

Bâtiments Ecologiques et Economiques

Dans le Sud-Ouest de la France



En Pommel I - Construction d'un bâtiment isolé en paille

En Pommel 01 : Démolition hangar et construction du mur de soubassement

En Pommel 02 : Construction et pose des fermes et poteaux

En Pommel 03 : Toit - Isolation en bottes de paille

En Pommel 04 : Murs- Construction des ossatures des murs

En Pommel 05 : Préparation de la barbotine de terre

En Pommel 06 : Murs - Pose des bottes

En Pommel 07 : Murs - Remplissage terre-paille

En Pommel 08 : Construction de murs chauffants et autres activités...

En Pommel 09 : Enduits de terre

En Pommel 10 : Dalle en béton de terre

En Pommel 11 : Pose d'un plancher sur double lambourdage

En Pommel 12 : Enduits extérieurs

En Pommel - Et si c'était à refaire...

En Pommel II - Rénovation d'une cuisine et d'une salle de séjour.

En Pommel II-01 Démolition d'une cuisine et d'un séjour - Chronique d'un gachis !

En Pommel II-02 Réutilisation du bois de démolition

En Pommel II-03 Réalisation d'enduits de terre - tournesol - copeaux de bois

En Pommel III - Aménagement d'un grenier

Isolation d'un grenier (sans découvrir le toit)

En Pommel IV – Chantiers

Chantier fondations et isolation périphérique

Chantier Murs chauffants

Chantier terre-paille

Enduits à la chaux

Enduits intérieurs en terre

Brasserie "en Kanette" chez Christian GARLAN (16-04-2005)

<http://bee.ouvaton.org/>

Démolition hangar et construction du mur de soubassement

Construction de la salle de danse de 100 m² en ossature bois et remplissage terre/paille.

Ce chantier est l'occasion de tester des techniques et de mesurer le temps passé à la construction. Des *photos* ont été réalisées.

Etape 1 : Démolition du vieil hangar - 50 m². 11 et 12 juin : 4 personnes sur le chantier.



Avec l'aide de Frédéric, David, Mario, Dominique :

- ▶ Le panneau solaire est déplacé et rebranché.
- ▶ Les 50 m² de toit sont découverts avec l'aide précieuse d'un tracteur équipé d'un élévateur. Les tuiles sont directement mises en palettes sur le toit.
- ▶ Les voliges et chevrons sont arrachés au pied de biche et à la barre-mine.

- ▶ Les poutres maitresses sont démontées. Pour réaliser cela en sécurité on a :
 - Stabilisé la ferme à l'aide de trépieds formés de longs chevrons posés au sol sur l'une de leurs extrémités et fixés à la ferme de l'autre.
 - L'élévateur est ensuite monté successivement sous chaque poutre. On attache alors la poutre aux fourches de l'élévateur avant de tronçonner celle-ci.

- La poutre est descendue avec l'élevateur et tronçonnée au sol.
- ▶ La ferme est démontée. Plutôt que de la tronçonner sur place, on a choisi de la tirer d'un coup avec le tracteur... Elle tombe et fait tomber avec elle un des 2 poteaux en brique... Youpi, c'est moins de travail.
- ▶ le 2° poteau est démonté au burin.

Ouf, dure journée, il est 20h00....

Etape 2 : Réalisation des fondations.

- *Vendredi 17 juin : préparation des coffrages.* 3 personnes sur le chantier, dure journée...

Avec l'aide de Patrick et de Coco on :

- prend les niveaux avec un outil de géomètre (très pratique, précis, rapide).
 - ▶ creuse à la pioche des emprises de poteaux.
 - ▶ positionne des buses et des drains.
- pose les coffrages réalisés avec les liteaux et les voliges de l'ancien toit.

- *Lundi 20 juin : on coule les fondations.*

Le camion coule le béton. Avec l'aide de René, en moins de 2 heures, les 4,5 m³ de béton sont coulés et égalisés. Manque de chance, il manque un peu de béton... L'après midi, en 2 heures, je prépare et coule à la bétonnière le 1/2 m³ de béton qu'il reste à faire.



