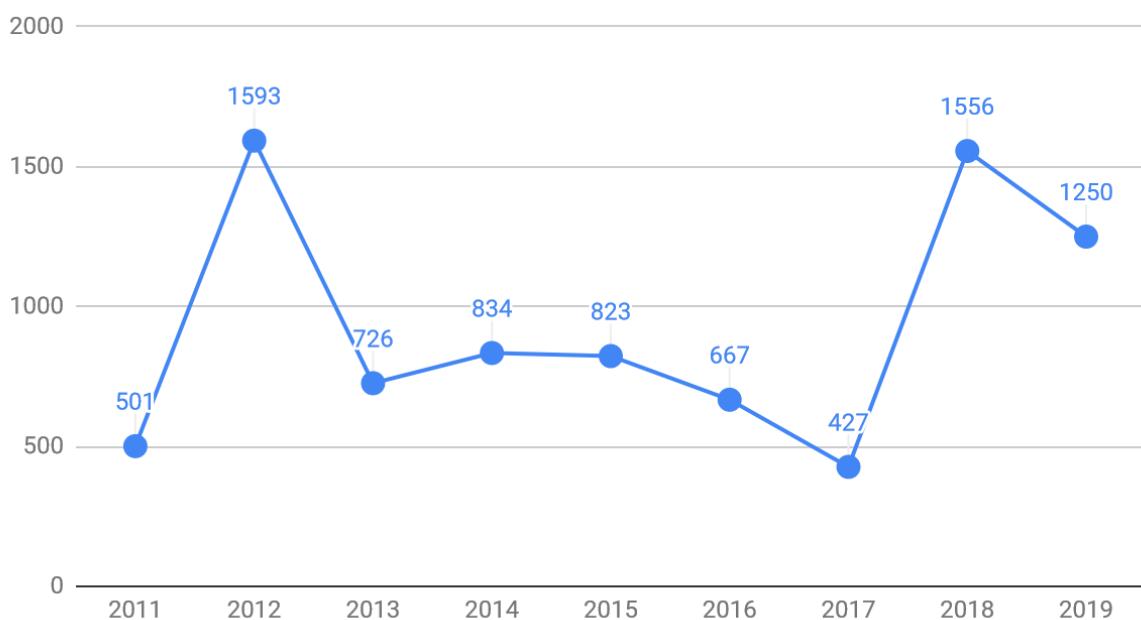


—

Données sur la filière « Paille »

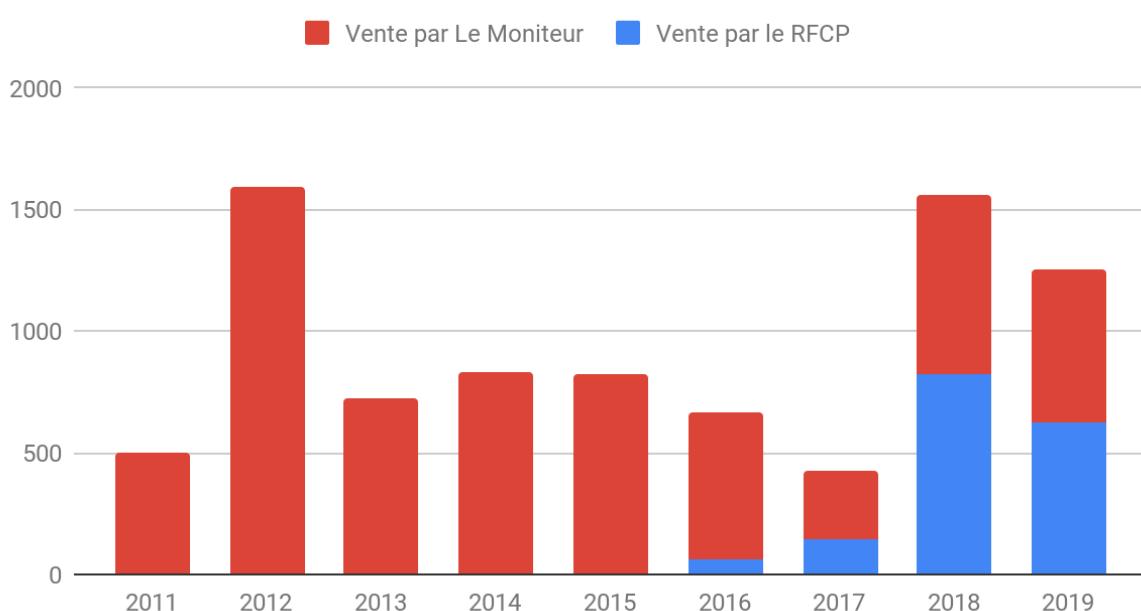
Les chiffres que nous avons à disposition s'arrêtent au 31 décembre 2019.
À cette date, il a été vendu 8377 exemplaires, toutes éditions confondues (versions 2011, 2014 et 2018).

Évolution de la vente de Règles Pro

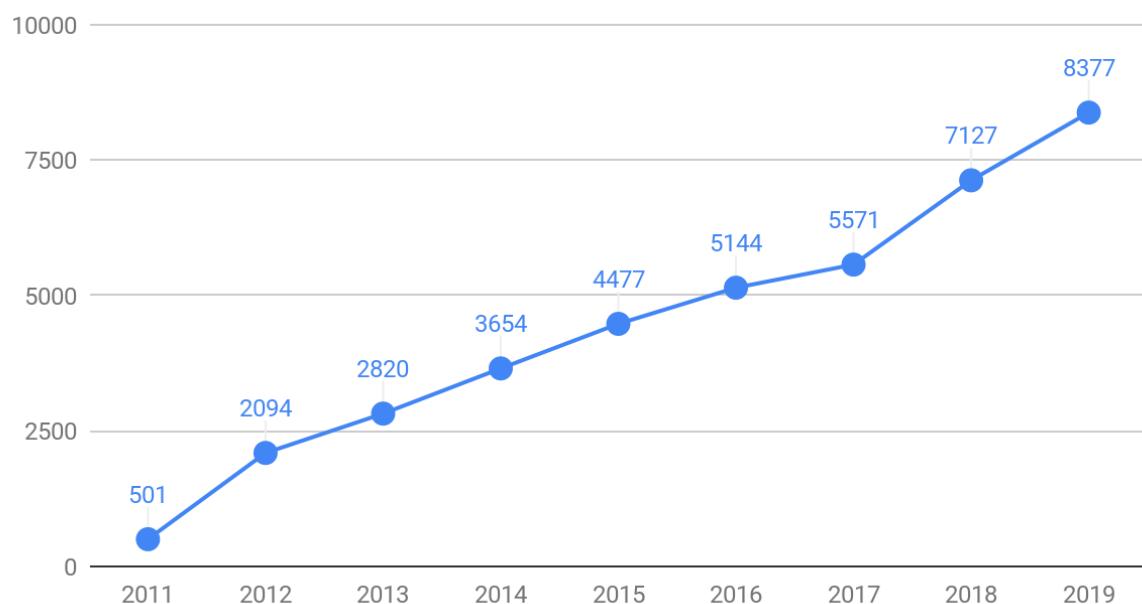


Le pic de 2018 correspond à la sortie de la 3ème édition.

Évolution de la vente de Règles Pro



Évolution cumulée de la vente de Règles Pro



La formation

—

Données sur la filière « Paille »

Depuis octobre 2011, 319 formations Pro-Paille ont été organisées, formant 3342 stagiaires dans 48 centres différents, grâce à une équipe de 63 formateur.trice.s.

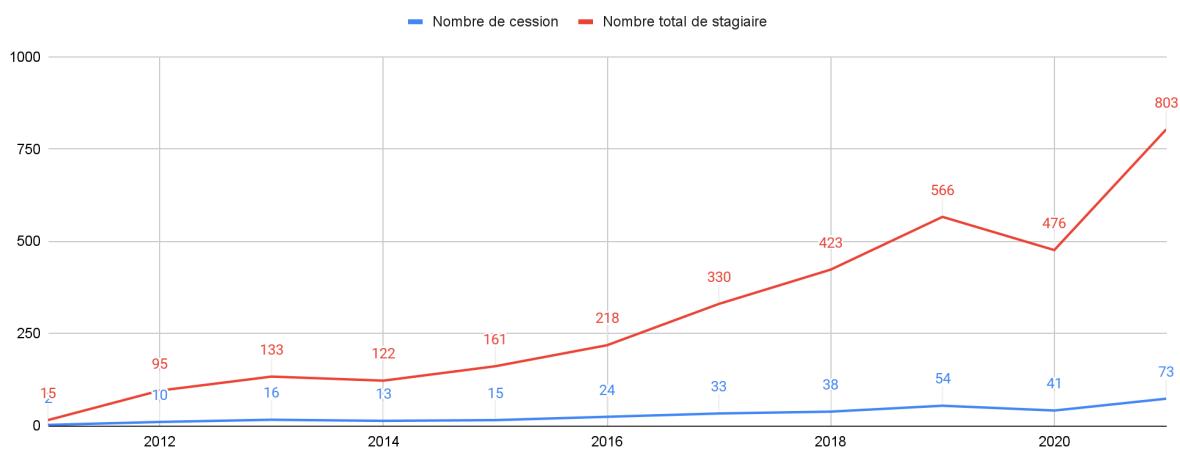
Sur les 3342 stagiaires, 3023 ont validé la formation, portant le taux de réussite à 90%.

La formation Pro-Paille est inclue dans 9 formations longues :

- Technicien BBC (Technicien Bâtiment Basse Consommation)
- OPEC (Ouvrier Professionnel en Écoconstruction)
- OEC (Ouvrier en Eco Construction)
- MTC (Maçon Terre Crue)
- CREB (Coordinateur en Rénovation Énergétique)
- COBO (Constructeur Bois)
- CEPEB/CECD (Chef.fe d'Équipe en Construction Durable)
- CAREB (Chargé d'Affaire en Rénovation Énergétique du Bâtiment)
- BTS SCBH (Système Constructif Bois et Habitat)

La formation Pro-Paille est aussi réalisée dans les parcours d'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture : à Marseille et à Lyon.

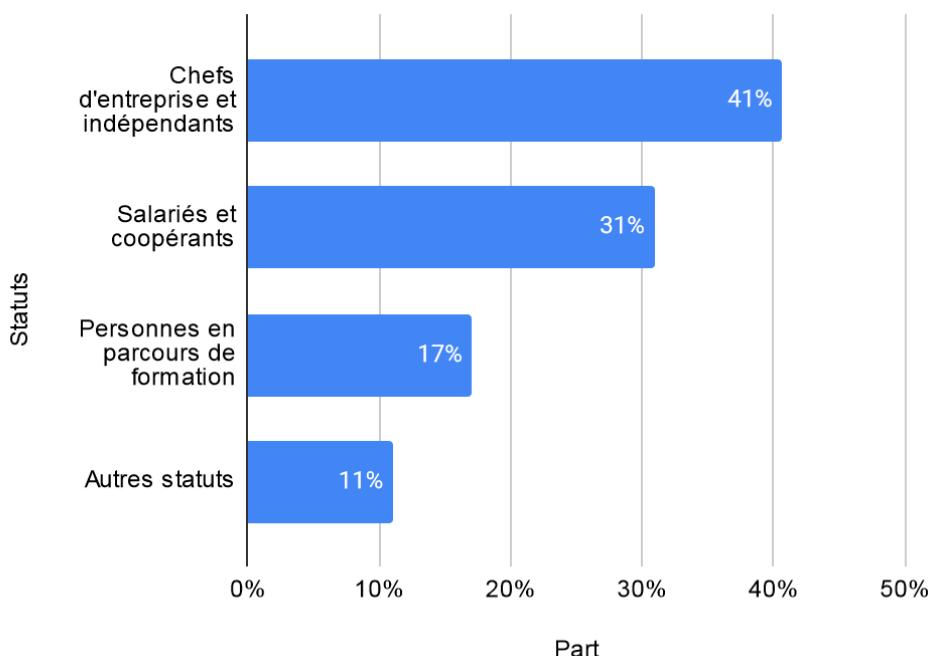
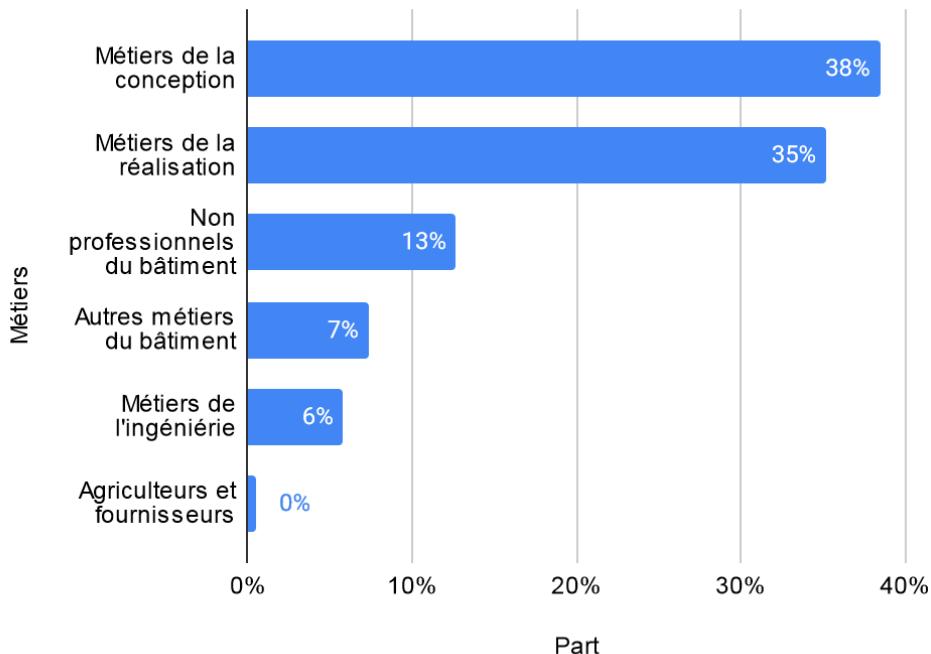
Évolution temporelle de la formation

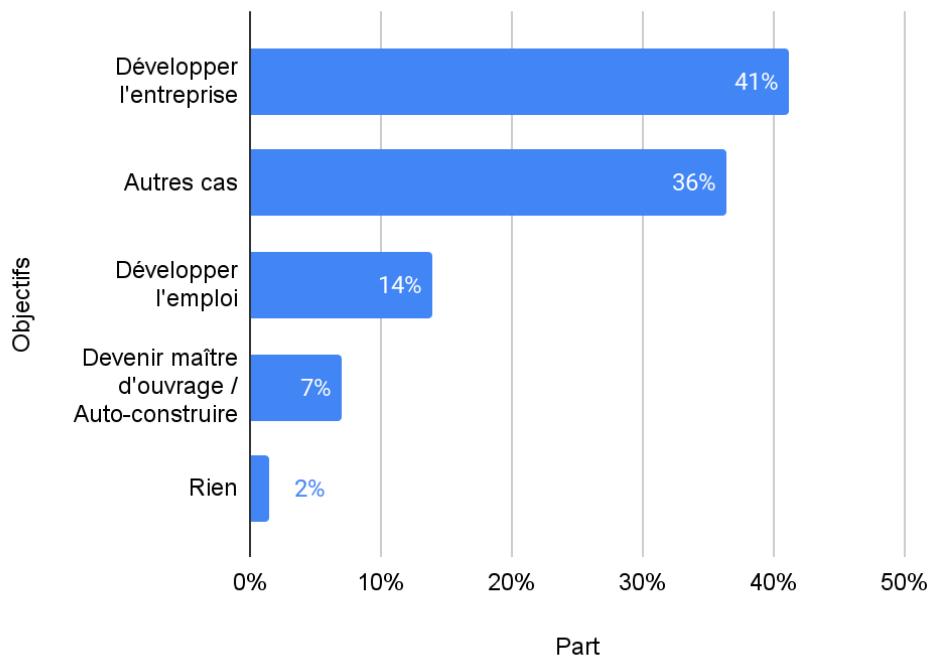


Les stagiaires

Voici des indicateurs sur les stagiaires : métiers, statuts et objectifs.

Ces statistiques se basent sur 28% des stagiaires (915 réponses sur 3324).





Focus sur les personnes au chômage ou en reconversion professionnelle

Parmi les stagiaires Pro-Paille :

- 166 sont à la fois au chômage et en reconversion professionnelle, soit 18% des effectifs.
- 104 sont au chômage et restent dans leur profession, soit 11% des effectifs.
- 81 sont en reconversion professionnelle tout en conservant leur emploi, soit 9% des effectifs.

Pour ces 351 personnes, représentant 38% du public de la formation Pro-Paille :

- 50 ont créé ou repris un entreprise, soit 31% de ce public.
- 37 sont sorties du chômage ou ont trouvé un premier emploi, soit 23% de ce public.

Commentaires des stagiaires

Martin P., Choisy-le-Roi (94), étudiant en architecture et stagiaire Pro-Paille en 2018 :

« C'est une excellente formation, j'ai appris davantage pendant la semaine que dure la Pro-Paille que pendant la troisième année d'étude d'architecture que je suivais alors. »

baptiste B., Aubenas (07), artisan charpentier et stagiaire Pro-Paille en 2014 :

« Formation en 2014, très dense et très complète. Associée aux Règles Pro, le parfait préalable pour me lancer dans l'autoconstruction de ma maison et la réorientation de mon activité de charpentier. »

Fanny S., Villeneuve-lès-Avignon (30), architecte et stagiaire Pro-Paille en 2018 :

« J'ai effectué la formation b dans le cadre de la formation OPEC. Ces formations d'éco-construction viennent compléter mon diplôme d'architecte, dans le but de mieux pouvoir concevoir des bâtiments construits avec ces matériaux. »

Félix S., Gerde (65), charpentier et stagiaire Pro-Paille en 2019 :

« Merci pour la qualité de la formation ! Merci pour votre travail pour faire avancer la construction paille ! »

Adelgund W., Crac'h (56), architecte et stagiaire Pro-Paille en 2017 :

« La formation m'a permis d'approfondir la connaissance de la technique, de connaître les règles à faire respecter par les entreprises de construction paille et de valider mes compétences vis-a-vis de l'assurance des architectes. »

Emmanuelle C., Salon-de-Provence (13), architecte et stagiaire Pro-Paille en 2015 :

« Cette formation a été un tournant pour moi ; Elle m'a permis de concrétiser ma démarche d'éco-conception et d'entrer en réseaux avec des artisans ... Merci ! »

Elsa J., Villejuif (94), architecte et stagiaire Pro-Paille en 2017 :

« La formation Pro-Paille était passionnante pour moi. Je l'ai combiné avec d'autres formations pour avoir un solide bagage en éco-construction. Ce savoir-faire a représenté une plus-value dans mes recherches d'emploi en tant qu'architecte. Belle continuation à toute l'équipe ! »

Mathieu L., Rosny-sous-Bois (93), ingénieur et stagiaire Pro-Paille en 2016 :

« Merci et bravo pour le travail fait par le RFCP sur la structuration de la filière ! »

Guy H., Louvain-la-Neuve (Belgique), formateur et stagiaire Pro-Paille en 2019 :

« Merci encore pour cette formation. Belge, je peux enfin appuyer mes propos sur le savoir acquis durant cette formation. Tout reste à faire, ici, en Belgique, pour donner à la Paille la place qu'elle mérite dans la construction contemporaine. »

Thibaut D., Montaud (38), menuisier et stagiaire Pro-Paille en 2020 :

« Très belle formation, bravo ! »

Florian G., Crest (26), ingénieur et stagiaire Pro-Paille en 2019 :

« Formation complémentaire la plus poussée et intéressante dans le cursus CEPEB à l'ASDER. »

Julien R., Pau (64), ingénieur et stagiaire Pro-Paille en 2019 :

« La formation tant attendue était à la hauteur de mes attentes. Je suis sur plusieurs projets où la paille intervient. »

Simon D., Lassigny (60), dessinateur/projeteur et stagiaire Pro-Paille en 2019 :

« Merci encore pour cette formation d'une grande qualité technique. »

Nicolas C., Saint-Alban (22), maçon et stagiaire Pro-Paille en 2016 :

« Cette formation m'a été très utile pour mieux comprendre le fonctionnement de l'enveloppe d'un bâtiment ! »

Éric L., Grand-Bourgtheroulde (27), formateur et stagiaire Pro-Paille en 2020 :

« Superbe formation avec des formateurs très compétents. »

Adrien D., Valence (26), dessinateur/projeteur et stagiaire Pro-Paille en 2019 :

« Formation super, formateur excellent, rien à redire. »

Guillaume S., Gerzat (63), conducteur de travaux et stagiaire Pro-Paille en 2012 :

« Vous faites du super travail, grâce à vous je vis de ma passion (construire des maisons paille) avec la décennale. Et nous sommes en train de nous agrandir... Merci à vous. »

Vincent L., Solre-le-Château (59), charpentier et stagiaire Pro-Paille en 2019 :

« Même connaissant déjà la construction paille, même déjà bien au fait de la conception en tant qu'ingénieur bois, j'ai beaucoup appris de cette formation. Un vrai contenu, avec de vrais formateurs expérimentés. J'en ressors très satisfait. »

Pascal V., Nîmes (30), architecte et stagiaire Pro-Paille en 2015 :

« Une très bonne formation et expérience que davantage d'architectes ou maitres d'œuvre devraient vivre et suivre. Bonne continuation à vous. »

David V., Saint-Aubin-de-Lanquais (24), architecte et stagiaire Pro-Paille en 2017 :

« La formation m'a permise de construire plusieurs bâtiments en paille (dont certains sur des marchés publics). »

Christophe N., Champagne-au-Mont-d'Or (69), conseiller en énergie et stagiaire Pro-Paille en 2019 :

« Merci pour vos actions en faveur de la construction et réhabilitation durable et vos formations très pro. »

Les appels d'offre



—

Depuis 2018, nous faisons une veille sur « à exigences » : *construction paille, matériaux biosourcés, matériaux locaux, passif, bepos, etc.*

Nous avons ainsi recensé

706

appels d'offre.

La part de la paille dans les appels d'offre « à exigences »

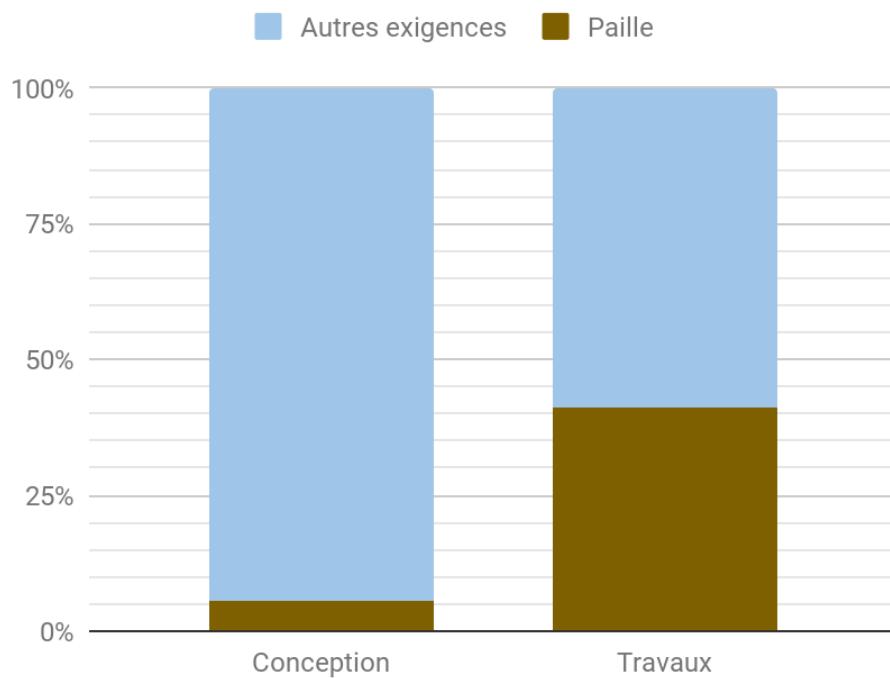
Si la paille est exigée rarement au stade du marché de conception (dans seulement 5,71%

des cas), les concepteurs font un travail remarquable puisque la paille est ensuite exigée dans plus de

41,29%

des marchés de travaux :

Répartition des appels d'offre

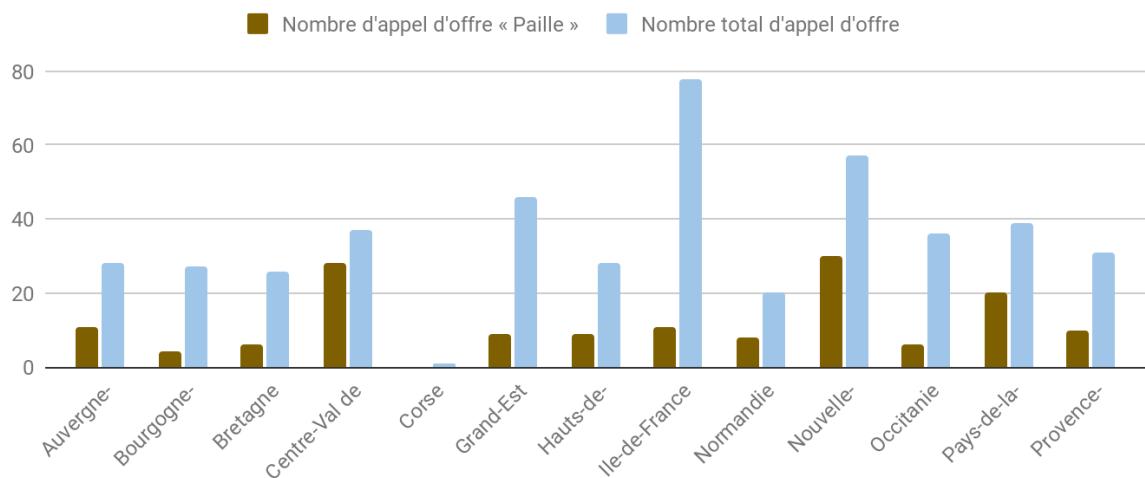


Les dynamismes régionaux

Dans les tableaux et graphiques suivants, ne sont pris en compte que les appels d'offre « Travaux » et « Conception-Réalisation ».

Classement par région

Ne sont pris en compte que les appels d'offre « Travaux » et « Conception-Réalisation »

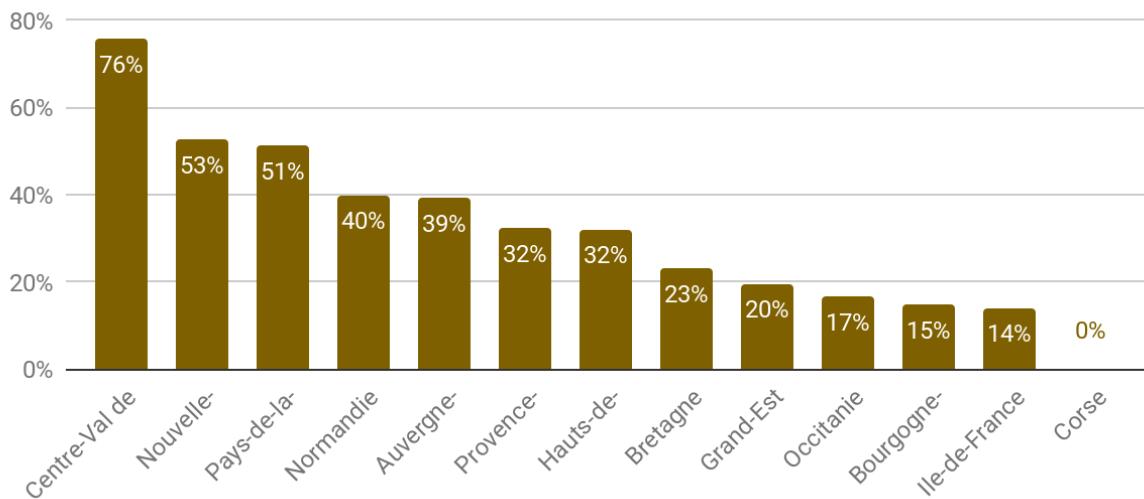


Région	Nombre d'appel d'offre « Paille »	Région	Nombre total d'appel d'offre
Nouvelle-Aquitaine	30	Ile-de-France	78
Centre-Val de Loire	28	Nouvelle-Aquitaine	57
Pays-de-la-Loire	20	Grand-Est	46
Auvergne-Rhône-Alpes	11	Pays-de-la-Loire	39
Ile-de-France	11	Centre-Val de Loire	37
Provence-Alpes-Côte d'Azur	10	Occitanie	36
Grand-Est	9	Provence-Alpes-Côte d'Azur	31
Hauts-de-France	9	Auvergne-Rhône-Alpes	28
Normandie	8	Hauts-de-France	28
Bretagne	6	Bourgogne-Franche-Comté	27
Occitanie	6	Bretagne	26
Bourgogne-Franche-Comté	4	Normandie	20
		Corse	1

Si maintenant on observe la part d'appel d'offre « Paille » parmi les appels d'offres « à exigences », on constate de grandes disparités :

Classement par région de la part d'appel d'offre « Paille » parmi les appels d'offres « à exigences »

Ne sont pris en compte que les appels d'offre « Travaux » et « Conception-Réalisation »



Les exigences

Enfin, voici les 10 exigences les plus récurrentes parmi les appels d'offres recensés :

Exigence	Nombre
Construction Bois/Paille	94
BEPOS	83
Matériaux biosourcés	52
E3C1	37
Construction Bois/Paille + enduits	28
Label bâtiment biosourcé	26
Développement durable	23
Construction Bois	19
Bepos	12
E+C-	12

Formateur

Luc Floissac, Conseiller environnemental chez [Eco-Etudes](#)

Livre chez Terre-vivante « [La construction en paille](#) »

Article « Le moniteur, [Cahier techniques du bâtiment – La construction en paille](#) »

Logiciel analyse en cycle de vie de bâtiments : [cocon-bim](#)

Associations nationales

Réseau Français de la Construction en Paille ([RFCP](#))

Centre National de la Construction Paille ([CNCP-Feuillette](#))

Association Européenne de construction en paille ([ESBA](#) – European Straw Building Association)

Forum de discussion international – [GSBN](#) (Global Straw Building Network discussion forum)

Histoire de la construction en paille

[Sandhills, Nebraska : le berceau de la construction en botte de paille](#)

[Maison Feuillette, 100 ans et pas un brin blanc.](#)

Paille porteuse

[Association Nebraska France](#)

[Straworks](#) (GB)

[Architecte Werner Schmidt](#) (Suisse)

Préfabrication en atelier de bâtiments en paille

<http://www.pailletech.be/>

<https://www.activ-home.com/>

<https://groupedl.fr/nos-savoir-faire/construction-bois/>

<https://www.bati-nature.fr/>

<https://charpentenatali.fr/>

<https://www.linkedin.com/in/jean-baptiste-pl%C3%A9nard/?originalSubdomain=fr>

Bottes fabriquées en atelier

<https://isolenpaille.com/>

<https://www.profibres.fr/>

ITE - Isolation thermique par l'extérieur

<https://topophile.net/savoir/des-bretelles-pour-un-manteau-de-paille/>

Panneaux de paille comprimée : Stramit

Paille hachée : Coopérative lelo

Bétons végétaux et terre crue <https://www.asterre.org/les-guides-de-bonne-pratique/>

Réalisations

Ecole à Bourgueil (37) <https://topophile.net/faire/fenetres-de-verite-sur-lecole/>

Ecole à Brangues (38) <https://topophile.net/faire/un-espace-novateur-en-milieu-rural/>

Crèche à Villereau (59) <https://topophile.net/faire/une-creche-en-avesnois-ou-les-bouts-de-bois-des-bouts-de-chou/>

Chai viticole à Puligny-Montrachet (21) <https://topophile.net/faire/biodynamie-du-climat-nait-la-cave/>

Coopérative à Stains (93) <https://topophile.net/faire/la-ferme-des-possibles-ou-de-la-serendipite/>

Lieu de rencontre, travail, hébergement à Paris (75) <https://topophile.net/faire/la-ferme-du-rail-ou-la-bienveillance-reciproque/>

Projets de recherche

- [UP STRAW](#) - Programme européen -Urban and Public buildings in Straw
- [ApproPaille](#) - Usage de la paille comme matériau isolant dans la construction
- [TERRACREA](#) - Matériaux de constructions biosourcés, ressources agricoles et forestières
- [BIOECONOMICS](#) - Matériaux biosourcés & développement économique des territoires
- [VALOMATBIO](#) - Valorisation des matériaux de construction biosourcés en fin de vie

Règles professionnelles de Construction en Paille

Règles CP 2012



Découverte du document
Aspects contractuels
Assurances



Cadre légal, réglementaire et normatif

□ 4 exigences:

- Respect de la réglementation
- Matériaux qualifiés et aptes à l'usage visé
- Respect de règles de conception et de mise en œuvre validées
- Personnel formé

□ Ces 4 exigences sont respectées via les règles CP 2012 !

