



construire avec la
PAILLE
du champ au bâtiment



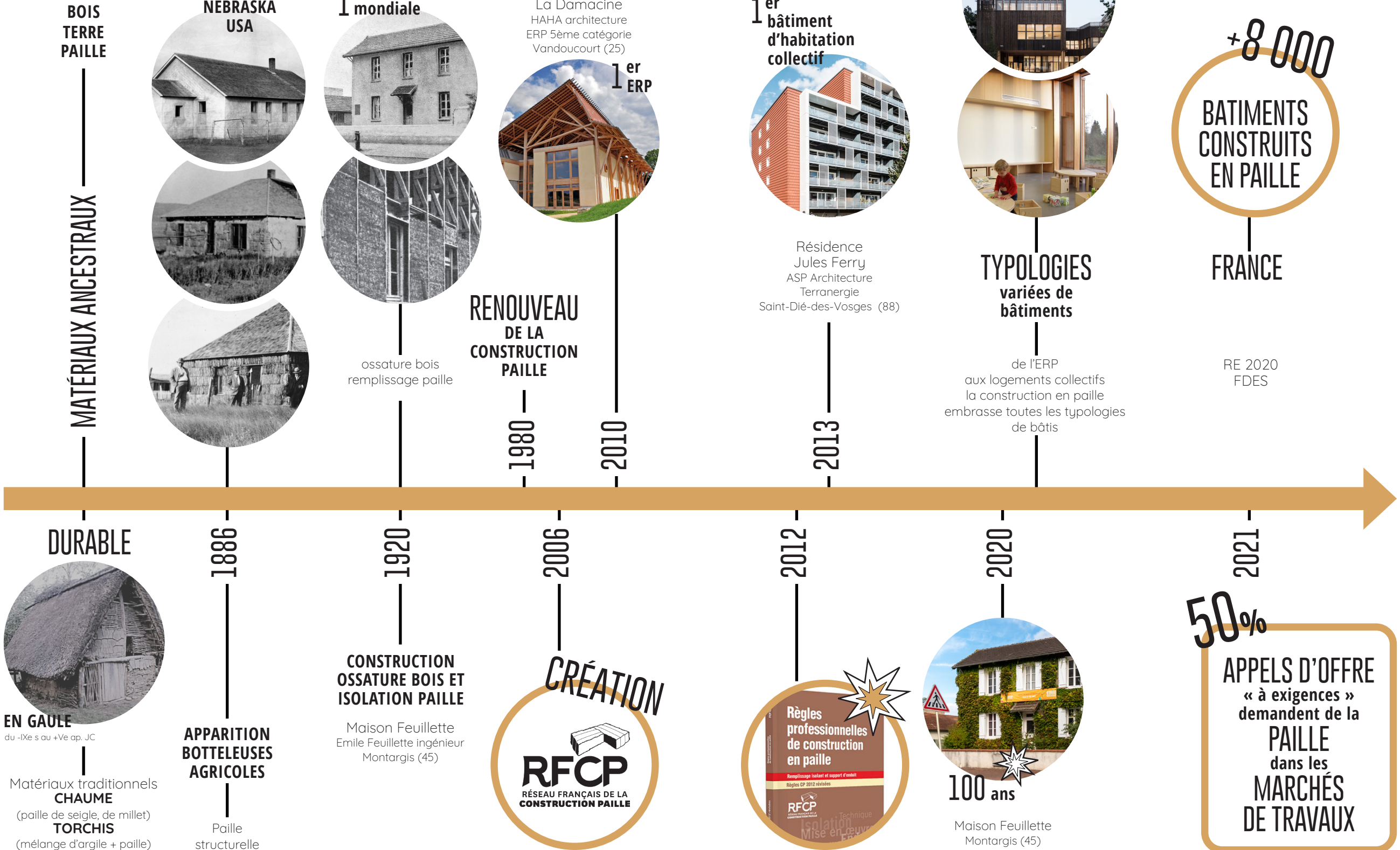


LA PAILLE
une ressource

NATURELLE
RENOUVELABLE
ISOLANTE
ABONDANTE
RÉSISTANTE
CONFORTABLE
PÉRENNE
PERFORMANTE
SOUTENABLE



ÉVOLUTION DE LA CONSTRUCTION PAILLE



MATÉRIAU

COPRODUCTION ANNUELLE ABONDANTE

La paille est issue de la production de blé qui fonde notre alimentation, la France est d'ailleurs le 1er producteur européen et le 57ème mondial. Les quantités de paille à utiliser pour le bâtiment diversifie son usage sans peser sur les besoins agricoles (amendements, paillage, litière...).

DU CHAMP AU BÂTIMENT

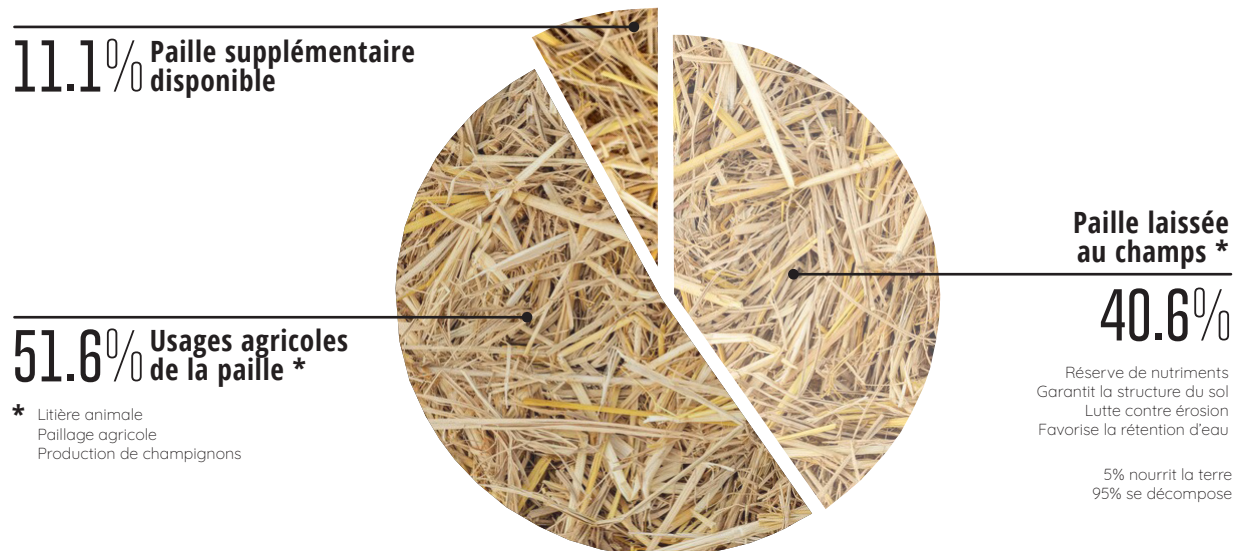
La paille de blé est majoritairement utilisée dans la filière construction, car c'est la plus abondante et c'est celle prescrite par les règles professionnelles en vigueur. Ces dernières prescrivent les modalités de conception, fabrication et mise en œuvre :

- > des bottes de pailles elles-mêmes ;
- > des ouvrages de construction utilisant les bottes de pailles comme remplissage isolant ainsi que support d'enduit.

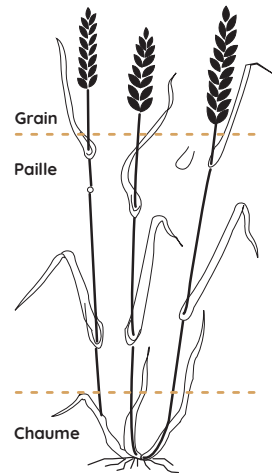
L'usage des bottes de paille en tant que matériau isolant performant et vertueux valorise une ressource disponible sans production spécifique.

VALORISATION DES USAGES

Le graphique ci-dessous rassemble des données statistiques sur une moyenne annuelle de 3 ans de 2018 à 2020. La conclusion est que l'usage de la paille comme isolant dans l'idéal de 100% des constructions neuves nécessiterait seulement 10% de la paille produite. Ainsi, tout en préservant les autres usages, la généralisation de la paille dans le bâtiment avantagera la filière agricole en la diversifiant.



LA PAILLE, C'EST QUOI EXACTEMENT ?



La paille est une tige de graminée dépouillée de son grain. C'est une **fibre végétale naturelle** issue de la production agricole de céréales.

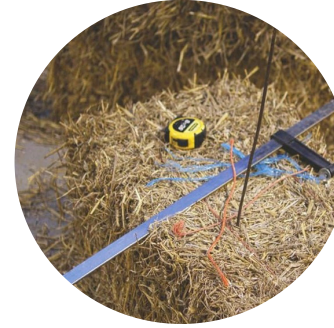
Il existe différents types de pailles, celles de blé, d'orge, de seigle, de riz, etc.

20 Millions de tonnes de paille * sont produites/an

* Toutes céréales hors riz
www.visionet.franceagrimer.fr

PRODUIT DE CONSTRUCTION

botte de PAILLE



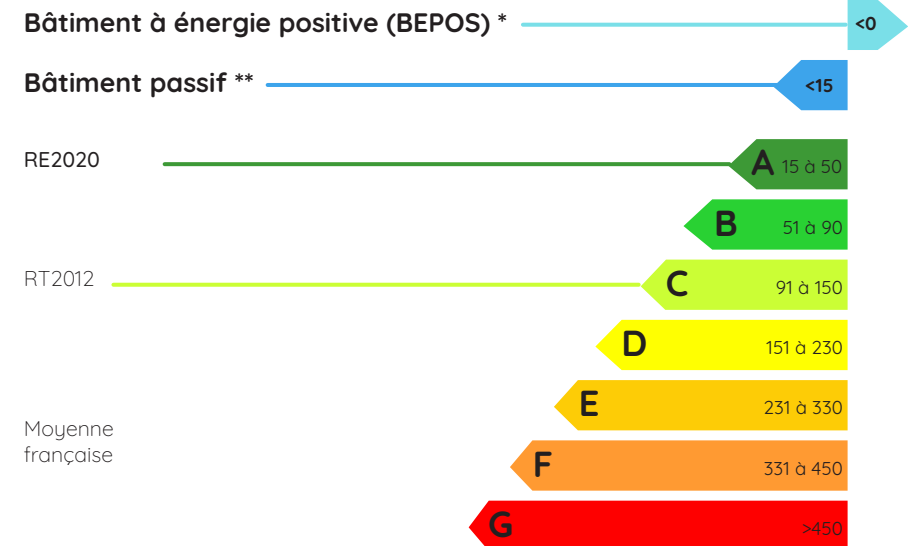
La botte de paille est parfaitement adaptée pour réaliser des **bâtiments passifs** et même ceux à **énergie positive** lorsqu'elle est utilisée en paroi et toit.

Retrouvez tous les rapports de test sur le site : www.rfcp.fr
Onglet >> La construction paille
>> Ressources réglementaires et normatives

| | | |
|---|---|----------------------------------|
| DENSITÉ | entre 80 et 120 kg/m ³ | |
| DIMENSIONS COURANTES | 36 cm x 46 cm x L - (55 < L < 140 cm) | |
| Fibres transversales ou flux thermique | CONDUCTIVITÉ THERMIQUE | $\lambda = 0,048$ W (m.K) |
| | RÉSISTANCE THERMIQUE | $R = 7,5$ m ² .K/W |
| | COEFFICIENT DE TRANSMISSION THERMIQUE | $U = 0,12$ W/(m ² .K) |
| DÉPHASAGE | entre 12 et 16 heures | |
| CAPACITÉ THERMIQUE MASSIQUE | $C_p = 1558$ J/(kg.K) | |
| FACTEUR DE RÉSISTANCE À LA DIFFUSION DE LA VAPEUR D'EAU | $\mu = 1,04$ (Sd = 0,12m) | |
| CLASSEMENT DE LA RÉACTION AU FEU | B - S1 - d0 (paille enduite à la chaux) | |
| CLASSEMENT DE RÉSISTANCE AU FEU | REI 120 | |
| COMPORTEMENT AU FEU DES FACADES | 3 essais LEPIR II réussis | |
| AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE | -43 dB (paille enduite à la terre crue) | |
| VALEUR POUR LABEL BÂTIMENT BIOSOURCÉ | 40 kg/m ² | |
| EMPREINTE CARBONE (FDÉS) | -9.11 kg EqCO ₂ /m ² (pour une résistance thermique de 7.5 m ² .K/W - source Inies) | |
| ÉTIQUETTE QUALITÉ DE L'AIR | A+ | |

Le matériau botte de paille est un isolant très performant.