Etape 3 : Construction des murs de soubassement

- ▶ Vendredi 22 juin : (6 h de travail)
 - Tracage des murs de soubassement (vive Pythagore) !
 - Pose d'une barrière étanche sur la fondation (feutre de goudron).
 - Début de la construction des murs de soubassement en parpaings.

- ▶ Dimanche 24 juin au 01 juillet (à raison de 2h chaque soir après le boulot), construction des murs de soubassement en parpaings. Le rythme est d'environ 15 parpaings posés à l'heure / personne (en comptant le temps de préparation / nettoyage du chantier).

Finition des soubassements

- ▶ Samedi 2 juillet.

Avec Mario, fin de la construction des murs de soubassement en parpaings (10 heures) et préparation des coffrages pour les poteaux (6 heures).

Après le repas du soir, on coule les poteaux de béton en moins de 2 heures à trois (Pascale qui tasse le béton, Mario qui remplit les coffrages, Luc qui fait le béton) pour terminer à la lumière des phares du fourgon !

- Dimanche 3 juillet : Crépis grossier extérieur des murs de soubassement (au ciment).
Avec Patrick, en 15 heures on réalise le crépis des 2/3 des murs de soubassement (soit environ 15 m²).



Etape 4 : WE du 14 JUILLET

- Construction des murs de soubassement en briques foraines.
- Pose de la barrière étanche
- Pose des drains et du lit de gravier / galets

La partie enterrée des murs a été réalisée en parpaings en raison de l'humidité. En revanche toutes les parties aériennes sont réalisées en briques foraines et en pierres.



Briques foraines.

La partie visible des murs est réalisée en briques foraines et en pierres.

Construction et pose des fermes et poteaux

L'ensemble du nouveau bâtiment est constitué à partir d'une structure de charpente de type poteaux-poutres. Elle est intégralement réalisée en pin douglas.

Le soubassement du bâtiment a été réalisé (*voir article En Pommel 01 : Démolition hangar et construction du mur de soubassement précédent*).

On passe maintenant à la réalisation de la charpente au cours de laquelle beaucoup de *photos* ont été réalisées...

Le bois a été livré par camion.

Les charpentiers (Xavier et Mickaël) préparent les pièces de charpente qui sont essentiellement :

- ▶ 3 fermes de 9 m de long
- ▶ 6 poteaux de 3,5 m
- ▶ 15 pannes de 3,5 m

L'assemblage de 2 des 3 fermes a été réalisée à l'aide de 2 chèvres (construites en 1/2 h). Ceci a énormément facilité le travail d'assemblage tout en offrant une grande sécurité de mise en œuvre. Chaque chèvre est constituée de 3 chevrons de 3,5 m reliés par une de leurs extrémité à une chaîne (aux maillons soudés) fixée dans ceux-ci par 3 tire-fonds. Un palan est fixé à la chaîne, les pieds des chèvres sont reliés entre eux par une simple corde.



Ferme et chèvres

Les poteaux ont été posés et ajustés verticalement au fil à plomb. Ils sont étayés.

Rendement : 6 poteaux recoupés, posés et étayés en 2 jours à deux personnes.



La pose des fermes (800 kg chacune) sur les poteaux a été réalisée avec une grue télescopique en 3 h (à 4 personnes). Elles sont solidement sanglées afin de pas se désolidariser pendant la pose. Une fois posé sur ses poteaux, chaque ferme est provisoirement étayée par deux grand chevrons cloués en croix et calés au sol.



Au fur et à mesure de la pose des fermes, la panne faitière est elle aussi posée. Elle permet de solidariser les fermes.



Pose de la faitière

Les fermes sont posées. La panne sablière relie les fermes entre elles, l'ensemble de la charpente est solidement étayé.



Vue générale de la structure de la charpente

Retour d'expérience :

La construction d'une charpente "traditionnelle" a été très agréable. Elle a nécessité la présence de charpentiers professionnels (merci Xavier et Mickaël") pour la réalisation des fermes. Les volumes dégagés sont importants, l'aspect final très agréable.