2° édition (mars 2014): évolutions

- Amélioration lisibilité dans un objectif pratique et pédagogique ;
- Précisions techniques (texte et figures) ;
- Faciliter des calculs
- Correction de quelques coquilles ;
- Index plus riche

Table des modifications

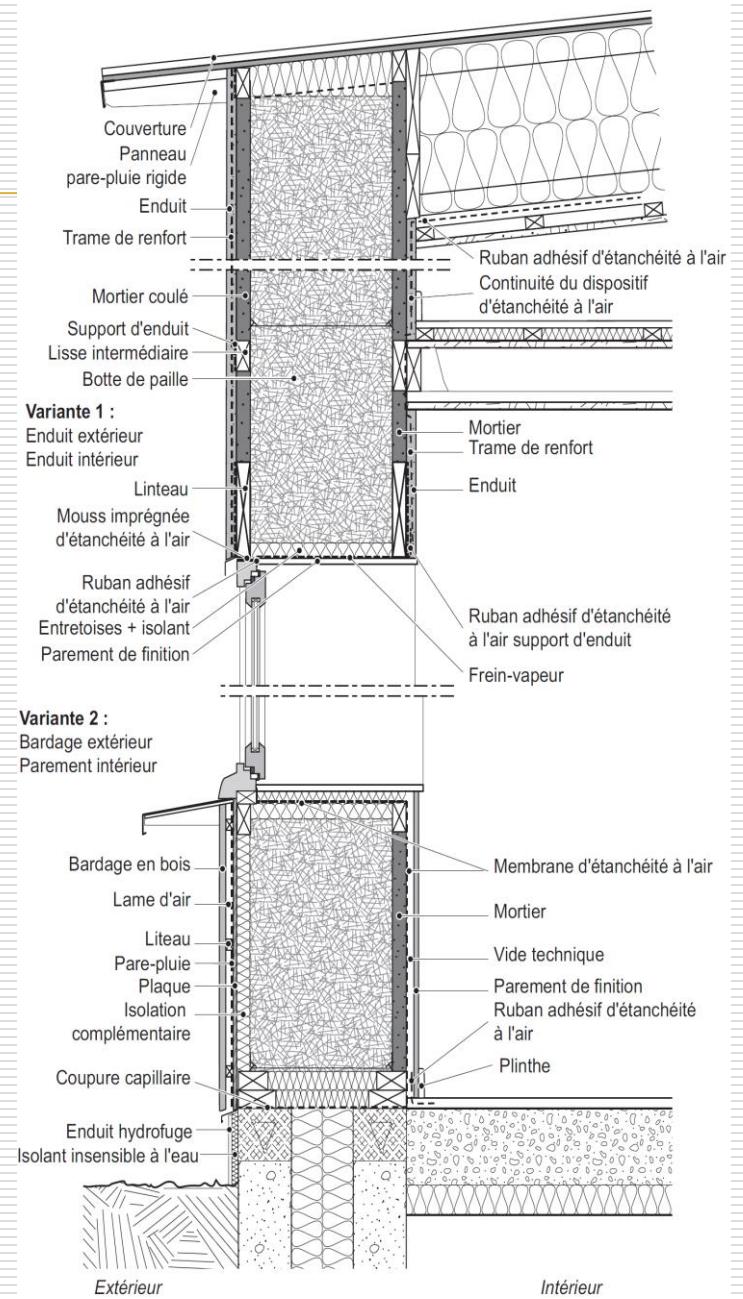
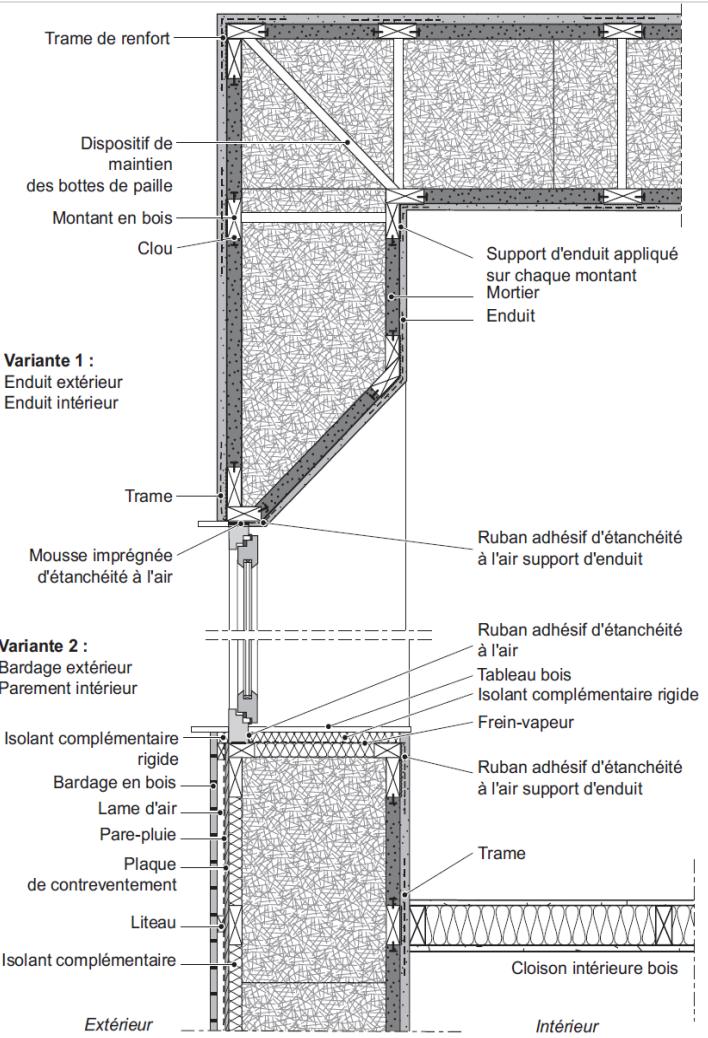
Auteurs.....	7-8
§ 1.2 Domaine d'application	17
§ 2.4 Liage	22
Fig. 2.3 Découpage d'une botte parallèlement aux bouts	27
Tab. 3.1 Facteurs influant sur les performances des murs remplis en bottes de paille	32
Tab. 3.2 Classification des revêtements extérieurs en fonction de la protection aux intempéries.....	32
Fig. 3.3 Préparation d'une botte de paille.....	36
Fig. 3.8 Croquis de principe de disposition de montants et bottes d'angles : montants centrés et contreventement assuré hors angles	40
§ 3.3.2.1 Sécurité feu incendie	44
Fig. 3.13 Exemple de liaison entre soubassement et paroi verticale : vue en coupe	45
Fig. 3.16 Gestion de l'étanchéité à l'air à l'interface entre lisse basse, soubassement et enduit intérieur : vue en coupe	51
§ 3.7.3 Parois perméables à la vapeur d'eau	54
Fig. 3.23 Différence extérieur/intérieur de résistance à la vapeur d'une paroi avec plaque extérieure enduite et enduit intérieur.....	56
§ 3.8.9 Parois horizontales (plafonds) isolées en bottes de paille	60
Fig. 3.32 Exemple de remplissage d'une ossature excentrée côté intérieur avec vide technique : vue en plan	68
Fig. 3.35 Exemple de remplissage « en tunnel » d'une double ossature secondaire enduite : vue en plan.....	70
Fig. 3.38 Exemple de remplissage d'une ossature traversante avec bardage et plaques de parement intérieur et extérieur : vue en plan.....	72

Fig. 3.40 Exemple de remplissage d'une ossature traversante avec vide technique : vue en plan.....	73
Fig. 4.1 Interface entre menuiserie et enduit : vue en coupe du linteau et de l'appui	84
Fig. 4.2 Interface entre menuiserie et enduit : vue en coupe du linteau et de l'appui	85
Fig. 4.4 Interface entre menuiserie et panneaux enduits : vue en coupe du linteau et de l'appui	87
Fig. 4.5 Interface entre menuiserie et panneaux enduits : vue en coupe du linteau et de l'appui	88
§ 4.3.4 Règles générales	98
§ 4.3.5 Réservations et passages dans la paille	98
§ 4.3.8 Travaux de fumisterie	102
Fig. 4.16 Conduit de cheminée dans une paroi en paille.....	102
Fig. 5.1 Représentation schématique des différentes couches d'enduits normalisés sur support paille	107
§ 5.1.8.3 Autres couches.....	108
Fig. 5.2 Exemple de mise en œuvre de mortier d'enduit coulé : vue en plan.....	109
Tab. 5.3 Récapitulatif des opérations pour la préparation des enduits en terre crue	114
Fig. 5.3 Représentation schématique des différentes couches d'enduits à base de terre sur support paille	115
§ 5.3.9.5 Conditions atmosphériques	115
Tab. 5.4 Délai entre la réalisation du corps d'enduit à l'argile et la couche de finition	116
§ 5.5.4 Protection des ouvrages en paille	120
§ A1.1.1 Qualité du matériau botte de paille	125
§ A1.3 Stockage et transport des bottes de paille	126-127
Fig. A1.1 Croquis de principe du stockage des bottes de paille à l'extérieur.....	127
Tab. A1.3 Masse volumique sur base sèche d'une botte de paille de 47 × 37 cm, pour une teneur en eau de 10 % environ.....	128
Tab. A1.4 Masse volumique sur base sèche d'une botte de paille de 47 × 37 cm, pour une teneur en eau de 15 % environ.....	129
Tab. A1.5 Masse volumique sur base sèche d'une botte de paille de 47 × 37 cm, pour une teneur en eau de 20 % environ.....	130
§ A2.3.2.1 Soubassements et fondations	135
§ A2.3.5 Contrôle de la qualité de mise en œuvre des plaques de parement ou des bardages sur les parois verticales isolées en bottes de paille	137
§ A2.3.6 Contrôle de la gestion de la vapeur d'eau et de l'hygrométrie	138
Annexe A5 Coefficient à la diffusion de vapeur d'eau μ	151-152
Annexe A6 Calcul du S_d (épaisseur d'air équivalente pour la diffusion de la vapeur d'eau) d'un parement.....	153-163

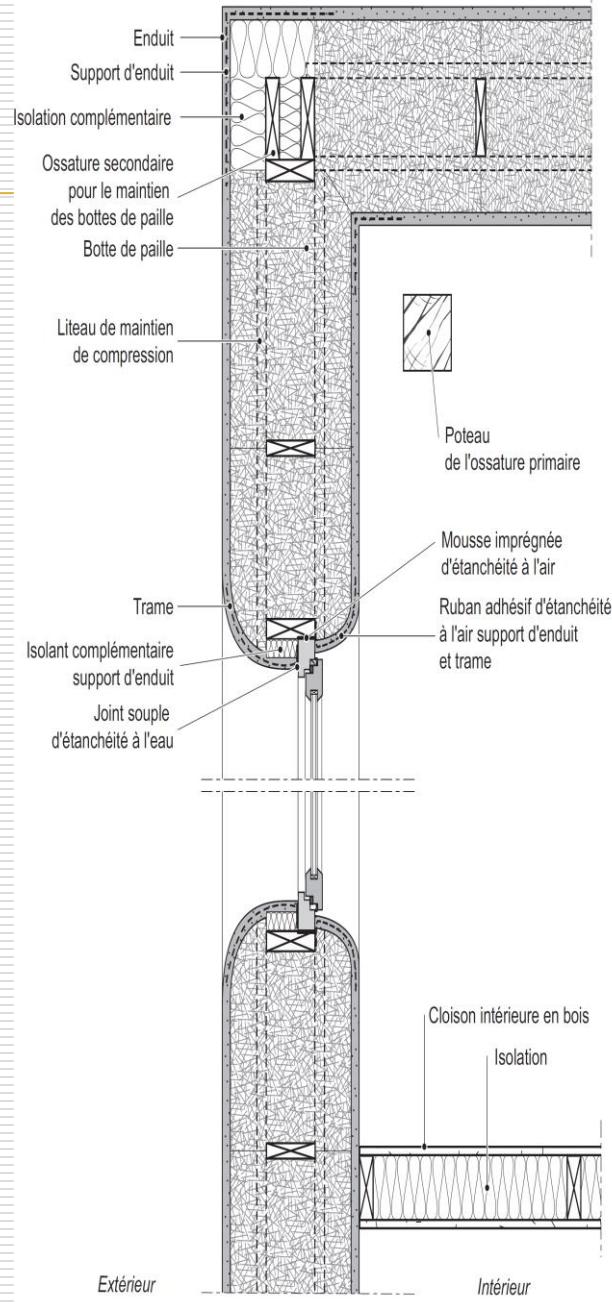
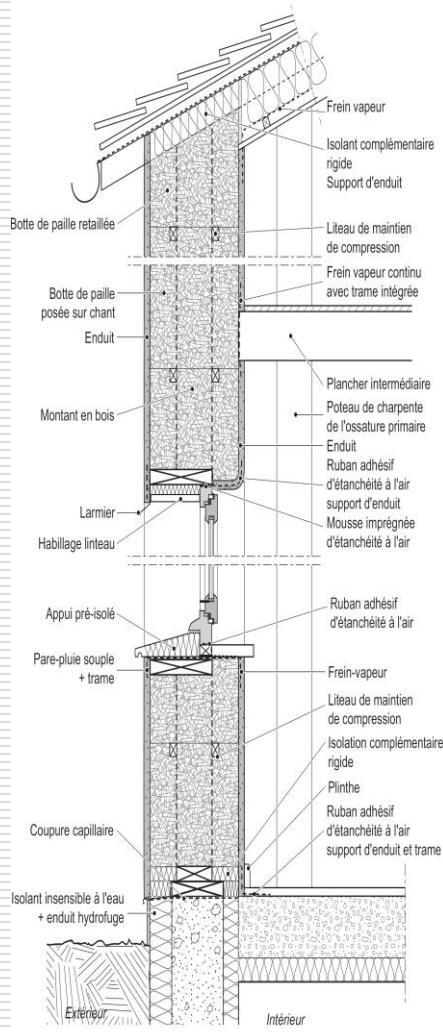
3^e édition (avril 2018) : évolutions

§ 1.2	Domaine d'application	23
Tab. 1.1.	Classement à l'humidité des bâtiments susceptibles d'être isolés en paille	24
§ 2.4.3	Stockage	
§ 3.1.3	Conditions climatiques	
Fig. 3.2.	Durée de m... et sa localis...	
§ 3.1.4	Adaptation	
Tab. 3.2.	Revêtement	
§ 3.1.5	Sécurité so...	
§ 3.3	Gestion de	
Fig. 3.3.	Cas d'école	
Fig. 3.4.	Cas d'école	
§ 3.4.1	Généralités	
Fig. 3.9.	Différence d'une paroi	
	Fig. 3.10. Différence entre extérieur et intérieur d'une paroi avec parement (bardage, tuiles, etc.) à l'extérieur et à l'intérieur	
	Fig. 3.11. Différence entre extérieur et intérieur d'une paroi avec enduit à l'extérieur et à l'intérieur	
	Fig. 3.12. Différence entre extérieur et intérieur d'une paroi avec plaque enduite à l'extérieur et à l'intérieur	
	Fig. 3.13. Différence entre extérieur et intérieur d'une paroi avec parement (bardage, tuiles, etc.) et enduit à l'intérieur	
	Fig. 3.19. Exemple de liaison entre soubassement et mur vue en coupe	
	§ 3.6.5.2 Garde au sol côté intérieur au rez-de-chaussée	
	§ 3.6.5.3 Garde au sol à l'étage côté intérieur	
	Tab. 4.1. Nomenclature des dispositions des bottes	
	§ 4.1.7 Pose des bottes	
	Fig. 4.2. Exemples de mise en œuvre de bottes	
	Fig. 4.3. Découpe d'entailles dans des bottes	
	Fig. 4.5. Exemples de redimensionnement d'une paroi	
	§ 4.1.7.2 Maintien des bottes (prévention du tassement)	
	Fig. 4.8. Exemple de compression des bottes dans lesquelles elles sont fermées par des panneaux	
	Fig. 4.9. Exemple de compression verticale avec anti-déversement	
	Fig. 4.10. Exemples de parois isolées en paille	
	§ 4.2.2 Choix du système constructif	
	Tab. 4.3. Principales combinaisons d'ossatures et de parements	
	Fig. 4.12. Exemples de coupes horizontales d'angle avec ossature simple désaxée vers l'extérieur	
	Fig. 4.13. Exemple de coupe horizontale d'une paroi désaxée vers l'extérieur	
	Fig. 4.14. Exemple de coupe verticale d'une paroi vers l'extérieur	
	Fig. 4.15. Exemple de coupe horizontale d'une paroi avec ossature simple désaxée vers l'intérieur	
	Fig. 4.16. Exemple de coupe verticale d'une paroi avec ossature simple désaxée vers l'intérieur	
	Fig. 4.17. Exemple de coupe verticale d'une paroi avec double ossature externe (en tunnel)	
	Fig. 4.18. Exemple de coupe horizontale d'une paroi avec double ossature externe (en tunnel)	
	§ 4.2.4.1 Domaine	
	Fig. 4.21. Principaux types de montants utilisables dans des caissons	
	§ 4.2.4.5 Conception et fabrication des caissons	
	Fig. 4.22. Croquis de principe d'un caisson autoporteur	
	Fig. 4.23. Croquis de principe d'un caisson à double ossature	
	Fig. 4.24. Croquis de principe d'un caisson en lamellé-collé filant	
	§ 4.2.5 Systèmes périphériques à la structure	
	Fig. 4.25. Poteaux-poutres et enveloppe : avantages et inconvénients	
	Fig. 4.26. Exemple de coupe horizontale d'une paroi avec ossature légère centrale non porteuse	
	Fig. 4.27. Exemple de coupe verticale d'une paroi avec ossature légère centrale non porteuse	
	§ 4.2.5.4 Parois comprimées	
	§ 4.3 Ponts thermiques et points singuliers	
	Tab. 4.4. Exemples de calculs d'épaisseur pour différents isolants	
	§ 5.2.3 Principes généraux de conception vis-à-vis de la lumière naturelle	
	Tab. 5.1. Type d'occultation conseillé en fonction du type de structure	
	Fig. 5.3. Exemple d'insertion d'un volet coulissant dans une ossature décentrée vers l'extérieur : coupe verticale de principe	
	§ 5.4.4.3 Fixation depuis l'extérieur	
	Fig. 5.9. Exemple de fixations extérieures : pattes de fixation	
	Fig. 5.10. Exemples de fixations extérieures : joint, solin, arrêts de volets	
	§ 6.1.8.5 Délais entre couches d'enduit	
	§ 6.3.8.5 Conditions atmosphériques	
	§ A1.2 Contrôle des bottes de paille	
	§ A1.3 Tables simplifiées de calcul de la masse volumique de bottes de paille	
	Tab. A1.3. Masse volumique sur base sèche d'une botte de paille de 47 × 37 cm pour une teneur en eau de 10 % environ	80
	Tab. A1.4. Masse volumique sur base sèche d'une botte de paille de 47 × 37 cm pour une teneur en eau de 15 % environ	81
	Tab. A1.5. Masse volumique sur base sèche d'une botte de paille de 47 × 37 cm, pour une teneur en eau de 20 % environ	146
	§ A6.2.2 Enduit à la chaux sur fibre de bois à l'extérieur et plaque à l'intérieur	172
	Fig. A6.2. Différence entre extérieur et intérieur de résistance à la vapeur d'une paroi avec plaque enduite à l'extérieur et plaque à l'intérieur	172
	§ A6.2.3 Agepan DWD sous bardage ventilé à l'extérieur et plaque à l'intérieur	173
	Fig. A6.3. Différence entre extérieur et intérieur de résistance à la vapeur d'une paroi avec parement (bardage, tuiles, etc.) ventilé et plaques à l'extérieur et à l'intérieur	173
	§ A6.2.4 Enduit à la chaux à l'extérieur et plaque à l'intérieur	174
	Fig. A6.4. Différence entre extérieur et intérieur de résistance à la vapeur d'une paroi avec enduit à l'extérieur et plaque à l'intérieur	174
	§ A6.2.5 Enduit à la chaux sur panneaux de fibre de bois à l'extérieur et enduit de terre à l'intérieur	175
	Fig. A6.5. Différence entre extérieur et intérieur de résistance à la vapeur d'une paroi avec plaque enduite à l'extérieur et enduit à l'intérieur	175
	§ A6.2.6 Agepan DWD sous bardage ventilé à l'extérieur et enduit de terre à l'intérieur	176
	Fig. A6.6. Différence entre extérieur et intérieur de résistance à la vapeur d'une paroi avec parement (bardage, tuiles, etc.) ventilé à l'extérieur et enduit à l'intérieur	176
	Annexe A8 Durée de mouillage des façades selon leur exposition et leur localisation en France	183
	Fig. A8.1. Durée de mouillage d'une façade (jours/an) selon son exposition et sa localisation en France	183
	Fig. A8.2. Durée de mouillage d'une façade (jours/an) selon son exposition et sa localisation en France – Quart nord-ouest	185
	Fig. A8.3. Durée de mouillage d'une façade (jours/an) selon son exposition et sa localisation en France – Quart nord-est	186
	Fig. A8.4. Durée de mouillage d'une façade (jours/an) selon son exposition et sa localisation en France – Quart sud-ouest	187
	Fig. A8.5. Durée de mouillage d'une façade (jours/an) selon son exposition et sa localisation en France – Quart sud-est	188

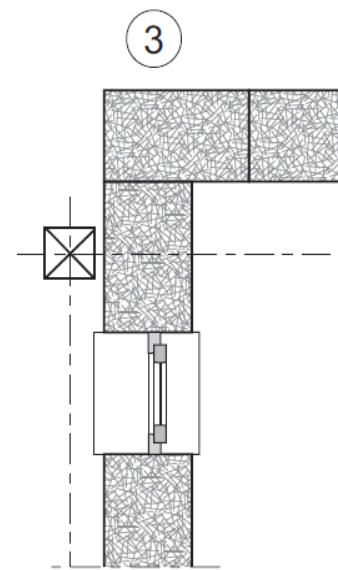
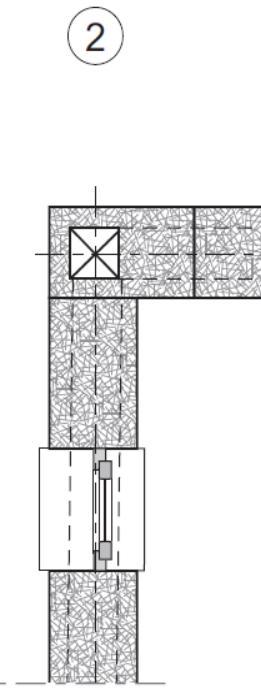
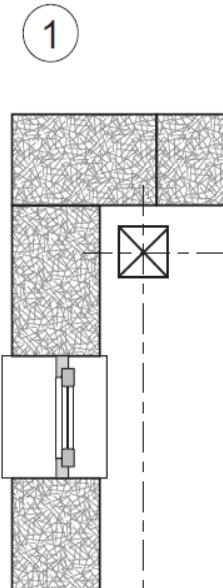
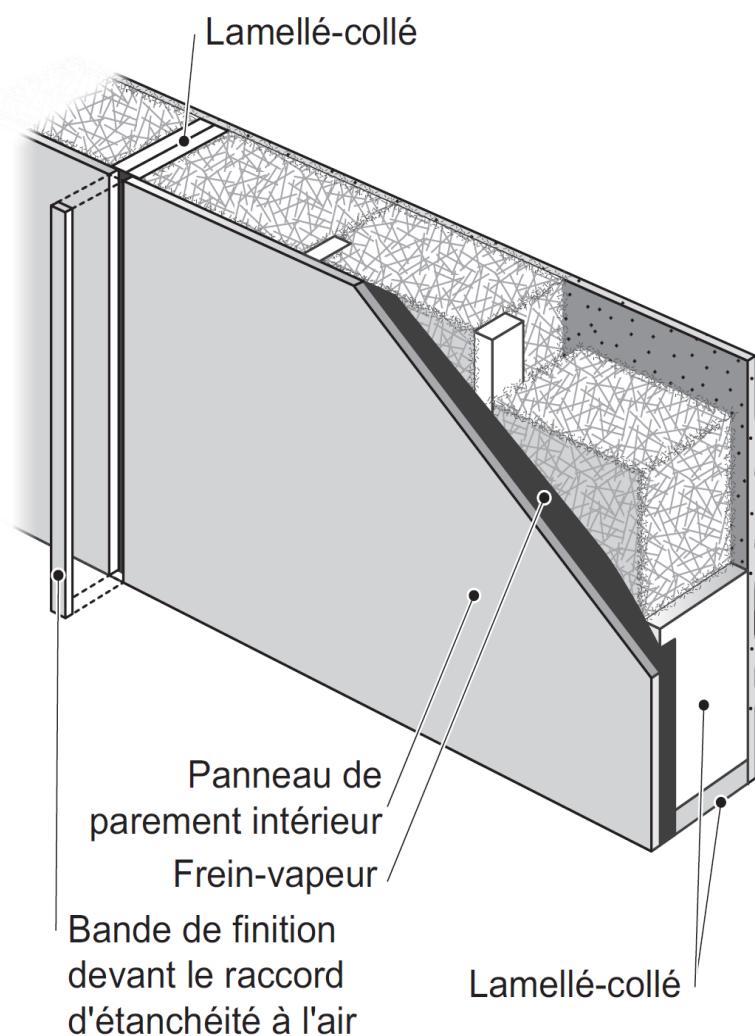
3° ed Syst/ constructifs



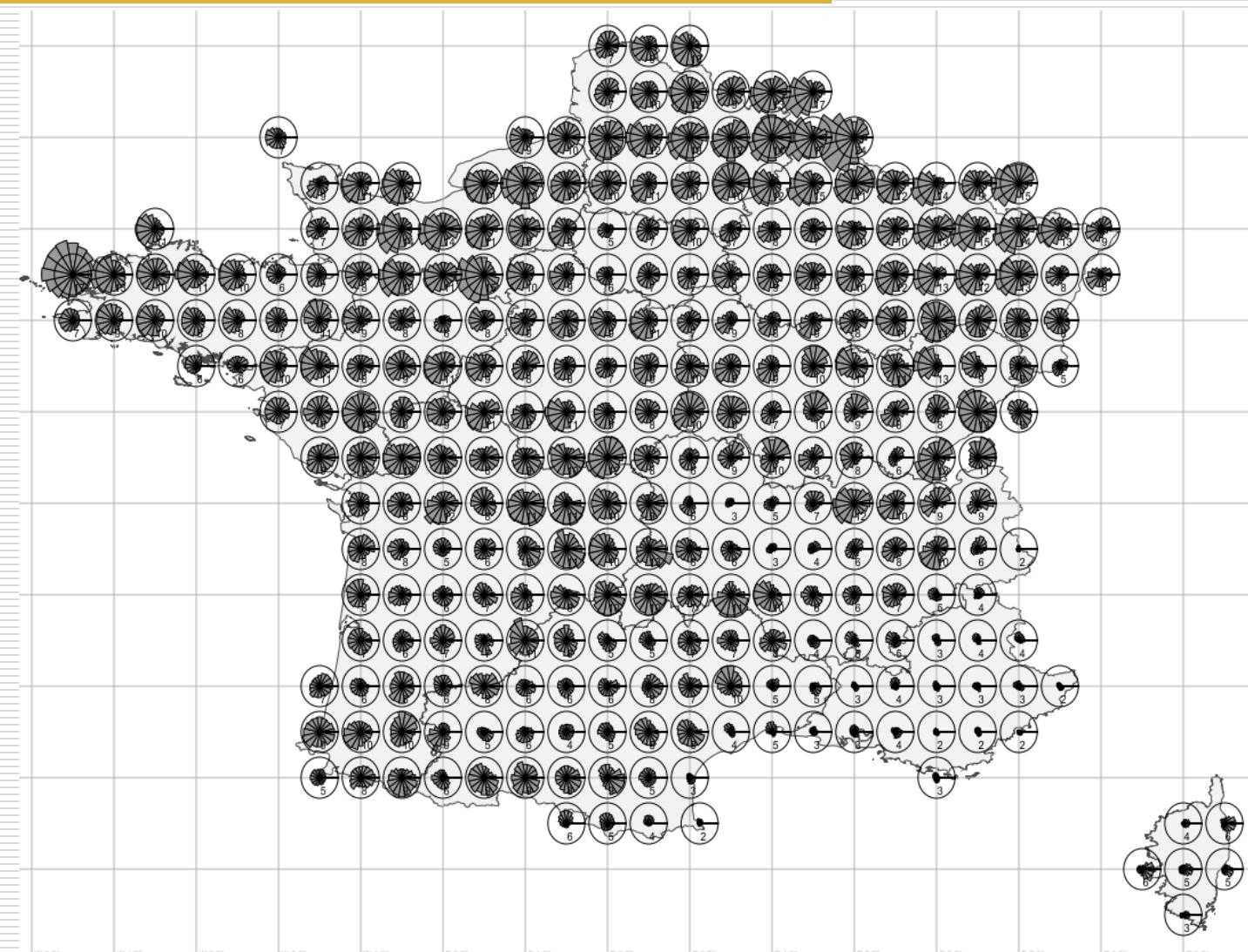
3° ed. plus de détails



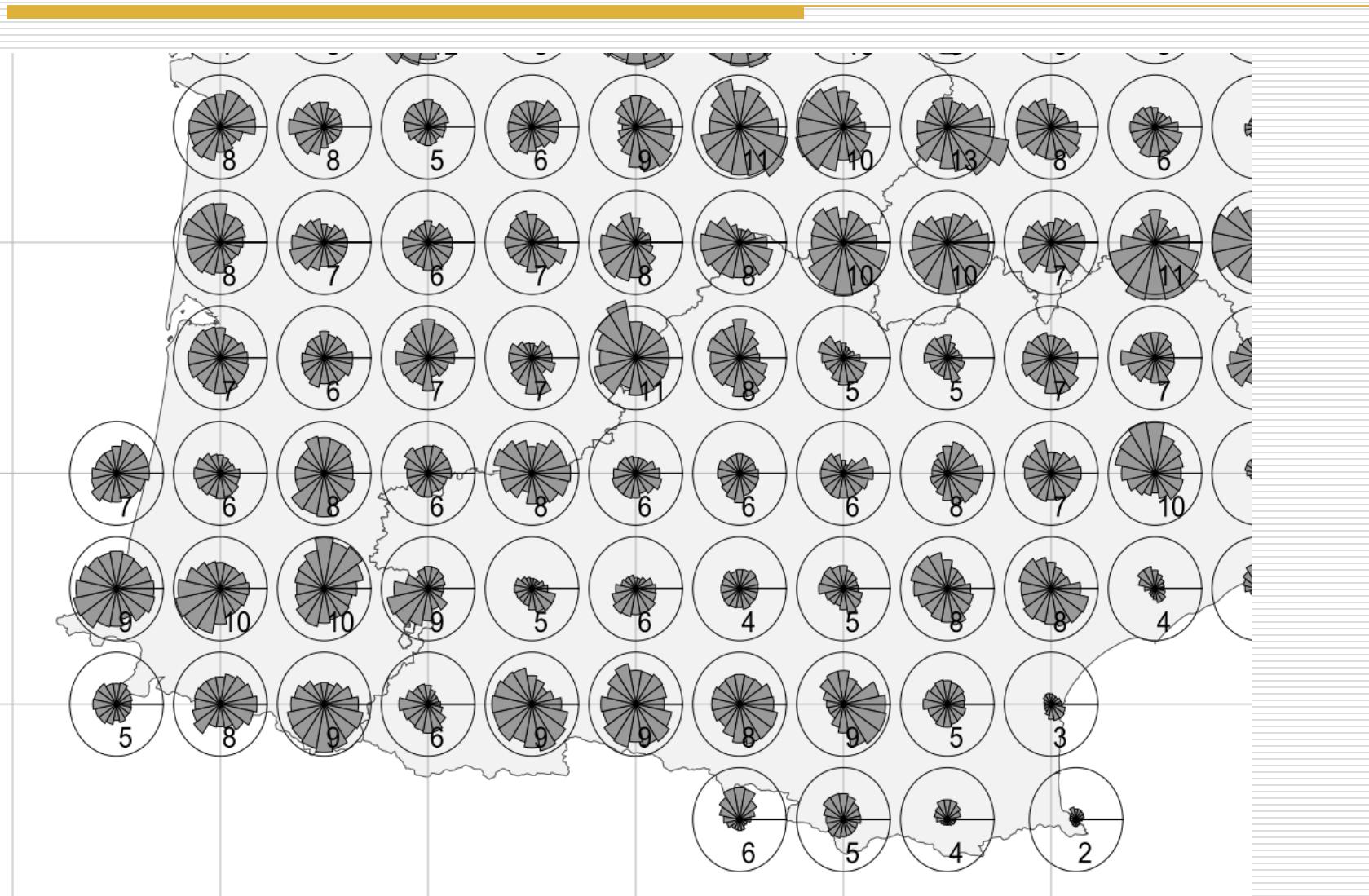
3° ed. plus de croquis



Nouveautés: durée de mouillage d'une façade (jours/an) selon son exposition et sa localisation en France



Durée de mouillage d'une façade (jours/an) selon son exposition et sa localisation en France



Organisation du document

PARTIE 1	Règles professionnelles	15
CHAPITRE 1	Généralités	17
CHAPITRE 2	Propriétés du matériau botte de paille	
CHAPITRE 3	Techniques constructives	
CHAPITRE 4	Ouvrages connexes	
CHAPITRE 5	Revêtements	
PARTIE 2	Annexes	123
Annexe A1	Cahier des charges pour l'utilisation de bottes de paille dans la construction	125
Annexe A2	Procédure de contrôle de la qualité de mise en œuvre de la paille	133
Annexe A3	Procédure de validation de la maîtrise des tensions au séchage d'enduits à base d'argile	141
Annexe A4	Procédure de validation de tenue au cisaillement d'enduits	145
Annexe A5	Coefficient à la diffusion de vapeur d'eau μ	151
Annexe A6	Calcul du Sd (épaisseur d'air équivalente pour la diffusion de la vapeur d'eau) d'un parement	153
Annexe A7	Résultats et procès-verbaux d'essais	165

Domaine d'application (1)

- Mise en œuvre de la paille
 - Matériaux paille pour la construction
 - Remplissage isolant
 - Thermique
 - Acoustique
 - Support d'enduit
 - Liant hydraulique
 - Liant à base d'argile

Domaine d'application (2)

- France métropolitaine
- Bâtiments (y compris ERP)
 - Dont dernier plancher < 8 m
 - Maisons / logements collectifs
 - Locaux commerciaux
 - Lieux de travail
 - Bâtiments agricoles
- Classe faible ou moyenne hygrométrie (EA, EB, EB+ privatifs)
- Enduits extérieurs : niveau R+2 max.