Détails des consommations (kWh/m²/an) :



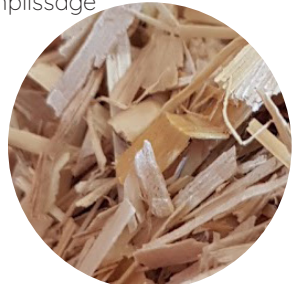
CYCLE DE VIE POSITIF



petites bottes
 > paille de remplissage
 > paille pour caissons bois préfabriqués
 > isolation par l'extérieur



grandes bottes
 > paille structurale



paille insufflée
 > paille de remplissage



paille en vrac
 > torchis, réhabilitation
 > bâtiment traditionnel
 > mélange terre paille



QUALITÉS DE LA PAILLE



RENOUVELABLE-DURABLE

La paille correspond à la tige, sans grain, de la céréale. C'est une ressource **locale** issue de la production agricole. Elle fait partie de la famille des **matériaux biosourcés**.

C'est un **matériau brut** sans transformation, exempt de déchet. Il bénéficie d'un **excellent bilan environnemental** grâce à une énergie grise* très faible. Comme matériau de construction de proximité, la paille s'inscrit dans une **économie locale durable**.

La maison « Feuillette », construite en 1920 à Montargis (45), inscrite au patrimoine national constitue l'exemple de la **pérennité de la paille** dans les constructions. Plusieurs autres maisons datent de cette époque dans d'autres régions.

* L'énergie grise est la somme des énergies nécessaires au cycle de vie d'un objet. Elle regroupe toutes celles dépensées et consommées pour créer le produit, l'emballer, le transporter vers les sites de distribution, le stocker, le distribuer, le vendre, l'utiliser, l'entretenir, puis le recycler lorsqu'il est en fin de vie.



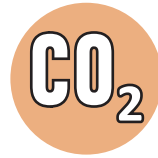
SAIN

Les bottes de pailles utilisées pour la construction sont composées de fibres **100% naturelles**, aucun adjuvant n'est nécessaire pour un usage dans la construction.

Ainsi, aucun produit chimique n'est introduit lors de la mise en œuvre, la paille n'émet aucun Composé Organique Volatile (COV).

La paille est un **matériau sain** qui présente une qualité d'air intérieur remarquable.

Aujourd'hui la filière est riche de retours sur expérience avec des bâtiments pour certains centenaires qui conservent dans le temps leurs performances et leurs qualités constructives.



PUITS DE CARBONE

Avec la photosynthèse, les plantes croissent en prélevant du dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

Les céréales stockent donc naturellement du carbone dans leurs fibres. Dans le calcul d'Analyse de Cycle de Vie (ACV), une paroi en botte de paille stocke environ 9.11 kg de CO₂/m².

C'est une **ressource réservoir** qui contribue à diminuer la quantité de CO₂ atmosphérique.

La paille joue, ainsi le rôle de « puits de carbone », par cette action elle contribue à limiter les émissions de gaz à effet de serre responsables du réchauffement climatique.

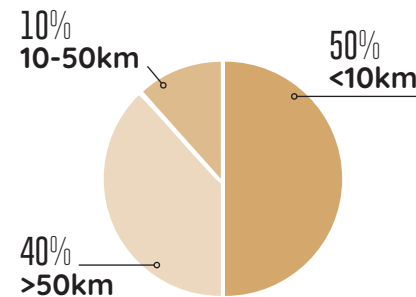
C'est une ressource utile à la transition écologique de réduction des gaz à effet de serre, car appliqué au secteur de la construction, les villes peuvent **stocker le CO₂** et ainsi inverser les phénomènes actuels d'émissions pour s'établir.



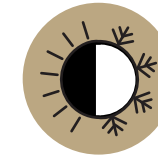
RESSOURCE LOCALE

La France est un pays agricole producteur de céréales. On trouve de la paille dans presque toutes les régions. C'est une **ressource abondante** qui est disponible en **circuit court**.

En effet, avec cette proximité le bilan carbone d'une construction en paille est exemplaire car son transport se fait sur de **courtes distances**. 90% des approvisionnements viennent de moins 50 km du site construction ou de fabrication.



* Luc Floissac "la construction en paille" collection Technique de PRO, terre vivante, 2012. 383p.



CONFORT THERMIQUE ÉTÉ - HIVER

Pour améliorer le confort thermique d'un bâtiment on s'intéresse à son **isolation** mais également au déphasage thermique des différents matériaux employés.

Le déphasage thermique correspond au temps que va mettre la chaleur pour pénétrer à l'intérieur d'un bâtiment.

En ce qui concerne un isolant, le déphasage thermique représente la **capacité d'un matériau à retenir la pénétration de la chaleur**.

La botte de paille est l'un des **isolants les plus performants** car son déphasage thermique est compris entre 12h et 16h. En été, lors d'épisode de canicule, une maison isolée avec de la paille et des enduits en terre conservera une température intérieure de 23°C lorsqu'il fera 38°C à l'extérieur.

En hiver, la résistance thermique du matériau offre une isolation optimale.

Le confort thermique intérieur du bâtiment est donc garanti.



CONFORT HYGROTHERMIQUE

L'hygrothermie caractérise la **température et le taux d'humidité** de l'air ambiant d'un local qui sont idéaux pour la santé des habitants et des infrastructures. Assurer un confort hygrothermique signifie assurer une température constante en toutes saisons, un taux d'humidité de 40 à 60 % et une différence maximale de température entre l'air intérieur et les parois de 3°C.

En plus de ses performances thermiques, la paille est un **matériau perspirant**. C'est à dire qu'elle absorbe et évacue naturellement l'humidité.

Une paroi composée d'une isolation en paille offre un transfert d'humidité 100 fois supérieur à celui du béton.

Elle permet de réguler le taux d'humidité à l'intérieur d'un bâtiment et d'offrir une qualité d'air supérieure à tous les matériaux conventionnels.



QUALITÉS DE LA PAILLE



CONFORT ACOUSTIQUE

L'isolation phonique des bruits extérieurs est régie par la nouvelle réglementation acoustique (NRA) pour le logement. L'isolation en paille associée aux finitions extérieures et intérieures permet d'atteindre les performances réglementaires aisément.

Le complexe de la paroi extérieure doit être conçu en fonction de l'environnement où s'implante le bâtiment. La botte de paille présente une faiblesse au niveau de l'isolement sur les graves (200 à 250 Hz) qui peut être aisément compensée en ajoutant de la masse à l'extérieur par un enduit plus épais ou un bardage adapté. Les parois composées d'isolation paille agissent phoniquement suivant un effet dit masse ressort masse ; l'isolation phonique peut atteindre R_w 57 dB ($R_w + C_{tr}$ 52 dB) avec une botte de paille renforcée sur sa face extérieure. Pour plus d'informations sur ce sujet, voir le paillardage : La paille pour le confort acoustique ([#Paillardages](#) avec J-L. Baumier) sur Youtube



SECURITE INCENDIE

Les bottes de paille pour la construction sont résistantes au feu. En effet, la paille compressée en bottes denses ne s'enflamme pas, elle se consume très lentement en dégageant une faible quantité de fumée*.

Les essais réglementaires de réaction au feu menés en France et à l'étranger attestent que les murs composés d'une isolation en paille sont conformes aux exigences réglementaires**. Par exemple une paroi composée d'enduits extérieurs et intérieurs en terre ou chaux avec une épaisseur de botte de paille de 36cm est réputée coupe-feu 2h suivant les essais réalisés.

* Classement de réaction au feu d'un mur en bottes de paille enduit chaux (EN 13501-1:2007) : B-S1-do : c'est-à-dire que le matériau est pratiquement incombustible

Retrouver les procès verbaux d'essais, les documents normatifs et réglementaires relatifs à l'utilisation de la paille dans la construction sur le site www.rfcp.fr



LA PAILLE ET L'EAU

L'eau présente dans une botte de paille sous forme liquide entraîne la décomposition du matériau. En appliquant les règles de stockage et de mise en œuvre décrites dans les Règles Professionnelles, la paille est mise à l'abri de l'eau sous forme liquide. Les bottes de paille sont mises en œuvre si elles présentent une humidité inférieure à 20%, elles sont protégées de l'extérieur et des mesures d'isolement sont prévues pour les pièces humides.

La paille est un **matériau perspirant**, c'est-à-dire qu'il absorbe et évacue l'humidité, offrant ainsi une qualité d'air incomparable. La paille permet donc de réguler efficacement l'air intérieur des bâtiments.

* Facteur de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau $\mu=1.04$ (source : rfcp)



RÉSISTANCE AUX RONGEURS

La paille de céréales est composée des tiges dépouillées de leurs graines. Elle ne présente **aucun intérêt alimentaire** pour les rongeurs qui délaissent ses tiges, riches en silice.

Contrairement aux isolants minéraux ou issus de la pétrochimie, la **forte densité** de la paille rend difficilement possible la création de galerie par les rongeurs. Il n'y a donc pas de risque de dégradation.

Lorsque la paille est mise en œuvre avec des enduits ou dans des caissons préfabriqués elle est inaccessible aux rongeurs.



RÉSISTANCE AUX INSECTES

La botte de paille posée suivant les règles professionnelles ne peut constituer ni un aliment ni un habitat pour les insectes. En effet, la densité et l'absence de grain réalisent un milieu impropre au développement d'insectes.

Les rapports d'essais réalisés par le RFCP en 04/10/2010, concernant la vérification de l'appétence des termites vis à vis de la paille, précise : «La paille est un aliment insuffisant d'un point de vue nutritif pour permettre à un groupe de termites de survivre sans apport de bois.»

Si toutes les précautions sont prises concernant la mise en œuvre, le risque est écarté.

* Source : www.rfcp.fr/recherche/developpement-pv-dessais



PRIX DE LA PAILLE

Le produit botte de paille brut est l'un des plus **abordable** du marché.

La filière est en pleine expansion et de plus en plus de projets de divers types de constructions voient le jour.

Aujourd'hui le coût d'un projet neuf/réhabilitation se trouve dans la **fourchette moyenne** du marché. Le coût global pouvant varier suivant la taille du projet.

Le coût d'investissement doit être envisagé sur un **«long terme»** avec une logique de coût global. En effet, construire un bâtiment isolé avec de la paille permet de **s'extraire de la dépendance énergétique** et donc de faire d'importantes économies sur les factures de chauffage/climatisation.

Bottes de paille mises en oeuvre sur site





UN CADRE NORMATIF

Les Règles Professionnelles acceptées par l'Agence de la Qualité des Construction (AQC) sont des documents techniques élaborés par les professionnels du bâtiment en l'absence d'autres textes pour déterminer les modalités d'exécution de travaux. Elles ont pour but de rendre accessible à tous le savoir-faire des professionnels de la construction (concepteurs, BET, constructeurs...).

Historique de la rédaction des Règles Professionnelles

Depuis la création du Réseau Français de la Construction Paille (RFCP) en 2006, la volonté de promouvoir et de faire reconnaître l'usage de la paille dans le bâtiment passe par la professionnalisation de la filière. Dès sa création le RFCP s'est attaché à réunir les différents acteurs français (concepteurs BET, artisans, entrepreneurs...) ayant expérimenté la construction avec de la paille dans le but de rédiger les Règles Professionnelles. Les règles sont une œuvre collégiale et collaborative représentative d'un consensus professionnel.

La rédaction de ces Règles professionnelles de la Construction en Paille a été approuvée par la Commission Prévention Produit (C2P), instance de l'AQC en juin 2011. Elles sont publiées aujourd'hui chez l'éditeur Le Moniteur et en sont à leur troisième édition sous l'ISBN

Garanties

Ces Règles Professionnelles de la Construction Paille constituent le cadre officiel et normatif applicable en France.

Ce texte réglementaire, qui a fait l'objet d'un suivi d'expérience pendant 5 ans, a permis de lever un frein important de la filière paille, lié à l'assurabilité des chantiers et des bâtis. Depuis 2017, les Règles Professionnelles sont maintenant acceptées par la C2P sans suivi de retour d'expérience, ces constructions sont de techniques courantes. À ce titre, les acteurs de la construction en

respectant et appliquant ces règles peuvent bénéficier de barèmes d'assurance standards (décennale notamment).

Les Règles Professionnelles sont un guide pour les concepteurs, les constructeurs, les assureurs, les contrôleurs techniques et les experts qui travaillent autour de la construction en paille.