Du point de vue de la conception j'ai commis une grosse erreur qui consiste à placer les poteaux à cheval sur les murs de soubassement. En effet, ceci complique ensuite singulièrement la pose de l'isolation des murs (en bottes de paille) car les pièces de charpente gênent.

Il aurait été largement préférable de placer les poteaux à l'intérieur du périmètre formé par les murs de soubassement de manière à "coller" les murs contre les pièces de charpente. Ceci implique que les poteaux :

- ▶ sont complètement visibles à l'intérieur.
- ▶ prennent un peu de place (en particulier dans les coins du bâtiment).

Mais assure :

- ▶ une isolation des murs plus facile et rapide à réaliser (avec des bottes).
- ▶ une isolation des murs plus efficace (moins de ponts thermiques potentiels).
- ▶ de ne pas avoir à réaliser des remplissages complexes en terre-paille.

<http://bee.ouvaton.org/>

Toit - Isolation en bottes de paille

Le toit du bâtiment a été intégralement isolé en bottes de paille.

La structure de la charpente de l'extension de notre bâtiment est de type poteaux-poutres avec 3 fermes (*voir En Pommel 02 : Construction et pose des fermes et poteaux*).

Nous avons choisi cette solution pour les raisons suivantes :

- Esthétique
- Obtention de grands volumes.

Par ailleurs, pour cette salle de danse nous nous sommes fixés les contraintes suivantes :

- Respect de la morphologie du bâtiment existant. Il est donc exclu de réaliser un toit plus haut que celui de la maison.
- Hauteur aussi importante que possible (afin de pouvoir réaliser des sauts).
- Bonne isolation afin de limiter les besoins en chauffage.
- Conception bioclimatique afin de bénéficier des apports solaires hivernaux (vitrages sud = 750 W / m^2 les jours de soleil) tout en se protégeant l'été (avancée de toiture au sud).

Nous avons cherché à poser les 40 cm d'isolation sans augmenter la hauteur de toit et en conservant une hauteur sous plafond aussi importante que possible.

Ceci introduit des complications car il faudra poser les bottes de paille entre les pannes (et non au dessus comme cela aurait été possible).

Les pannes font 0,1 x 0,3 x 3,5 m. Elles sont posées tous les 2,5 m environ. Un complexe formé d'un assemblage de chevrons et sous chevrons permet de former des caissons de 0,4 x 0,5 x 2,5 m. Ils sont destinés à recevoir les bottes de paille. Les chevrons sont constitués de planches de 0,20 x 0,03 x 5 m et posés tout les 50 cm. Ils sont entaillés au droit des pannes de manière à gagner 10 cm de hauteur. Un liteau est cloué sur la panne sous les chevrons afin de leur permettre de porter sur les 20 cm de bois.



Chevrons

Des « sous chevrons » constitués de planches de 0,20 x 0,03 x 2,5 m sont posés 10 cm sous les chevrons. Ils sont reliés aux chevrons par des bandes d'OSB de 0,1 x 0,018 x 0,30 m visées verticalement entre les deux. Ces sous chevrons reposent eux aussi sur un liteau cloué sur panne. NB : Cet ensemble chevron - sous chevrons aurait pu être remplacé par des chevrons uniques de 40 cm de hauteur.



Chevrons vue de dessous

On notera les plaques d'OSB qui solidarisent chevrons et sous-chevrons. Ceci permet d'obtenir les 40 cm de hauteur nécessaires pour enfermer une botte de paille.

Les gaines électriques sont passées dans la charpente.

Un papier kraft est agrafé aux sous chevrons. Il fait office de pare poussière. Des voliges de pin douglas de 0,14 x 0,015 x 3,5 m sont clouées au pistolet pneumatique sous les sous chevrons.



Clouage des voliges

Franck est aux commandes avec son pistolet !



Voliges et papier kraft

Un papier kraft est agrafé sous les chevrons. Des voliges sont clouées par dessous.