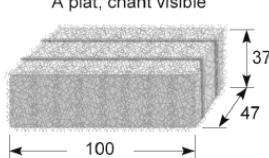
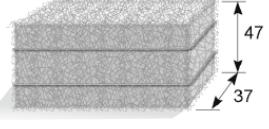
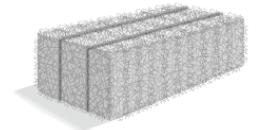
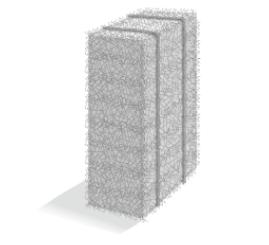
Propriétés du matériau

- Récolte
- Conditions
 - Bottelage
 - Stockage
 - Mise en oeuvre

Tab. 2.1. Teneur en eau sur poids sec de la paille

Teneur en eau sur poids sec de la paille (%)	Bottelage	Stockage	Mise en œuvre
< 20	Oui	Oui	Oui
De 20 à 30	Oui	Déconseillé (1)	Non
> 30	Non	Non	Non

(1) Les bottes de paille sont laissées dans le champ jusqu'à diminution suffisante du taux d'humidité.

Partie de la botte de paille visible au premier plan	Avantages	Inconvénients
	<ul style="list-style-type: none"> - Facilite : <ul style="list-style-type: none"> - 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
	<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
	<ul style="list-style-type: none"> - Régularité de l'entraxe de l'ossature - Rapidité de mise en œuvre - Facilitation de la réalisation des angles - Calepinage serré - Préfabrication facilitée 	Fixation des bottes plus délicate dans le cas d'une ossature non traversante
	<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
	<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

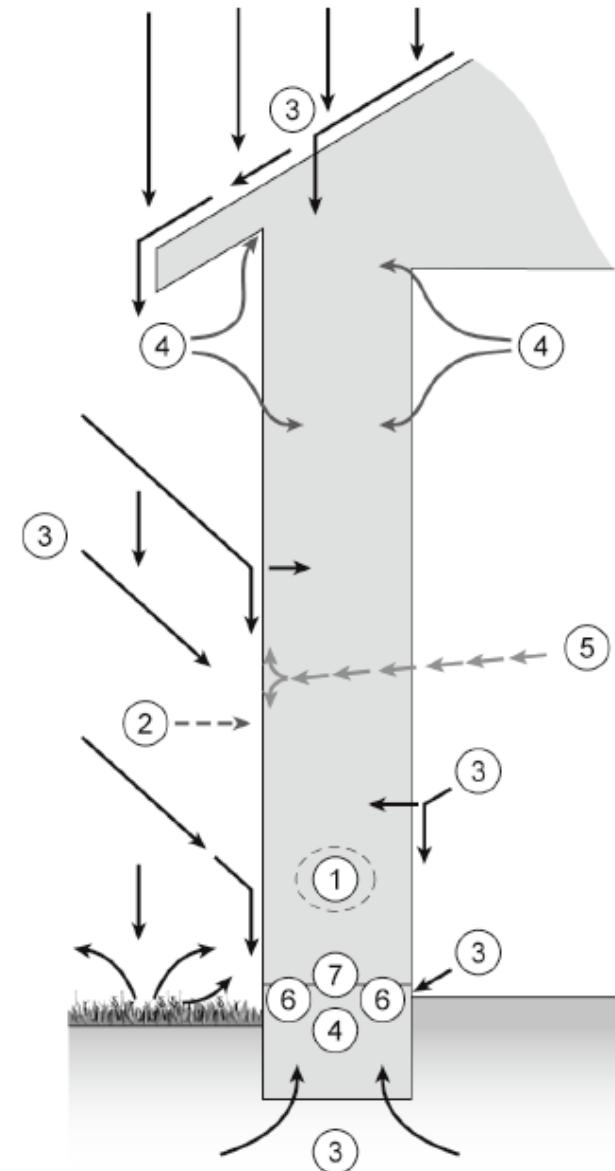
Techniques de conception

□ Des points sensibles

□ Des propositions d'adaptation au climat

Tab. 3.5. Revêtements extérieurs recommandés en fonction des expositions des façades et de la situation des bâtiments

Hauteur de la paroi au-dessus du sol (m)	Situation a, b, c			Situation d		
	Abritée	Semi-abritée	Exposée	Abritée	Semi-abritée	Exposée
Moins de 3	I, II, III	II, III	II, III	I, II, III	II, III	III
De 3 à 6	I, II, III	II, III	III	I, II, III	II, III	III
Au-delà de 6	I, II, III	II, III	III	II, III	II, III	III



Matériaux paille

□ Préparer

□ Contrôler, qualifier

ANNEXE A1

Cahier des charges pour l'utilisation de bottes de paille dans la construction

Tab. A1.6. Bordereau de contrôle qualité de bottes de paille pour la construction

Fournisseur		Client			
Nom, Prénom		Nom, Prénom			
Siret		Siret			
Adresse		Adresse			
N° PACAGE					
Remarques		Remarques			
Date & signature		Date & signature			
Adresse du chantier					
Botte n°	Massé volumique (kg)	Teneur en eau sur poids sec de la paille HR (%)	Botte n°	Massé volumique (kg)	Teneur en eau sur poids sec de la paille HR (%)



Boîte de paille brute. Une partie de la paille fait une bosse entre les ficelles. Cette paille en excès est utilisée pour rectifier la boîte.



... puis glissée sous la ficelle...



... jusqu'à l'angle de la boîte.



L'opération est répétée sous chaque ficelle et sur chaque face aux deux bouts de la boîte.



À la fin de l'opération, les deux bouts de la boîte de paille forment des angles droits.

Poser, remplir, dresser de la paille

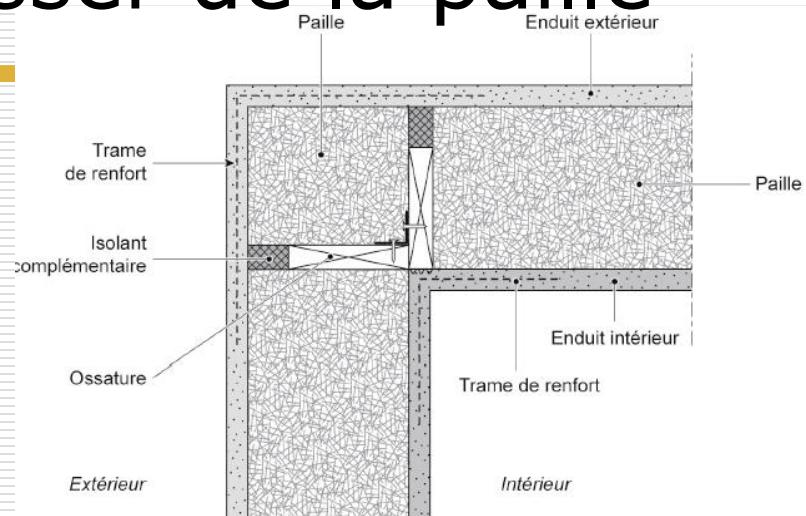
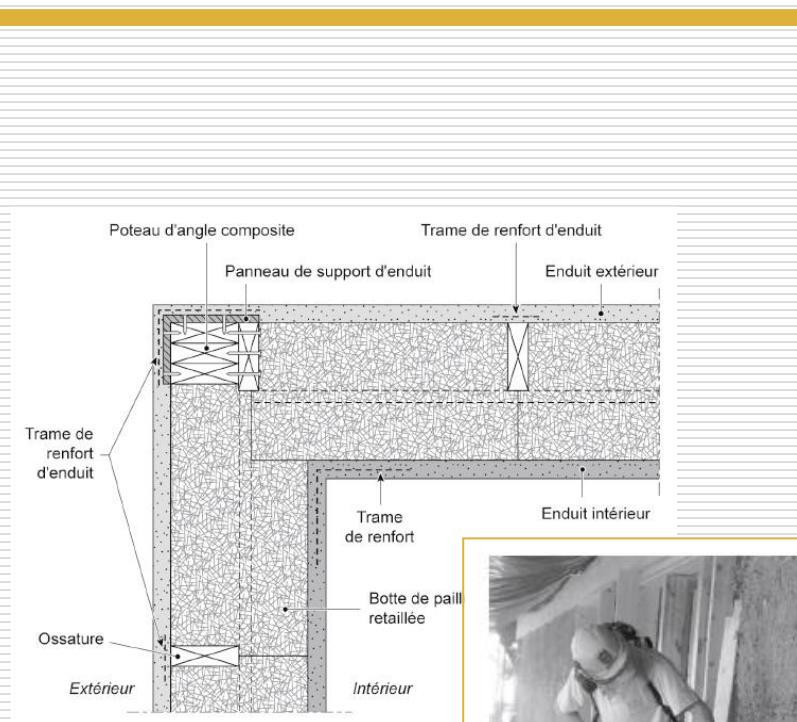
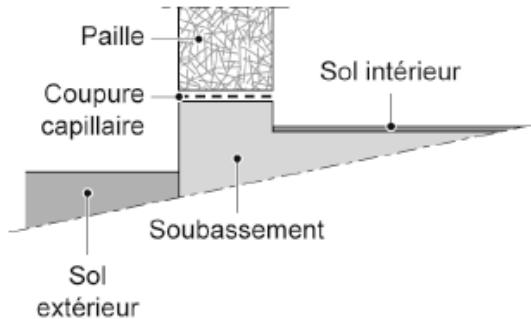


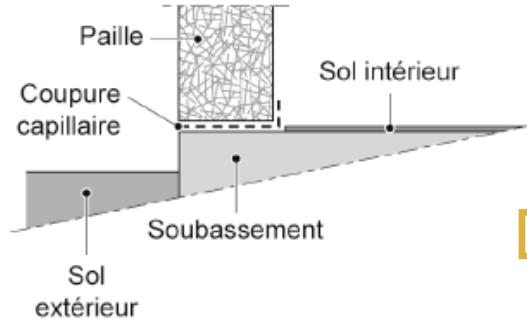
Fig. 3.12. Dressage de parois en paille avant réalisation des enduits

Gérer les interfaces avec ...

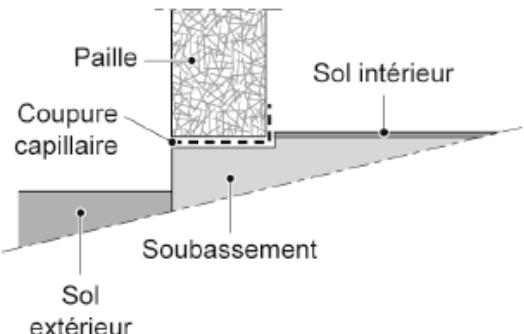
□ les soubassements



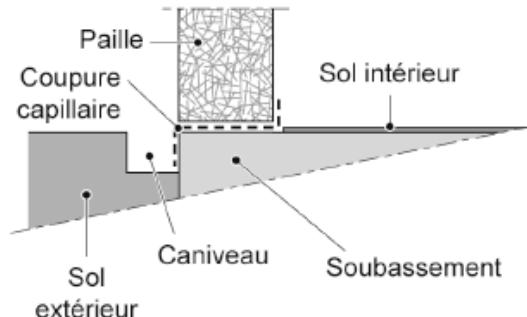
Soubassement au dessus du sol extérieur et intérieur



Soubassement et sol intérieur à hauteur identique

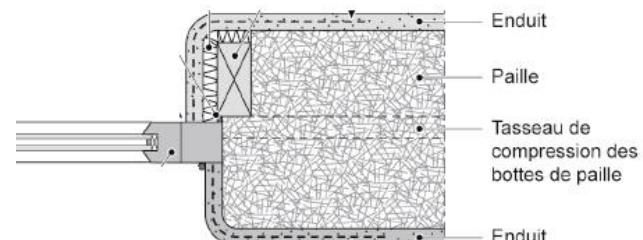


Soubassement au-dessus du sol extérieur et au-dessous du sol intérieur



Soubassement au niveau ou au-dessous du sol extérieur, caniveau extérieur

□ les menuiseries



Gérer la vapeur d'eau

Des préconisations

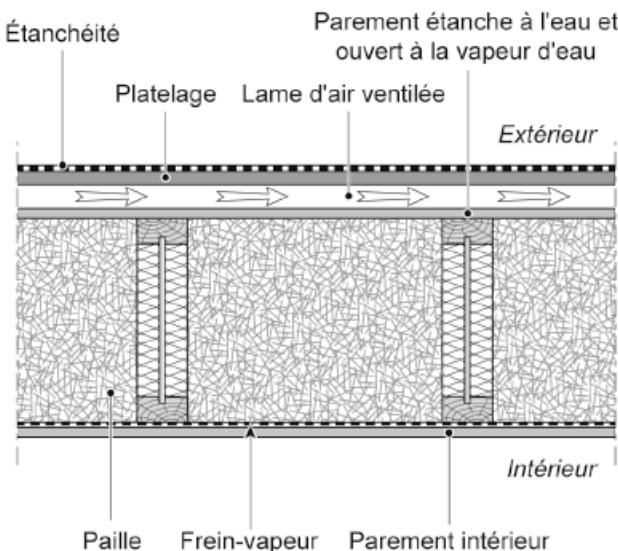


Fig. 3.26. Différence extérieur/intérieur de résistance à la vapeur avec espace ventilé : toiture-terrasse froide

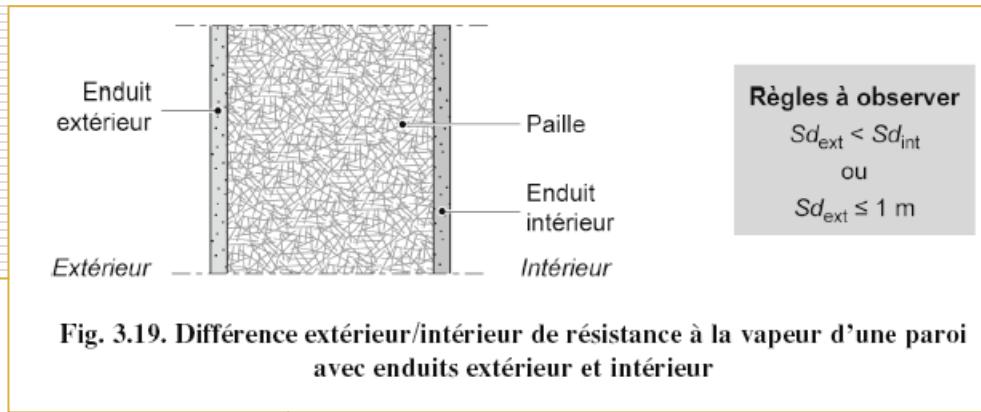


Fig. 3.19. Différence extérieur/intérieur de résistance à la vapeur d'une paroi avec enduits extérieur et intérieur

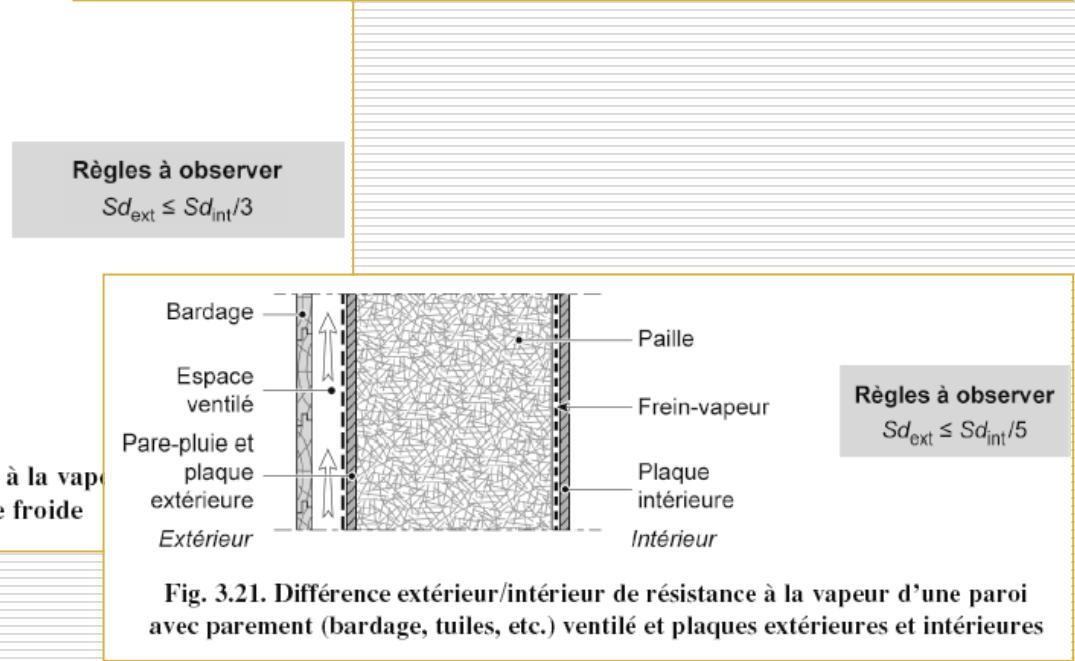


Fig. 3.21. Différence extérieur/intérieur de résistance à la vapeur d'une paroi avec parement (bardage, tuiles, etc.) ventilé et plaques extérieures et intérieures

Des typologies de mise en oeuvre

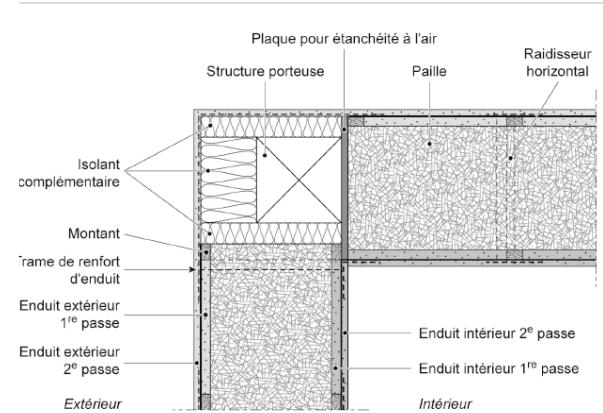
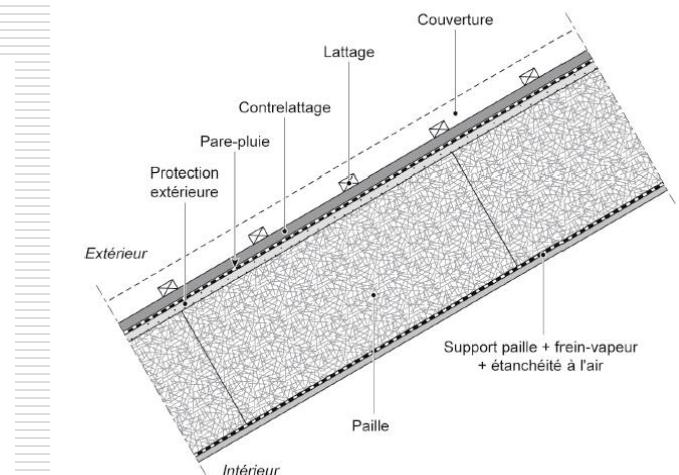
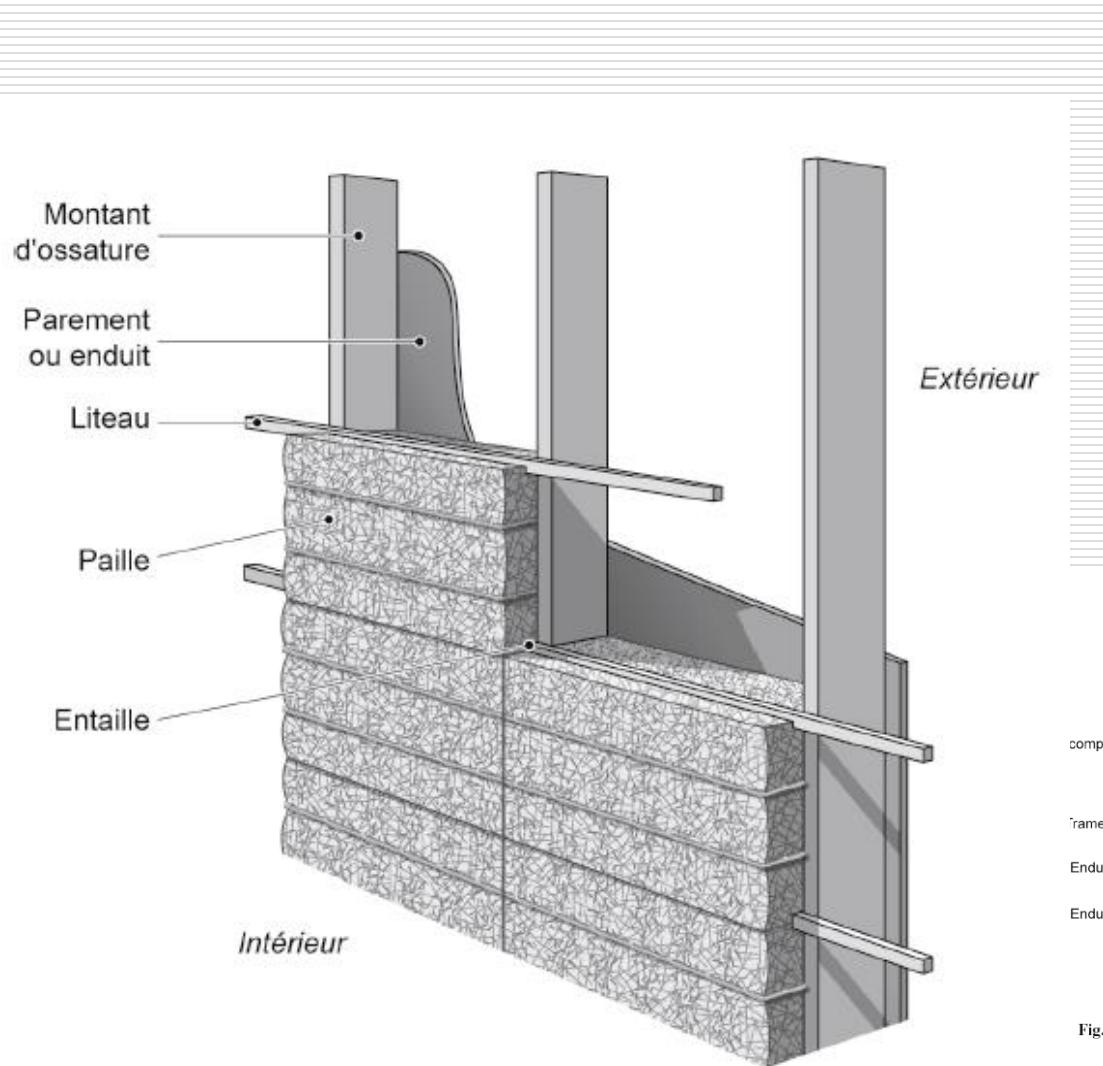
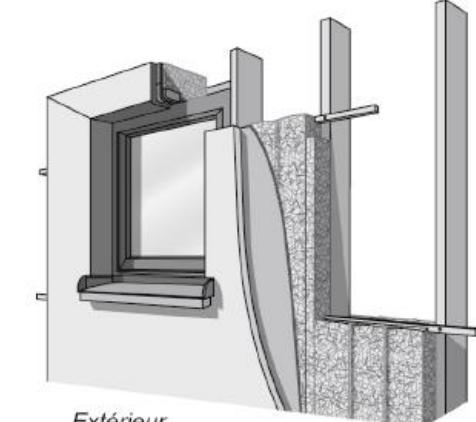


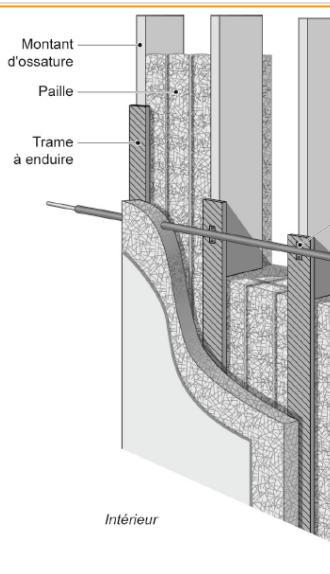
Fig. 3.36. Exemple de remplissage « en tunnel » d'une double ossature secondaire avec structure noyée dans l'isolant : vue en plan

Ouvrages connexes

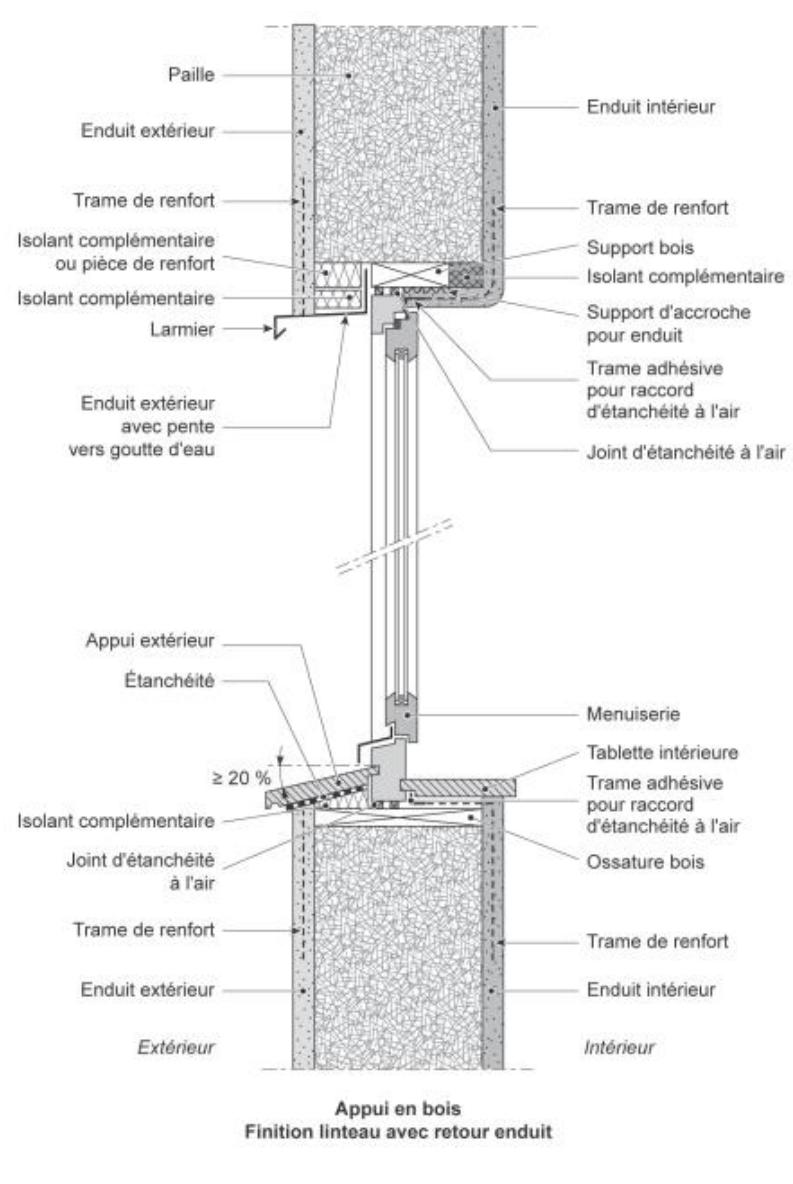
□ Ouvertures, appuis, linteaux...