Les différents professionnels souhaitant utiliser ce matériau, le préconiser et/ou le mettre en œuvre et bénéficier d'une assurance «technique courante», doivent suivre la formation de 35h et avoir l'attestation de réussite validée par un test à l'issue de la formation.

La mise en œuvre de matériaux de construction doit être réalisée par une entreprise/artisan qualifié.e. Le RFCP a mis en place un référentiel de formation dont la «Pro-Paille» qui couvre les pratiques décrites dans les Règles Professionnelles et qui permet aux professionnels de se former pendant 5 jours sur ces compétences.

L'ouvrage Règles Professionnelles CP 2012 et la formation détaillent ainsi :

- les propriétés du matériau botte de paille,
- les systèmes constructifs liés à l'usage de la paille (ossatures, isolation),
- la gestion des interfaces entre corps d'état (menuiseries, équipements techniques),
- la mise en œuvre des enduits, des bardages et des vêtements,
- la mise en œuvre et les contrôles à effectuer sur les bottes de paille pour s'assurer de leur qualité.

De nombreux documents pratiques sont proposés en annexe : cahier des charges, bordereaux, procédures et fiches de contrôle qualité, méthodes de calcul, cartes des conditions climatiques, etc.

Un ouvrage couvrant la mise en œuvre de l'ITE paille (isolation thermique par l'extérieur) est en cours de validation par la C2P.

LA FORMATION PRO-PAILLE

Durée : 5 jours

L'optimisation de la conception d'un bâtiment utilisant de la paille et la mise en œuvre de bottes de paille dans la construction répondent à des exigences précises et nécessitent le suivi d'une formation. L'ouvrage des Règles CP 2012 révisées s'accompagne d'un référentiel de formation qui se décline sur une durée de 35h.

La botte de paille mise en œuvre dans la construction doit répondre à des exigences précises. Elle nécessite une adaptation des pratiques des professionnels.

La formation Pro-Paille s'adresse aux professionnels et aux particuliers soucieux d'acquérir des bases solides pour leurs projets. Elle permet d'appréhender et maîtriser cette réglementation à partir d'exercices pratiques et de cours théoriques. Elle s'appuie sur une mallette pédagogique élaborée par des professionnels de la construction paille et de la formation. Elle est validée par un examen final donnant lieu à une attestation de réussite. La « Pro-Paille » est délivrée par les organismes de formation accrédités par le Réseau Français de la Construction Paille.

Objectifs

- Appréhender le matériau botte de paille, en connaître les caractéristiques et les limites
- Connaître les bases de la thermique et de la physique du bâtiment
- Connaître le contexte réglementaire applicable à la construction en paille
- Apprendre à utiliser et maîtriser les Règles Professionnelles de construction en paille
- Découvrir et pratiquer les principales techniques de construction en paille
- Réaliser la première couche d'accroche d'un enduit sur un support en paille
- Rédiger une fiche de contrôle de qualité de mise en œuvre de la paille

LES MODULES PAR MÉTIERS

Durée : 1-3 jours

Pour répondre aux besoins spécifiques des professionnels, le RFCP met en place 6 formations courtes (d'un à trois jours) appelées «Modules par métier» qui sont dispensées sur tout le territoire, comme la «Pro-Paille». Les « Modules par métier » sont encadrés par des formateurs et formatrices certifiées par le RFCP. Ils s'adressent uniquement aux professionnels en activité de chaque métier concerné.

Les différents modules

- Pro-Paille, architecture et MOE

Durée 2 jours, présentiel

- Paille & charpenterie

Durée 3 jours, présentiel

- Paille & enduits

Durée 3 jours, présentiel

- Paille & Réseaux - CVC

Durée 1 jour, présentiel

- Paille & Maîtrise d'Ouvrage

Durée 1 jour, présentiel

- Paille & Assurance et bureaux de contrôle

Durée 1 jour, présentiel

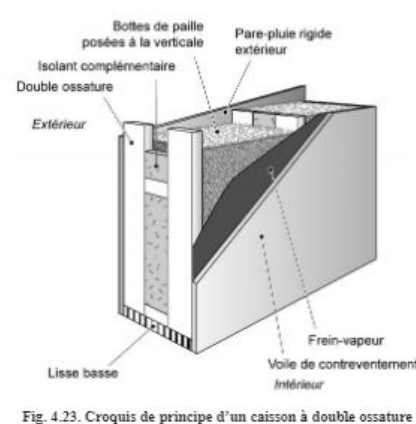
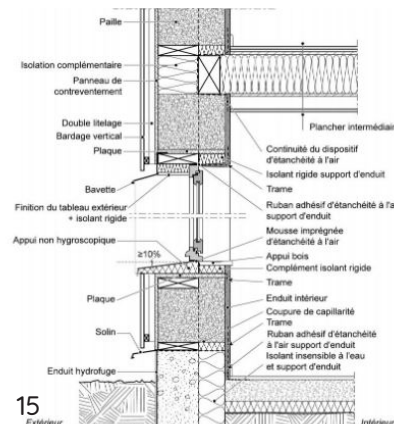


Fig. 4.23. Croquis de principe d'un caisson à double ossature



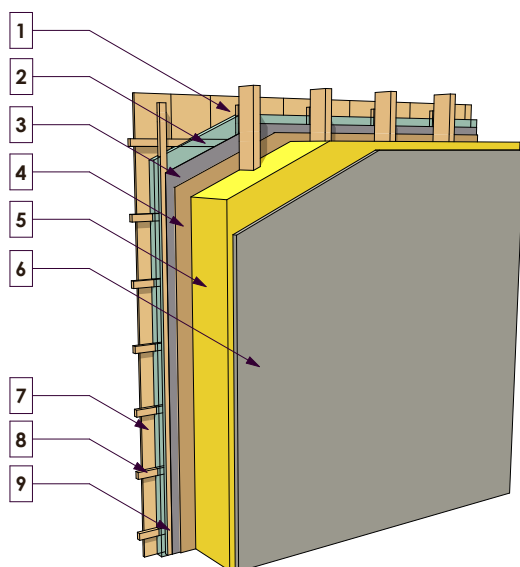


REPLISSAGE AVEC BOTTES DE PAILLE

TECHNIQUES COURANTES

① OSSATURE BOIS CÔTÉ EXTÉRIEUR

(de l'extérieur vers l'intérieur)

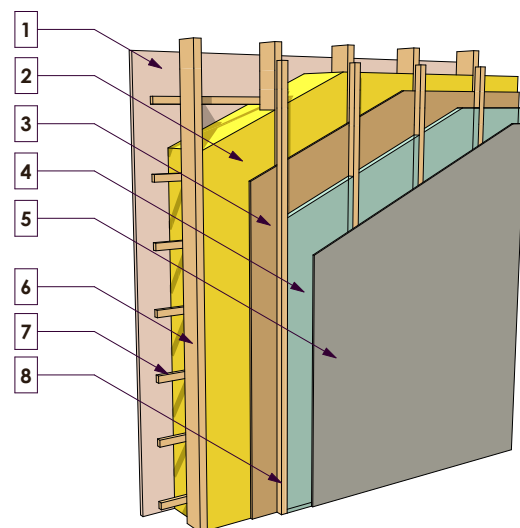


- 1. Bardage
- 2. Lame d'air ventilée
- 3. Pare pluie
- 4. Contreventement
- 5. Botte de paille
- 6. Enduit terre
- 7. Contre-liteaux
- 8. Liteaux
- 9. Montant de 45x145 mm

Epaisseur de la paroi : 489 mm
Poids : 102 kg/m²
Résistance thermique 7.2 m²·K/W
Facteur de transmission de la chaleur
 (extérieure vers l'intérieur) : 0.95%
Déphasage thermique des ondes de chaleur > 17h
Bilan carbone : +6.41 kg eq. CO₂ / m² (stockage carbone)

② OSSATURE BOIS CÔTÉ INTÉRIEUR

(de l'extérieur vers l'intérieur)

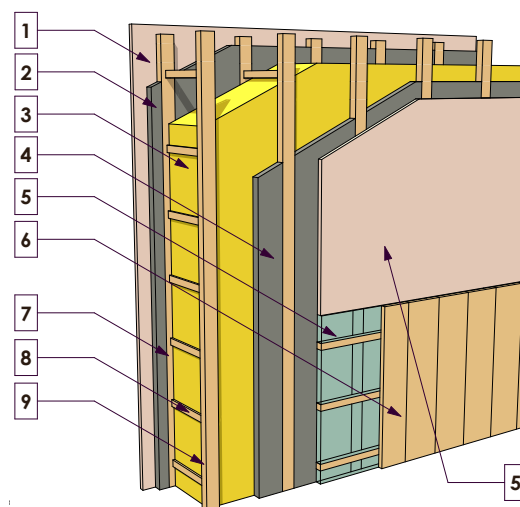


- 1. Enduit à la chaux
- 2. Bottes de paille
- 3. Panneau contreventement & frein vapeur
- 4. Vide technique
- 5. Parement intérieur
- 6. Montants
- 7. Liteaux (maintien bottes)
- 8. Liteaux (support parement intérieur)

Epaisseur de la paroi : 473 mm
Poids : 137 kg/m²
Résistance thermique : 7.7 m²·K/W
Facteur de transmission de la chaleur
 (extérieure vers l'intérieur) : 1.02 %
Déphasage thermique des ondes de chaleur > 17h
Bilan carbone : +6.34 kg eq. CO₂ / m² (stockage carbone)

③ DOUBLE OSSATURE BOIS (GREB)

(de l'extérieur vers l'intérieur)

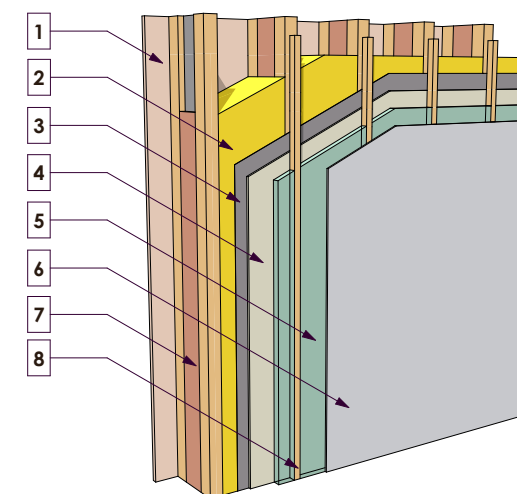


- 1. Enduit chaux
- 2. Mortier coulé
- 3. Paille
- 4. Mortier coulé
- 5. Enduit chaux
- 6. -
- 7. Montant extérieur
- 8. Liteau ou feuillard
- 9. Montant intérieur
- Variante
- 1. Bardage bois
- 2. Pare pluie rigide
- 3. Paille
- 4. Mortier coulé
- 5. Vide technique
- 6. Parement
- 7. Montant
- 8. Liteau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

Epaisseur de la paroi : 530 mm
Poids : 287 kg/m²
Résistance thermique : 7.7 m²·K/W
Facteur de transmission de la chaleur
 (extérieure vers l'intérieur) : 0.39 %
Déphasage thermique des ondes de chaleur > 21 h
Bilan carbone : +11.85 kg eq. CO₂ / m² (stockage carbone)

④ OSSATURE TRAVERSANTE

(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

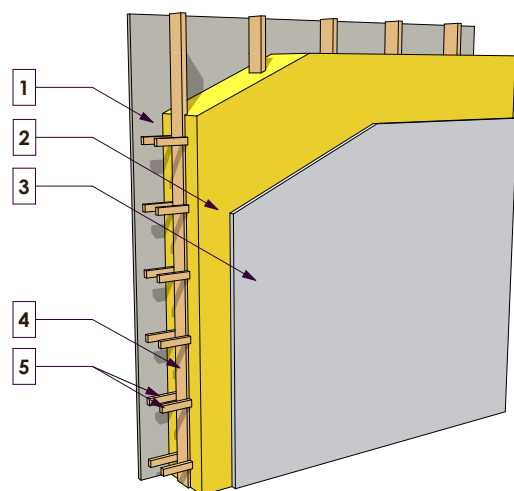
Epaisseur de la paroi : 474 mm
Poids : 125 kg/m²
Résistance thermique : 7.7 m²·K/W
Facteur de transmission de la chaleur
 (extérieure vers l'intérieur) : 1.04 %
Déphasage thermique des ondes de chaleur > h
Bilan carbone : +5.95 kg eq. CO₂ / m² (stockage carbone)