Les voliges forment à la fois le fond des caissons et l'élément de finition du plafond.

La partie inférieure des bottes de paille est enduite d'une couche de 0,5 cm de plâtre à prise lente. Cette couche de plâtre peut avoir un rôle anti-feu.



Bottes plâtrées

La face inférieure des bottes est plâtrée avant la pose (pour un rôle anti feu).

On monte les bottes sur le toit. Le rythme de pose est d'environ 50 m² par jour (à 3 personnes).



Xavier monte les bottes.

Un bel escalier en bottes de paille !

Les bottes de paille sont enfilées à force dans les caissons. On démarre par le bas en progressant vers le haut. Si nécessaire, certaines bottes sont retaillées à la tronçonneuse.

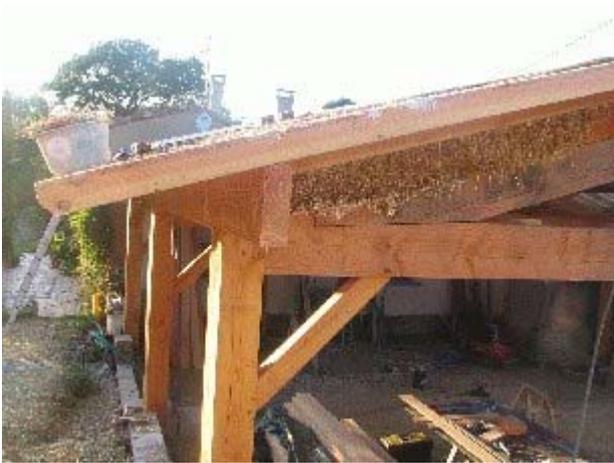


Caissons à bottes

La taille des bottes est en sortie de presse agricole de 0,35 m de haut pour 0,45 m de large. Leur longueur varie entre 0,9 et 1,1 m. Les bottes entrent assez facilement dans les caissons de 0,47 m de large (0,5 m d'entre axe pour 3 cm d'épaisseur). Si nécessaire les trous sont bouchés avec des morceaux de bottes. Chaque fois que cela est possible les morceaux de bottes sont placés avant la botte elle même.



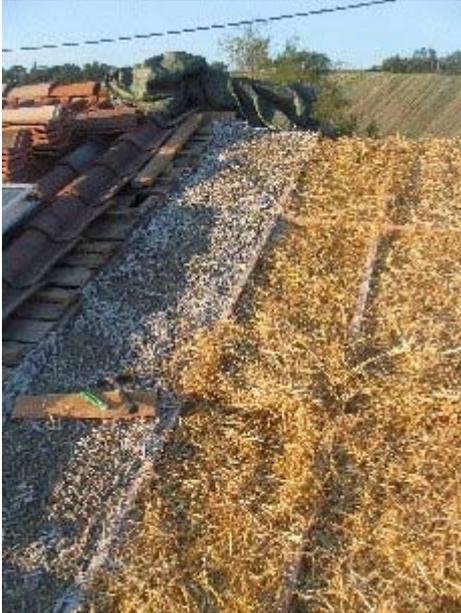
Bottes en cours de pose



Vue toit en coupe

Une entretoise de 0,20 x 0,03 x 0,47 m est clouée entre les chevrons après mise en place d'une botte. Elle permettra d'éviter le « flambage ».

Le mur de refend (en adobes) de la maison est isolé grâce à une arase de tiges de tournesol broyées et de chaux.



Murs de refend

Le mur de refend existant (en adobes) est isolé par un mélange de chaux et de tiges de tournesol broyées.



Isolation du mur de refend

Un mélange de chaux et de tournesol est banché pour faire l'arase du mur de refend.

Les ficelles des bottes de paille sont coupées afin de laisser les bottes prendre tout l'espace disponible. Un panneau pare pluie en feutre de bois (type ISOROOFF, GUTEX...) est cloué sur les chevrons. Il permet d'enfermer les bottes de paille et complète l'isolation (absence totale de courants d'air) tout en laissant passer la vapeur d'eau.