Finition de linteau avec retour enduit et appui en métal



Intérieur



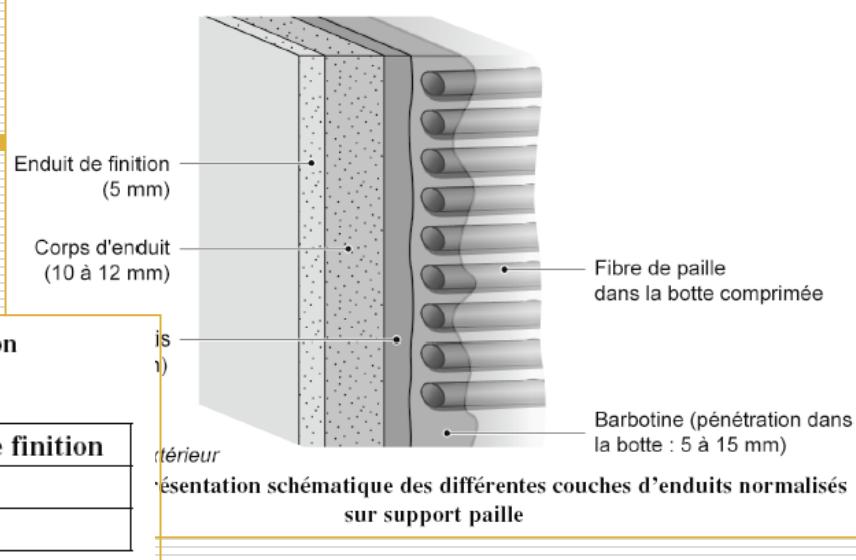
Appui en bois
Finition linteau avec retour enduit

Revêtements enduits

□ Enduits normalisés

Tab. 5.1. Délai entre la réalisation du corps d'enduit et la couche de finition (enduits normalisés)

Type de corps d'enduit	Délai avant application de la couche de finition
Non armé	Délai de séchage + 6 mois
Armé	Délai de séchage + 3 mois



□ Enduits à base de terre

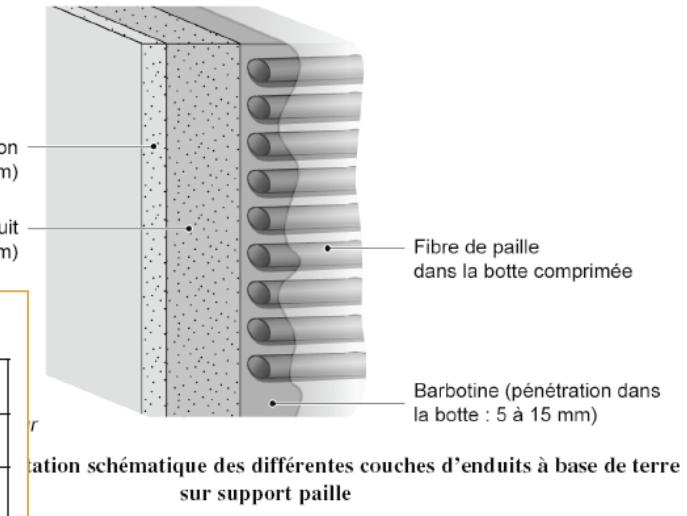
■ Prête à l'emploi

■ Locale

□ Autocontrôle

Tab. 5.3. Délai entre la réalisation du corps d'enduit à l'argile et la couche de finition

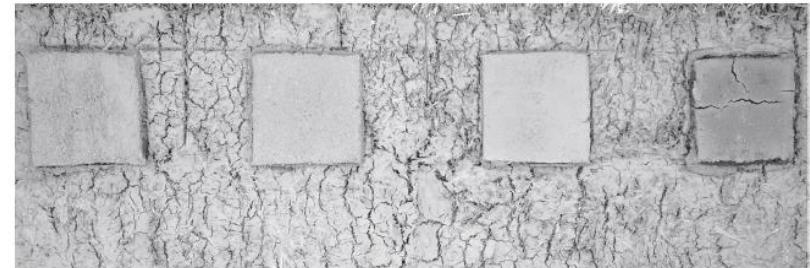
Liant du corps d'enduit	Délai avant application de la couche de finition
	Argile ou chaux
Argile	Durée de séchage du corps d'enduit



Enduits de terre locale – maîtrise dosages

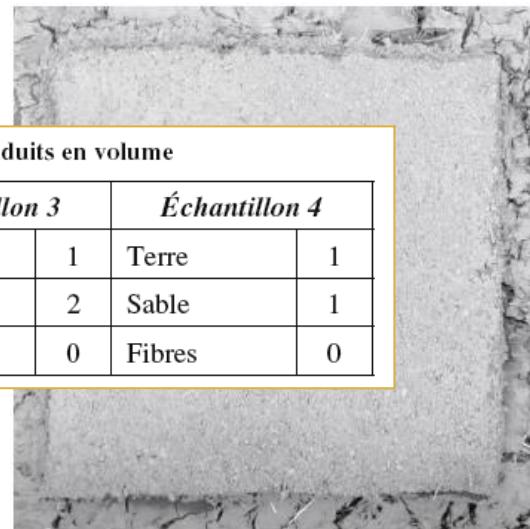
ANNEXE A3

Procédure de validation de la maîtrise des tensions au séchage d'enduits à base d'argile

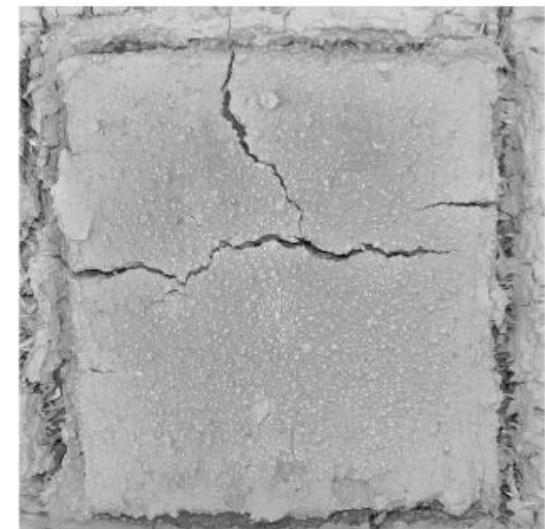


Tab. A3.1. Exemple d'essais de dosage d'enduits en volume

Échantillon 1		Échantillon 2		Échantillon 3		Échantillon 4	
Terre	1	Terre	1	Terre	1	Terre	1
Sable	4	Sable	3	Sable	2	Sable	1
Fibres	1	Fibres	1	Fibres	0	Fibres	0



Les enduits qui poudrent
manquent d'argile



Les enduits qui présentent des fentes
sont trop riches en argile

Fig. A3.3. Échantillons réalisés avec des terres et des dosages terre/sable différents

Enduits – autocontrôle de qualité

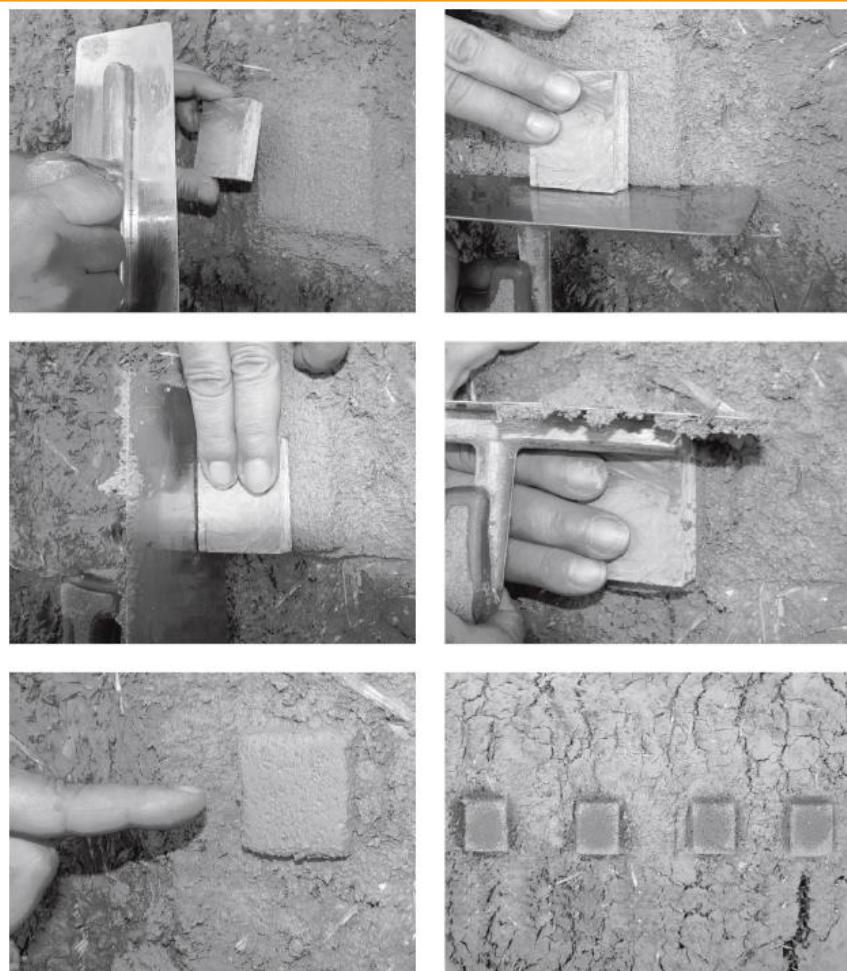


Fig. A4.1. Réalisation des échantillons de 5 × 4 cm à l'aide d'un gabarit

ANNEXE A4

Procédure de validation de tenue au cisaillement d'enduits



Tenue > à 1 tonne / m² !

Revêtements – plaques et panneaux

□ Plaques et panneaux intérieurs

5.4 Ouvrages de mise en œuvre de plaques ou panneaux de parement

5.4.1 Généralités

Dans le respect des règles techniques, les dimensions des ossatures, des bottes de paille et des plaques de parements sont prises en compte de manière à minimiser les chutes. Le calepinage de la paroi est réalisé en respectant ces contraintes.

5.4.2 Domaine

La mise en œuvre des plaques et panneaux de parement comprend tous les travaux de montage sur des structures de parement qui protègent la paroi et participent à la reprise des charges phoniques et thermiques relevant de l'isolation.

□ Bardages, vêtures ...

5.5 Ouvrages de mise en œuvre de bardages, de vêtures et autres revêtements extérieurs

5.5.1 Domaine

La mise en œuvre des bardages, des vêtures et autres revêtements extérieurs comprend tous les travaux de montage sur des structures ou ossatures qu'elles soient en bois, maçonnées ou métalliques qui protègent les parois contenant de la paille.

Auto contrôle de mise en œuvre (1) :

ANNEXE A2

- Fiche d'auto contrôle
 - renseignée durant mise en œuvre
 - copie
 - au RFCP
 - au maître d'ouvrage
 - modèle téléchargeable sur www.compaillons.eu

Procédure de contrôle de la qualité de mise en œuvre de la paille

A2.3.1 Contrôle des bottes de paille

Les bottes de paille utilisées pour la construction d'un bâtiment doivent avoir fait l'objet :

- d'une production conforme au cahier des charges du producteur de paille pour l'isolation de bâtiments (annexe A1) ;
- de la réalisation d'un contrôle qualité attesté par un bordereau de contrôle qualité de bottes de paille pour l'isolation de bâtiments signé par le fournisseur de paille et son client (§ A1.5).

Auto contrôle ... (2)

A2.3.2 Réception de chantier avant mise en œuvre

Les conditions suivantes doivent être respectées avant mise en œuvre de la paille.

A2.3.2.1 Soubassements et fondations

Contrôle réalisé	CP 2012	Date	Remarques									
Garde au sol d'une paroi isolée en paille : • ≥ 20 cm, ou caniveau, drain, contre-pente ou tout autre dispositif visant à écarter l'eau du pied de la paroi • ≥ 30 cm à l'intérieur des vides sanitaires • ≥ 60 cm en cas de risque de rejaillissements d'eau liquide  Joindre un croquis de principe ou une photo	§ 3.4.4		<p>A2.3.6 Contrôle de la qualité de mise en œuvre</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Contrôle réalisé</th> <th>CP 2012</th> <th>Date</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Étanchéité à l'air : – interface entre soubassement et parois verticales – interfaces entre menuiseries et parois verticales – interfaces entre plafonds et rampants et parois verticales – autres</td> <td>§ 3.6.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pente des appuis et seuils (fenêtres, portes extérieures) selon les types de matériaux : – hygroscopiques : ≥ 20 % – non hygroscopiques : ≥ 10 %  Joindre une photo d'un appui de fenêtre typique  Joindre une photo d'un seuil de porte typique</td> <td>§ 4.1.4</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Contrôle réalisé	CP 2012	Date	Étanchéité à l'air : – interface entre soubassement et parois verticales – interfaces entre menuiseries et parois verticales – interfaces entre plafonds et rampants et parois verticales – autres	§ 3.6.5		Pente des appuis et seuils (fenêtres, portes extérieures) selon les types de matériaux : – hygroscopiques : ≥ 20 % – non hygroscopiques : ≥ 10 %  Joindre une photo d'un appui de fenêtre typique  Joindre une photo d'un seuil de porte typique	§ 4.1.4	
Contrôle réalisé	CP 2012	Date										
Étanchéité à l'air : – interface entre soubassement et parois verticales – interfaces entre menuiseries et parois verticales – interfaces entre plafonds et rampants et parois verticales – autres	§ 3.6.5											
Pente des appuis et seuils (fenêtres, portes extérieures) selon les types de matériaux : – hygroscopiques : ≥ 20 % – non hygroscopiques : ≥ 10 %  Joindre une photo d'un appui de fenêtre typique  Joindre une photo d'un seuil de porte typique	§ 4.1.4											
Garde au sol côté intérieur d'une paroi isolée en paille au minimum à 40 mm au-dessus du sol fini  Joindre un croquis de principe ou une photo	§ 3.4.4											
Coupures capillaires des soubassements en place sur toute la largeur de la paroi  Joindre une photo typique de la mise en œuvre de la coupure capillaire	§ 3.4.3		<p>Ces informations ont pour but d'aider les experts à se rendre compte des caractéristiques générales du bâtiment.</p> <p>A2.3.7.1 Plans et coupes du bâtiment  Joindre les principaux plans et coupes du bâtiment</p> <p>A2.3.7.2 Photos du bâtiment  Joindre des photos des principales façades du bâtiment</p>									

A2.3.4 Contrôle de la qualité de mise en œuvre des enduits sur bottes de paille

A2.3.4.1 Qualité de l'accroche

Contrôle réalisé	CP 2012	Date	Remarques
Absence de décollement de la première couche d'enduit	§ A4.5		

A2.3.4.2 Qualité de la protection à l'eau liquide par les enduits

Contrôle réalisé	CP 2012	Date	Remarques
Absence de fissurations des enduits de finition extérieurs	§ A3.5		

A2.3.5 Contrôle de la qualité de mise en œuvre des plaques de parement ou des bardages sur les parois verticales isolées en bottes de paille

Contrôle réalisé	CP 2012	Date	Remarques
Présence d'un frein-vapeur ou d'une membrane d'étanchéité à l'air si nécessaire  Joindre une photo typique de la mise en place du pare-vapeur	§ 5.5.4		
Principe de pose et de fixation du parement extérieur  Joindre un croquis de principe ou une photo d'un dispositif typique utilisé pour le maintien et/ou la compression des bottes de paille	§ 5.5.5.2		
Parement extérieur imperméable à l'eau liquide  Joindre une photo prise avant la pose du bardage	§ 5.5.4		
Présence sous bardage d'un matériau pare-pluie entre la paille et l'espace ventilé	§ 5.5.4		

A2.3.7 Informations générales

Ces informations ont pour but d'aider les experts à se rendre compte des caractéristiques générales du bâtiment.

A2.3.7.1 Plans et coupes du bâtiment

 Joindre les principaux plans et coupes du bâtiment

A2.3.7.2 Photos du bâtiment

 Joindre des photos des principales façades du bâtiment

Auto contrôle – exemple de fiche renseignée

Rapport d'examen de la fiche d'auto contrôle sur chantier

Indiquez vos remarques dans les différentes rubriques ci-dessous

1 Contrôle des bottes de paille

Les responsables certifient d'avoir respecté la fréquence de contrôle demandée d'une botte toutes les 20 bottes.

Le bordereau de contrôle des bottes a été complété conformément à la demande.

38 bottes ont été vérifiées avec une teneur en eau sur poids sec de la paille variant entre 12,00 et max 14,00%.

Toutes les bottes de paille utilisées respectent les valeurs définies au tableau du §2.1 de la fiche d'auto-contrôle.

2 Réception de chantier avant mise en œuvre

2.1 Soubassements et fondations

Tous les soubassements ont été exécutés sur le principe illustré par le dessin ci-dessous :

D2 : ISOLATION DES MURS EXTERIERS
Après planification contre les remontées capillaires, l'isolation extérieure est réalisée par un pare-pluie en laine de bois bâtimenx et rigide posé au dessus du niveau de la tour d'assainissement.



La garde au sol extérieure qui pourvoie d'une bande de galet et constitue une protection des répandissements d'eau liquide.



La photo montre que des panneaux OSB sont gardés au feu extérieur. La paille n'est pas en contact direct avec le produit assurant l'étanchéité en toiture. Les vidéos d'examens ont été combiné avec un isolant en verre. Le principe est valable.

La protection au feu intérieur est assurée par l'OSB et le parement BA13. Suivant le détail transmis, aucun contact entre l'intérieur du bâtiment et la paille existe. Du côté extérieur le parement pare-pluie bâtime constitue la couche de retard au feu.

Gestion de la vapor d'eau :
EXTERIEUR - panneaux isolants de bois bâtimenx 24mm (Steico) $Sd_{ext} = 0,12$
INTERIEUR - panneaux OSB 3 18mm (n°250) $Sd_{int} = 4,5$

La relation Sd intérieur - Sd extérieur demandé au Meubles Construction en paille V3.0, chapitre 2, tableau 3 (Bardage ventile et plaques extérieures et intérieures):

$$Sd_{int} < Sd_{ext} / 5$$

OK

6 Contrôle de la qualité de mise en œuvre des détails

Le maître d'œuvre certifie le respect des pentes pour les appuis de fenêtres (non hydrogénogéniques) de $\sim 10\%$.

Appuis de fenêtre en métal :

La construction de bardage ventile et appuis est assurée. Sur la base des photos, aucune penetration d'eau est possible au niveau des entourages des menuiseries extérieures. En partie haute des menuiseries la lame de bardage passe devant le pré-cadre métallique. Ainsi des infiltrations éventuelles en partie haute sont évitées (voir photo droite en bas, p. 7).

Il est confirmé que la porte d'entrée est entièrement abritée sous le cas-pot ce qui confirme les plans (chapitre 7). Une arrivée / pénétration d'eau à cet endroit est ainsi peu probable.

La garde au sol intérieure est assurée. La photo jointe je permet pas de visualiser la remontée des 5cm, comme la bande d'étanchéité à l'air entre dallage et contre-ventement intérieur est déjà posé. Le maître d'œuvre certifie le respect de ce détail.

2.2 Protection à l'eau

La pose des bottes de paille a été fait par l'extérieur de la paroi. Des protections sous forme de bâches sont visibles sur les photos pour protéger la paille contre des pluies éventuelles. Le pare-pluie extérieur sous forme de panneaux en laine de bois bâtimenx et rigide a été mis en place.

Le maître d'œuvre certifie que la protection à l'eau a été assurée pendant la durée des travaux.

3 Contrôle de la qualité de mise en œuvre des bottes de paille

3.1 Continuité de l'isolation

Le maître d'œuvre certifie l'absence de vide entre les bottes et entre les bottes et les interfaces avec d'autres matériaux. La photo de chantier ci-dessous confirme cette certification.



3.2 Compression et maintien des bottes

Le maître d'œuvre certifie que l'isolant paille est solidaire de son support. Les photos de chantier ci-joint confirment que la pose s'est fait dans les règles de l'art sans vides / poches par rapport aux supports, autant niveau qu'en profondeur.



3.3 Contrôles géométriques

Le maître d'œuvre certifie l'absence de déformations au niveau des pré-cadres et ou tableaux de menuiseries par l'insertion de la paille. Les photos de chantier transmises confirment cela.



4 Contrôle de la qualité de mise en œuvre des enduits sur bottes de paille

4.1 Qualité de l'arcôche

Sans objet - parement extérieur en bardage bois et parement intérieur en OSB et une finition en plaques de plâtre.

4.2 Qualité de la protection à l'eau liquide

Sans objet - parement extérieur en bardage bois et parement intérieur en OSB et une finition en plaques de plâtre.

5 Contrôle de la qualité de mise en œuvre des plaques de parement / bardages sur les parois verticales isolées en bottes de paille

Le maître d'œuvre certifie le respect des prescriptions :

- Parement extérieur imperméable à l'eau liquide
- Présence de fissures
- présence de matériaux retenu au feu de part et d'autre de la paroi

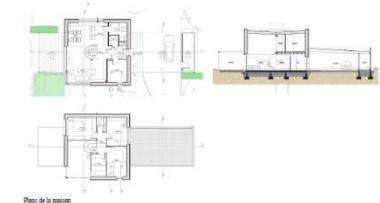
Le parement extérieur protégeant la paille est constitué de panneaux pare-pluie en laine de bois bâtimenx de 24mm. Un ensemble de lattage et contre-lattage venant encadrer le support du bardage bois qui est posé en continu et sans interstices. La protection contre l'eau liquide est assurée.



Le parement intérieur mis en œuvre contre les bottes de paille est constitué de panneaux en OSB 3 de 18 mm. Le parement de finition intérieure est constitué de plaques de plâtre de 13mm (confirmation des matériaux et épaisseur par l'architecte). L'étanchéité à l'air est obtenue grâce à l'étanchéification des joints entre les panneaux OSB, ainsi qu'au niveau des raccords entre - dallage et mur - toutte. Les photos jointes montrent une exécution soignée et l'utilisation de scotch adapté pour des raccords étanches à l'air.



7 Informations générales

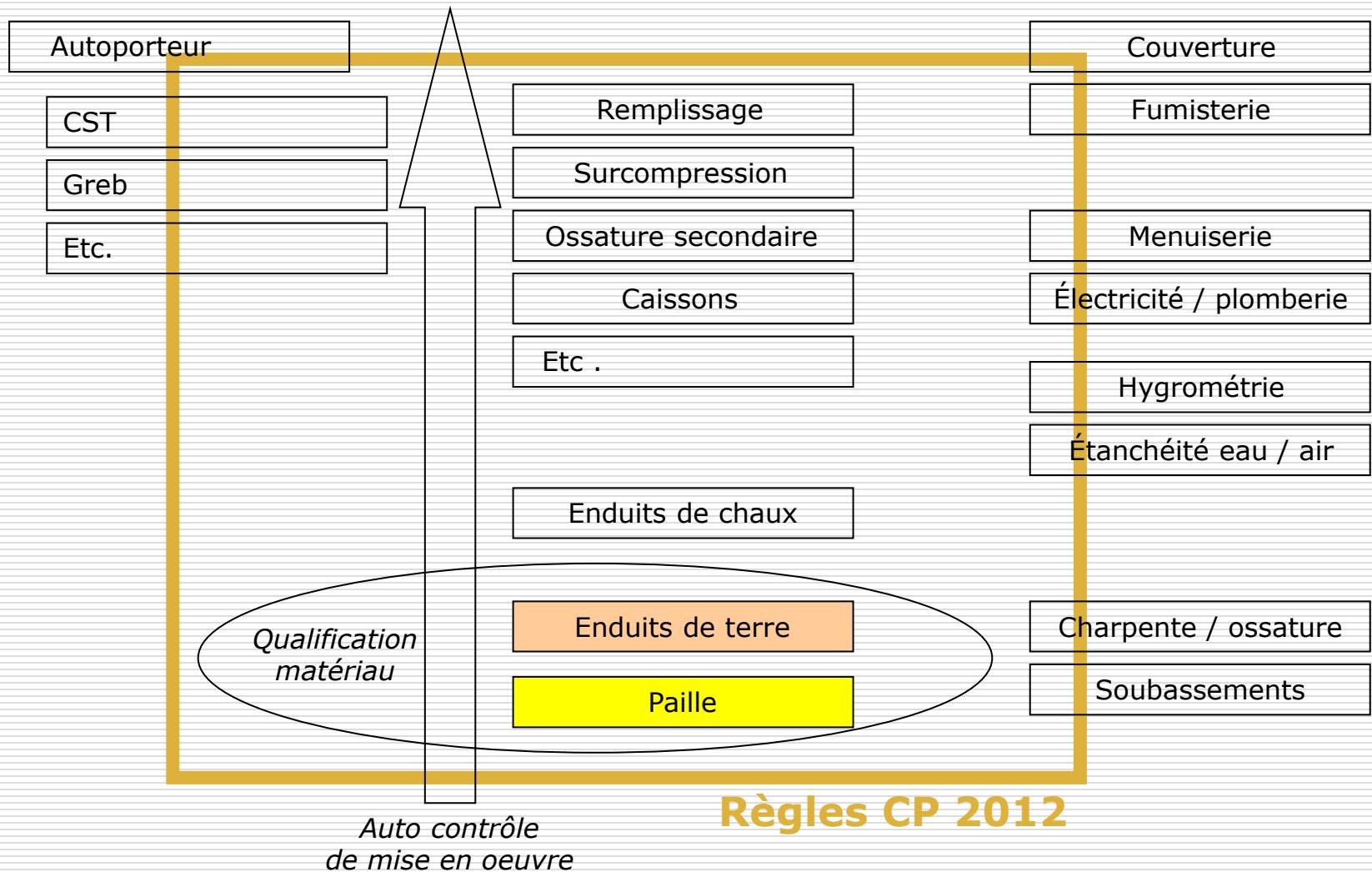


NOTE : La base vague doit assurer la liaison au terrain. L'ancrage devrait être à 2 fois de plus que la hauteur (5), de sorte facile que le raccord étanche entre panneau OSB et dalle vague reste.

Résultats et procès verbaux d'essais

- Données complémentaires vis-à-vis des règles pro.
- Accès réservé aux adhérents
- Adhésion facile et bon marché
- Téléchargement des essais
 - Libre
 - recherche
 - étude d'un bâtiment avant construction)
 - Payant
 - Auto constructeurs – Cotisation de soutien facultative de 50 €
 - Professionnels (constructeurs) : 0,5 € / m² de paroi en paille

CP 2012 - Un périmètre, des procédures



Périmètre contractuel

La construction en paille selon CP 2012
est une « technique courante »

- Des règles de mise en œuvre validées
 - Par la C2P (Commission Prévention Produit)
 - Le 28 juin 2011
- Des règles publiées
- Des règles appliquées
 - Formations aux règles CP 2012
 - Auto contrôle de qualité

Conditions standard d'assurance: exemple

Responsabilité en cas de dommages matériels à l'ouvrage après réception

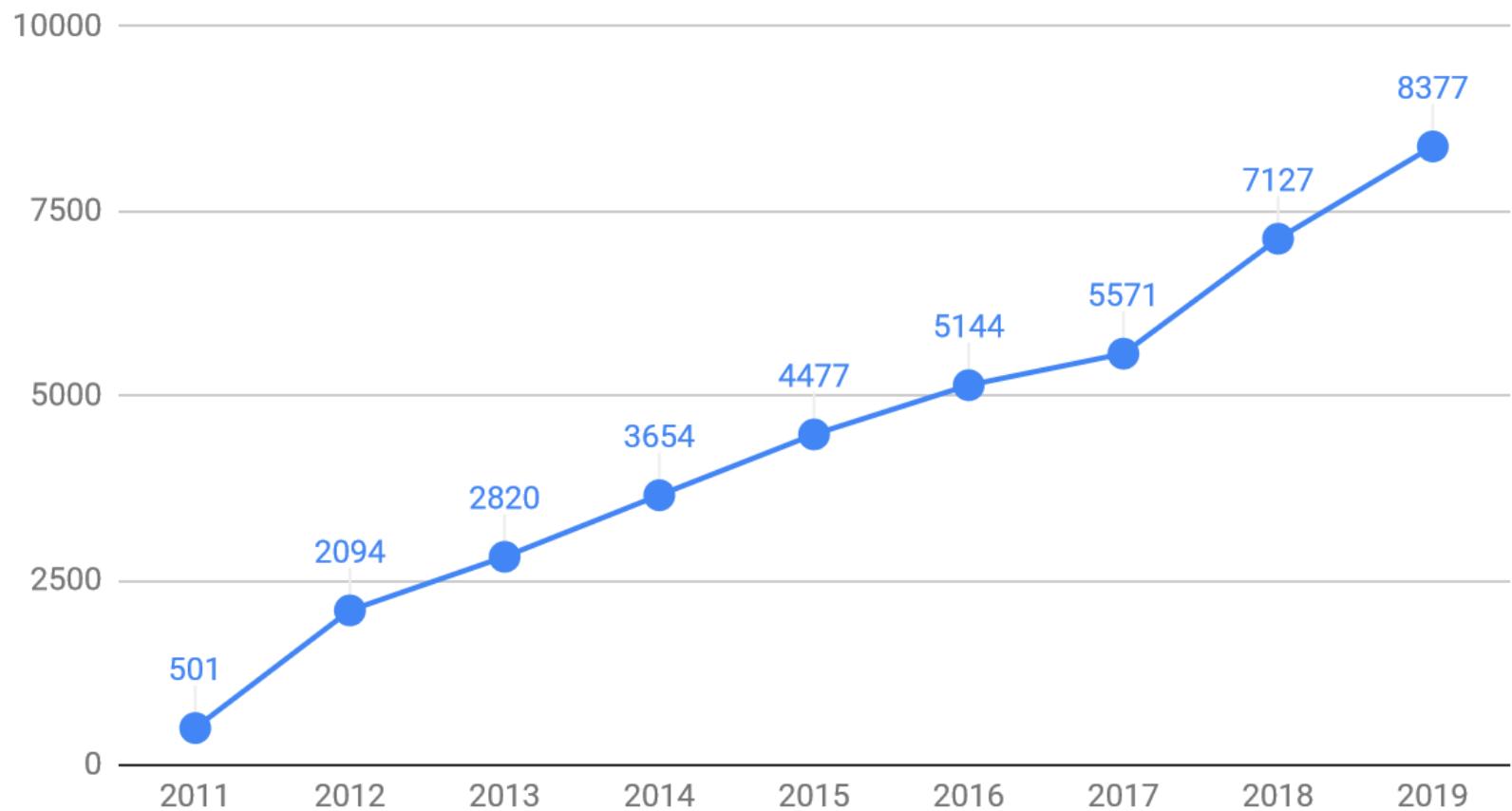
Ce contrat garantit

- du fait de ses activités professionnelles mentionnées ci-avant,
- pour une participation à des opérations de construction d'un ouvrage :
- pour des ouvrages réalisés suivant des travaux de technique courante :

Par «travaux de technique courante», on entend, outre les travaux traditionnels, c'est-à-dire ceux réalisés avec des matériaux et des modes de construction éprouvés de longue date, les ouvrages répondant aux caractéristiques suivantes :

- Ouvrages dont la réalisation est conçue dans les documents contractuels avec des matériaux et suivant des modes de construction auxquels il est fait référence dans les Documents Techniques Unifiés (DTU), les documents édités par les pouvoirs publics (notamment les fascicules du C.C.T.G. applicables aux marchés de travaux publics), les Normes Françaises homologuées (NF), ou les règles professionnelles et documents techniques des organismes professionnels,
- Ouvrages, procédés ou produits ayant fait l'objet d'un avis technique (AT) ou d'un Document Technique d'Application (DTA) du CSTB qui n'appartiennent pas à une famille mise en observation par la C2P (Commission prévention produits de l'Agence Qualité Construction).

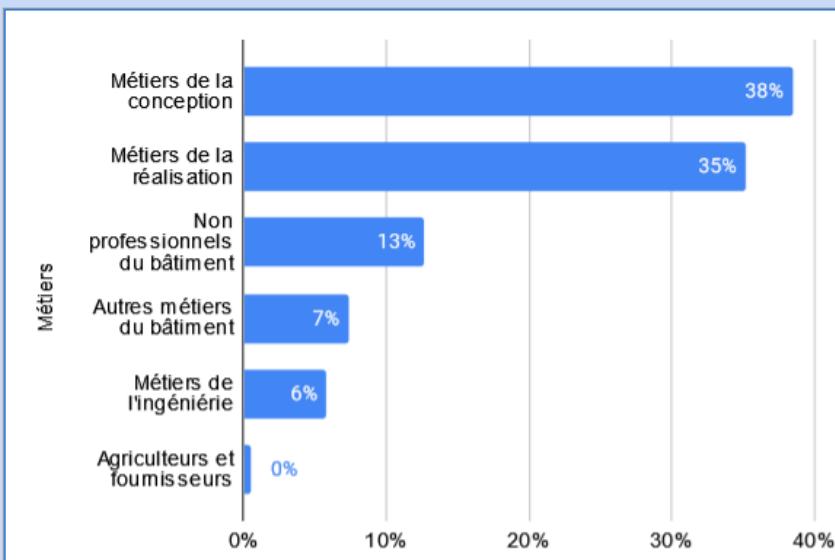
Ventes cumulées des règles CP2012



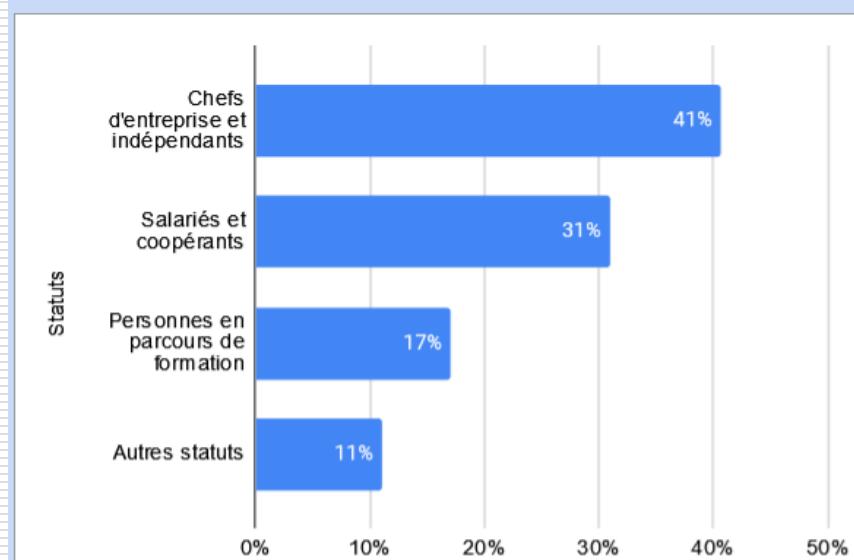
Formation PRO-PAILLE : le public

Environ 3500 personnes formées PRO-PAILLE

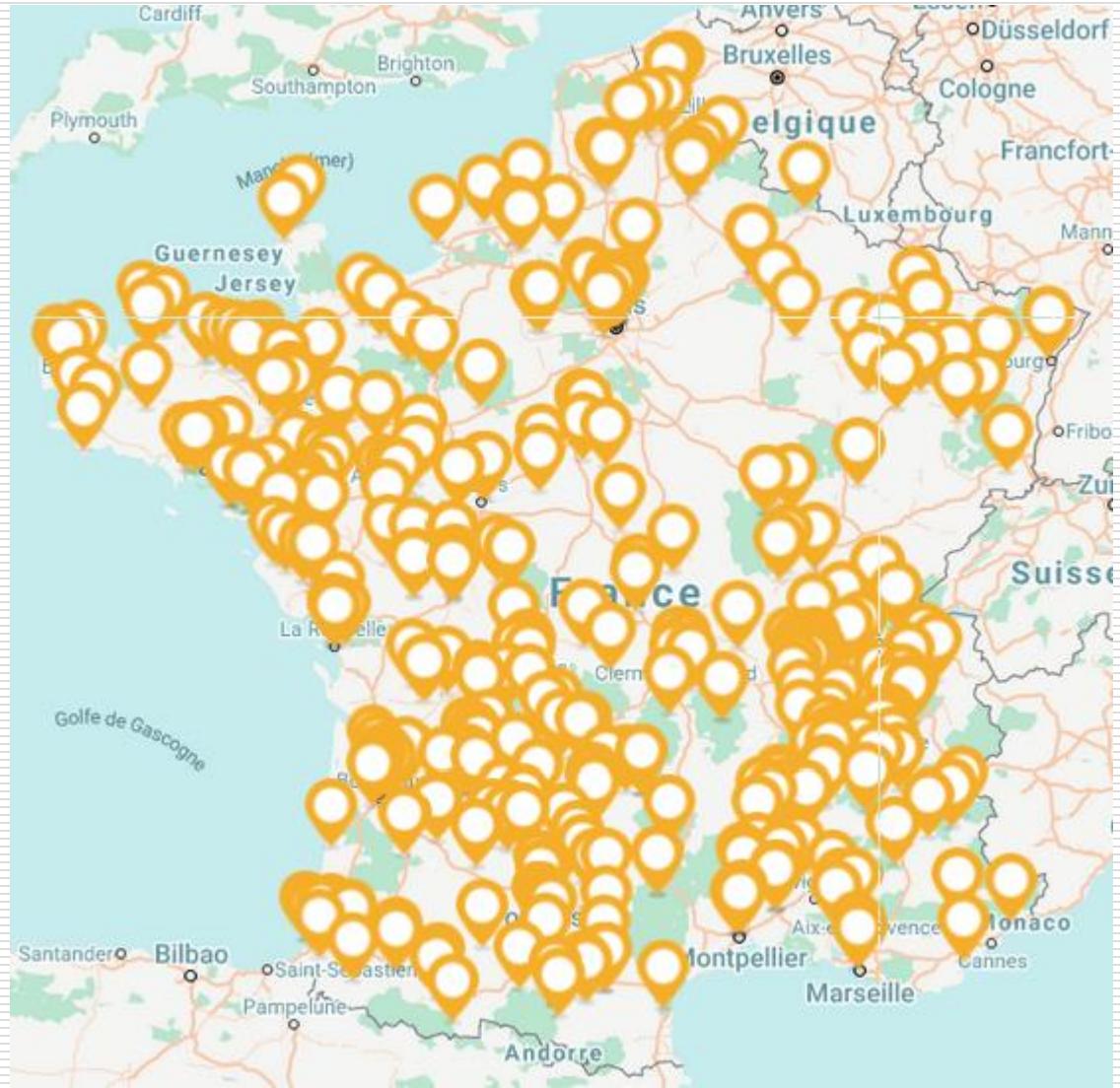
Métiers	Part
Métiers de la conception	38%
Métiers de la réalisation	35%
Non professionnels du bâtiment	13%
Autres métiers du bâtiment	7%
Métiers de l'ingénierie	6%
Agriculteurs et fournisseurs	0%



Status	Part
Chefs d'entreprise et indépendants	41%
Salariés et coopérants	31%
Personnes en parcours de formation	17%
Autres statuts	11%



Des professionnels... « Pro-Paille » ... partout...