REPLISSAGE AVEC BOTTES DE PAILLE

TECHNIQUES COURANTES

⑤ OSSATURE LÉGÈRE CENTRÉE NON PORTEUSE

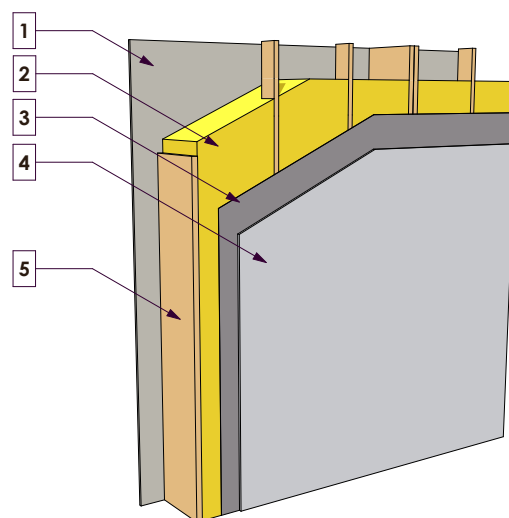


- 1. Enduit chaux
- 2. Botte de paille
- 3. Enduit terre
- 4. Montant
- 5. Liteau

Epaisseur de la paroi : 435 mm
Poids : 147 kg/m²
Résistance thermique : 7.3 m²·K/W
Facteur de transmission de la chaleur (extérieure vers l'intérieur) : 1.25 %
Déphasage thermique des ondes de chaleur > 16 h
Bilan carbone : +10.56 kg eq. CO₂ / m² (stockage carbone)

⑥ CAISSON AVEC OSSATURE BOIS LMC FILANT

(Lamellé-collé)

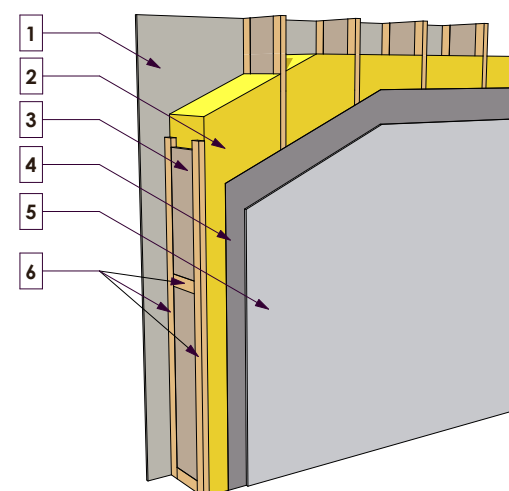


- 1. Pare pluie rigide et perspirant
- 2. Paille
- 3. Frein vapeur
- 4. Parement
- 5. Montant LMC

Epaisseur de la paroi : 403 mm
Poids : 61 kg/m²
Résistance thermique : 7.7 m²·K/W
Facteur de transmission de la chaleur (extérieure vers l'intérieur) : 1.14 %
Déphasage thermique des ondes de chaleur > 17 h
Bilan carbone : -9.16 kg eq. CO₂ / m² (stockage carbone)

⑦ CAISSON AVEC DOUBLE OSSATURE BOIS

(de l'extérieur vers l'intérieur)

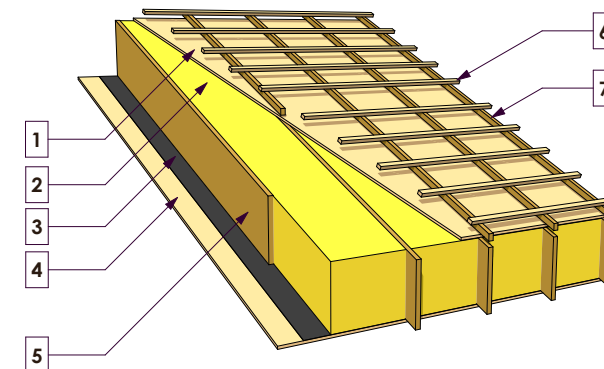


- 1. Pare pluie rigide perspirant
- 2. Botte de paille
- 3. Isolant complémentaire
- 4. Frein vapeur
- 5. Contreventement
- 6. Montant

Epaisseur de la paroi : 403 mm
Poids : 53 kg/m²
Résistance thermique : 7.7 m²·K/W
Facteur de transmission de la chaleur (extérieure vers l'intérieur) : 1.14 %
Déphasage thermique des ondes de chaleur > 17 h
Bilan carbone : -8.75 kg eq. CO₂ / m² (stockage carbone)

⑧ TOITURE À STRUCTURE BOIS

(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

Epaisseur de la paroi : 403 mm
Poids : 64 kg/m²
Résistance thermique : 7.7 m²·K/W
Facteur de transmission de la chaleur (extérieure vers l'intérieur) : 1.14 %
Déphasage thermique des ondes de chaleur > 17 h
Bilan carbone : -8.86 kg eq. CO₂ / m² (stockage carbone)

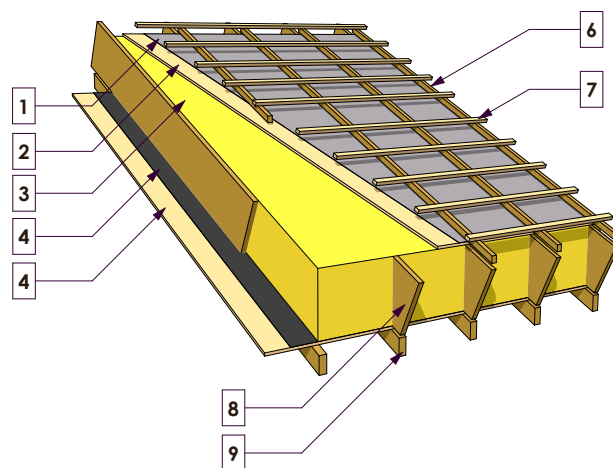


REPLISSAGE AVEC BOTTES DE PAILLE

TECHNIQUES COURANTES

9 TOITURE AVEC REPLISSAGE EN BOTTES DE PAILLE SUR LA STRUCTURE BOIS

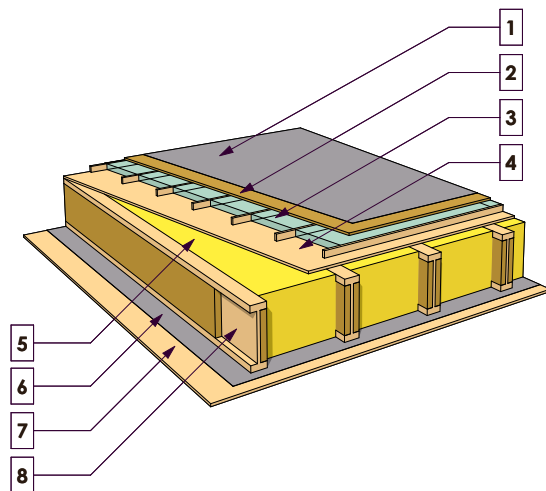
(de l'extérieur vers l'intérieur)



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

10 TOITURE TERRASSE AVEC REPLISSAGE 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

Epaisseur de la paroi : 468 mm
Poids : 73 kg/m²
Résistance thermique : 8.1 m²·K/W
Facteur de transmission de la chaleur (extérieure vers l'intérieur) : 0.83 %
Déphasage thermique des ondes de chaleur > 18 h
Bilan carbone : +10.32 kg eq. CO₂ / m² (stockage carbone)

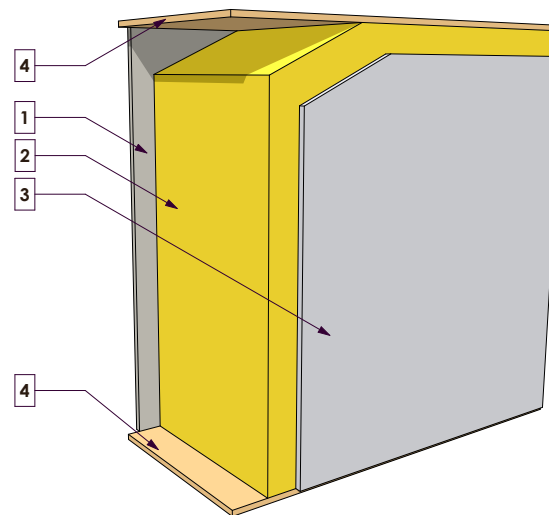


PAILLE PORTEUSE

TECHNIQUES NON COURANTES

11 MUR PORTEUR EN GROSSES BOTTES DE PAILLE

(de l'extérieur vers l'intérieur)



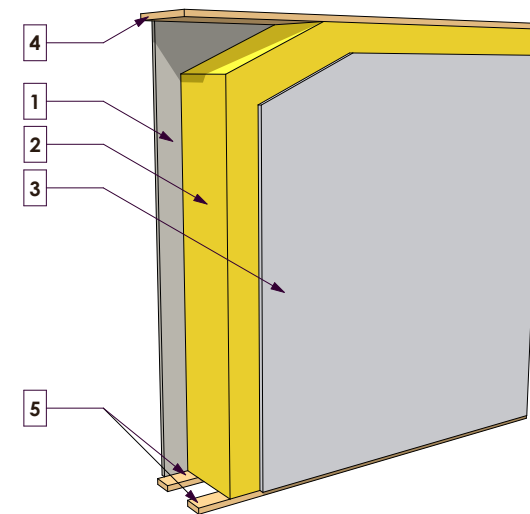
- 1. Enduit chaux
- 2. Grosses bottes de paille
- 3. Enduit chaux
- 4. Lisse bois

Dimension d'une botte paille :
 Largeur 5000 mm
 Hauteur 2500 mm
 Profondeur 1280 mm

Epaisseur de la paroi : 1280 mm
Poids : 425 kg/m²
Résistance thermique : 15.3 m²·K/W
Facteur de transmission de la chaleur (extérieure vers l'intérieur) : 0.00 %
Déphasage thermique des ondes de chaleur > 52 h
Bilan carbone : -12 ou -7.45 kg eq. CO₂ / m² (stockage ca)

12 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

Dimension d'une botte paille :
 Largeur 5000 mm
 Hauteur 2500 mm
 Profondeur 538 mm

Epaisseur de la paroi : 538 mm
Poids : 217 kg/m²
Résistance thermique : 6.2 m²·K/W
Facteur de transmission de la chaleur (extérieure vers l'intérieur) : 0.97 %
Déphasage thermique des ondes de chaleur > 17 h
Bilan carbone : +7.8 ou +11.76 kg eq. CO₂ / m² (stockage ca)

ISOLATION PAR L'EXTÉRIEUR

TECHNIQUES EN COURS DE VALIDATION

CONTEXTE & ENJEUX

Un des principaux leviers de réduction des émissions de gaz à effet de serre est possible avec la rénovation énergétique des bâtiments existants qui représente 30% des émissions globales. Comme isolant la paille peut jouer un rôle déterminant dans cet objectif notamment en remplaçant les isolants usuels issus de la pétrochimie ou de technologie fortement émettrice et consommatrice de ressources. En France, il s'agit de rénover près de 4,8 millions de bâtiments considérés comme des « passoirs thermiques », l'enjeu est donc essentiel. C'est pourquoi la filière de la construction paille agit auprès de l'autorité C2P de l'AQC pour intégrer les techniques d'utilisation de la paille comme Isolant Thermique par l'extérieur des bâtiments existants aux règles professionnelles CP2012. C'est une des priorités du RFCP.

La paille est un matériau complet, qui peut être utilisée pour la construction neuve et l'amélioration du parc bâti existant. C'est à la fois un matériau isolant performant pour le confort d'hiver et son déphasage thermique est un atout majeur pour améliorer le confort d'été. Elle reste perméable à la vapeur d'eau et n'affecte pas le transfert hygrométrique de la paroi. Elle permet par ailleurs un chantier sain et à faible nuisance. Elle est également adaptée à la rénovation en milieu occupé. La pérennité du matériau est également l'un de ses atouts majeurs. Il nous permet aujourd'hui d'avoir un retour d'expérience avec des bâtiments qui sont encore sur pieds après 100 ans et qui conservent toute leurs performances.

Dans le cadre d'une rénovation énergétique, une ITE en bottes de paille s'avère être un excellent choix et pour plusieurs raisons :

- un bâtiment mieux isolé est moins énergivore et donc moins dépendant des énergies fossiles (gaz, électricité). Ainsi il voit réduire de façon significative ses besoins en chauffage et en climatisation

- des travaux de ravalement peuvent permettre de valoriser un bâti en lui offrant une nouvelle écriture architecturale (pose d'un bardage bois sur un bâtiment qui a toujours eu de l'enduit par exemple)

- l'investissement financier dans une isolation pérenne c'est aussi la garantie d'une plus-value car l'isolant sera toujours en place au moment de la revente

En ITE, l'une des contraintes rencontrées est l'épaisseur du matériau à mettre en œuvre pour limiter les empiètements. En réduisant l'épaisseur des bottes de paille à 22 cm, la rénovation énergétique du bâtiment reste supérieure aux exigences réglementaires ($R = 4,2 \text{ W/m}^2\text{k}$). Le matériau conserve toutes ses performances.