NB : Il aurait été plus prudent d'enduire la face supérieure des bottes avant de fermer les caissons afin de ne pas prendre de risques en cas d'incendie. Une simple couche de terre, de plâtre ou de chaux aurait fait cela sans générer beaucoup de travail.



Panneaux pare pluie

Les panneaux de feutre de bois sont posés sur les chevrons. Ils ferment les caissons remplis en bottes de paille.

L'isolation obtenue a une épaisseur de 40 cm environ.

Les tuiles sont posées sur les liteaux (liteaux + contre liteaux).



Liteaux sur pare pluie

Liteaux et contre-liteaux sont cloués sur le pare pluie.

Retour d'expérience

L'utilisation de bottes de paille pour la réalisation de l'isolation d'un toit a été agréable à réaliser.

La technique d'isolation par le dessus (on procède de bas en haut) présente l'avantage de faciliter la mise en place de l'isolant et de garantir une grande qualité dans le traitement des ponts thermiques.

En revanche ceci implique de laisser à découvert le chantier tant que le pare pluie n'a pas été posé. Il est donc indispensable de bacher le chantier. Nous avons utilisé pour cela une bache agricole fixée par des liteaux cloués (en laissant les têtes de clous dépasser pour faciliter le démontage) qui s'est avérée très solide. La bache agricole n'est pas très chère (moins de 100 € pour un rectangle de 12 * 10 mètres).

La pose des bottes entre pannes nous a permis d'obtenir le maximum de hauteur libre dans le bâtiment mais au prix d'un doublement de travail de pose des chevrons. Ceci pourrait sans doute être réalisé plus simplement en préfabriquant au sol des chevrons.

La pose des bottes est relativement facile lorsque les caissons sont bien dimensionnés. Nous avons parfois été gêné par nos plaques d'OSB qui relaient les chevrons et sous chevrons. Ceci pourrait être évité par une conception plus astucieuse.

Les panneaux de feutre de bois permettent de terminer proprement et facilement la toiture. On aurait préféré des panneaux plus rigides et moins fragiles que ceux que nous avons utilisés.

La pose d'une couverture à sec grâce à des tuiles dédiée est onéreuse mais facile et rapide.

Rendement :

- ▶ Pose des chevrons et sous chevrons (y compris sciage, entailles, plaques OSB, clouage, liteaux de renfort) : 235 m linéaire en 120 heures soit environ 2 chevrons / heure / personne ! C'est très long, il est clair qu'il y a là du temps à gagner...
- ▶ Pose papier kraft et voliges (avec pistolet à clous et échaffaudage roulant) : 30 m² / jour / à 2 personnes
- ▶ Bachage (sur les chevrons en place) : 50 m² en 1 h à 2 personnes.

- ▶ Plâtrage des bottes (y compris approvisionnement bottes à 1km avec un fourgon, gachâge du plâtre) : 4 bottes / heure / personne.
- ▶ Pose des bottes en isolation (travail très physique) : 50 m² / jour / 3 personnes
- ▶ Pose des tuiles avec monte matériaux(travail très physique). 100 m² / jour / 3 personnes
- ▶ Pose faitage et accessoires divers :
- ▶ Réalisation chevêtre pour conduit de cheminée :

Prix :

Papier kraft : 0,42 € TTC / m²

Chevrans en douglas : 1,12 m³ à 382 € TTC / m³

Voliges: 4,54 € TTC / m²

Pare pluie en feutre de bois : 9,5 € TTC / m²

Bottes de paille : 1€ / pièce soit 2€ / m²

<http://bee.ouvaton.org/>

Liens : Voir une approche différente très intéressante sur
<http://www.ecopanneaux.com/galerie/martin/>

Murs- Construction des ossatures des murs

Description de la méthode employée pour construire les ossatures.

Une fois la couverture du toit réalisée (*voir En Pommel 03 : Toit - Isolation en bottes de paille*), la construction des ossatures des murs est réalisée.