Obtenir les règles CP 2012

- Prix: 39 € TTC
- Disponibles
 - sur le site du RFCP
www.rfcp.fr
 - dans les librairies
- Editions « Le moniteur »
 - ISBN 978-2-281-11683-0



Paille

Caractéristiques du matériau



Données normatives : www.rfcp.fr



+ Normatif

+ Réaction et classement au feu

+ Conductivité thermique

+ Perméabilité à la vapeur d'eau

+ Acoustique

+ Termites

+ Résistance des enduits

+ Capacité thermique massique

+ Qualité de l'air

+ Environnement

+ Technique double ossature (type GREB)

« Règles pro. paille » = technique courante

AQC
Agence Qualité Construction

Prévenir les désordres,
améliorer la qualité
de la construction

PUBLICATION SEMESTRIELLE C2P

Édition janvier 2021

ANNEXE 1
Techniques de construction, familles de produits ou procédés mises en observation

ANNEXE 2
Règles professionnelles acceptées par la C2P

ANNEXE 3
Recommandations professionnelles RAGE

COMMISSION
PRÉVENTION
PRODUITS
MIS EN ŒUVRE
[C2P]
Prévention
des désordres liés
aux produits
et procédés
de construction

Règles professionnelles de construction en paille

Remplissage isolant et support d'enduit

Règles CP 2012 révisées

RFCP
RÉSEAU FRANÇAIS DE LA
CONSTRUCTION PAILLE

Technique
Isolation
Mise en œuvre
Étanchéité
Enduit
Sécurité
Remplissage

EDITIONS
LE MONITEUR

MINISTÈRE
DE L'ÉCONOMIE,
DU MÉTIER,
DE L'INDUSTRIE
ET DU COMMERCE

MINISTÈRE
DE LA CONSTRUCTION
DES TRANSPORTS
ET DE L'AMÉNAGEMENT
DU TERRAIN

3^e édition

« Règles pro paille »

Généralités



Domaine d'emploi « standard »

1.1 Objet

Le présent document définit les modalités de conception et de mise en œuvre :

- des ouvrages de construction utilisant les bottes de paille comme :
 - remplissage isolant thermique et phonique ;
 - support d'enduit ;
 - des bottes de paille elles-mêmes.

1.2 Domaine d'application

Le domaine d'application de ce document couvre :

- la participation de l'élément de remplissage aux performances d'isolation phonique et thermique de l'ouvrage ;
- l'utilisation de bottes de paille comme support d'enduit.

Ce document porte sur toute partie d'ouvrage contenant de la paille en bottes.

Il s'applique en France métropolitaine aux bâtiments dont le plancher bas du dernier niveau est à moins de 8 m du sol, qui peuvent être de types :

- bâtiments d'habitation (maisons individuelles ou logements collectifs) ;
- bâtiments relevant du Code du travail, et notamment les bâtiments tertiaires, industriels ou agricoles ;
- établissements recevant du public (ERP).

Les locaux ou parties de bâtiments à faible ou moyenne hygrométrie, avec un classement concernant une exposition à l'eau des parois de type EA, EB, EB+ privatifs, sont susceptibles d'être isolés en paille (tab. 1.1).

Paille & feu

— Réaction et classement au feu

Présentation : Les risques incendie dans la construction paille, comment dépasser le R+2 - Olivier Gaujard - 2020

Résistance au feu

RAPPORT Classement de résistance au feu d'un mur paille enduit - REI 120mn - 2019

Réaction au feu

RAPPORT Classement de réaction au feu d'un mur paille enduit chaux - Classement B-s1, d0 - 2019

RAPPORT Classement de la réaction au feu d'un mur paille enduit chaux ou terre crue - Classement B-s1, d0 - 2012

RAPPORT Classement de réaction au feu de la botte de paille - Classement E - 2010

RAPPORT Classement de réaction au feu d'un parement trois plis épicea ignifugé sur isolant biosourcé - Classement C-s1, d0 - 2020

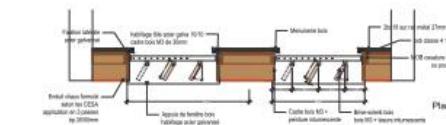
Comportement au feu des façades

RAPPORT Comportement au feu d'un élément de façade LEPIR II - mur paille enduit chaux - Façade conforme aux exigences de la résistance au feu - 2019

RAPPORT Comportement au feu d'un élément de façade LEPIR II - mur paille bardage bois - Façade conforme aux exigences de la résistance au feu - 2009

Comportement au feu d'une façade paille + enduit

IT 249 = C+D > Essai LEPIR



Comportement au feu d'une façade paille + enduit



Avis de chantier n° 014128

Selon l'arrêté du 22 mars 2004 modifié du Ministère de l'Intérieur et le § 5.3 de l'Instruction technique 249 du 24 mai 2010

Justification de la conformité d'une façade constituée d'un isolant biosourcé de type paille en remplissage d'un mur en menuiserie à ossature bois porteuse et enduite à la chaux vis-à-vis du risque de propagation verticale du feu

Chantier : Ecole primaire et collège « EMMANUEL D'ALZON » - Saint-Médard-en-Jalles (33160)

Demandeur : SCI SAINTE ANNE
318 avenue de la libération
33110 LE BOUSCAT

Documents de référence : Rapport d'essai n° 013931
Rapport de classement n° 19/RS-09
Plans des façades par bâtiment
Plans de la façade testée lors de l'essai LEPIR II

Date : 24/05/2019

Cet avis de chantier comporte 56 pages dont 6 annexes. Sa reproduction n'est autorisée que sous forme intégrale.

Les conclusions de cet avis de chantier ne portent que sur le comportement vis-à-vis du risque de propagation verticale du feu de l'élément objet du présent document. Elles ne préjugent, en aucun cas, des autres performances liées à son incorporation à un ouvrage.

 Christophe TESSIER
Directeur du
Centre d'Etudes et de Recherches sur l'Environnement et le Développement Durable


Jean-Marie GAILLARD
Ingénieur construction
Expert feu - ECRA



Mélissa LAURANS
Responsable d'Essais de
Centre d'Essais au Fau



6 CONCLUSIONS

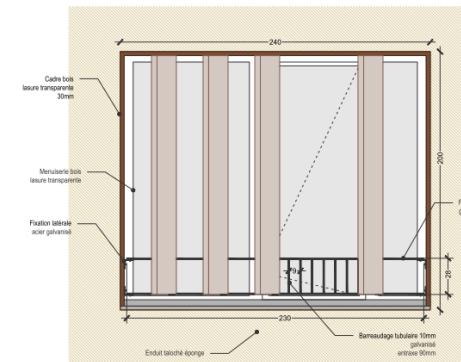
Suite à l'essai LEPIR II réalisé le 5 février 2019 au CERIB (rapport d'essai n° 013931), il est estimé que la façade constituée d'un isolant biosourcé de type paille en remplissage d'un mur en menuiserie à ossature bois porteuse et enduite à la chaux évaluée est conforme à la réglementation applicable vis-à-vis de la propagation verticale du feu par les façades pour une durée au moins égale à 30 minutes.

Par conséquent, il est estimé que le principe constructif de la façade évaluée est applicable aux façades du chantier citées en contexte du présent avis de chantier (cf. § 3 et plans des façades en Annexe 1).

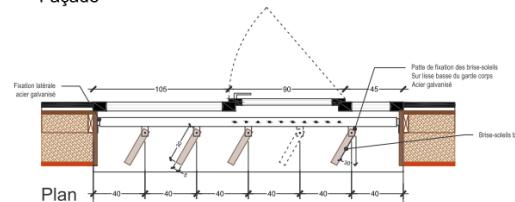


Construction d'une école et d'un collège
Saint Médard en Jalles (33)
Maître d'ouvrage SCI Sainte-Anne / AMO Antepol

6 100 m³ SP / 9.380.000 €HT
Équipe (base MCP) : IBC / Quedrives / 180° / Encoustic / BICC
Plain air paysage / Cuisinella
Programme : Construction d'une école maternelle, d'une école primaire et d'un collège
Livraison : Septembre 2020

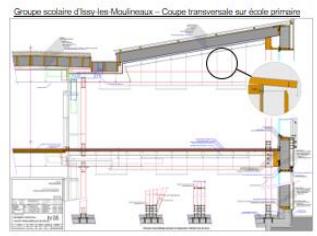


Facade

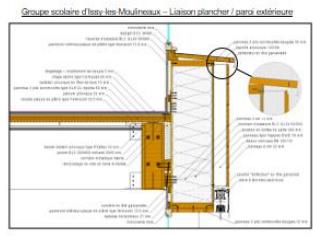


Country

Un isolant combustible... qui protège la structure...



16



17



18



19



20



21



22



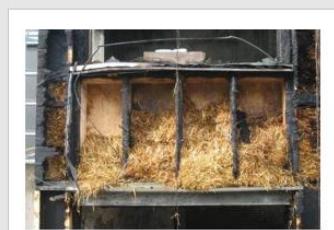
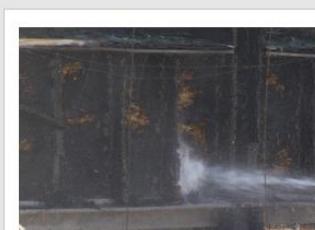
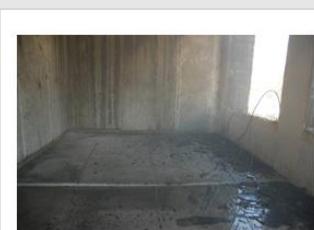
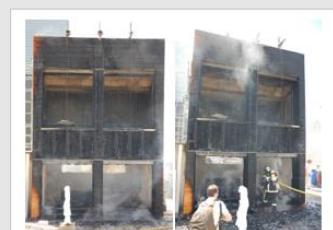
23



24



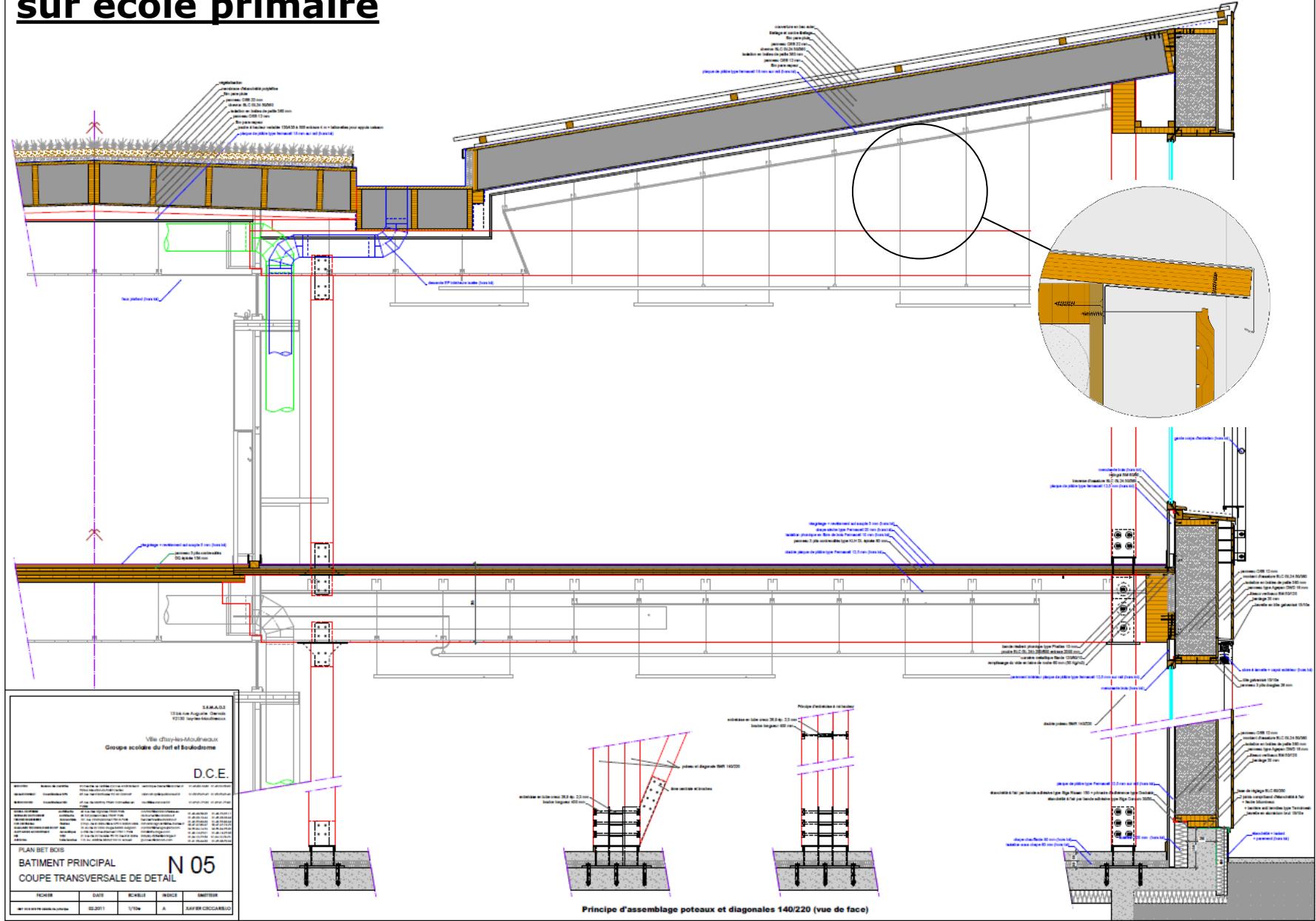
25



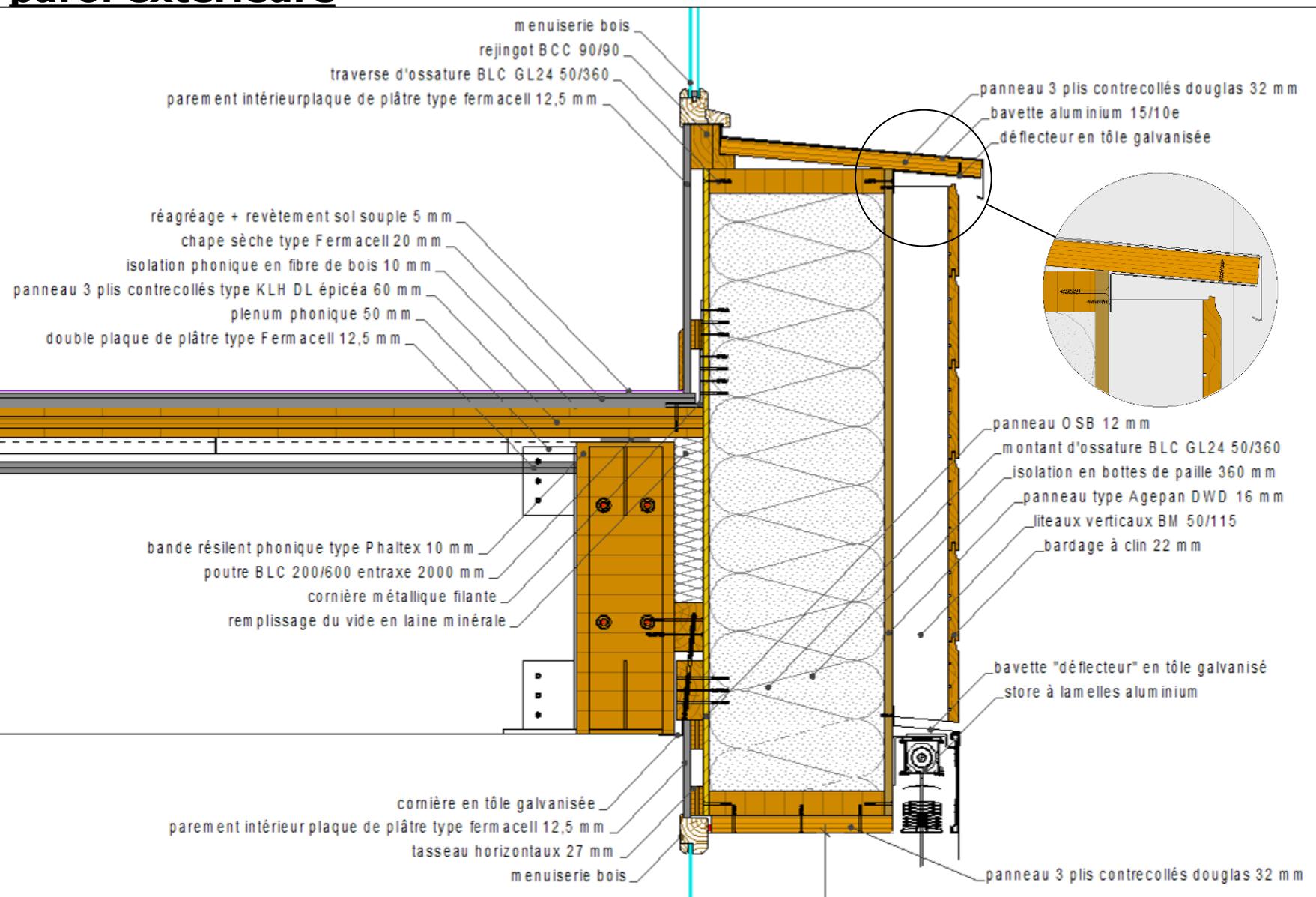




Groupe scolaire d'Issy-les-Moulineaux – Coupe transversale sur école primaire



Groupe scolaire d'Issy-les-Moulineaux – Liaison plancher / paroi extérieure



Conductivité et capacité thermique

Conductivité thermique

Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments

TITRE IER : GENERALITES (Articles 1 à 10)

TITRE II : EXPRESSION DES EXIGENCES DE PERFORMANCE ENERGETIQUE (Articles 11 à 15)

TITRE III : CARACTERISTIQUES THERMIQUES ET EXIGENCES DE MOYENS (Articles 16 à 45)

TITRE IV : APPROBATION DE MODES D'APPLICATION SIMPLIFIES EN MAISON INDIVIDUELLE (Articles 46 à 48)

TITRE V : CAS PARTICULIERS (Articles 49 à 50)

TITRE VI : DISPOSITIONS DIVERSES (Articles 51 à 57)

Annexes (Articles Annexe I à Annexe XI)

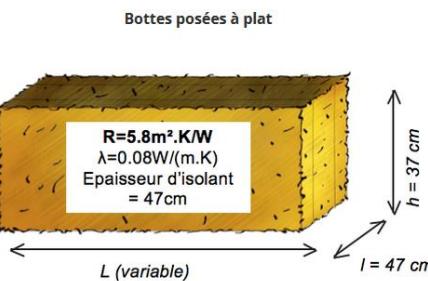
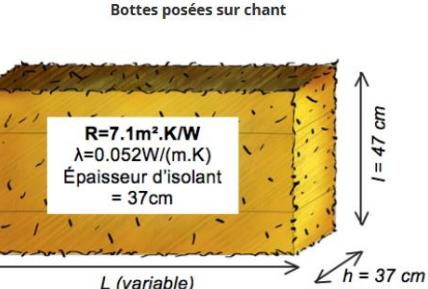
Naviguer dans le sommaire

> Annexe IX

Version en vigueur depuis le 28 octobre 2010

PERFORMANCE PAR DÉFAUT DES ISOLANTS BIO-SOURCÉS

Isolants à base de fibres végétales	Paille comprimée - transversalement au sens de la paillette - dans le sens de la paille	80 ≤ p ≤ 120	0,052
			0,080



Capacité thermique massique 1558 (J/kgK)

Cahier des ponts thermiques



Réseau Français de Construction en Paille



Réseau français de la construction en paille

Cahier de ponts thermiques de parois isolées en paille.

Action 3 du projet PRO-PAILLE2 : Réalisation d'un carnet de détails et détermination des valeurs de ponts thermiques de parois décrites dans les règles CP 2012.

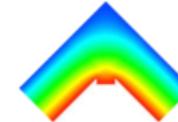
Chevron autoportants version faîtière 1 avec toiture paille inclinée (OB7p Tpi F1) :

NB : Dans cette configuration, les bottes de paille sont généralement posées sur chant face visible.

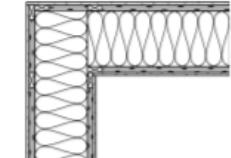
	OB7p Tpi	Ψ (W/m.K)
Sur chant (37cm)	0,051	

Figures représentant les flux thermiques

Epaisseur: 37 cm

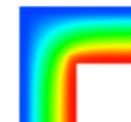


Angle formé par une jonction mur paille extérieur-mur paille extérieur, avec enduit GREB avec montant (OB2pshMp7) :

	Type de pose et épaisseur de la paille	Ψ (W/m.K)
Sur chant (37cm)	0,041	

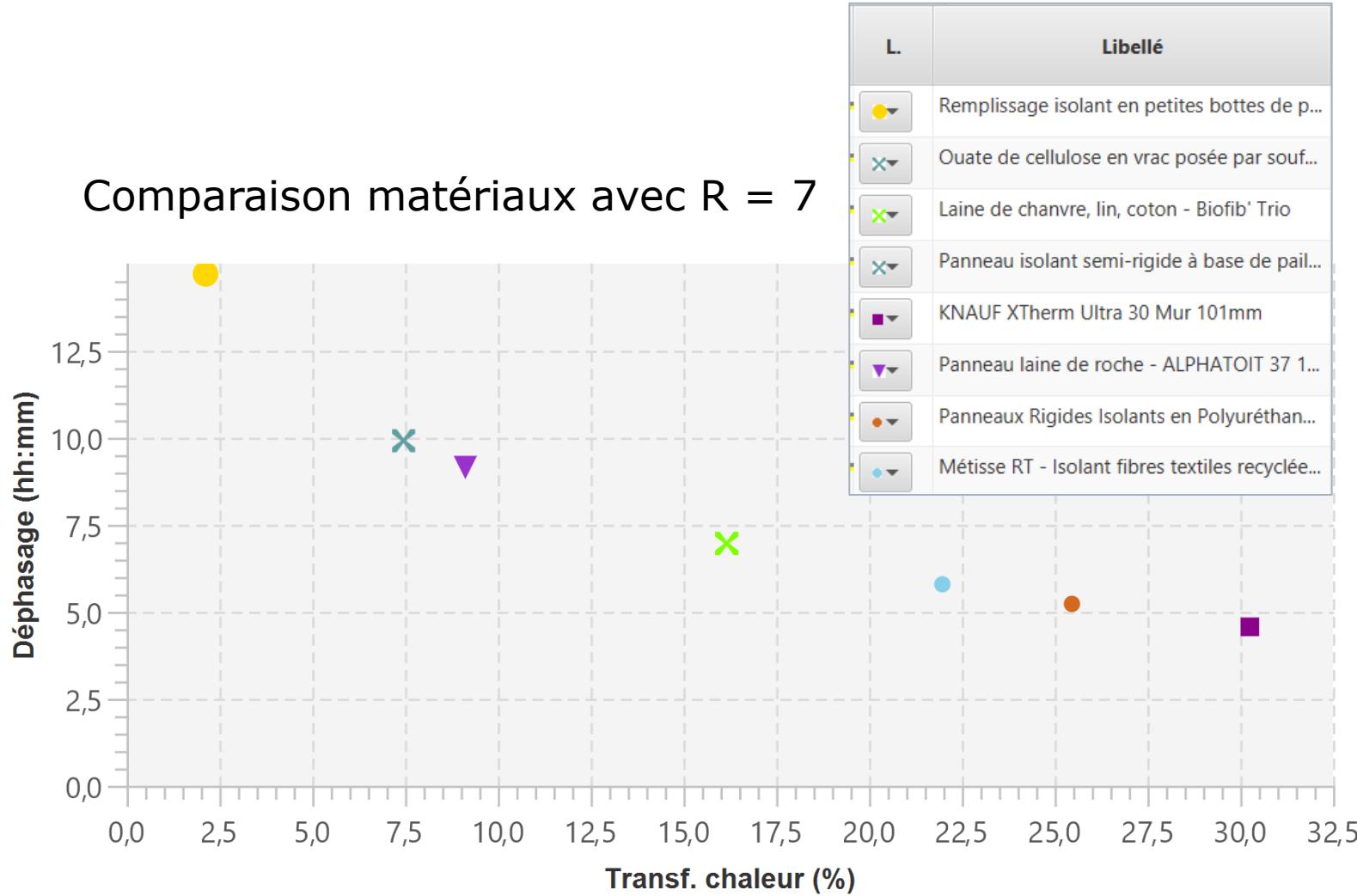
Figures représentant les flux thermiques

Epaisseur mur : 37 cm



Confort d'été – Déphasage / atténuation chaleur

Comparaison matériaux avec R = 7



Vapeur d'eau

— Perméabilité à la vapeur d'eau

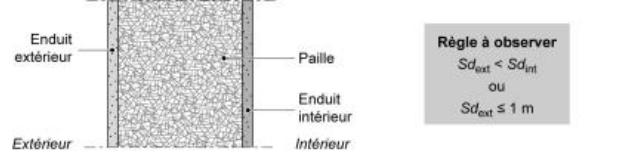


Fig. 3.8. Différence entre extérieur et intérieur de résistance à la vapeur d'une paroi avec enduits à l'extérieur et à l'intérieur

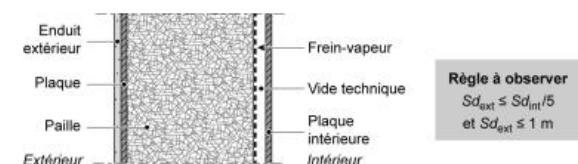


Fig. 3.9. Différence entre extérieur et intérieur de résistance à la vapeur d'une paroi avec plaque enduite à l'extérieur et plaque à l'intérieur

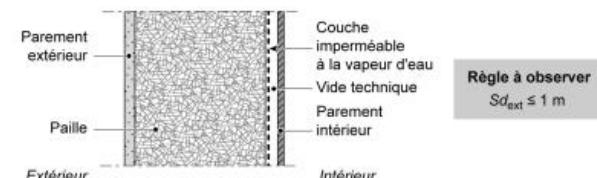


Fig. 3.14. Différence entre extérieur et intérieur de résistance à la vapeur d'une paroi avec couche intérieure imperméable à la vapeur d'eau

- L'hygroscopicité est un atout pour la durabilité !
- Des règles simples adaptées à chaque disposition constructive

RAPPORT Détermination de la perméabilité à la vapeur d'eau de la paille - $\mu=1,04$

RAPPORT Détermination des propriétés de sorption hygroscopique de la paille

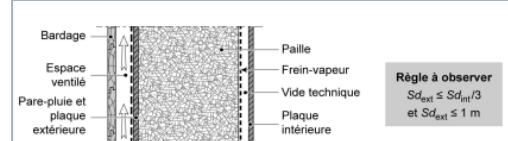


Fig. 3.10. Différence entre extérieur et intérieur de résistance à la vapeur d'une paroi avec parement (bardage, tuiles, etc.) ventilé et plaques à l'extérieur et à l'intérieur

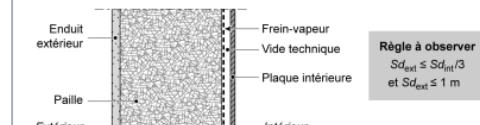


Fig. 3.11. Différence entre extérieur et intérieur de résistance à la vapeur d'une paroi avec enduit à l'extérieur et plaque à l'intérieur

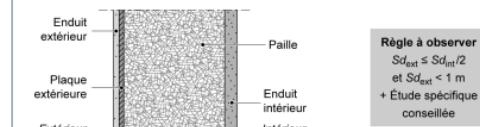


Fig. 3.12. Différence entre extérieur et intérieur de résistance à la vapeur d'une paroi avec plaque enduite à l'extérieur et enduit à l'intérieur

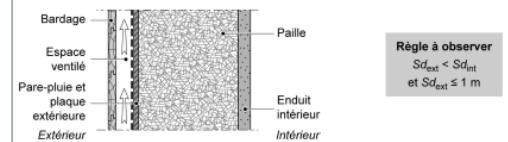


Fig. 3.13. Différence entre extérieur et intérieur de résistance à la vapeur d'une paroi avec parement (bardage, tuiles, etc.) ventilé à l'extérieur et enduit à l'intérieur

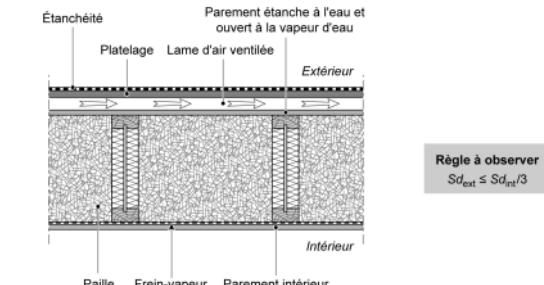


Fig. 3.15. Différence entre extérieur et intérieur de résistance à la vapeur d'une paroi avec espace ventilé : toiture-terrasse froide

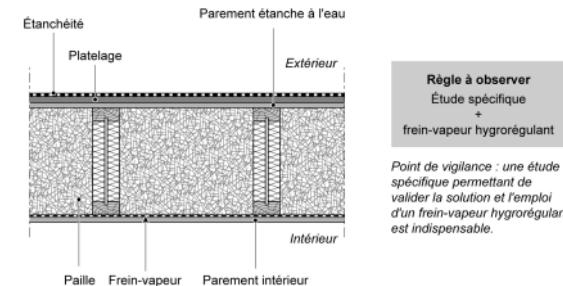


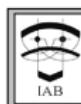
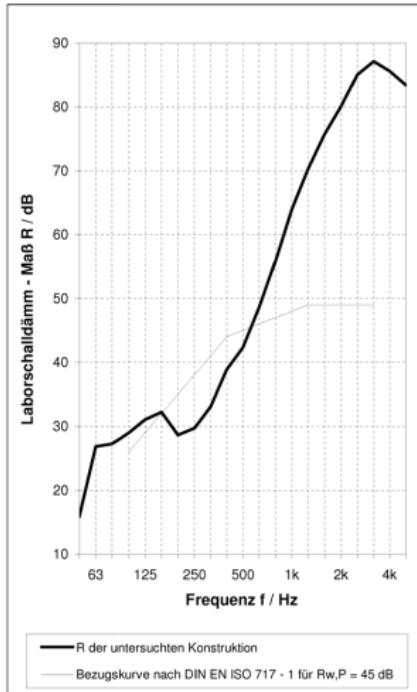
Fig. 3.16. Différence entre extérieur et intérieur de résistance à la vapeur d'une paroi avec couche extérieure étanche à la vapeur d'eau : toiture-terrasse chaude

Règle à observer
 $Sd_{ext} \leq Sd_{int}/3$

Règle à observer
Etude spécifique +
frein-vapeur hygrorégulant

Point de vigilance : une étude spécifique permettant de valider la solution et l'emploi d'un frein-vapeur hygrorégulant est indispensable.