CADRE NORMATIF

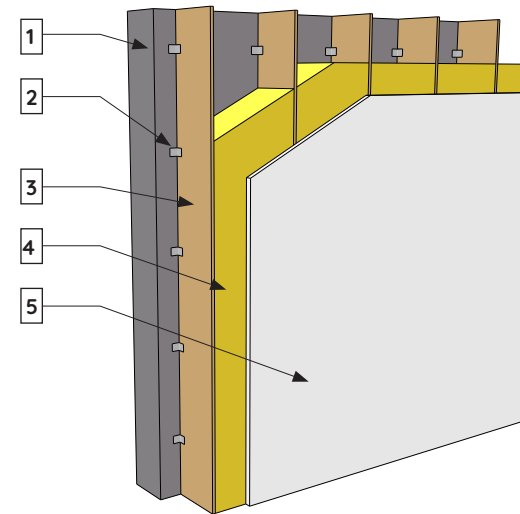
Une bonne partie des éléments techniques nécessaires à la réalisation d'une ITE Paille sont déjà décrits dans «les Règles professionnelles CP2012». Certaines spécificités liées à l'ITE n'y sont pas encore décrites (bas de mur/accroche au mur support...) et un travail de rédaction d'un nouveau référentiel pour l'ITE Paille est en cours de rédaction.

Ce cadre normatif vient ajouter notamment la reconnaissance et le diagnostic d'une paroi support, l'analyse des propriétés hygrométriques et sa capacité à recevoir des charges.

La montée des exigences en terme de rénovation thermique et l'élan actuel pour l'ITE paille, avec des projets de plus en plus nombreux et ambitieux, est encourageante pour la publication d'un nouveau texte de référence, coécrit par l'ensemble des professionnels du domaine.

13 ITE AVEC STRUCTURE BOIS VERTICALE

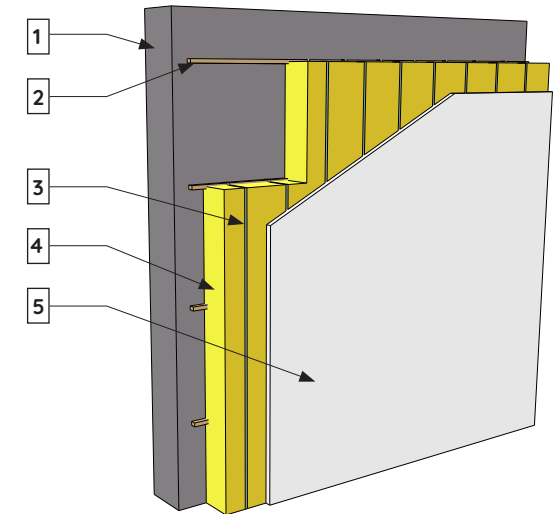
(mise en œuvre possible avec des bottes de 37 ou 22cm)



1. Mur existant
2. Equerres de fixation
3. Structure bois traversante
4. Bottes de paille
5. Enduit chaux (variante bardage)

14 ITE PLAQUÉE SUR PAROI EXISTANTE

(mise en œuvre possible avec des bottes de 37 ou 22cm)



1. Mur existant
2. Liteaux fixés à la maçonnerie
3. Feuillets de cerclage
4. Bottes de paille
5. Enduit chaux (ou variante avec différents types d'enduits, de vêtements ou de bardages possible)



Épaisseur de l'enveloppe ajoutée : 41 cm
 environ 37 cm botte de paille + 4 cm enduit
Poids enveloppe ajouté : 36 kg/m² paille
 + enduit terre/chaux 80kg/m² 130kg/m² environ
Résistance thermique : 7.1 m²·K/W
Déphasage thermique ajouté 12-16h
Bilan carbone : -14 kg EqCO₂/m² (stockage carbone)

Épaisseur de l'enveloppe ajoutée : 26 cm
 environ 22 cm + 4 cm enduit
Poids enveloppe ajouté : 36 kg/m² paille
 + enduit terre/chaux 80kg/m² 130kg/m² environ
Résistance thermique : 7.1 m²·K/W
Déphasage thermique ajouté 12-16h
Bilan carbone : -8.6 kg EqCO₂/m² (stockage carbone)

QUALITÉS DES ENDUITS TERRE



MATÉRIAU SAIN

La terre crue est un **matériau brut** sans adjuvant ni cuisson.

C'est un **matériau naturel** qui peut s'associer à la paille sous forme d'un enduit posé en plusieurs couches sur les fibres.

Il contribuera même à **améliorer la qualité de l'air intérieur**.



MATÉRIAU CIRCUIT COURT

La plupart des terres conviennent à la réalisation des enduits.

En fonction de leur nature, il sera parfois nécessaire d'ajuster leur composition en équilibrant la matière : adjonction de sable ou de fibre si la terre est trop argileuse, ou à l'inverse un apport d'argile si le mélange est trop sableux.

Les particuliers et professionnels peuvent se fournir en matières premières de différentes façons :

- Les terres **issues du terrassement** du chantier lui-même (une solution à plébisciter car elle implique un impact carbone du matériau faible ou nul),
- Les **terres locales de réemploi ou de remblai**,
- Les terres de carrières.

Ces terres peuvent être livrées en enduit prêt à l'emploi ou formulées sur site, grâce au savoir-faire de l'artisan.

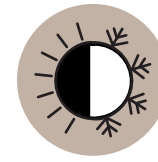


CONFORT HYGROMÉTRIQUE

La terre crue possède de grandes propriétés concernant la **régulation de l'humidité**.

Grâce aux argiles qu'elle contient, elle possède en effet un grand pouvoir absorbant car c'est un matériau ouvert à la vapeur d'eau : elle capte ou restitue l'humidité de l'air en fonction de l'humidité ambiante. La terre va s'imprégner de la vapeur d'eau jusqu'à ce qu'un **équilibre hygroscopique** s'établisse entre le matériau et l'air.

Deux centimètres d'épaisseur de terre crue sur les murs, en enduit ou en panneaux d'argile, suffisent à améliorer le **confort**.



CONFORT THERMIQUE ÉTÉ / HIVER

Alliée à la paille, la terre crue décuple ses capacités isolantes : les enduits terre appliqués sur des bottes de paille en intérieur permettent en effet d'améliorer l'inertie thermique ; un phénomène particulièrement intéressant pour le **confort d'été**.

À l'inverse l'hiver, le même dispositif permet d'emmagasiner de la chaleur et de la restituer afin d'**harmoniser les températures** dans une pièce.



CONFORT ACOUSTIQUE VARIÉTÉ DE COULEURS

Le type de finition de l'enduit, qu'il soit taloché, stuqué, ou épongé, pourra avoir un impact plus ou moins important sur l'acoustique : plus l'enduit comportera de reliefs, **plus l'atténuation des sons sera importante**.

Inversement, plus l'enduit sera lissé, plus la réverbération sera importante.

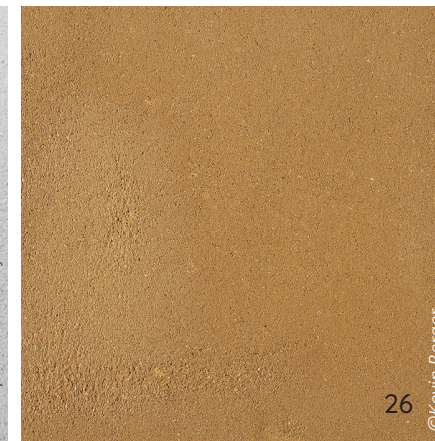


ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Les enduits terre peuvent répondre aux normes actuelles d'étanchéité à l'air lorsqu'ils sont posés, conformément aux règles professionnelles de la construction paille.

Pour cela ils doivent être associés à des compléments (ruban adhésif tramés, etc) et doivent être correctement liaisonnés aux autres matériaux (bois, paille).

Il est possible d'atteindre les exigences de la construction passive.





ÉCOLE LOUISE MICHEL

Issy-les-Moulineaux (92)

En 2007, nous gagnons le concours d'un groupe scolaire et un boulodrome avec un bâtiment en structure bois et isolants biosourcés, pisé de terre crue, bas carbone et passif, mais également régénératif avec un paysage fonctionnel de jardins de comestibles, jardin d'eaux et de biodiversité. Pendant les études, nous optons pour la botte de paille. L'architecte de sécurité et le bureau de contrôle refusent. Nous cherchons une solution avec la volonté de mettre en œuvre cet isolant aux qualités multiples. Grâce à une subvention pour réaliser un essai au feu LEPIR II en 2008, le bureau de contrôle et les pompiers donnent leur accord. Le risque lié à une mise en œuvre sur chantier nous amène à choisir le caisson préfabriqué en atelier.

Autres dimensions innovantes pour un ERP de 3e catégorie, SHON de plus de 5000 m² et 3 niveaux : l'enveloppe verticale perspirante validée par une étude Wufi et un ATEX, composée de l'intérieur vers l'extérieur : Fermacell, OSB faisant pare-vapeur et contreventement du caisson, botte de paille de 37 cm, panneau AGEPAN 50 mm faisant pare-pluie et bardage douglas français ; un puits canadien et une ventilation hybride dans le club house du boulodrome ; des matériaux de finition à très faible impact sanitaire pour protéger la santé des ouvriers, des enfants, des adultes et du personnel, y compris le mobilier pour les classes et les dortoirs, préconisations de produits d'entretien écologique.

Sonia Cortesse, architecte

Maître d'ouvrage : SEMADS
Architecte : Sonia Cortesse (ADSC) et Bernard Dufournet architecte associé
Lot bois : Groupe Arbonis, Caillaud LC
Lot paille : Groupe Arbonis, Ducloux et Satob
BE Thermique : ICR-LBE
BE Structure : Structure et enveloppe bois : Gaujard Technologie SCOP
Structure béton : Tekhné Ingénierie
Bureau de contrôle : Socotec

Surface : 5 300 m² (shon)
Hauteur : R+2
Durée de chantier : 22 mois
Livraison : 2013
Budget : 11,085 M € HT
Coût : 2091 €/m²
Quantité de paille : 7500 bottes (95x46x36 cm)
Transport : 95 km champ > chantier / 741 km champ > chantier
Mise en œuvre paille : en atelier





GROUPE HESSEL, LES ZÉFIROTTES

Montreuil (93)

L'enveloppe du bâtiment est constituée de façades et toitures en caissons à ossature bois et isolation paille. Il a fallu pas moins de 5500 bottes de paille agricole de 36 cm d'épaisseur (R = 6,9) pour isoler l'ensemble. Les caissons ont été entièrement préfabriqués et les bottes de paille, rebottelées en atelier, avec contrôle systématique de la densité à 100kg/m³. Fermés et protégés, les éléments de façade ont été amenés sur chantier pour levage et mise en place, offrant une très grande rapidité de mise en œuvre. Un doublage intérieur en parement plâtre et laine métisse a été nécessaire pour répondre aux exigences d'isolement acoustique vis-à-vis de l'extérieur.

Christian Hackel, architecte

Maître d'ouvrage : Ville de Montreuil
Architecte : MEANDRE, Christian Hackel architecte
Lot bois : SARL Charpente Cenomane
Lot paille : Isopaille
BE Thermique : Alto Ingénierie
BE Structure : Structure Béton : Ebbe
Structure Bois: Gaujard Technologie Scop
Bureau de contrôle : Qualiconsult

Surface : 6200 m² SHON
Durée de chantier : 12 mois
Livraison : 2014
Budget : 13 M€ HT
Coût : 2430 €/m²/SDP (hors VRD et aménagements extérieurs)
Coût mur : 282 €/HT/m²
Quantité de paille : 5536 bottes (36x45x120cm)
Transport : 168 km champ > chantier
Mise en œuvre paille : en atelier





MAISON ECHO

Marly-le-roi (78)

Ces 10 ans passés dans notre extension en paille et bois, nous ont encore plus rapprochés de notre environnement naturel, celui de la forêt. En utilisant ces matériaux bruts, nous avons apprécié leurs propriétés énergétiques et mécaniques dans la vie quotidienne. ; Aussi bien dormir dans une chambre sans chauffage, que dans la tranquillité sonore. Nous sommes encore surpris par l'efficacité de l'enduit terre qui fait son effet de contreventement, son étanchéité à l'air et son rôle de tampon hygrométrique. Le fait d'avoir mis sur pilotis le rez de chaussé, et de ne pas l'avoir ancré à l'existant nous fait constater l'absence de détérioration des murs. Aussi, Il est vrai que les nuisances extérieures, comme le train se font ressentir dans l'extension par l'intermédiaire des Technopieux, mais sans vraiment d'incidence. Lors de vents violents l'extension à tendance à subir de légers craquements, peut être liées à la déformation mécanique de l'ossature bois et paille. Il nous faut aujourd'hui rajouter un poêle pour diminuer à voir éliminer nos dépenses énergétiques fossiles qui alimentent encore notre chaudière à condensation.