Nous avons choisi de faire les murs en bottes de paille posées sur chant (35 cm d'épaisseur) ce qui présente l'avantage de minimiser l'épaisseur de ceux-ci tout en couvrant plus de surface avec le même nombre de bottes de paille (et donc à quantité de travail identique).

Préparation des ossatures :

La 1^o étape consiste à préparer des ossatures de bois qui vont servir à maintenir les bottes.

Sur le mur de soubassement (*voir En Pommel 01 : Démolition hangar et construction du mur de soubassement*), nous avons posé :

- ▶ une barrière d'étanchéité très économique (à défaut d'être écologique) constituée d'une double couche de bache agricole noire.
- ▶ une lisse de chataignier (5 cm d'épaisseur et de 35 cm de large) qui va servir de base à l'ossature.



Lisse de soubassement en chataignier

Un film de bache plastique est posé entre le mur de soubassement en parpaings et la lisse de charaignier.

La paille devrait être à l'abri des remontées d'humidité.

Réalisation des ossatures :

Les montants de pin douglas sont réalisés à partir de planches de 5 x 0,20 x 0,03 m.

Les montants sont dressés verticalement avec un entre-axe de 1 m (0,97 cm de libre) ce qui correspond à la longueur moyenne de nos bottes. Ils sont vissés à la lisse basse et aux pièces de charpente par des équerres métalliques.

Petite particularité nous avons choise de placer les montants à fleur de la lisse basse coté intérieur plutôt qu'au centre de celle-ci.

De cette manière :

- ▶ Il sera facile de fixer des étagères sur les montants.
- ▶ Il est pratique de fixer horizontalement quelques planches sur les montants afin de servir de butée aux bottes. Lors de la pose, on obtiendra ainsi facilement un alignement vertical parfait des bottes.

▸ Il est possible que nous ayons dans l'enduit des fentes de retrait coté intérieur au niveau des montants...



Ossature bois

Les montants verticaux vont servir à caler les bottes de paille.

Derrière ces montants des planches horizontales sont vissées provisoirement de l'intérieur. Elles permettront de caler les bottes lors de la pose (depuis l'extérieur).

Préparation de la barbotine de terre

Préparation de la barbotine

La barbotine de terre est utilisée pour protéger les bottes de paille du feu, faciliter l'accroche des enduits, réaliser les enduits, faire un mélange terre-paille ...

Il est bien sûr nécessaire d'utiliser une terre argileuse car c'est surtout l'argile que l'on recherche dans la barbotine (l'argile sert de liant).

Il faut donc de grandes quantités de terre. Mais, la terre humide c'est lourd ! Il est donc important de ne pas se créer de travail inutile.



Guillaume le bagnar (1)

Guillaume : "La terre-argileuse ça colle !"



Guillaume le bagnar (2)

Guillaume : "Je dirais même plus : la terre-argileuse ça colle"

Nous avons employé une technique simple préconisée par la SCOP "Inventerre" qui consiste à préparer la terre à l'avance pour éviter le tamisage.

- ▶ On fabrique un grand bassin. Le réceptacle est formé de quatre poteaux plantés à la masse dans le sol reliés solidement ensemble par des planches et des chevrons cloués. Au fond de ce réceptacle nous avons disposé des plaques de contreplaqué de récupération et disposé une bache agricole (plastique noir) qui forme alors le bassin.
- ▶ On remplit d'eau le bassin (2/3 de sa hauteur) et on verse ensuite la terre en pluie aussi fine que possible. Avec la pelle mécanique au moment des fondations par exemple.
- ▶ On laisse la terre s'imbibber aussi longtemps que possible (en ajoutant si nécessaire de l'eau pour la maintenir immergée) afin que le maximum de mottes fondent. NB : Il est fondamental de verser l'eau d'abord !



Bassin de trempage de la terre

- ▶ On extrait la boue du bassin et on la verse dans une bétonnière avec de l'eau (2 vol de terre / 1 vol d'eau). On fait tourner 1 ou 2 minutes et on verse dans un seau au travers d'une grille qui sert de filtre. La barbotine est prête !