Acoustique



Institut für Akustik und Bauphysik
Kiesweg 22 61440 Oberursel/Ts.
Haus 2 23992 Zweibrücken
Tel.: 06171 / 75031 Fax: 06171 / 85483
www.iab-oberursel.de

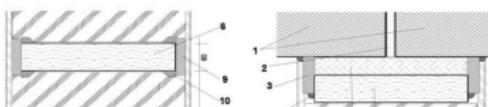
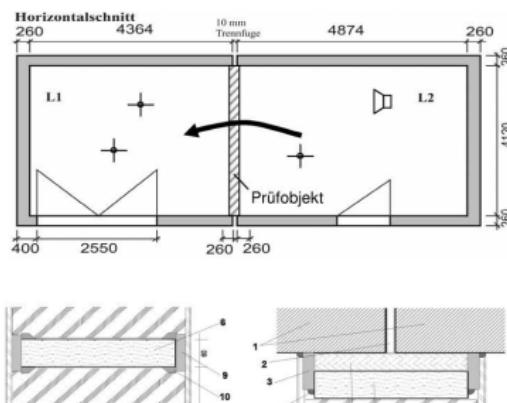
f / Hz	T / s	L_f / dB	D / dB	R / dB
50	4,13	89,1	9,1	15,9
63	2,33	77,3	22,6	26,9
80	2,80	74,6	22,2	27,3
100	2,05	75,3	25,3	29,0
125	1,85	70,9	27,8	31,1
160	1,33	68,2	30,4	32,2
200	1,09	89,3	27,7	28,7
250	1,29	86,7	28,0	29,7
315	1,13	79,7	32,0	33,1
400	1,16	73,5	37,6	38,8
500	1,26	69,0	40,7	42,3
630	1,29	61,9	46,9	48,6
800	1,31	53,1	54,0	55,8
1k	1,34	44,7	62,1	64,0
1,25k	1,34	38,4	68,4	70,3
1,6k	1,30	35,5	74,0	75,7
2k	1,26	29,1	78,5	80,1
2,5k	1,20	16,7	83,7	85,1
3,15k	1,11	15,3	86,1	87,2
4k	1,05	14,8	84,8	85,6
5k	0,90	16,6	83,3	83,4

— Acoustique

RAPPORT Détermination de l'affaiblissement acoustique d'un mur paille enduit terre crue - $R_w, R = 43$ dB

RAPPORT Propriétés acoustiques des matériaux biosourcés

Grundrissausschnitt L1/L2



Senderaum: IAB - Prüfstand

Empfangeraum: IAB - Prüfstand

L 1

Volumen V_L : 67,1 m³

Prüffläche S: 12,3 m²

Messergebnis:

Bewertetes Laborschalldämm - Maß

$R_{w,P}$ (C,Ctr) = 45 (-2,-6) dB

Rechenwert nach DIN 4109:1989 Tab.11:

$R_{w,R}$ (C,Ctr) = 43 (-2,-6) dB

Bemerkungen:

Horizontalmessung

fremdgeräuschkorrigiert

Spektrumanpassungswerte:

C = -2 dB	Ctr = -6 dB
C 50-3150 = -2 dB	Ctr 50-3150 = -9 dB
C 100-5000 = -1 dB	Ctr 100-5000 = -6 dB
C 50-5000 = -1 dB	Ctr 50-5000 = -9 dB

Luftschalldämmung einer Strohballenwand

Luftschalldämmung nach DIN EN ISO 140 - 3
Auftraggeber: Fachverband Strohballenbau Deut

CSTB
le futur en construction

 Cerema



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE



MINISTÈRE
DE LA COHÉSION
DES TERRITOIRES

CONVENTION CSTB-DHUP 2017
FICHE ACTION 28
PROPRIÉTÉS ACOUSTIQUES DES
MATERIAUX BIOSOURCÉS

Rapport final

Termites



RAPPORT D'ESSAI
n° 401/10/092Z/b/5 du 04/10/10

Entomologie

PAILLE 5
VERIFICATION DE L'APPETENCE
VIS-A-VIS DES TERMITES
Selon EN 117 adaptée

Avis et interprétation

« L'essai est valable si au moins 2 des 3 éprouvettes témoins non traitées [...] présentent à l'examen visuel la note 4 et si les colonies correspondantes comprennent au moins 50 % de survivants. »(EN 117 § 7.4.2)

Au vu des critères de la norme, l'essai est considéré comme valide.

Les cotations des dégâts (degré d'attaque de l'éprouvette dans le tableau de résultats) vont de 0 (aucune dégradation) à 4 (attaque généralisée). Dans le cas des blocs de paille, la cotation 4 correspond à une perte de matière ingérée par les termites et à l'observation de cavités importantes à l'intérieur du bloc de paille.

Dans les dispositifs contenant l'isolant PAILLE 5, les termites survivent moins bien que dans les dispositifs contenant du bois (17% de survivants en moyenne contre 61% avec du bois), La différence entre les moyennes des survies des dispositifs témoins et des essais est significative (test du χ^2 , 1 degré de liberté) avec la probabilité α de se tromper inférieure à 0,001.

Dans les conditions d'essais du laboratoire, les termites de l'espèce *Reticulitermes flavipes* peuvent traverser et s'installer dans un bloc de paille et y ménager des cavités. Les termites sont capables de se nourrir de paille, mais cet aliment est insuffisant d'un point de vue nutritif pour permettre à un groupe de termites de survivre sans apport de bois.

Chocs sur enduits

— Résistance des enduits

RAPPORT Résistance aux chocs coupant sur enduits sur paille

RAPPORT Résistance aux chocs sur ITE paille

DESCRIPTION DES MAQUETTE.....

4.1 ECHANTILLON N°1 : ENDUIT A LA CHAUX NON FIBRE SUR BOTTE 80 KG/M3 AVEC TRAME DE FIBRE DE VERRE*	3
4.2 ECHANTILLON N°2 : ENDUIT A LA CHAUX NON FIBRE SUR BOTTE 120 KG/M3 AVEC TRAME DE FIBRE DE VERRE*	4
4.3 ECHANTILLON N°3 : ENDUIT A L'ARGILE NON FIBRE SUR BOTTE 80 KG/M3 AVEC TRAME DE FIBRE DE VERRE*	4
4.4 ECHANTILLON N°4 : ENDUIT A L'ARGILE NORMALEMENT FIBRE SUR BOTTE 80 KG/M3 AVEC TRAME DE FIBRE DE VERRE A 2 VOLUMES DE SABLE*	5
4.5 ECHANTILLON N°5 : ENDUIT A L'ARGILE NORMALEMENT FIBRE SUR BOTTE 80 KG/M3 AVEC TRAME DE FIBRE DE VERRE A 3 VOLUMES DE SABLE*	5
4.6 ECHANTILLON N°6 : ENDUIT A L'ARGILE NORMALEMENT FIBRE SUR BOTTE 80 KG/M3 AVEC TRAME TOILE DE JUTE*	6
4.7 ECHANTILLON N°7 : ENDUIT A L'ARGILE NORMALEMENT FIBRE SUR BOTTE 120 KG/M3 SANS TRAME DE RENFORT*	6
4.8 ECHANTILLON N°8 : ENDUIT A L'ARGILE FIBRES LONGUES SUR BOTTE 120 KG/M3 SANS TRAME DE RENFORT*	7
4.9 ECHANTILLON N°9 : ENDUIT A L'ARGILE AVEC 20% DE CHAUX NON FIBRE SUR BOTTE 80 KG/M3 AVEC TRAME DE FIBRE DE VERRE*	7
4.10 ECHANTILLON N°10 : ENDUIT A L'ARGILE AVEC 20% DE CHAUX NORMALEMENT FIBRE SUR BOTTE 80 KG/M3 AVEC TRAME DE FIBRE DE VERRE*	8
4.11 ECHANTILLON N°11 : ENDUIT A L'ARGILE AVEC 20% DE CHAUX NORMALEMENT FIBRE SUR BOTTE 80 KG/M3 SANS TRAME DE RENFORT*	8
4.12 ECHANTILLON N°12 : ENDUIT A L'ARGILE AVEC 20% DE CHAUX NORMALEMENT FIBRE SUR BOTTE 120 KG/M3 AVEC TRAME DE FIBRE DE VERRE*	9
4.13 ECHANTILLON N°13 : ENDUIT A L'ARGILE AVEC 40% DE CHAUX NON FIBRE SUR BOTTE 80 KG/M3 AVEC TRAME DE FIBRE DE VERRE*	9
4.14 ECHANTILLON N°14 : ENDUIT A L'ARGILE AVEC 40% DE CHAUX NORMALEMENT FIBRE SUR BOTTE 80 KG/M3 AVEC TRAME DE FIBRE DE VERRE*	10
4.15 ECHANTILLON N°15 : ENDUIT A L'ARGILE AVEC ADJUVANT SUR BOTTE 80 KG/M3 AVEC TRAME DE FIBRE DE VERRE*	10
4.16 ECHANTILLON N°16 : ENDUIT A L'ARGILE AVEC ADJUVANT SUR BOTTE 80 KG/M3 SANS TRAME DE RENFORT*	11

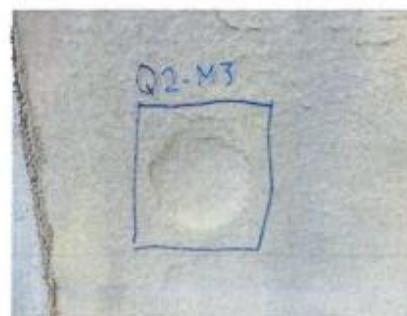


Echantillon testé

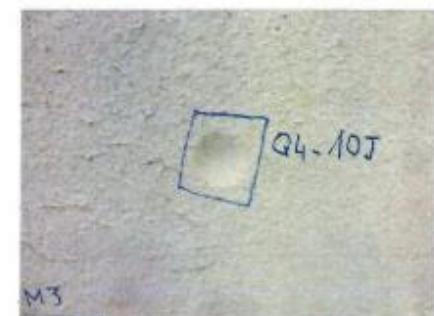


Dos 3J

D 0.5 / 3 Joules sur le remplissage



M3 / 60 Joules sur le remplissage



M3

D1 / 10 Joules sur le remplissage



M50 / 300 Joules sur le remplissage



Rien à signaler après les essais M50 / 300 et M50 / 400 Joules sur le remplissage

Qualité de l'air

— Qualité de l'air

RAPPORT Étiquetage des émissions en polluants volatils de la paille - A+

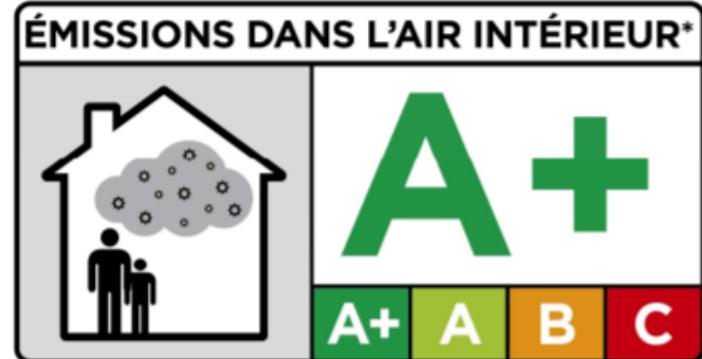


BUREAU
VERITAS

Saint Ouen l'Aumône, le 21 Août 2013

**Etiquetage des émissions en polluants volatils d'une «botte de paille»
fournie par RFCP selon les normes ISO 16000**

Rapport d'analyse N°D-010713-05230



Environnement

4 FDES en cours

Remplissage isolant en bottes de paille

- De plein champ « en bio »
- De plein champ « en conventionnel »
- Reconditionnées en atelier

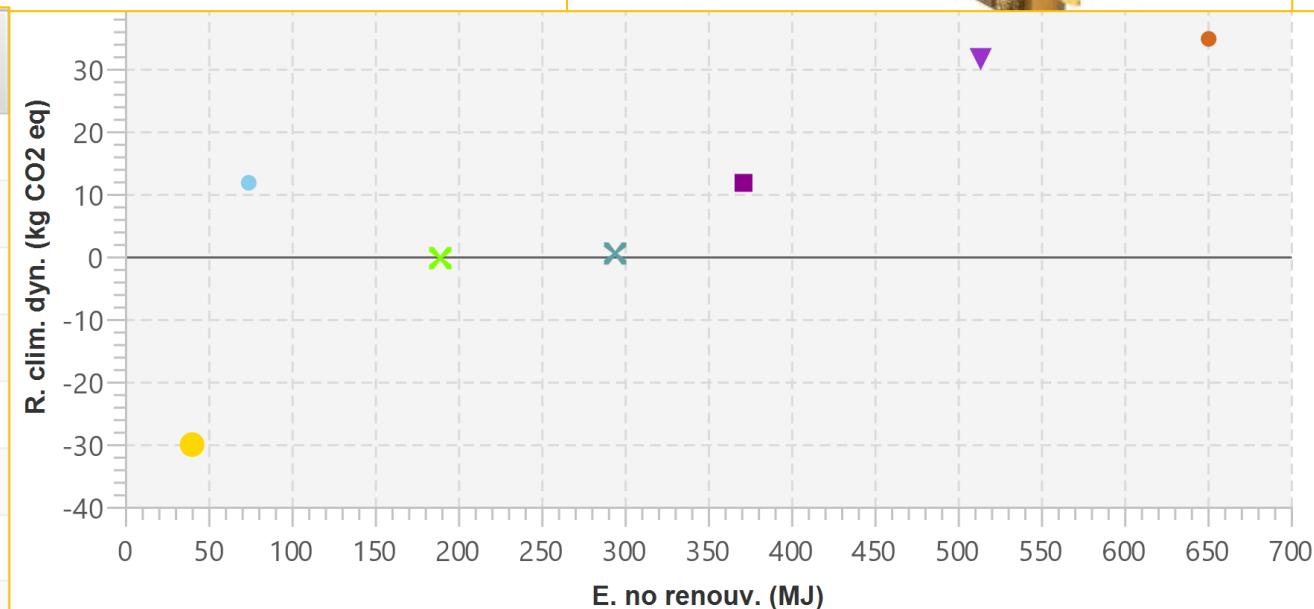
Remplissage isolant en paille hachée.

Remplissage isolant *en bottes de paille*

(issue de l'agriculture conventionnelle)
Conformément aux règles professionnelles
de construction en paille – CP 2012



L.	Libellé
●	Remplissage isolant en petites bottes de p...
✗	Ouate de cellulose en vrac posée par souf...
✖	Laine de chanvre, lin, coton - Biofib' Trio
✗	Panneau isolant semi-rigide à base de pail...
■	KNAUF XTherm Ultra 30 Mur 101mm
▼	Panneau laine de roche - ALPHATOIT 37 1...
●	Panneaux Rigides Isolants en Polyuréthan...
●	Métisse RT - Isolant fibres textiles recyclée...



Données scientifiques

Construction and Building Materials 259 (2020) 120385



Contents lists available at ScienceDirect

Construction and Building Materials

journal homepage: www.elsevier.com/locate/conbuildmat



Review

A review of material properties and performance of straw bale as building material



Chuen Hon (Alex) Koh, Dimitrios Kraniotis*

Department of Civil Engineering and Energy Technology, Oslo Metropolitan University, P.O. box: St. Olavs plass 4, 0130 Oslo, Norway

HIGHLIGHTS

- The thermal conductivity increases linearly with bulk density ρ ($60 \leq \rho \leq 120 \text{ kg/m}^3$).
- The isotherm sorption curves of straw bale are similar to wood.
- Young's modulus and Poisson's ratio depends on bulk density and bales orientation.
- A wall structure of 500 mm thickness has U-value between 0.1 and 0.2 $\text{W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$.
- Straw bale has less environmental impact compared to typical insulation materials.

ARTICLE INFO

Article history:
Received 31 January 2020
Received in revised form 29 June 2020
Accepted 26 July 2020
Available online 31 August 2020

Keywords:
Straw bale
Material properties
Heat, air and moisture transport
Energy
Life cycle assessment
Soundproofing
Fire resistance
Mechanical performance

ABSTRACT

Straw bale constructions are considered as a promising solution towards the goal of decarbonisation of building sector. In particular, its use as an alternative thermal insulation and load-bearing material has been promoted. This study provide a thorough review of material properties of straw bale including mechanical, thermophysical and hygric. Furthermore, mechanical, hygrothermal, energy and acoustical performance as well as life cycle assessment of straw bale constructions are reviewed and discussed. The critical evaluation of the recent research confirms that straw bales can provide satisfactory results as thermal insulation material compared to conventional materials, while in parallel reflects a high potential for constructions with low embodied emissions. The potential of straw bale is tackled by the lack of consistent representation of material properties, which is controversial to the significant amount of the relevant scientific results that have been reported during the last years. This review provides a systematic framework that can function as basis for future research on straw bales as building material.

© 2020 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction
2. Review on basic properties of straw bale
 - 2.1. Thermal conductivity λ
 - 2.2. Specific heat capacity c_p
 - 2.3. Water vapour permeability δ
 - 2.4. Hygroscopic sorption properties, moisture content and water absorption
 - 2.5. Mechanical properties
 - 2.6. Airflow resistivity r
 - 2.7. Sound absorption coefficient α
3. Review on performance of straw in a building environment
 - 3.1. Hygrothermal performance
 - 3.2. Thermal analysis and building energy performance
 - 3.3. Fire resistance

Declaration of Competing Interest

References

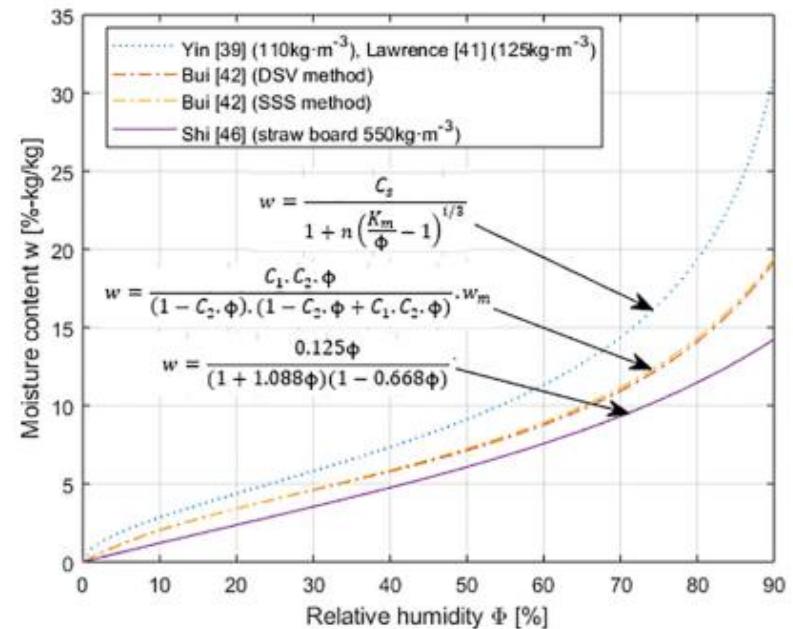
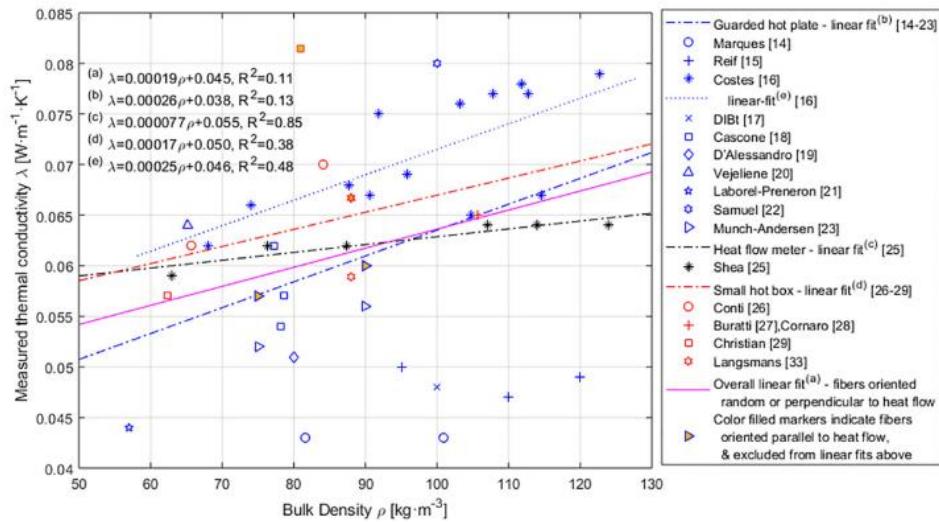
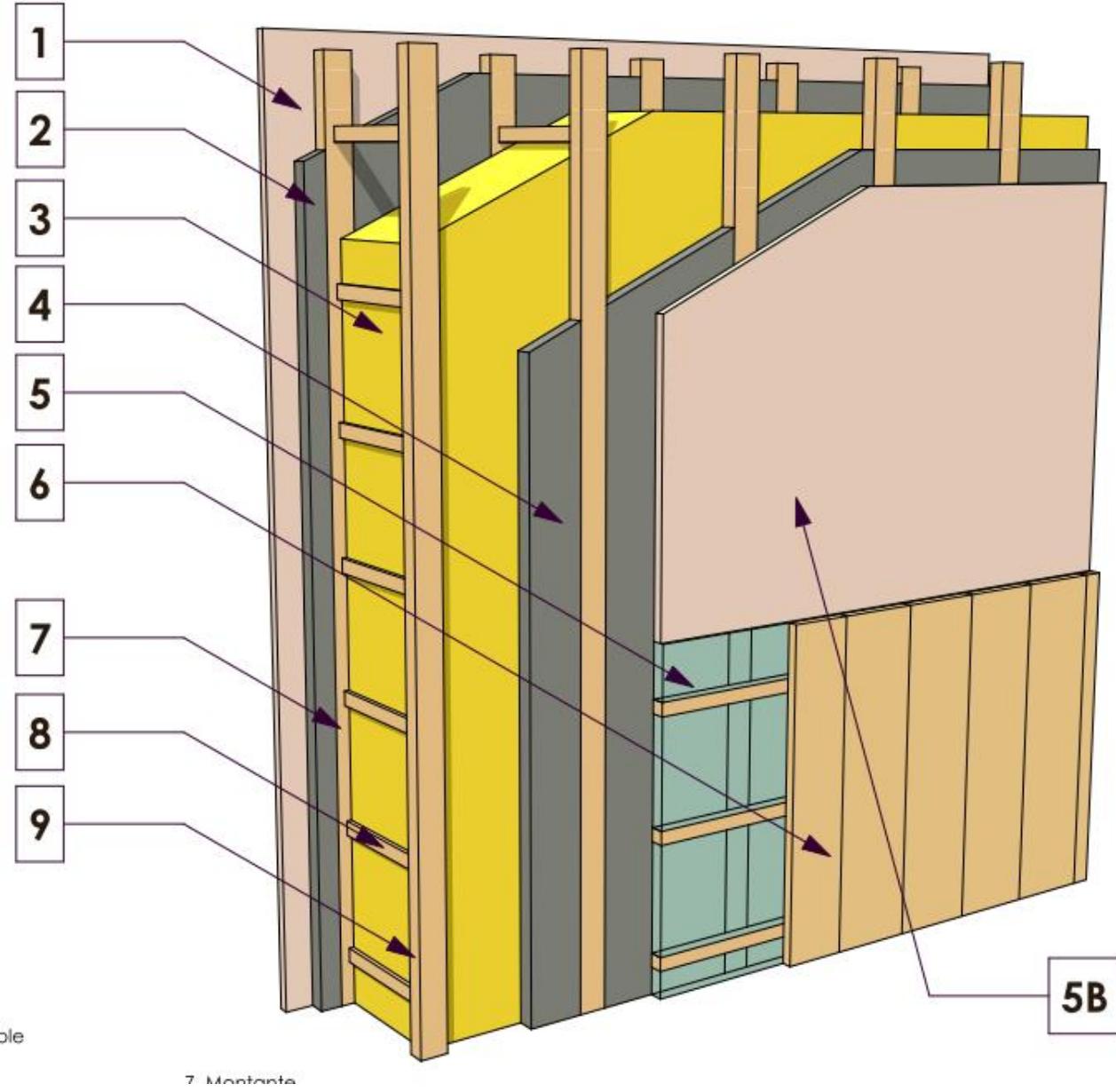


Fig. 5. Proposed equation to predict moisture content w of straw against relative humidity Φ based on studies from Yin [39], Lawrence [41], Bui [42], Shi [46]. C_s , n , K_m , i , C_1 , C_2 and w_m are the constants.



Construction en paille

Parois types BIM & Prix

[Objets Bim à télécharger](#)



Caisson à remplissage en bouteilles de paille avec double ossature bois



Caisson à remplissage en bouteilles de paille avec ossature bois LMC



Mur à remplissage en bouteilles de paille avec double ossature bois



Mur à remplissage en bouteilles de paille avec ossature bois simple



Mur à remplissage en bouteilles de paille avec ossature légère



Mur à remplissage en bouteilles de paille avec ossature traversante et



Mur porteur en grosses bouteilles de paille.



Mur porteur en petites bouteilles de paille.



SBW_01 - Remplissage en paille d'une ossature bois simple



Toiture à structure bois avec remplissage en bouteilles de paille



Toiture avec remplissage en bouteilles de paille sur la



Toiture terrasse avec remplissage en bouteilles de paille et plancher

Prix indicatifs de parois isolées en paille

Code	Libellé	Montant € HT / m ²
SBW_01	Mur avec remplissage en bottes de paille d'une ossature bois simple désaxée vers l'extérieur et bardage bois en face extérieure et enduit Terre en face intérieure	173 €
SBW_02	Mur avec remplissage en bottes de paille d'une ossature bois simple désaxée vers l'intérieur et enduit à la chaux en face extérieure et plaque de plâtre en face intérieure	136 €
SBW_03	Mur avec remplissage en bottes de paille avec double ossature bois externe (GREB) et enduit à la chaux en face extérieure et intérieure	181 €
SBW_04	Mur avec remplissage en bottes de paille avec ossature traversante en poutre en I et enduit à la chaux en face extérieure et plaque de plâtre en face intérieure	148 €
SBW_05	Mur avec remplissage en bottes de paille avec ossature légère centrée non porteuse et enduit à la chaux en face extérieure et enduit Terre en face intérieure	169 €
SBW_06	Mur caisson avec remplissage en bottes de paille avec ossature BLC traversante sans parement de finition extérieur ou intérieur	132 €
SBW_07	Mur caisson avec remplissage en bottes de paille avec double ossature bois traversante sans parement de finition extérieur ou intérieur	119 €
SBW_08	Mur porteur en petites bottes de paille et enduit à la chaux en face extérieure et intérieure	197 €
SBW_09	Mur porteur en grosses bottes de paille et enduit à la chaux en face extérieure et intérieure	155 €
SBR_10	Toiture caisson chevronné avec BLC avec remplissage en bottes de paille	131 €
SBR_11	Toiture caisson chevronné avec poutre en I avec remplissage en bottes de paille et face extérieure volige jointive et pare pluie	148 €
SBR_12	Toiture caisson chevronné avec poutre en I avec remplissage en bottes de paille et support bois d'étanchéité et membrane d'étanchéité	195 €

SBW_01

**REMPLISSAGE EN PAILLE
D'UNE OSSATURE BOIS SIMPLE DESAXÉE
VERS L'EXTÉRIEUR**
(de l'extérieur vers l'intérieur) :

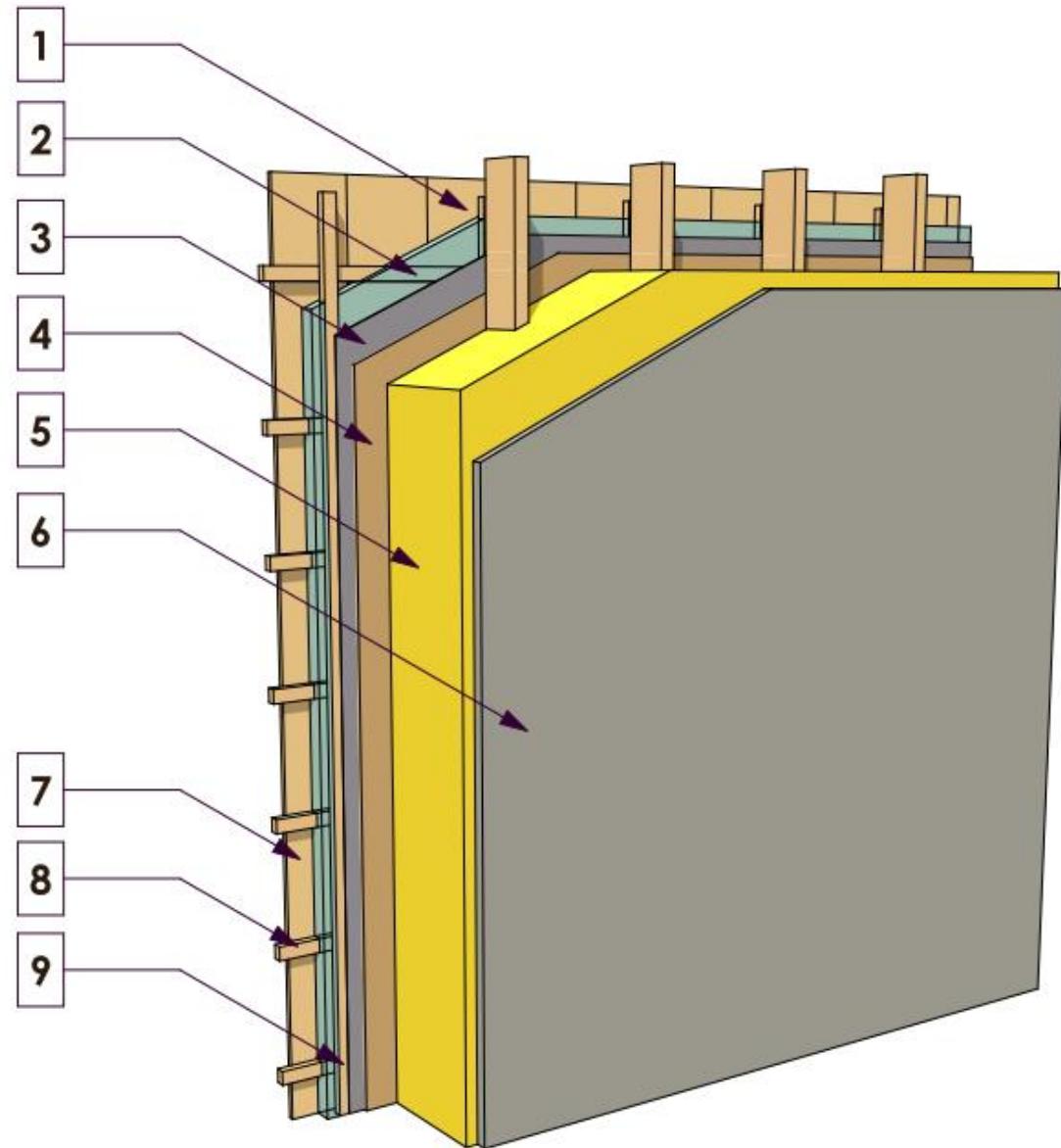
1. Bardage
2. Lame d'air ventillée
3. Pare pluie
4. Contreventement
5. Botte de paille
6. Enduit terre
7. Contre-liteaux
8. Liteaux
9. Montant de 45x145 mm

**STRAW-BALE INFILL WALL
WITH SIMPLE TIMBER FRAME OFFSET TO THE OUTSIDE**
(from outside to inside):

1. Cladding
2. Ventilated air space
3. Rain screen
4. Bracing
5. Straw bale
6. Earth-based render
7. Counter battens
8. Battens
9. Upright 45x145 mm

**RELLENO CON PAJA DE UNA ESTRUCTURA DE MADERA
SENCILLA COLOCADA DEL LADO EXTERIOR**
(de exterior a interior)

1. Entabulado
2. Cámara de aire ventilada
3. Membrana impermeable
4. Tablero estructural (arriostramiento)
5. Bala de paja
6. Enlucido de tierra
7. Contra rastreles
8. Rastreles
9. Montante de 45x145 mm