A ce jour, nous sommes fiers d'avoir été pionniers dans ce monde de la paille porteuse et de s'être rapproché du concept de maison passive avec sa paille structurale qui pour nous est le summum du confort et d'une logique environnementale. Nous espérons surtout que nos enfants en ressentiront les bienfaits dans leur qualité de vie à l'avenir.

Eric Carrive, maître d'ouvrage

Maître d'ouvrage : Privé
Architecte : Volker Ehrlich (Trait Vivant)
Lot bois : H2Bois
Lot paille : chantier participatif pour la partie de la voûte (en paille porteuse) et pour l'ITE entre montants

Surface : 50 m² d'extension et 110 m² de rénovation
Hauteur : R+1
Durée de chantier : 5 mois
Livraison : 2014
Budget : 140 000 € HT
Coût : 2 380 €/m²
Quantité de paille : 36 bottes (200x80x50cm)
Transport : 70 km champ > chantier
Mise en œuvre paille : sur chantier



© Trait Vivant Architectes



© Trait Vivant Architectes



© Trait Vivant Architectes



© Trait Vivant Architectes



© Trait Vivant Architectes



LE MONOLITHE BOIS DU GÂTINAIS

Chevannes (91)

Le projet de construction des nouveaux ateliers municipaux de Chevannes prolonge des équipements municipaux existants (mairie, école, centre de Loisirs, terrains de sports). Ils permettront aux services techniques de la ville de disposer d'un espace de stockage, de garages, d'ateliers et de locaux sociaux.

La construction est réalisée entièrement en bois : structure poteaux et charpente bois dans les zones stockages et de garages. Ossature bois et isolation paille dans les ateliers et locaux sociaux.

Les menuiseries, tout comme les grandes portes coulissantes qui permettent l'accès aux hangars sont également en bois. Le bardage est en bois brut classe 3 naturel posé verticalement en bord à bord.

L'ensemble des bois utilisés sont non traités.

Seule, la couverture est en bac acier.

Benoit Rougelot, architecte Landfabrik



Maître d'ouvrage : Commune de Chevannes

Architecte : Landfabrik

Lot bois : Les charpentés du Gâtinais

Lot paille : Isopaille

BE Thermique : Landfabrik

BE Structure : Landfabrik

Bureau de contrôle : Veritas

Surface : 500 m² SHON

Hauteur : RDC

Durée de chantier : 9 mois

Livraison : 2017

Budget : 386 000 € HT hors terrassement & VRD

Coût : 772 €/m²/SHON

Coût mur : 161 € HT/m²

Quantité de paille : 1400 bottes (36x46x90cm)

Transport : 170 km champ > chantier

Mise en œuvre paille : en atelier



©Isopaille



©Isopaille



©11h45





ÉCOLE VINCENT AURIOL

Paris (75)

Le processus participatif mis en place par l'arrondissement paris 13ème a abouti à une fiche de lot très précise pour l'école maternelle, organisant sur cette parcelle polymorphe, l'implantation de la cour sur rue, d'un bâtiment en coeur d'îlot, des relations avec les logements existants et à construire, ainsi que des continuités végétales dans lesquelles devait s'inscrire l'école.

Les ambitions du Maître d'Ouvrage en termes d'exemplarité écologique ont permis de porter ici un projet bas carbone, passivhaus (proposition de l'architecte), et défendant, au travers d'une relation forte au vivant, une certaine qualité d'usage pour ce jeune public et les personnes qui les encadreront. Une densité urbaine forte certes, mais une densité apaisée et mesurée, au travers d'un projet à haute qualité environnementale.

Le sens de la forme organique du projet rejoint les questions de fonds environnementaux par l'utilisation et la mise en œuvre de matériaux bio-sourcés, locaux et peu énergivores. Les murs bois sont préfabriqués en atelier. Les briques en terre cuite au feu de bois sont fabriquées à proximité de Paris, moulées à la main et dans un des rares fours anciens traditionnels en France, tandis que la paille est récoltée à proximité immédiate des ateliers de préfabrication des façades.

Corentin Desmichelle, architecte

Maître d'ouvrage : SEMAPA
Architecte : LA Architectures (mandataire) & Atelier Desmichelle Architecture (co-traitant)
Lot bois : Charpente Bois Goubie JP SA
Lot paille : Charpente Bois Goubie JP SA
BE Thermique : AI Environnement
BE Structure : béton et VRD: Mecobat Gaujard Technologie SCOP (bois et biosourcés)
Bureau de contrôle : Socotec

Surface : 1753 m2 (SDP)
Hauteur : R+2
Durée de chantier : 24 mois
Livraison : 2019
Budget : 5,9 M€ HT terrassement & VRD compris
Transport : 500 km champ > chantier
Mise en œuvre paille : en atelier





LA FERME DU RAIL

Paris (75)

La ferme du rail a pu naître grâce à une grande équipe animée par le même rêve et des acteurs très impliqués dans un projet au programme hors du commun. Une des particularités de mise en œuvre est l'insertion de bottes de pailles entre les montants de structure en vertical et en toiture.

Julia Turpin, architecte associée Grand Huit

Ici l'écologie se cache derrière le sens social d'un projet. Le fait d'avoir abordé les différentes facettes de l'éco construction avec un public en insertion a permis de développer un cadre ludique sur le chantier.

Mathieu Dehaut, directeur d'Apij bat

Ce projet est fondé sur le réemploi et l'économie circulaire. C'est intéressant de voir un chantier avec des matériaux très locaux venant d'île de France. Bien que la ferme se situe en zone urbaine, ces éléments permettent de créer une conscience écologique.

Noémie L'Hrar, responsable chantier d'insertion

Les lieux sont très confortables, notamment en été. L'hiver, l'étanchéité est parfaite et l'isolation en paille fonctionne à merveille. nous n'avons quasiment pas besoin d'allumer le chauffage.

Yukio Chapuis, résident et étudiant en architecture

Maître d'ouvrage : Réhabail
Architecte : Grand Huit
Lot bois : Vaninetti
Lot paille : APIJ Bat
BE Thermique : Pouget
BE Structure : Scoping
Bureau de contrôle : BTP Consultant

Surface : 1000 m² SHAB
Hauteur : R+3
Durée de chantier : 18 mois
Livraison : 2019
Budget : 3 M€ HT hors terrassement & VRD
Coût : 3000 € HT/m²/SHAB
Coût mur : 371 € HT/m² livré, levé + finition
Quantité de paille : 3000 bottes (36x47x80cm)
Transport : <65 km champ > chantier
Mise en œuvre paille : sur chantier





BLOISIS ECO-GÎTE

Fontainebleau (91)

Je voulais construire un bâtiment passif qui accueillerait mon habitation, un atelier et un gîte. Je voulais réaliser mon projet en matériaux biosourcés. C'est mon architecte qui m'a parlé des performances de la paille. Le bâtiment a été conçu en caisson préfabriqués bois et remplissage paille. Nous avons un maximum d'apport solaire grâce à de larges baies vitrées qui sont protégées par de grands feuillus en été et un poêle à granulés pour l'hiver. Nous chauffons très peu en saison hivernale. Nous avons rajouté de l'inertie en construisant une paroi en brique de terre crue. Le confort d'usage est important. Je sensibilise ma clientèle en parlant du projet et grâce à la fenêtre de vérité qui se trouve dans le gîte.

Fabien Brones, maître d'ouvrage

Le bâtiment a été construit en parti sur pilots pour limiter l'impact du terrassement sur la végétation. Nous avons utilisé des matériaux écologiques, recyclés et locaux. L'enveloppe est constituée de caissons bois préfabriqués et remplis d'isolant paille. Le bardage est en clins de douglas thermohuilé, les menuiseries sont en bois-aluminium à triple vitrage de fabrication française. Les équipements techniques, panneaux solaires thermiques, poêle à granulés et ventilation à double flux, permettent d'atteindre le niveau passif. Et nous récupérons l'eau de pluie pour les wc et le jardin.

Rémi Doucet, architecte

Maître d'ouvrage : Privée

Architecte : Rémi Doucet architecte

Lot bois : WCB

Lot paille : Charpente Natali

BE Thermique : L'habitat économe

Surface : 267 m² SHAB

Hauteur : R+2

Durée de chantier : 12 mois

Livraison : 2019

Budget : 500 000 € HT

Coût : 1627 HT /m² SHAB

Coût mur : 165 € HT/m² (prix de départ usine)

Quantité de paille : 1000 bottes (36x46x90cm)

Transport : 130 km champ > chantier

Mise en œuvre paille : en atelier





LA PETITE FABRIQUE

Paris (75)

Le credo de notre mission se résume en trois axes, une construction éco responsable, performante et favorisant l'inclusion sociale. Cela passe par l'utilisation des matériaux biosourcés en circuit court, les bottes de paille et le bois de filières franciliennes.

Nathalie Chazalotte, directrice de programme, architecte

C'est un bâtiment peu énergivore, avec des matériaux à faible impact environnemental. C'est un condensé de savoirs reproductibles dans d'autres projets. Nous souhaitons que ce soit la nouvelle doctrine de la construction à Paris pour toutes les maîtrises d'ouvrage.

Jacques Baudrier, adjoint à la mairie de Paris en charge des constructions publiques

La paille coche quasiment toutes les cases, faible coût, sain à utiliser, déphasage important, densité régulière et facile à mettre en œuvre par nos personnels en insertion qui fabriquent en atelier les caissons que nous mettrons en œuvre sur chantier. Dans le parcours des personnes que nous accompagnons, le rapport à la nature est important. C'est pourquoi nous utilisons des matériaux biosourcés, paille, BTC, terre, bois locaux. A l'aide de capteurs inclus dans les parois, nous pouvons suivre la vie des isolants et constater que la paille a un excellent déphasage, supérieur à celui de la fibre de bois.

Frédéric Rojas, chef de chantier SCE le Chênelet

Maître d'ouvrage : Ville de Paris, DCPA
Architecte : Ville de Paris, DCPA, Passerelle Transition écologique
Lot bois : SCE le Chênelet
Lot paille : SCE le Chênelet
BE Thermique : Manexi, Soléneos & R. Celaire
BE Structure : I+A Lab. des Structures
Bureau de contrôle : Alpes Contrôles

Surface : 228 m² SDP
Hauteur : R+1
Durée de chantier : 12 mois
Livraison : 2020
Budget : 510 000 € HT hors terrassement & VRD
Coût : 2236 €/m²/SHAB
Coût mur : 270 €/HT/m² inclut livraison, hors finitions
Quantité de paille : 225 bottes
Transport : 270 km champ > chantier
Mise en œuvre paille : en atelier





Programme mixte | Construction neuve



LA FERME DES POSSIBLES

Stains (93)

Le choix d'isoler le bâtiment en botte de paille a été une évidence pour le maître d'ouvrage et les concepteurs dès le début des études, au même titre que d'utiliser la terre du terrain et les matériaux de réemploi.

En effet, ce projet de ferme urbaine dédiée à l'insertion des jeunes du quartier est un projet de territoire, avec une approche permaculturelle. Prendre soin de la terre, prendre soin des humains et partager équitablement les ressources sont les 3 principes sur lesquels repose la permaculture. Il en résulte que toute construction doit avoir une empreinte écologique minimale, tout en répondant à des besoins de confort. En tant qu'isolant thermique, la paille répond à ces critères.

Associer la paille à la terre crue pour réaliser une ferme urbaine revêt aussi une symbolique très forte, en construisant avec des matières liées à l'agriculture : la matrice qu'est la terre, et le produit qu'est la paille.