On jette tout ce qui reste et on recommence....

Quantitatif : A partir de :

- ▶ 2 seaux de terre
- ▶ 1 seau d'eau

On obtient :

- 2 seaux de barbotine.
- un bon mal de dos !

Rendement : Creuser dans la terre détremée, remplir des seaux et les transporter, les lever dans la bétonnière et verser le contenu (qui colle au fond), mélanger, verser dans des seaux au travers de la grille, nettoyer la grille, recommencer... Tout cela est fatigant...

Volume produit : 6 seaux de barbotine / heure / personne.

Murs - Pose des bottes

Une fois les *ossatures* faites on réalise la construction des murs.

Les murs sont réalisés :

- ▶ En bottes de paille chaque fois que cela possible.
- ▶ En *remplissage de terre-paille* dans les endroits complexes (coins, contact avec des pièces de charpente...).

Préparation des bottes de paille : Les bottes de taille assez régulières d'environ 1 m de long pour 0,35 cm d'épaisseur et 0,45 de large. Les bottes sont posées à chant afin de minimiser la largeur des murs et de couvrir plus de surface à travail égal.

Avant d'être posées, les bottes sont trempées sur deux faces (sur chant - coté ficelles) dans une *barbotine* de terre très liquide. Le trempage est effectué dans un bac formé de 4 tasseaux et d'une plaque de bois cloués sur une palette.

Il faut environ 1 seau de 30 litres de barbotine pour tremper une botte sur 2 faces (1/2 seau par face).



Bac à tremper les bottes

1 palette, 1 panneau de bois en fond, 4 liteaux cloués.

On notera sur la gauche une petite "étagère" bien pratique pour poser la botte et la retourner avant trempage.



Danse avec la paille

Pour faire pénétrer la barbotine il faut qu'elle soit bien liquide.

Si nécessaire on se défoule en dansant dessus.

Pose des bottes de paille :

Les bottes de paille sont posées (à deux personnes c'est beaucoup plus facile) immédiatement après le trempage et coincées entre les montants de l'ossature (à coup de pieds et de masse si nécessaire...).



Bottes dans ossature

Les bottes sont coincées entre les montants et maintenues par un liteau vissé sur leur partie supérieure.

Les bottes sont calées coté intérieur par des planches horizontales qui ont été vissées au préalable.



Planches horizontale de calage des bottes.

Les planches provisoirement vissées permettent de poser les bottes contre. On obtient ainsi un mur parfaitement vertical et régulier.

Lorsqu'un niveau horizontal de bottes est posé :

- ▶ on ménage d'un coup de tronçonneuse une encoche dans la partie supérieure des bottes (c'est très rapide à faire).
- ▶ on visse un liteau dans l'encoche de manière à solidement fixer les bottes à la structure et on passe au niveau suivant.



Découpe d'une entaille dans bottes

Sur la partie supérieure des bottes on ménage une entaille pour y insérer un liteau qui sera vissé horizontalement.

Ce liteau sera donc noyé dans la botte ce qui évite tout risque de pont thermique entre botte inférieure et supérieure.

Si nécessaire :

- ▶ on partage des bottes en morceau avec une aiguille afin d'éviter la décompression.
- ▶ on découpe les bottes à la tronçonneuse (ne pas oublier de mettre régulièrement de l'huile pour la chaîne).

Dans les endroit difficiles (coins par exemple) on va bancher un mélange de terre-paille.



Ossature de coin et bottes

Dans le coin du bâtiment la charpente nous gêne pour mettre en place les bottes. On a donc fait une ossature qui sera remplie de terre-paille banchée.

Rendement : y compris la préparation de la barbotine, l'enduisage des bottes avec celle-ci, la taille de 1/3 des bottes à la tronçonneuse).

- ▶ Volume : 0,3 m³ / heure / personne
- ▶ Surface : 0,7 m² / heure / personne.