Libellé	Montant
Mur avec remplissage en bottes de paille d'une ossature bois simple désaxée vers l'extérieur et bardage bois en face extérieure et enduit Terre en face intérieure	172.66
Désignation	Montant
MAIN OEUVRE CHANTIER	98.70
MAIN OEUVRE ATELIER	0.00
Sur chantier - fourniture et pose paroi	
Bardage en face extérieure	43.36
BARDAGE DOUGLAS 21X135 ELEGIE BIAISE RB	23.48
Pointes cloueur 25x65 galva cranté	0.57
MAIN OEUVRE CHANTIER	12.25
LITEAU SAPIN-EPICEA TRAITE CLASSE 3 (AUTOCLAVE MARRON) 27X38	1.29
Vis 5x 80 tête fraisée, zinguée empreinte torx 20	0.17
MAIN OEUVRE CHANTIER	5.60
Structure ossature bois et isolation bottes de paille	77.55
LITEAU SAPIN-EPICEA TRAITE CLASSE 3 (AUTOCLAVE MARRON) 38X38	2.15
Vis 5x 80 tête fraisée, zinguée empreinte torx 20	0.15
DELTA VENT N 50X1,50M	1.69
MAIN OEUVRE CHANTIER	3.50
FIBERTECH RWH 2800X1196 (3,35M ²) 16MM	7.96
Pointes cloueur 25x65 galva cranté	0.10
MAIN OEUVRE CHANTIER	5.60
OSSATURE BOIS DU NORD RABOTE TRAITE CLASSE 2 45X145 5M10	7.02
OSSATURE BOIS DU NORD RABOTE TRAITE CLASSE 4 47X147 5M10	1.99
TASSEAU SAPIN-EPICEA NORD TRAITE CLASSE 2 40X38X25	4.99
Vis 5x 80 tête fraisée, zinguée empreinte torx 20	0.22
MAIN OEUVRE CHANTIER	15.75
Botte de paille ht. 37cm * larg. 47cm * lg. 1.00m	14.18
MAIN OEUVRE CHANTIER	12.25
Enduit Terre en face intérieure	51.75
Enduit terre	8.00
MAIN OEUVRE CHANTIER	15.75
MAIN OEUVRE CHANTIER	28.00
	172.66

Libellé	Montant
Mur avec remplissage en bottes de paille d'une ossature bois simple désaxée vers l'intérieur et enduit à la chaux en face extérieure et plaque de plâtre en face intérieure	135.59
Désignation	Montant
MAIN OEUVRE CHANTIER	88.55
MAIN OEUVRE ATELIER	0.00
Sur chantier - fourniture et pose paroi	
Enduit à la chaux en face extérieure	49.75
Enduit à la chaux	6.00
MAIN OEUVRE CHANTIER	15.75
MAIN OEUVRE CHANTIER	28.00
Structure ossature bois et isolation bottes de paille	68.28
OSSATURE BOIS DU NORD RABOTE TRAITE CLASSE 2 45X145 5M10	7.02
OSSATURE BOIS DU NORD RABOTE TRAITE CLASSE 4 47X147 5M10	1.99
TASSEAU SAPIN-EPICEA NORD TRAITE CLASSE 2 40X38X25	4.99
Vis 5x 80 tête fraisée, zinguée empreinte torx 20	0.22
MAIN OEUVRE CHANTIER	15.75
Botte de paille ht. 37cm * larg. 47cm * lg. 1.00m	14.18
MAIN OEUVRE CHANTIER	12.25
PANNEAU KRONOPLY OSB 3 2800X1196 (3,35M ²) 12MM	4.50
ADHESIF VARIO MULTITAPE 60MM X35ML	1.68
Pointes cloueur 25x65 galva cranté	0.10
MAIN OEUVRE CHANTIER	5.60
Plaque de plâtre en face intérieure	17.56
Plâtre BA13 Standard format: 120x250	2.11
VIS PLACO BOIS Ø3,5X35 PHOSPHATEE - BOITE DE 1000	0.08
TASSEAU SAPIN-EPICEA NORD TRAITE CLASSE 2 40X38X25	4.07
Vis 5x 80 tête fraisée, zinguée empreinte torx 20	0.10
MAIN OEUVRE CHANTIER	11.20
	135.59

1

2

3

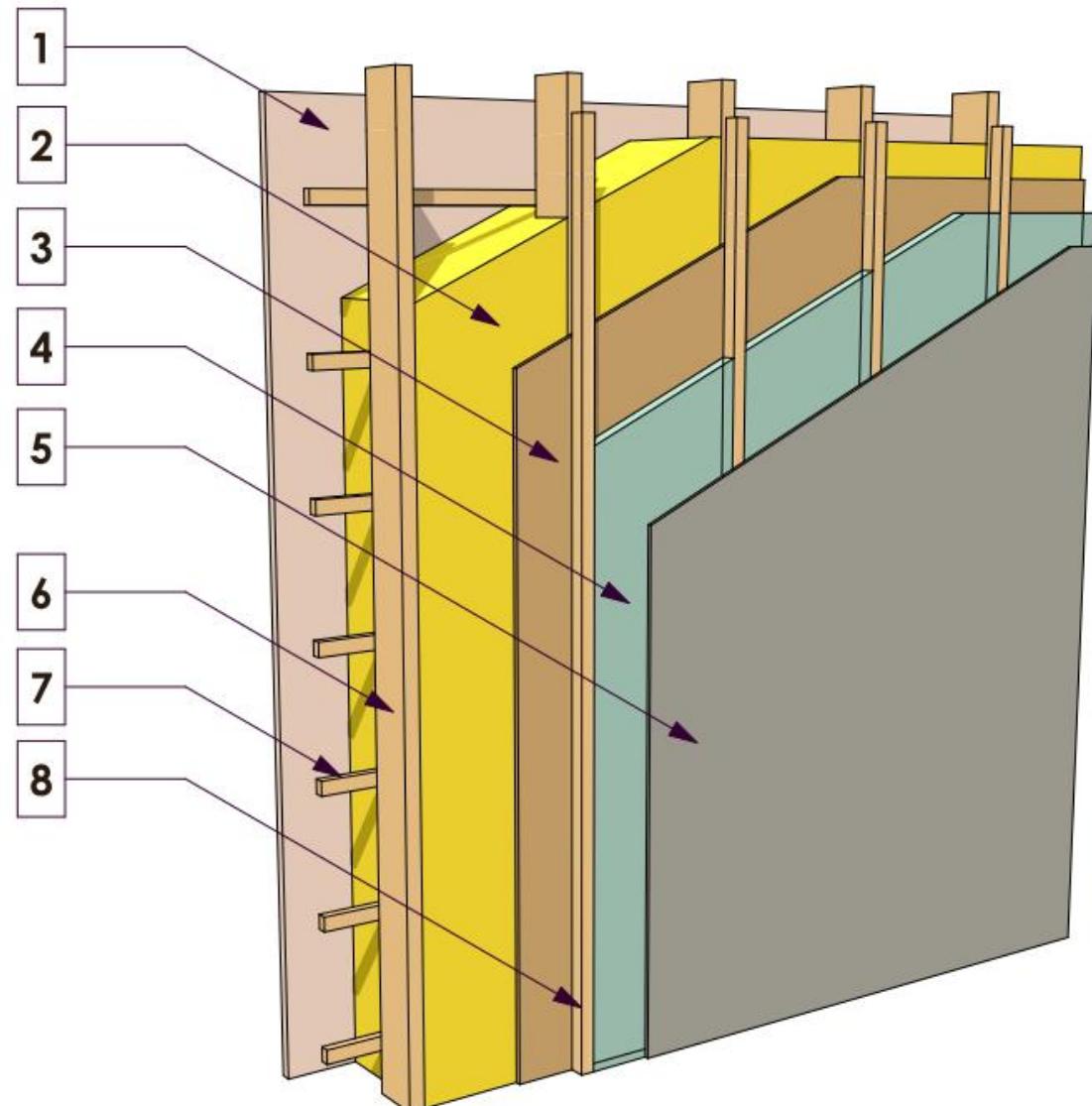
4

5

6

7

8

**SBW_02****MUR À REMPLISSAGE EN BOTTE DE PAILLE AVEC OSSATURE BOIS SIMPLE DESAXÉE VERS L'INTÉRIEUR (de l'extérieur vers l'intérieur) :**

1. Enduit à la chaux
2. Bottes de paille
3. Panneau contreventement & frein vapeur
4. Vide technique
5. Parement intérieur
6. Montants
7. Liteaux (maintien bottes)
8. Liteaux (support parement intérieur)

STRAW INFILL WALL & INDOOR SHIFTED SIMPLE WOOD FRAME STRUCTURE (from outside to inside) :

1. Lime plaster
2. Straw bales infill
3. Bracing panel & vapor barrier
4. Services void
5. Gypsum fiberboard
6. Wood horizontal battens
7. Wood frame
8. Wood vertical battens

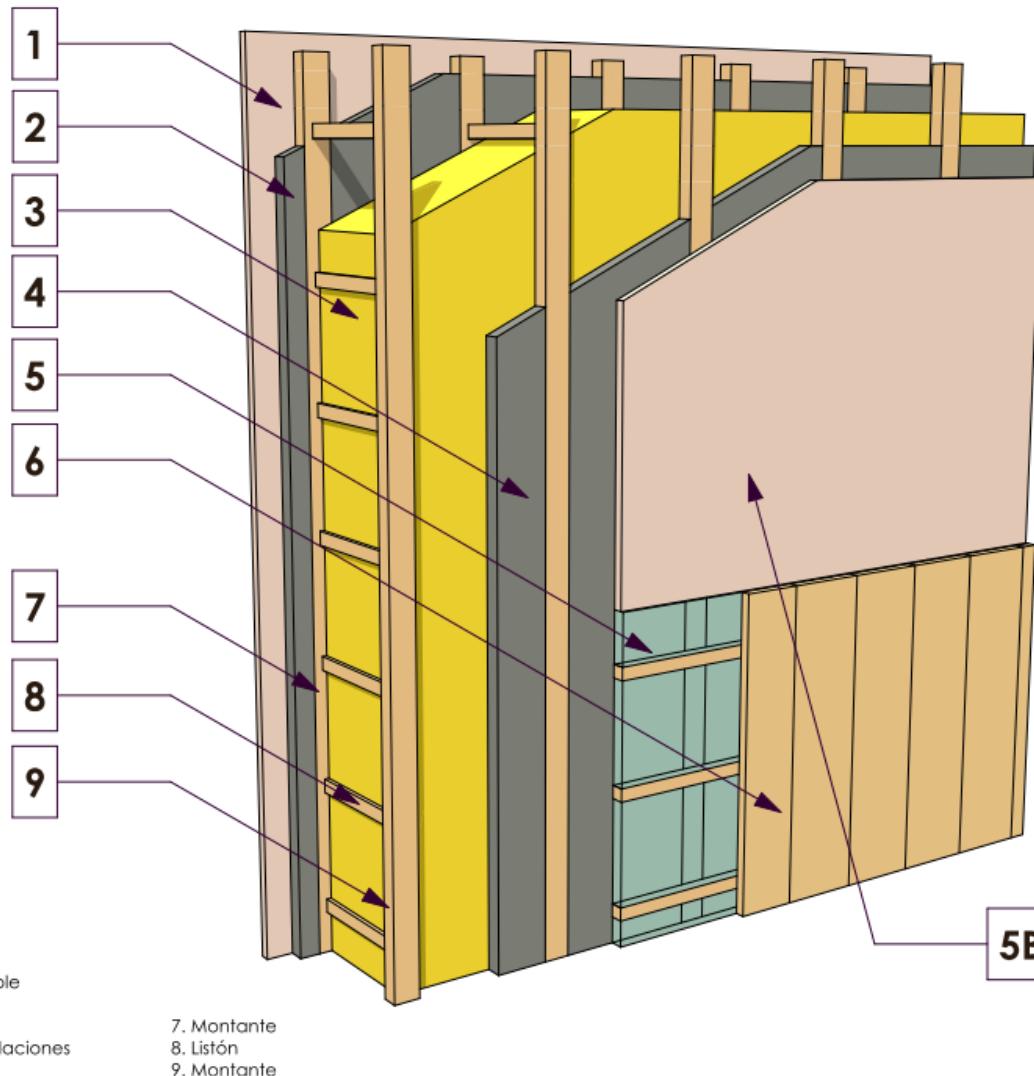
RELLENO DE PAJA DE UNA ESTRUCTURA DE MADERA SENCILLA COLOCADA DEL LADO EXTERIOR

Composición (de exterior a interior):

1. Enlucido de cal
2. Bala de paja
3. Tablero estructural (arriostramiento) y freno de vapor
4. Cámara para instalaciones
5. Paramento interior
6. Montantes
7. Rastreles (sujeción de balas)
8. Rastreles (soporte paramento interior)

Libellé	Montant
Mur avec remplissage en bottes de paille avec double ossature bois externe (GREB) et enduit à la chaux en face extérieure et intérieure	181.40
Désignation	Montant
MAIN OEUVRE CHANTIER	120.75
MAIN OEUVRE ATELIER	0.00
Sur chantier - fourniture et pose paroi	
Enduit à la chaux en face extérieure	34.00
Enduit à la chaux	6.00
MAIN OEUVRE CHANTIER	28.00
Double ossature bois externe (GREB) et isolation bottes de paille	113.40
Mortier coulé ép. 4cm	7.00
MAIN OEUVRE CHANTIER	15.75
OSSATURE BOIS DU NORD RABOTE TRAITE CLASSE 2 45X145 5M10	16.20
OSSATURE BOIS DU NORD RABOTE TRAITE CLASSE 4 47X147 5M10	3.98
TASSEAU SAPIN-EPICEA NORD TRAITE CLASSE 2 40X38X25	3.01
Vis 5x 80 tête fraisée, zinguée empreinte torx 20	0.43
MAIN OEUVRE CHANTIER	21.00
Botte de paille ht. 37cm * larg. 47cm * lg. 1.00m	11.03
MAIN OEUVRE CHANTIER	12.25
Mortier coulé ép. 4cm	7.00
MAIN OEUVRE CHANTIER	15.75
Enduit à la chaux en face intérieure	34.00
Enduit à la chaux	6.00
MAIN OEUVRE CHANTIER	28.00

5B



SBW_03

MUR À REMPLISSAGE EN BOTTE DE PAILLE AVEC DOUBLE OSSATURE BOIS EXTERNE (GREB)

(de l'extérieur vers l'intérieur) :

- 1. Enduit chaux
- 2. Mortier coulé
- 3. Paille
- 4. Mortier coulé
- 5. Vide technique
- 6. -
- 7. Montant extérieur
- 8. Liteau ou feuillard
- 9. Montant intérieur

Variante

- 1. Bardage bois
- 2. Pare pluie rigide
- 3. Paille
- 4. Mortier coulé
- 5. Vide technique
- 6. Parement
- 7. Montant
- 8. Liteau ou feuillard
- 9. Montant

STRAW-BALE INFILL WALL WITH DUAL EXTERIOR TIMBER FRAME (GREB)

(from outside to inside) :

- 1. Lime render
- 2. Poured mortar
- 3. Straw
- 4. Poured mortar
- 5. Lime render
- 6. -
- 7. External upright
- 8. Batten or strip
- 9. Internal upright

Variante

- 1. Wood cladding
- 2. Rigid rain screen
- 3. Straw
- 4. Poured mortar
- 5. Air gap
- 6. Facing
- 7. Upright
- 8. Batten or strip
- 9. Upright

RELENO DE BALAS DE PAJA CON DOBLE ESTRUCTURA DE MADERA EXTERIOR (GREB)

(del exterior al interior)

- | | |
|--------------------|------------------------------|
| 1. Enlucido de cal | Variante |
| 2. Mortero vertido | 1. Entablado |
| 3. Bala de paja | 2. Tablero impermeable |
| 4. Mortero vertido | 3. Bala de paja |
| 5. Enlucido de cal | 4. Mortero vertido |
| 6. - | 5. Cámara para instalaciones |
| 7. Montante | 6. Paramento |
| 8. Listón | |
| 9. Montante | |

SBW_04

MUR À REMPLISSAGE EN BOTTE DE PAILLE AVEC OSSATURE TRAVERSANTE ET VIDE TECHNIQUE
(de l'extérieur vers l'intérieur) :

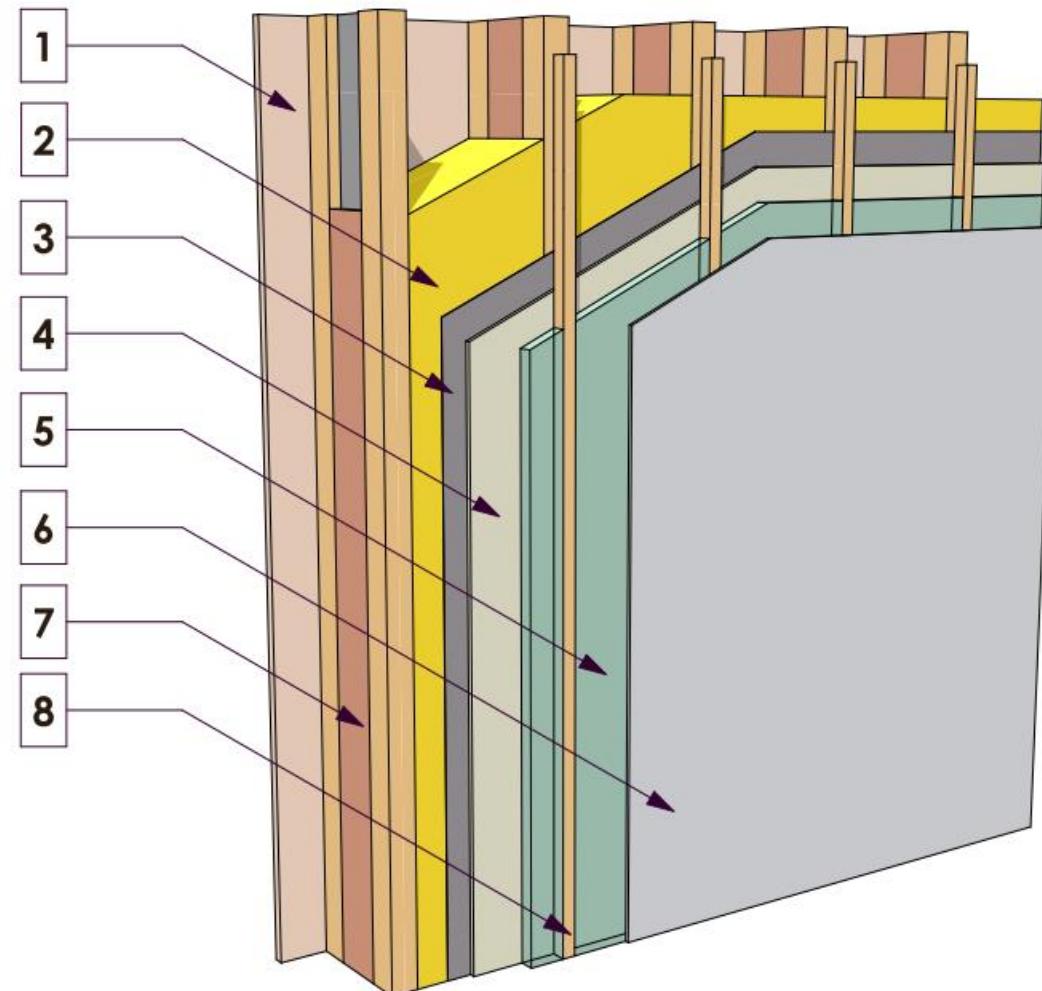
1. Enduit chaux
2. Botte de paille
3. Frein vapeur
4. Plaque
5. Vide technique
6. Parement
7. Poutre en I & complément d'isolation
8. Liteau

**WALL WITH STRAW-BALE INFILL,
FULL-WIDTH FRAME AND AIR GAP**
(from outside to inside):

1. Lime render
2. Straw bale
3. Vapour barrier
4. Board
5. Air gap
6. Facing
7. I-beam with insulated web
8. Batten

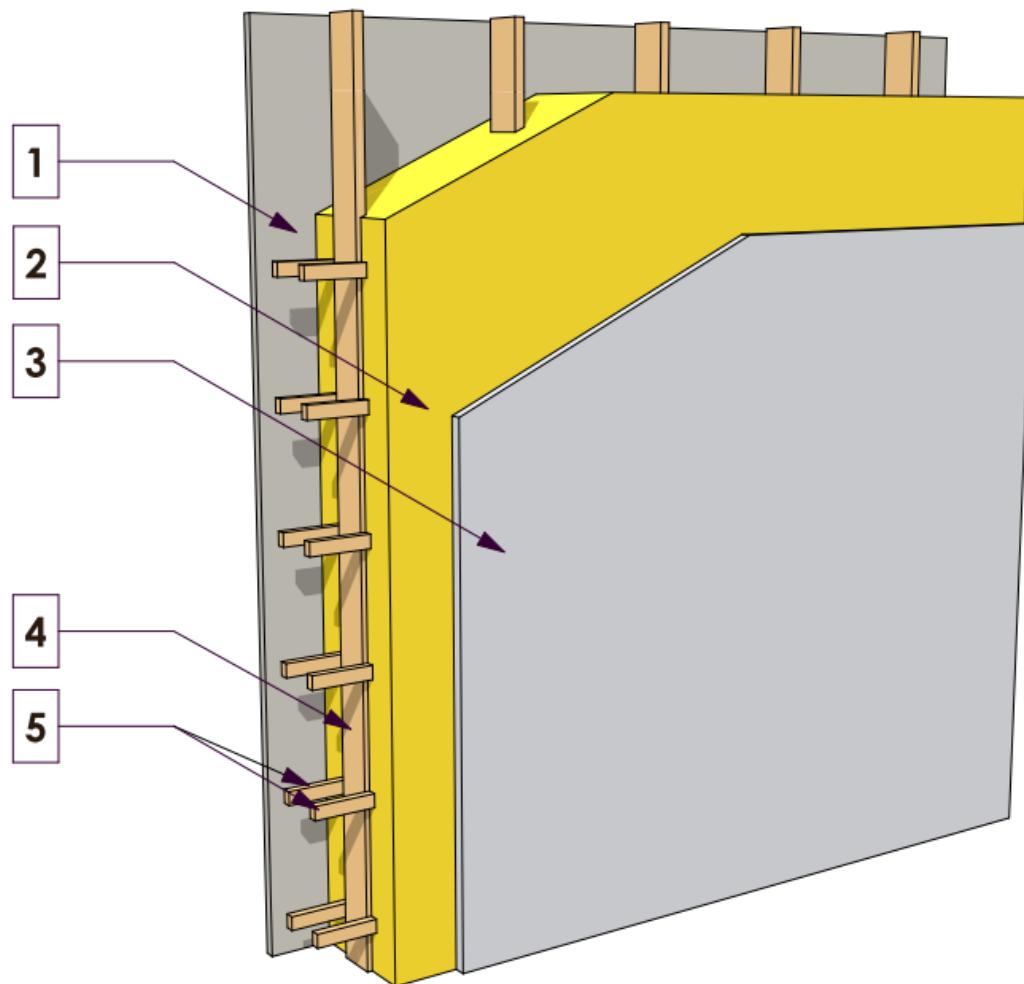
**RELENO CON BALAS DE PAJA DE UNA ESTRUCTURA
TRANSVERSAL CON CÁMARA PARA INSTALACIONES**
(del exterior al interior):

1. Enlucido de cal
2. Bala de paja
3. Freno de vapor
4. Placa
5. Cámar para instalaciones
6. Paramento
7. Vigas en I
8. Rastrel vertical de 45x45mm



Libellé	Montant
Mur avec remplissage en bottes de paille avec ossature traversante en poutre en I et enduit à la chaux en face extérieure et plaque de plâtre en face intérieure	148.03
Désignation	Montant
MAIN OEUVRE CHANTIER	85.05
MAIN OEUVRE ATELIER	0.00
Sur chantier - fourniture et pose paroi	
Enduit à la chaux en face extérieure	49.75
Enduit à la chaux	6.00
MAIN OEUVRE CHANTIER	15.75
MAIN OEUVRE CHANTIER	28.00
Structure avec poutre en I traversante et isolation bottes de paille	84.22
STEICO JOIST SJ60 HT 360MM	24.77
MAIN OEUVRE CHANTIER	12.25
ISONAT FLEX 40 (R=1,05) 1200X570MM EP 40MM	8.54
Botte de paille ht. 37cm * larg. 47cm * lg. 1.00m	11.03
MAIN OEUVRE CHANTIER	15.75
PANNEAU KRONOPLY OSB 3 2800X1196 (3,35M ²) 12MM	4.50
ADHESIF VARIO MULTITAPE 60MM X35ML	1.68
Pointes clouer 25x65 galva cranté	0.10
MAIN OEUVRE CHANTIER	5.60
Plaque de plâtre en face intérieure	14.06
Plâtre BA13 Standard format: 120x250	2.11
VIS PLACO BOIS Ø3,5X35 PHOSPHATEE - BOITE DE 1000	0.08
TASSEAU SAPIN-EPICEA NORD TRAITE CLASSE 2 40X38X25	4.07
Vis 5x 80 tête fraisée, zinguée empreinte torx 20	0.10
MAIN OEUVRE CHANTIER	7.70
	148.03

Libellé	Montant
Mur avec remplissage en bottes de paille avec ossature légère centrée non porteuse et enduit à la chaux en face extérieure et enduit Terre en face intérieure	169.42
Désignation	Montant
MAIN OEUVRE CHANTIER	122.50
MAIN OEUVRE ATELIER	0.00
Sur chantier - fourniture et pose paroi	
Enduit à la chaux en face extérieure	49.75
Enduit à la chaux	6.00
MAIN OEUVRE CHANTIER	15.75
MAIN OEUVRE CHANTIER	28.00
Structure avec ossature bois légère non porteuse et isolation bottes de paille	67.92
OSSATURE BOIS DU NORD RABOTE TRAITE CLASSE 2 45X145	
5M10	5.94
OSSATURE BOIS DU NORD RABOTE TRAITE CLASSE 4 47X147	
5M10	1.99
TASSEAU SAPIN-EPICEA NORD TRAITE CLASSE 2 40X38X25	9.98
Vis 5x 80 tête fraisée, zinguée empreinte torx 20	0.83
MAIN OEUVRE CHANTIER	22.75
Botte de paille ht. 37cm * larg. 47cm * lg. 1.00m	14.18
MAIN OEUVRE CHANTIER	12.25
Enduit Terre en face intérieure	51.75
Enduit terre	8.00
MAIN OEUVRE CHANTIER	15.75
MAIN OEUVRE CHANTIER	28.00
	169.42



SBW_05

MUR À REMPLISSAGE EN BOTTE DE PAILLE AVEC OSSATURE LÉGÈRE CENTRÉE NON PORTEUSE
(de l'extérieur vers l'intérieur) :

1. Enduit chaux
2. Botte de paille
3. Enduit terre

4. Montant
5. Liteau

WALL WITH STRAW-BALE INFILL AND LIGHTWEIGHT NON-LOAD-BEARING CENTRED FRAMEWORK
(from outside to inside):

1. Lime render
2. Straw bale
3. Earth-based render

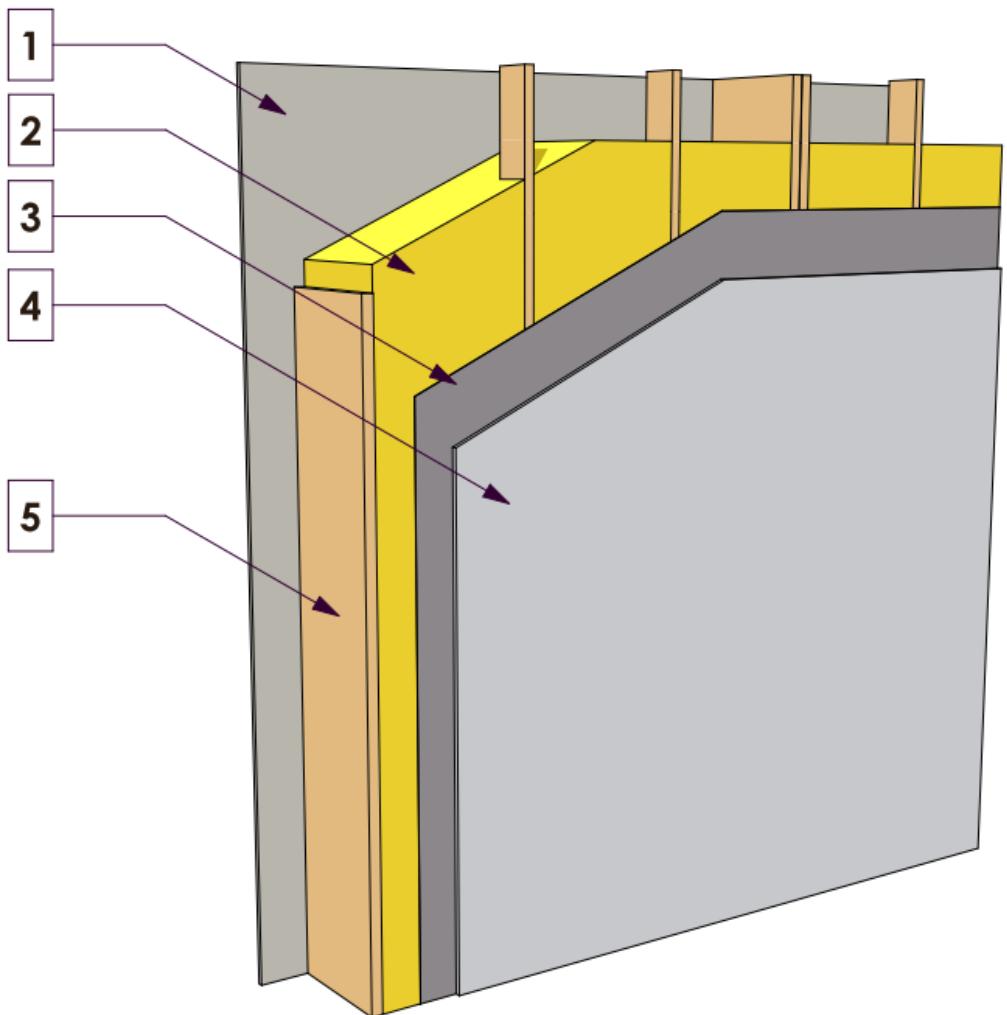
4. Upright
5. Batten

RELLENO CON BALAS DE PAJA DE UNA ESTRUCTURA LIGERA CENTRADA Y NO PORTANTE
(del exterior al interior):

1. Enlucido de cal
2. Bala de paja
3. Enlucido de tierra

4. Montante de 45x145mm
5. Listón de 45x45mm horizontal

Libellé	Montant
Mur caisson avec remplissage en bottes de paille avec ossature BLC traversante sans parement de finition extérieur ou intérieur	132.40
Désignation	Montant
MAIN OEUVRE CHANTIER	33.60
MAIN OEUVRE ATELIER	30.60
Sur chantier - Levage caisson	
MAIN OEUVRE CHANTIER	33.60
En atelier - fabrication caisson	
caisson avec ossature BLC traversante et isolation bottes de paille	98.80
FIBERTECH RWH 2800X1196 (3,35M ²) 16MM	7.96
Pointes cloueur 25x65 galva cranté	0.10
MAIN OEUVRE ATELIER	4.80
Poutre droite lamellé-collé épicea GL24 H refendu larg. 50mm ht. 135 à 2250mm - lames de 45mm	42.83
MAIN OEUVRE ATELIER	10.50
Botte de paille ht. 37cm * larg. 47cm * lg. 1.00m	11.03
MAIN OEUVRE ATELIER	10.50
PANNEAU KRONOPLY OSB 3 2800X1196 (3,35M ²) 12MM	4.50
ADHESIF VARIO MULTITAPE 60MM X35ML	1.68
Pointes cloueur 25x65 galva cranté	0.10
MAIN OEUVRE ATELIER	4.80
	132.40



SBW_06

CAISSON À REMPLISSAGE EN BOTTE DE PAILLE AVEC OSSATURE BOIS LMC (lamellé-collé) FILANT (de l'extérieur vers l'intérieur) :

1. Pare pluie rigide et perspirant
2. Paille
3. Frein vapeur
4. Parement
5. Montant LMC

BOX STRUCTURE WITH STRAW-BALE INFILL AND CONTINUOUS GLUED LAMINATED (GLULAM) TIMBER FRAME (from outside to inside):

1. Rigid breathable rain screen
2. Straw
3. Vapour barrier
4. Facing
5. Upright in glued laminated timber

MÓDULO PREFABRICADO RELLENO DE BALAS DE PAJA CON ESTRUCTURA DE MADERA LAMINADA (del exterior al interior):

1. Tablero impermeable transpirable
2. Bala de paja
3. Freno de vapor
4. Paramento
5. Montantes de madera laminada (370x35mm)

SBW_07

CAISSON À REMPLISSAGE EN BOTTE DE PAILLE AVEC DOUBLE OSSATURE BOIS (de l'extérieur vers l'intérieur) :