Frédéric Denise, architecte chez Archipel Zéro

Maître d'ouvrage : Coopérative Novaedia

Architecte : Archipel Zéro

Lot bois : Bois 2 Bout

Lot paille : Bois 2 Bout

BE Thermique : DALKIA Froid

BE Structure : Bois 2 Bout

Bureau de contrôle : Socotech

Surface : 1 880 m² SHON

Hauteur : R+1

Durée de chantier : 12 mois

Livraison : 2020

Budget : 2,8 M € HT

Coût : 1 450 €/m²/SHAB

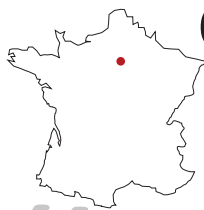
Coût mur : 190 € HT/m²

Quantité de paille : 360 m³ (caissons remplis)

Transport : origine paille Ukraine

Mise en œuvre paille : en atelier en Ukraine





CENTRE DE LOISIRS JACQUES CHIRAC

Rosny sous bois (93)

« Les matériaux biosourcés permettent de réaliser des bâtiments qui stockent du carbone. Mettre le bon matériau au bon endroit a été une préoccupation constante. La paille est un matériau isolant avec des caractéristiques mécaniques modestes qui repousse chaque année. Le bois est un matériau résistant et léger mais qui repousse à chaque génération. C'est une ressource précieuse à utiliser dans les applications structurellement exigeantes.

Par conséquent la paille a été prescrite comme élément porteur, donnant ainsi une enveloppe très isolante et économe en bois.

Yannig Robert, ingénieur structure bois Rosny-sous-Bois

La construction paille est une technique courante lorsqu'elle respecte les règles professionnelles CP2012, mais rien n'empêche, en accord avec les assurances de construire en technique non courante.

C'est ce que nous avons fait en donnant à la paille un rôle structurel. Pour cela des essais de stabilité à froid et sous l'effet d'un incendie ont été réalisés.

Laurent Dandres, contrôleur technique Apave

Avec les enfants, nous avons conçu un reportage photos retraçant l'historique des travaux.

Cela a permis d'encourager le travail d'équipe et à travers la découverte de nouveaux matériaux de construction, d'ouvrir les enfants de s'ouvrir au monde de la construction.

Hakim Zerari, animateur du centre de loisirs

Maître d'ouvrage : Rosny-sous-Bois
Architecte : DRI de Rosny-sous-Bois
Lot bois : Rialland
Lot paille : Apijbat
BE Thermique : DRI de Rosny-sous-Bois
BE Structure : DRI de Rosny-sous-Bois
Bureau de contrôle : Apave

Surface : 1000 m² SHAB
Hauteur : R+1
Durée de chantier : 18 mois
Livraison : 2020
Budget : 3 707 000 € HT hors terrassement & VRD
Coût : 3707 €/m²/SHAB
Coût mur : 834 € HT/m² inclut pose & finitions
Quantité de paille : 400 bottes (50x80x120cm)
Transport : 130 km champ > chantier
Mise en œuvre paille : sur chantier



©Rosny sous bois, J. Sepulveda



©Rosny sous bois, J. Sepulveda



©Rosny sous bois, J. Sepulveda



©Rosny sous bois, J. Sepulveda



©Rosny sous bois, J. Sepulveda



LA CABANE CONCIERGERIE O2

Neuilly-sur-Marne (93)

Le chantier était organisé en ateliers qui avaient été préparés à l'avance par les membres de Secousses et SansPlusAttendre. On a commencé par fabriquer des portiques en bois pour la structure (des grands et des petits) qu'on a ensuite levés avec des cordes et assemblés avec des entretoises vissées. L'espacement entre les portiques était de 47cm parce que c'était la largeur courante des bottes de pailles quand on les posait à la verticale.

Une fois la structure stabilisée, on a rempli une moitié du bâtiment (la partie isolée) avec des bottes de paille en utilisant un « persuadeur », une espèce de gros marteau en bois qui avait été fabriqué sur place. Certaines bottes étaient plus larges que 47cm donc on a utilisé un morceau de tissu pour aider à glisser les bottes entre les portiques en bois (un chausse-bottes). Yoann (Faugeron) avait appris cette technique pendant sa formation PRO-Paille et ça a très bien fonctionné. Une fois les bottes posées, il a fallu remplir les petits trous avec de la paille en vrac en bourrant bien pour que ce soit le plus isolant possible.

Pour protéger la paille, on a mis en place un pare-pluie noir avec des raccords en scotch sur toutes les façades isolées. Une fois cette étape terminée, on a installé un bardage en bois brûlé qu'on a posé en deux couches superposées et décalées pour couvrir les joints.

Nicolas Genest, architecte Secousses

Maître d'ouvrage : Grand Paris Aménagement
Architecte : Secousses architectes
Lot bois : Fibois IDF + récupération des clôtures bois de la ZAC
Lot paille : RFCP
BE Structure : Chantier participatif : association "sans plus attendre"
Bureau de contrôle : BTP consultants

Surface : 25 m² dans 680 m² de chaufferie
Hauteur : R+1
Durée de chantier : 5 mois
Livraison : 2020
Budget : 27 000 € +HT
Coût mur : 230 € (fourniture + pose) /m²
Quantité de paille : 56bottes((47-53)x37x120cm)
Transport : 50 km champ > chantier
Mise en œuvre paille : sur chantier





LOGEMENT SOCIAL PARIS HABITAT

Paris, rue Convention, 15e arr. (75)

Une I.T.E. en paille offre une plus grande qualité hygrothermique qu'une I.T.E. conventionnelle : elle n'empêche pas les transferts de vapeur d'eau à travers la façade et le confort d'été est nettement amélioré. L'enduit minéral épais généralement appliqué sur la paille garantit une longue durée de vie à l'enveloppe. Par ailleurs, sa forte épaisseur incite à la pose des menuiseries dans le plan de l'isolant, améliorant les performances et augmentant les volumes intérieurs.

Eduard Vermès, artisan & ancien architecte chez Trait Vivant

Les premières bottes ont été posées en juillet avec deux techniques de pose. La première, innovante, consiste à poser les bottes horizontalement et à les sangler avec des bretelles. Ces dernières sont en réalité des feuillets en plastique que l'on emploie pour cercler les emballages. Ils sont tendus et accrochés mécaniquement dans le mur. Dans les étages supérieurs, les bottes sont insérées verticalement dans une ossature bois selon la technique en épine, définie par les règles professionnelles éditées en 2012. Les bottes sont ensuite recouvertes d'un badigeon de terre qui vient les protéger du feu et de l'humidité le temps du chantier, puis elles recevront un enduit chaux-sable sur 4 cm d'épaisseur. Deux tests récents au CSTB et FCBA garantissent une tenue au feu pendant 2h de ce complexe.

Benoit Rougelot, architecte Landfabrik

Maître d'ouvrage : Paris Habitat
Architecte : Landfabrik / Trait Vivant
Lot bois : Depuis 1920
Lot paille : APIJbat, Construire Solidaire
Lot Enduits : APIJbat, Construire Solidaire
Lot Paille : Pascal Gibert
BE Thermique : Qui Plus Est
BE Structure : Yannig Robert
Bureau de contrôle : APAVE

Surface : 400 m² de façade
Hauteur : R+7
Durée de chantier : 2 mois
Livraison : 2020
Budget : 220 000 € HT
Coût : 243 €/m² de façade hors échafaudage
Quantité de paille : 800 bottes (36x46x90cm)
Transport : 55 km champ > chantier
Mise en œuvre paille : sur chantier



©Benoit Rougelot



©Eduard Vermès



©Eduard Vermès



©Benoit Rougelot



©Benoit Rougelot



RÉSIDENCE CROUS BERTELOTTE

Paris (75)

Le Crous de Paris souhaitait solliciter les filières sèches et ce fut un projet intéressant. Animés par un bon travail d'équipe, nous avons su amener une bonne répartition des missions entre les acteurs du chantier. L'approvisionnement en paille a été assuré par le cabinet d'architectes NZI et l'entreprise Meha qui se sont fournis en paille locale. En ouvrant les volumes, nous avons permis un ensoleillement direct au centre du bâtiment afin d'amener à un meilleur confort de vie.

Marie-Laure Marette, Chargée d'opération au service direction de construction Paris Habitat

Ce chantier de réhabilitation a été complexe car il s'agit d'un bâtiment public en R+3 qui dépasse les 8 mètres, nous sommes donc hors des règles professionnelles. Nous avons la volonté de conserver les porteurs, horizontaux et les dalles ainsi que les poteaux poutres. Nous nous sommes adapté au bâti existant pour limiter les déchets.

La plus grosse difficulté de ce chantier a été de devoir se référer à une autorité sachante, déposer une Atex, recevoir l'accord du CSTB et enfin celui du bureau de contrôle Véritas. Ce fut long et éprouvant. Nous espérons que cette limite de hauteur soit supprimée et que les règles professionnelles évoluent. Il est tout à fait possible de construire en paille des bâtiment de plus de 8 mètres.

Sandra de Giorgio, Architecte NZI architectures

Maître d'ouvrage : Paris Habitat pour le CROUS de Paris
Architecte : NZI Architectes
Lot bois : Meha charpente
Lot paille : Meha charpente
BE Thermique : Switch
BE Structure : EVP
Bureau de contrôle : Bureau Veritas

Surface : 3580 m² SHAB
Hauteur : R+3
Durée de chantier : 28 mois
Livraison : 2020
Budget : 8 900 000 €HT hors terrassement & VRD
Coût : 2486 € HT/m²/SHAB
Coût mur : 200 € HT/m² hors pose et bardage
Quantité de paille : 4600 bottes (36x54x80cm)
Transport : <65 km champ > chantier
Mise en œuvre paille : en atelier



© Frédéric Achdou



© Juan Sepulveda Grazioli



© Alexis Foullet



© Frédéric Achdou

© Frédéric Achdou



ÉCOLE CHARLES PEGUY

Bobigny (93)



Pour ce projet, il s'agissait de restructurer l'existant mais aussi de construire en site occupé deux bâtiments supplémentaires.

Nous voulions absolument mettre en œuvre un isolant biosourcé pour ses qualités hygrothermiques et son faible impact environnemental, le cadre normatif du béton de chanvre (matériau dont nous avons une connaissance antérieure) ne permettait pas son emploi dans un ERP de 3e catégorie, alors que les règles professionnelles de la Construction Paille éditées par le Réseau Français de la Construction Paille (RFCP) en 2012 l'autorisaient clairement. Le confort, en toute saison, d'un bâtiment isolé en botte de paille nous a convaincu d'utiliser ce coproduit disponible de l'agriculture céréalière dans nombre de nos projets ultérieurs et notamment pour les équipements publics.

L'association d'une structure béton optimisée et d'une enveloppe paille ultraperformante offre de nombreux avantages mais soulève des points de vigilances sur le chantier à l'interface de la structure primaire et de l'enveloppe. Depuis le début du chantier en 2018, des essais au feu ont été réalisés et nous permettrait d'enduire directement la paille, et donc de simplifier la composition des parois. À l'heure actuelle, la paille s'avère tout à fait adaptée aux écoles et autres équipements publics, nous l'avons adoptée pour tous les projets scolaires qui ont suivi.

Grégoire Dumont, architecte

Maître d'ouvrage : Association des écoles Charles Peguy
Architecte : Dumont Legrand
Lot bois : Cruard Charpente
Lot paille : Cruard Charpente
BE Thermique : Fluides WOR
BE Structure : EVP
Bureau de contrôle : Qualiconsult

Surface : 5000m² SHAB (dont 1200m² SHAB neuf + 3800m² SHAB rénovation)
Hauteur : R+1
Durée de chantier : 33 mois (pandémie)
Livraison : 2021
Budget : 48 M€ HT terrassement & VRD compris
Coût : €/m²/SHAB
Coût mur : 350 €/HT/m² inclut pose & hors finitions
Quantité de paille : 320 bottes (37x47x110cm)
Transport : 255 km champ > chantier
Mise en œuvre paille : en atelier





GROUPE SCOLAIRE SIMONE VEIL

Rosny-sous-Bois (93)

Dans tous les projets sur lesquels nous travaillons, nous cherchons à dégrader le moins possible les écosystèmes biologiques et sociaux. Chaque projet porté par notre «Direction Recherche et Innovation» est l'occasion de favoriser des filières participant à cette approche, grâce à des techniques constructives vertueuses et en partageant nos retours d'expériences. Nous continuons de chasser de nos constructions les produits issus de l'industrie pétrochimique.

Nous avons choisi des caissons préfabriqués, qui ne sont pas dotés de panneaux de contreventement car ils contiennent beaucoup de colle. L'enveloppe ne comporte ni pare-vapeur, ni pare-pluie non plus, deux fonctions qui sont assurées par les enduits (terre-plâtre intérieur et chaux-sable extérieur). Les éléments préfabriqués livrés emballés dans des films de différents types, ont été réutilisés au maximum en protections de chantier.

Le renouvellement d'air est un des postes principaux de dépense d'énergie, tant à la construction, qu'au fonctionnement et à l'entretien. Il nous semble pertinent de rester sur un tirage thermique et un renouvellement naturel de l'air. De plus, en nous évitant l'asservissement à l'électronique, nous n'avons plus besoin des composants électroniques provenant de l'autre bout du monde. Cela nous permet d'assurer le fonctionnement de l'école de façon continue et simple, avec peu de moyens.

Vincent Raeppl, architecte à la ville de Rosny sous Bois

Maître d'ouvrage : Rosny-sous-Bois
Architecte : DRI de Rosny-sous-Bois
Lot bois : UTB + APIJBat
Lot paille : UTB
BE Thermique : DRI de Rosny-sous-Bois
BE Structure : DRI de Rosny-sous-Bois
Bureau de contrôle : APAVE

Surface : 3369 m² SDP
Hauteur : R+2
Durée de chantier : 24 mois
Livraison : 2021
Budget : 11 406 536 € HT hors terrassement & VRD
Coût : 3385 €/m²/SDP
Coût mur : NC
Quantité de paille : NC
Transport : NC
Mise en œuvre paille : en atelier



© Vincent Raeppl



© Christophe Benoit



© Juan Sepulveda



© Juan Sepulveda



Logement individuel | ITE paille 36 cm



MAISON INDIVIDUELLE

Ballancourt sur Essonne (91)

Le maître d'ouvrage est un pionnier dans son entourage, il était très impliqué et volontaire tout au long du chantier. Ce projet était l'une de nos premières réalisations ITE en paille, c'était pour nous un chantier expérimental. Lorsque l'on travaille sur de l'ITE paille, on s'intéresse à la fois à la charpente, à la structure bois, à la paille et aux enduits. Ce projet nous a permis de mettre au point une méthode de travail que nous appliquons pour nos autres projets.

L'entreprise qui a travaillé sur le chantier réalisait également l'un de ses premiers chantiers d'ITE en paille en pose bretelle. Malgré des retards de livraison des menuiseries, la bonne communication avec l'entreprise et la maîtrise d'ouvrage nous a permis de mener à bien ce projet.

Adele Terrier Vasse, architecte chez Trait Vivant

Pour ce projet, c'est le système de pose en "bretelle" avec une ITE paille de 36cm qui a été retenu. Ce système est plus exigeant sur la densité des bottes et il permet d'obtenir moins de ponts thermiques grâce à une meilleure homogénéité de la paille sur l'ensemble de la paroi et ça facilite aussi la pose des enduits. Contrairement à une ITE paille de 22cm, le coût est réduit car je me suis fourni directement chez le paysan qui produit des bottes denses de 110cm de long et j'ai également utilisé moins de quincaillerie.

Edouard Vermès, artisan, alterbatir & SCOP les grands moyens

Maître d'ouvrage : Privé
Architecte : Trait Vivant
Lot bois : Alter Bâtir
Lot paille : Alter Bâtir
Lot enduits : Ravalement de Paris

Surface : 212 m² de façade
Hauteur : R+2
Durée de chantier : ?? jours
Livraison : 2021
Budget : 70 000 € HT
Coût : 330 €/m² de façade (enduits inclus)
Quantité de paille : 420 bottes (36x49x110cm)
Transport : 75 km champ > chantier
Mise en œuvre paille : sur chantier



©Edouard Vermès



©Charlotte Leuward



©Charlotte Leuward



©Charlotte Leuward



©Charlotte Leuward



MAISON INDIVIDUELLE

Bagnole (93)

Ce petit projet est en réalité une extension d'une annexe existante construite à la va-vite, dont nous avons gardé le maximum de ce qui pouvait l'être : les murs en parpaings, la dalle et les tuiles mécaniques. Il fallait un lieu chaleureux, lumineux et avec du volume, bien isolé (tout comme la maison adjacente qui a été entièrement réhabilitée). Nous l'avons prolongé avec des murs neufs en ossature bois isolés en paille, constitués de montants doubles. Le pare-pluie a été fixé avant de lever les ossatures, les murs étant contre des murs de clôture mitoyens donc inaccessibles ensuite. La paille a été posée puis enduite à la terre. Les murs existants ont été isolés en laine de bois et également enduits à la terre, sur canisses.

Louise Ranck, architecte chez Latitude 48°

Sur ce chantier, nous avons proposé une solution économique et adaptée à un calendrier court, en mettant en œuvre les 18 m² de paille en ossature et 68 m² d'enduits en seulement dix jours. Ainsi, les bottes ont été insérées en ossature traversante, afin d'éviter des rebouchages, et les enduits sur paille ont été posés en monocouche, en plusieurs passes frais sur frais. L'ossature traversante des montants recomposés en section de 45*360, il n'y a pas besoin de réduire le vide entre montants pour pincer les bottes : la largeur des bottes est suffisante pour un excellent maintien par simple frottement. Un échange entre le charpentier et l'artisan paille a permis de réduire les fausses trames. La barbotine et l'enduit ont été posés directement sur la paille et les montants, sauf aux endroits où les montants sont doublés. De la canisse de roseau a alors été agrafée afin d'améliorer l'accroche au support.

Eduard Vermès, artisan, SCOP Les Grands Moyens

Maître d'ouvrage : Privé

Architecte : Latitude 48°

Lot bois : P. GELGON/K. URBANEJA

Lot paille : E. Vermès, Scop Les Grands Moyens construction, anciennement Alter Bôtir

BE Structure : Artemis Ingénieur

Surface : 28 m² d'annexe

Hauteur : R+1

Durée de chantier : 4 mois sans compter les fondations

Livraison : 2021

Budget : 100 000 € TTC (Extension)

Coût : 3270 € HT/m²

Quantité de paille : 35 bottes (110x49x36cm)

Transport : 41 km champ > chantier

Mise en œuvre paille : sur chantier



©Latitude 48°



©Eduard Vermès



©Eduard Vermès



©Eduard Vermès



©Latitude 48°



MAISONS ET ATELIER

Ivry-sur-Seine (94)

La recherche des procédés constructifs les plus adaptés tant au site qu'aux finalités du bâtiment avec un souci de la plus grande frugalité vient compenser l'énorme effort qu'il a fallu réaliser pour gagner de l'espace sur la parcelle. La charpente bois repose en effet sur un ouvrage d'infrastructure soutenant dans le coteau.

Le projet se situe dans un milieu urbain dense sur une parcelle très exigue et pentue, l'ensemble a été édifié manuellement. L'ossature montée sur place a été rigoureusement calepinée, ainsi les bottes de paille ont pris leur place aisément dans celle-ci.

Les murs épais de 46cm, sont composés de 5cm de d'enduits terre, 36cm de paille, puis 5 cm d'enduit extérieur sable chaux.

Les calculs structurels de la trame de l'ossature bois de la charpente a été optimisés, grâce aux calculs et à la trame des bottes de paille qui est de 49cm, sur une hauteur de 4 niveaux les montants sont restés en section 45x145. L'ensemble de la charpente est composée de bois massif douglas le moins transformé. Malgré des enduits terre réalisés en janvier les travaux bien abrités ont pu se réaliser, le séchage plus long était effectif lors de la livraison, 4 mois après leur application. Le confort thermique se révèle durant les travaux, les ouvriers sur le second œuvre appréciant la conservation de la chaleur.

Francis Landron, architecte

Maître d'ouvrage : Privé
Architecte : Francis Landron Architectes
Lot bois : Herminette
Lot paille : Ma terre première habitat

Surface : 204 m² SDP
Hauteur : R+3
Durée de chantier : 11 mois
Livraison : 2023
Budget : 460 000 € HT
Coût : 2 254 €/m²
Quantité de paille : 450 bottes (49x36x110cm)
Transport : 46 km champ > chantier
Mise en œuvre paille : sur chantier



©Edouard Vermès



©Charlotte Leuward



©Charlotte Leuward



©Charlotte Leuward



©Frédéric Achdou



LOGEMENTS COLLECTIFS

Ivry-sur-Seine (94)



Le projet a connu quelques points de blocages, surtout dans la conception du détail d'ITE. En effet, la réglementation incendie sur les bâtiments de 3ème famille nous a contraint à protéger le complexe du feu le plus possible. Nous avons pu surmonter les étapes grâce à toute l'équipe du projet, de la maîtrise d'ouvrage, à l'entreprise, en passant par le bureau de contrôle. Après soumission d'une appréciation de laboratoire au CERIB, le complexe a pu être posé.

La formation PRO-Paille organisée in-situ et suivie à la fois par WAO et par l'entreprise CARE fut une occasion de faire du projet un chantier collaboratif et enrichissant. Nous souhaitons une démocratisation de l'utilisation du matériau paille pour que ces techniques deviennent des réflexes dans la construction.

Juliette Martine, Architecte chez WAO

Maître d'ouvrage : Foncière Bellevilles
Architecte : WAO Architecture
Entreprise TCE : CARE Agencement
BE Thermique : Milieu
BE Structure : Assemblages
Bureau de contrôle : Apave

Surface : 2000 m²
Hauteur : R+6
Durée de chantier : 12 mois
Livraison : 2023
Budget : 2 600 000 €HT
Coût : 1300 € HT/m²
Coût mur : 600 € HT/m² hors pose et bardage
Quantité de paille : 350 bottes (22x54x120cm) (230m³)
Transport : <300 km > Rennes (Profibre)
Mise en œuvre paille : sur chantier





FERME DE L'ENVOL MAISON DE L'AGRICULTEUR

Breigny sur Orge (91)

L'objectif pour la maison était de ne pas utiliser de béton. Le plancher bas est en caissons préfabriqués, surélevés, posés sur des pieux métalliques vissés. Le caisson est constitué de poutres en I, panneau OSB et panneau en Fermacell de qualité extérieure en sous-face. Le remplissage initialement prévu en botte de paille puis en chènevotte pour des raisons économiques (trame des caissons), a été réalisé en ouate de cellulose déversée en vrac, le chanvre d'Ile de France n'étant plus disponible. Les murs de façades, ont été réalisés en ossature bois remplissage vertical bottes de paille. La paille autoporteuse étudiée en phase APD, plus couteuse, a été abandonnée. Les caissons de toiture préfabriqués sont construits sur le même principe que les caissons de plancher avec des planches de bois massif en douglas faisant à la fois fermeture du caisson et sous face intérieure de plafond. L'assemblage des caissons a été étudié de façon à réaliser la jointure des pare-vapeur en bois massif. Les enduits intérieurs et extérieurs des murs paille sont en terre crue issue du site, avec un enduit de finition extérieur chaux sable. Un espace bioclimatique rapporté sur la façade sud est, traite les eaux grises par phytoépuration. L'ensemble des toilettes est à litière bio maîtrisée (toilettes sèches). Toutes les eaux pluviales de la ferme sont récupérées dans des noues pour l'arrosage du maraichage. Menuiseries extérieures (double vitrage performants). Chauffage par poêle à bois, Eau chaude sanitaire solaire.

Sonia Cortesse, Architecte

Maître d'ouvrage : Ferme d'Avenir / Fermcoop**Architecte :** Sonia Cortesse (ADSC)**Lot bois :** WCB**Lot paille :** AlterBatir**BE Thermique :** Maya**BE Structure :** Nebraska**Bureau de contrôle :** Alpes Contrôles**Surface :** 105 m² SDP**Hauteur :** RDC**Durée de chantier :** 12 mois**Livraison :** en cours**Budget :** 242 529 € HT hors terrassement & VRD**Coût :** 2309 €HT/m²/SHAB**Quantité de paille :** 220(37x47x100cm)**Transport :** <78 km champ > chantier**Mise en œuvre paille :** sur site



REMERCIEMENTS :

Rémy Beauvisage, Celine Bohers, Rémi Doucet, Luc Floissac, Coralie Garcia, Francis Landron, Charlotte Leuward, Gabriel Martinez, Corentin Mathieu, Martin Paquot, Benoit Taupin, Edouard Vermès .

Soutenu
par



Crédits Photographiques :
Couverture : Benoit Taupin
Pages 2-3 : Evi Radauscher
Page 5 : Raphael Pauschitz, Pauline Vachon