1. Pare pluie rigide perspirant
2. Botte de paille
3. Isolant complémentaire
4. Frein vapeur
5. Contreventement

6. Montant

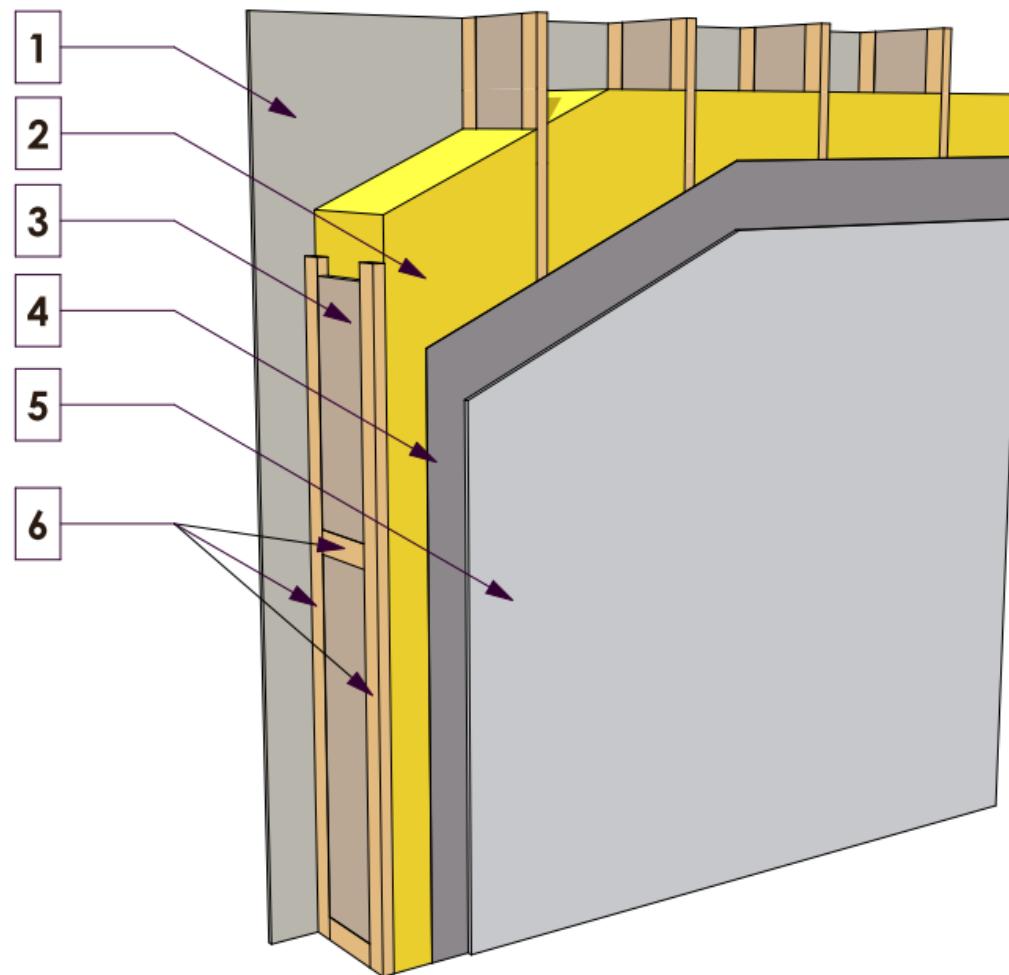
BOX STRUCTURE WITH STRAW-BALE INFILL AND DUAL TIMBER FRAME (from outside to inside):

1. Rigid, breathable rain screen
2. Straw bale
3. Additional insulation
4. Vapour barrier
5. Bracing

6. Upright

MÓDULO PREFABRICADO RELLENO DE BALAS DE PAJA CON DOBLE ESTRUCTURA DE MADERA (del exterior al interior):

1. Tablero impermeable transpirable
 2. Bala de paja
 3. Aislamiento complementario
 4. Freno de vapor
 5. Tablero estructural (arriostramiento)
6. Montantes y almas de madera (70x35mm)



Libellé	Montant
Mur caisson avec remplissage en bottes de paille avec double ossature bois traversante sans parement de finition extérieur ou intérieur	119.45
Désignation	Montant
MAIN OEUVRE CHANTIER	33.60
MAIN OEUVRE ATELIER	33.60
Sur chantier - Levage caisson	
MAIN OEUVRE CHANTIER	33.60
En atelier - fabrication caisson	
Caisson avec double ossature bois traversante et isolation bottes de paille	85.85
FIBERTECH RWH 2800X1196 (3,35M ²) 16MM	7.96
Pointes cloueur 25x65 galva cranté	0.10
MAIN OEUVRE ATELIER	4.80
OSSATURE BOIS DU NORD RABOTE TRAITE CLASSE 2 45X145 5M10	16.20
OSSATURE BOIS DU NORD RABOTE TRAITE CLASSE 4 47X147 5M10	3.98
Vis 5x 80 tête fraisée, zinguée empreinte torx 20	0.21
MAIN OEUVRE ATELIER	10.50
ISONAT FLEX 40 (R=1,55) 1220X580MM EP 60MM	6.49
Botte de paille ht. 37cm * larg. 47cm * lg. 1.00m	11.03
MAIN OEUVRE ATELIER	13.50
PANNEAU KRONOPLY OSB 3 2800X1196 (3,35M ²) 12MM	4.50
ADHESIF VARIO MULTITAPE 60MM X35ML	1.68
Pointes cloueur 25x65 galva cranté	0.10
MAIN OEUVRE ATELIER	4.80
	119.45

SBW_08

MUR PORTEUR EN PETITES BOTTES DE PAILLE (de l'extérieur vers l'intérieur) :

1. Enduit chaux
2. Botte de paille
3. Enduit chaux

4. Lisse bois
5. Lisse bois

LOAD-BEARING WALL OF SMALL STRAW BALE (from outside to inside):

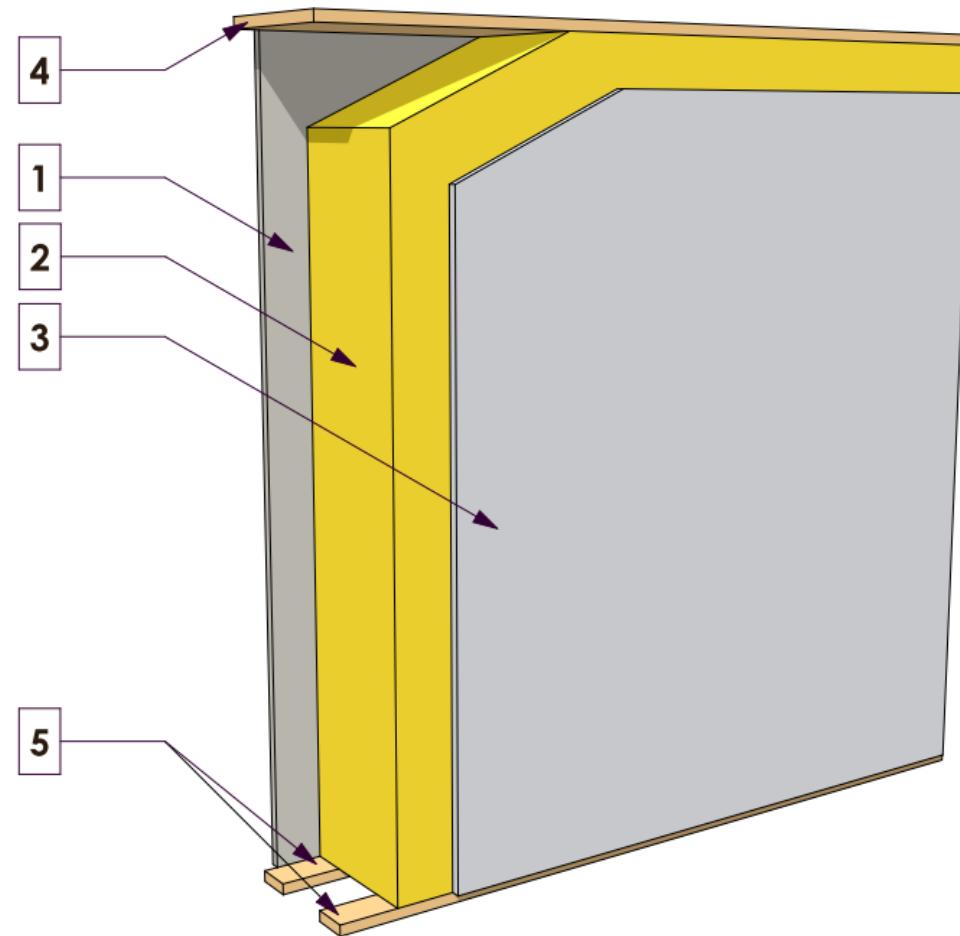
1. Lime render
2. Straw bale
3. Lime render

4. Wooden top plate
5. Wooden sole plate

MURO PORTANTE EN BALAS DE PAJA PEQUEÑAS (del exterior al interior) :

1. Enlucido de cal
2. Bala de paja
3. Enlucido de cal

4. Zuncho superior de madera
5. Durmiente inferior de madera



Libellé	Montant
Mur porteur en petites bottes de paille et enduit à la chaux en face extérieure et intérieure	197.41
Désignation	Montant
MAIN OEUVRE CHANTIER	139.65
MAIN OEUVRE ATELIER	0.00
Sur chantier - fourniture et pose paroi	
Enduit à la chaux en face extérieure	49.75
Enduit à la chaux	6.00
MAIN OEUVRE CHANTIER	15.75
MAIN OEUVRE CHANTIER	28.00
Mur porteur en petites bottes de paille	97.91
Poutre LVL Kerto S section 7.5 x 36.0 cm	14.58
POUTRE CONTRECOLLE SAPIN-EPICEA 100X200 13ML	13.02
MAIN OEUVRE CHANTIER	35.00
Botte de paille ht. 37cm * larg. 47cm * lg. 1.00m	14.18
MAIN OEUVRE CHANTIER	12.25
OSSATURE BOIS DU NORD RABOTE TRAITE CLASSE 4 47X147 5M10	3.98
MAIN OEUVRE CHANTIER	4.90
Enduit à la chaux en face intérieure	49.75
Enduit à la chaux	6.00
MAIN OEUVRE CHANTIER	15.75
MAIN OEUVRE CHANTIER	28.00
	197.41

SBW_09

**MUR PORTEUR
EN GROSSES BOTTES DE PAILLE**
(de l'extérieur vers l'intérieur) :

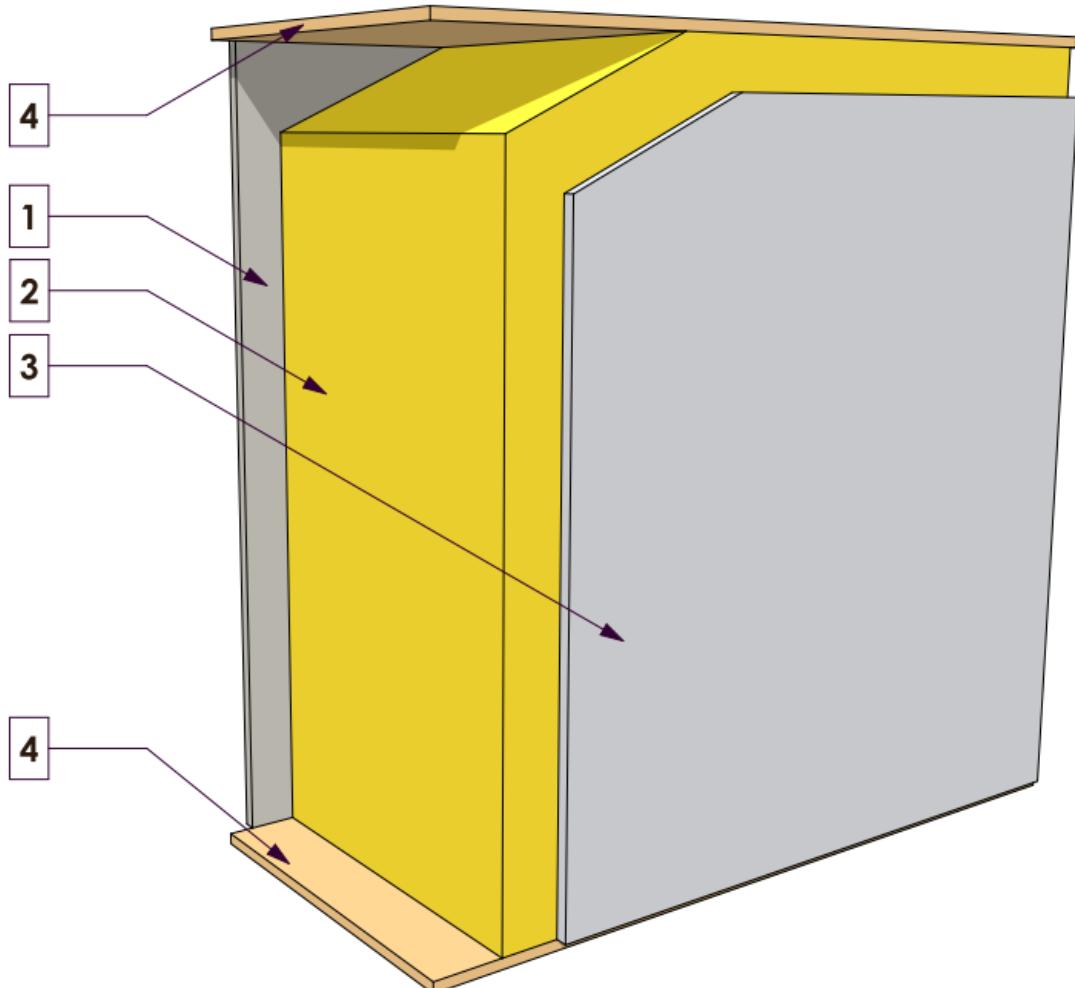
1. Enduit chaux
2. Grosses bottes de paille
3. Enduit chaux
4. Lisse bois

LOAD-BEARING WALL OF JUMBO STRAW BALES
(from outside to inside):

1. Lime render
2. Jumbo straw bales
3. Lime render
4. Wooden wall plate

MURO PORTANTE EN BALAS DE PAJA GRANDES
(del exterior al interior) :

1. Enlucido de cal
2. Bala de paja grande
3. Enlucido de cal
4. Zuncho inferior y superior de madera



Mur porteur en grosses bottes de paille et enduit à la chaux en face extérieure et intérieure	154.64
Désignation	Montant
MAIN OEUVRE CHANTIER	103.60
MAIN OEUVRE ATELIER	0.00
Sur chantier - fourniture et pose paroi	
Enduit à la chaux en face extérieure	49.75
Enduit à la chaux	6.00
MAIN OEUVRE CHANTIER	15.75
MAIN OEUVRE CHANTIER	28.00
Mur porteur en grosses bottes de paille	55.14
TASSEAU SAPIN-EPICEA NORD TRAITE CLASSE 2 40X38X25	1.48
MAIN OEUVRE CHANTIER	4.90
Grosse botte de paille ht. 80cm * larg. 120cm * lg. 2.30m	36.35
MAIN OEUVRE CHANTIER	8.75
PLANCHE SAPIN-EPICEA TRAITEE CLASSE 2 27X305 4M00	1.21
MAIN OEUVRE CHANTIER	2.45
Enduit à la chaux en face intérieure	49.75
Enduit à la chaux	6.00
MAIN OEUVRE CHANTIER	15.75
MAIN OEUVRE CHANTIER	28.00
	154.64

SBR_10

TOITURE À STRUCTURE BOIS
AVEC REMPLISSAGE EN BOTTE DE PAILLE
(de l'extérieur vers l'intérieur) :

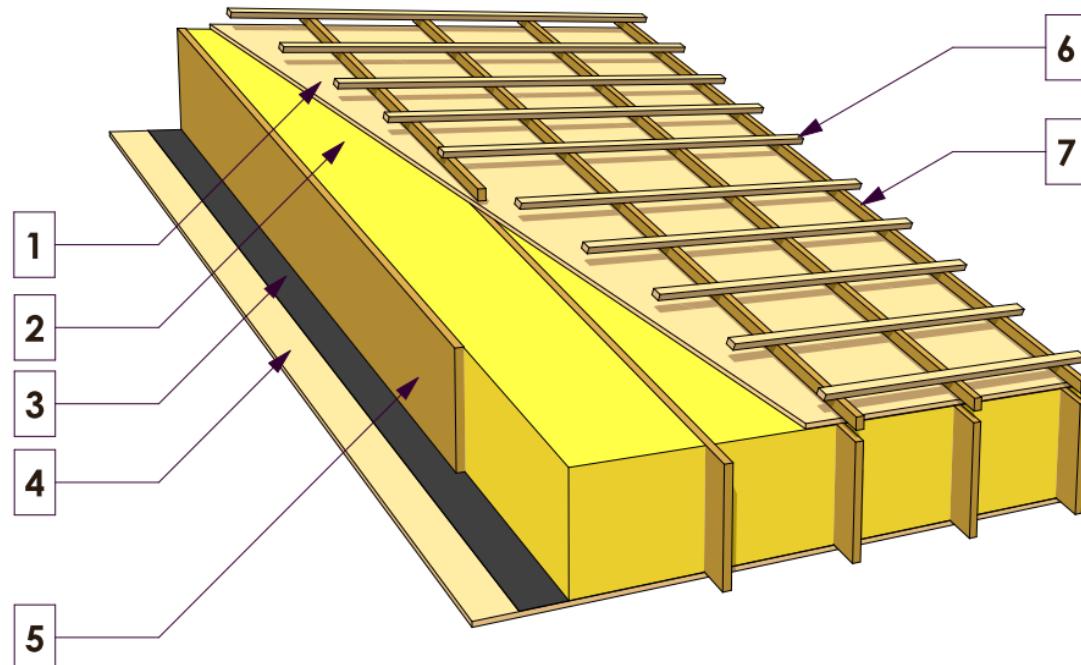
1. Pare pluie rigide et perspirant
2. Paille
3. Frein vapeur
4. Panneau rigide
5. Chevron
6. Contrelattage
7. Lattage

ROOF WITH WOODEN STRUCTURE
AND STRAW-BALE INFILL
(from outside to inside):

1. Rigid breathable rain screen
2. Straw
3. Vapour barrier
4. Rigid panel
5. Rafter
6. Counter battens
7. Battens

CUBIERTA DE MADERA
CON RELLENO DE BALAS DE PAJA
(del exterior al interior):

1. Tablero impermeable y transpirable
2. Bala de paja
3. Freno de vapor
4. Panel rígido
5. Correa de madera
6. Contragastrelas
7. Rastreles



Libellé	Montant
Toiture caisson chevronné avec BLC avec remplissage en bottes de paille	131.04
Désignation	Montant
MAIN OEUVRE CHANTIER	33.60
MAIN OEUVRE ATELIER	33.90
Sur chantier - Levage caisson	
MAIN OEUVRE CHANTIER	33.60
En atelier - fabrication caisson	
caisson chevronné avec BLC avec remplissage en bottes de paille	97.44
LITEAU SAPIN-EPICEA TRAITE CLASSE 3 (AUTOCLAVE MARRON) 38X38	1.95
Vis 5x 80 tête fraisée, zinguée empreinte torx 20	0.14
MAIN OEUVRE ATELIER	1.80
STEICO UNIVERSAL RESINE NATURELLE (R=0,70) R+L 2500X600 EP 35MM	8.27
Pointes cloueur 25x65 galva cranté	0.09
MAIN OEUVRE ATELIER	4.80
Poutre droite lamellé-collé épicea GL24 H refendu larg. 50mm ht. 135 à 2250mm - lamelles de 45mm	35.69
MAIN OEUVRE ATELIER	10.50
Botte de paille ht. 37cm * larg. 47cm * lg. 1.00m	11.03
MAIN OEUVRE ATELIER	10.50
PANNEAU KRONOPLY OSB 3 2800X1196 (3,35M ²) 12MM	4.50
ADHESIF VARIO MULTITAPE 60MM X35ML	1.68
Vis 5x 80 tête fraisée, zinguée empreinte torx 20	0.19
MAIN OEUVRE ATELIER	6.30
	131.04

SBR_11

TOITURE AVEC REMPLISSAGE EN BOTTES DE PAILLE SUR LA STRUCTURE BOIS (de l'extérieur vers l'intérieur) :

1. Pare pluie
2. Volige
3. Paille
4. Frein vapeur
5. Panneau de support
6. Lattage
7. Contrelattage
8. Raideur
9. Chevron

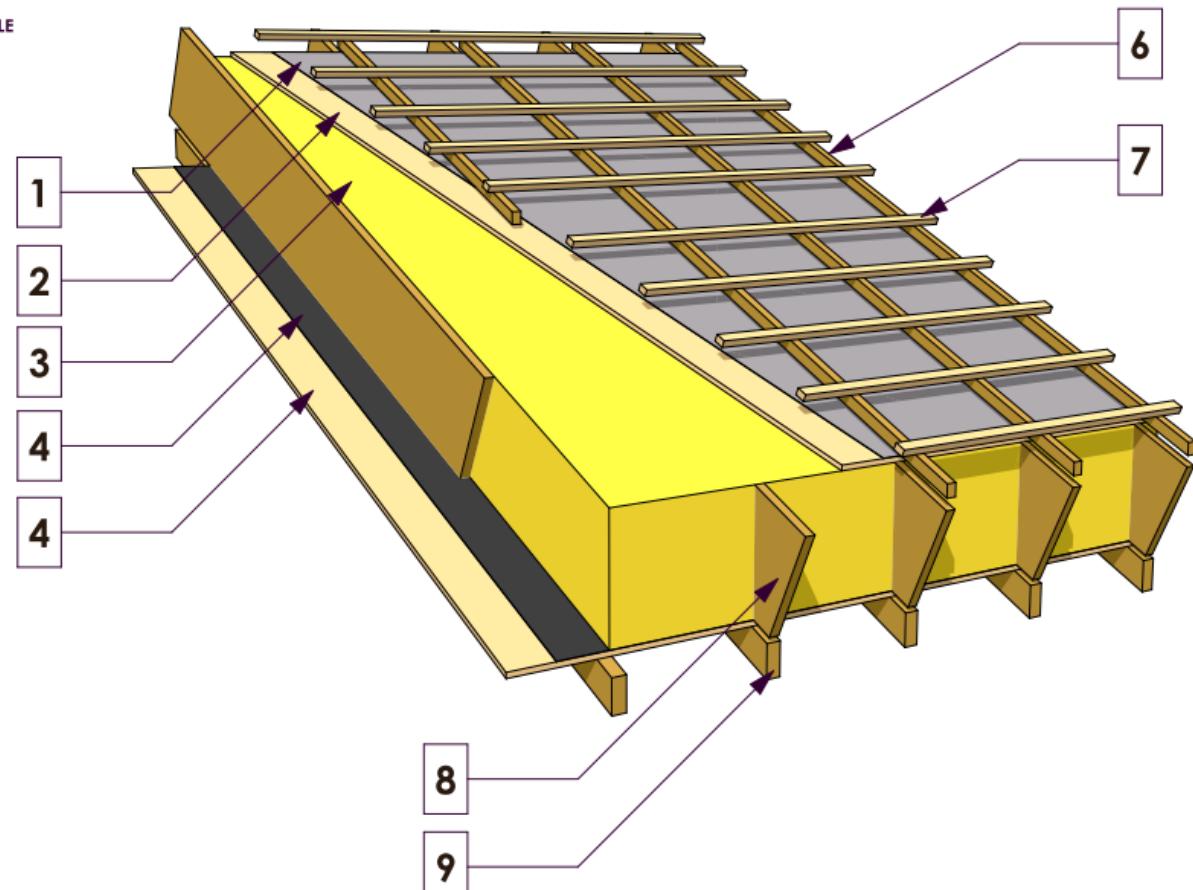
ROOF WITH STRAW-BALE INFILL ON TIMBER STRUCTURE (from outside to inside):

1. Rain screen
2. Sheathing
3. Straw
4. Vapour barrier
5. Support panel

6. Battens
7. Counter battens
8. Stiffener
9. Rafter

CUBIERTA CON RELLENO DE BALAS DE PAJA SOBRE LA ESTRUCTURA DE MADERA (del exterior al interior):

1. Membrana impermeable
2. Entablado
3. Paja
4. Freno de vapor
5. Panel de soporte
6. Rastreles
7. Contrarastreles
8. Nervios
9. Correas



Libellé	Montant
Toiture caisson chevronné avec poutre en I avec remplissage en bottes de paille et face extérieure volige jointive et pare pluie	147.96
Désignation	Montant
MAIN OEUVRE CHANTIER	33.60
MAIN OEUVRE ATELIER	45.30
Sur chantier - Levage caisson	
MAIN OEUVRE CHANTIER	33.60
En atelier - fabrication caisson	
caisson chevronné avec poutre en I avec remplissage en bottes de paille et face extérieure volige jointive et pare pluie	114.36
LITEAU SAPIN-EPICEA TRAITE CLASSE 3 (AUTOCLAVE MARRON) 38X38	1.95
Vis 5x 80 tête fraisée, zinguée empreinte torx 20	0.14
MAIN OEUVRE ATELIER	1.80
DELTA VENT N 50X1,50M	1.69
MAIN OEUVRE ATELIER	3.00
VOLIGE SAPIN-EPICEA NORD TRAITEE CLASSE 2 18MM	9.60
Vis 5x 80 tête fraisée, zinguée empreinte torx 20	0.70
MAIN OEUVRE ATELIER	7.50
STEICO JOIST SJ60 HT 360MM	27.02
DALLE OSB 3 RL4 2500X625 (1,56M ²) 12MM	6.52
MAIN OEUVRE ATELIER	10.50
Botte de paille ht. 37cm * larg. 47cm * lg. 1.00m	11.03
MAIN OEUVRE ATELIER	13.50
PANNEAU KRONOPLY OSB 3 2800X1196 (3,35M ²) 12MM	6.62
Pointes cloueur 25x65 galva cranté	0.55
MAIN OEUVRE ATELIER	6.00
DELTA FOL DBF 50X1,5M	1.56
ADHESIF VARIO MULTITAPE 60MM X35ML	1.68
MAIN OEUVRE ATELIER	3.00
	147.96

SBR_12

TOITURE TERRASSE AVEC REMPLISSAGE

EN BOTTES DE PAILLE

ET PLATELAGE VENTILÉ

(de l'extérieur vers l'intérieur) :

1. Membrane d'étanchéité
 2. Platelage
 3. Lame d'air ventilée
 4. Panneau rigide et perspirant
 5. Paille
 6. Frein vapeur
 7. Parement

8. Poutre en I & complément d'isolation

FLAT ROOF WITH STRAW BALE INFILL

AND VENTILATED DECKING

(from outside to inside)

1. Waterproofing membrane
 2. Decking
 3. Ventilated air gap
 4. Rigid breathable panel
 5. Straw
 6. Vapour barrier
 7. Facing

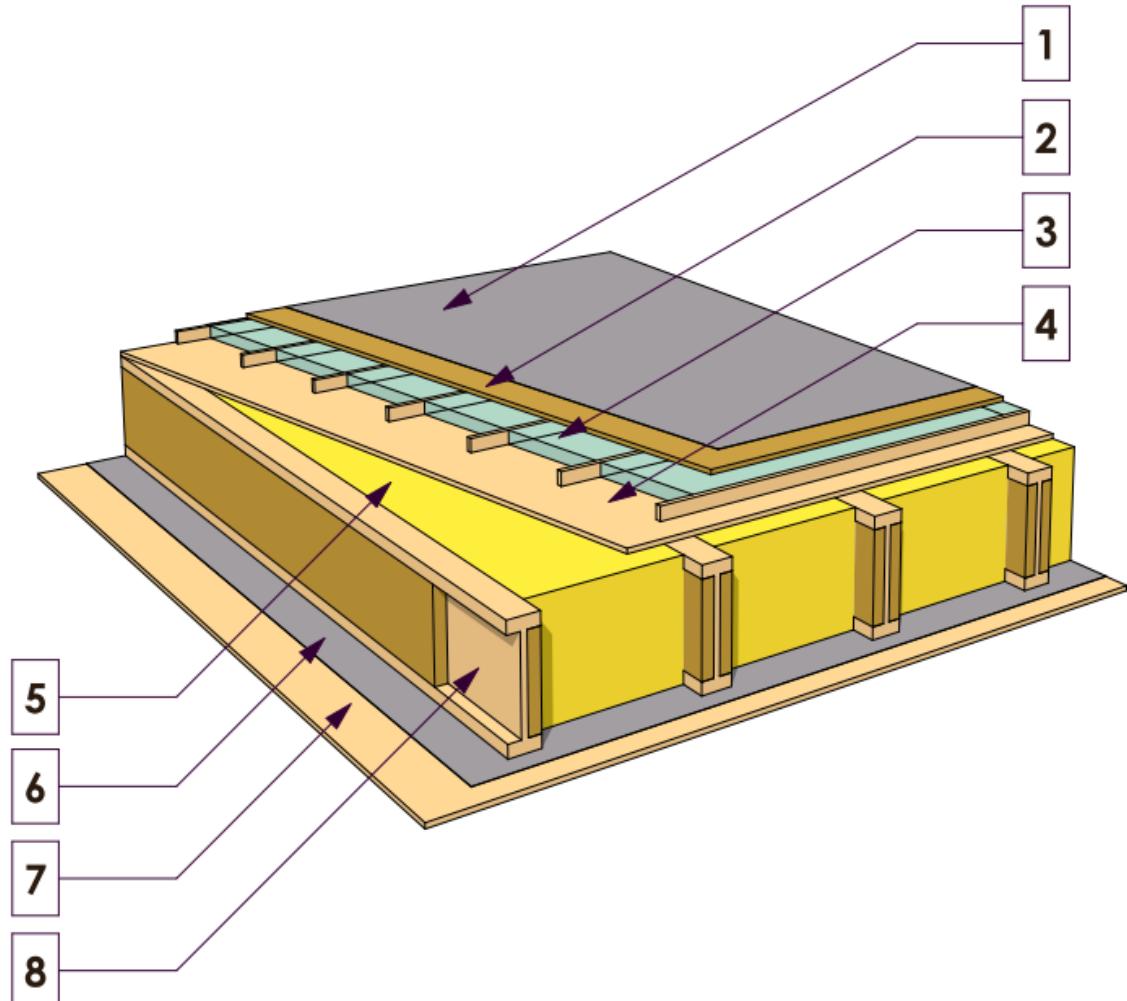
8. I-beam with insulated web

CUBIERTA PLANA CON RELLENO EN BALAS DE PAJA

**EN BASES DE YASA
Y PAVIMENTO VENTILADO**

PIAVIMENTO VENTILATI (del exterior al interior)

1. Membrana de estanqueidad
 2. Pavimento
 3. Cámara de aire ventilada
 4. Panel rígido transpirable
 5. Paja
 6. Freno de vapor
 7. Paramento
 8. Viga en I



Toiture caisson chevronné avec poutre en I avec remplissage en bottes de paille et support bois d'étanchéité et membrane d'étanchéité	194.53
Désignation	Montant
MAIN OEUVRE CHANTIER	56.70
MAIN OEUVRE ATELIER	43.80
Sur chantier - fourniture et pose du complexe d'étanchéité	
Menbrane d'étanchéité	28.20
MEMBRANE EPDM LARGEUR DE 3,05M	14.20
MAIN OEUVRE CHANTIER	14.00
Support d'étanchéité	25.13
CHEVRON SAPIN-EPICEA TRAITE CLASSE 2 60X80 5M00	3.26
Vis 6x140 tête fraisée, zinguée empreinte torx 30	0.36
DALLE KRONOPLY OSB 4 RL4 2500X675 (1,69M ²) 22MM	12.22
Vis 5x 80 tête fraisée, zinguée empreinte torx 20	0.19
MAIN OEUVRE CHANTIER	9.10
Sur chantier - Levage caisson	
MAIN OEUVRE CHANTIER	33.60
En atelier - fabrication caisson	
caisson chevronné avec poutre en I avec remplissage en bottes de paille	107.60
FIBERTECH RWH 2800X1196 (3,35M ²) 16MM	7.96
Pointes cloueur 25x65 galva cranté	0.10
MAIN OEUVRE ATELIER	4.80
STEICO JOIST SJ60 HT 360MM	27.02
ISONAT FLEX 40 (R=1,05) 1200X570MM EP 40MM	7.50
MAIN OEUVRE ATELIER	10.50
Botte de paille ht. 37cm * larg. 47cm * lg. 1.00m	11.03
MAIN OEUVRE ATELIER	13.50
DELTA FOL DBF 50X1,5M	1.56
ADHESIF VARIO MULTITAPE 60MM X35ML	1.68
MAIN OEUVRE ATELIER	4.50
PANNEAU KRONOPLY OSB 3 2800X1196 (3,35M ²) 12MM	6.62
Vis 5x 80 tête fraisée, zinguée empreinte torx 20	0.33
MAIN OEUVRE ATELIER	10.50
	194.53