Il est indispensable d'être à 2 personnes et si possible à 3.

Liens : Voir une approche différente très intéressante sur <http://www.ecopanneaux.com/galerie/martin/>

Murs - Remplissage terre-paille

Description de la mise en oeuvre du terre-paille en construction de murs.

Les murs du bâtiments sont majoritairement constitués de *bottes de paille*. Dans les zones difficiles d'accès ou complexes à mettre en oeuvre nous avons réalisé des remplissages de terre-paille.

Il s'agit donc de remplir des coffrages à partir d'un mélange de terre et de paille qui va progressivement sécher à l'air.

Préalables :

▸ Le mélange de terre et de paille n'est ni porteur, ni auto porteur. Il faut donc l'armer avec une ossature. Nous avons réalisé cela en clouant / vissant des tasseaux dans l'épaisseur du mur.



Armature terre-paille.

Avant de mettre en place les coffrages on fixe des liteaux qui serviront d'armature au mélange de terre-paille.

▸ Le terre-paille doit être banché, il faut donc préparer des coffrages à l'aide de planches ou de panneaux de bois. Cette opération est longue et fastidieuse.



Coffrages

Des planches servent de coffrage. On procède par tranche de 50 cm de haut maximum

Au fur et à mesure de la progression vers le haut on ajoute des planches.

Préparation du mélange terre-paille : Le mélange terre-paille est réalisé à partir :

- ▶ de paille en bon état (bien jaune).
- ▶ de *barbotine* de terre.

La proportion de terre doit être faible pour conserver le pouvoir isolant de la paille (5 à 10 % en volume). On considère généralement qu'il faut un mélange de type salade (la paille) / vinaigrette (la barbotine). Il faut donc que l'ensemble des brins de paille soient humidifiés et gainés de *barbotine* mais en aucun cas noyés dans la terre.

Nous avons réalisé le mélange avec notre *malaxeur artisanal* qui permet d'avoir un excellent rendement sans se fatiguer !



Malaxage du terre-paille

On enfourne la paille et la barbotine de terre d'un coté, le terre-paille sort de l'autre !

Mise en oeuvre : Le terre-paille a été utilisé directement sans attendre. Certains préconisent de le laisser en tas sous une bâche pendant 24 h afin d'assouplir la paille. Nous n'avons pas remarqué que ceci soit nécessaire.

Dans le doute on peut si on le désire laisser le terre-paille dans ses banches pendant 24h (ce qui revient au même que le laisser en tas mais avec une étape de moins).

Dans tous les cas, il faut bien avoir en tête que la seule chose qui sèche ce mélange est l'air, il ne faut donc pas prolonger cela trop longtemps sous peine de faire pourrir la paille ! Il est donc préférable de mettre en oeuvre cette technique au printemps ou en été (nous l'avons fait en automne...).

Le terre-paille est tassé entre les banches à coup de manche de pioche (sans forcer inutilement). On réalise cette opération par tranches de 50 cm de haut maximum. Chaque fois que cela est possible on fait passer des "nattes" de terre-paille autour des ossatures afin d'éviter de futurs affaissements.

Au fur et mesure de la progression vers le haut, on peut enlever les banches inférieures sans risquer d'écroulement et les réutiliser au dessus.



Angle de mur débranché

L'angle du mur a été débranché quelques minutes après la fin du remplissage de terre-paille.

Le temps de séchage de ce mélange est variable selon les conditions atmosphériques. On peut l'estimer au minimum à 1 mois en été et beaucoup plus en hiver. On verra apparaître des montées de blé sur le mur qui finiront par mourrir par manque d'eau.

Finitions : Comme pour les bottes de paille il faudra réaliser des enduits de terre ou de terre/chaux afin de protéger durablement les murs en terre-paille.

Retour d'expérience : La préparation de la barbotine est une opération lourde (au sens propre et au figuré). La réalisation des coffrages est longue et fastidieuse. La manipulation du terre-paille et son tassement sont relativement physiques.

Au total, je conseille de limiter le recours à cette technique qui est longue et fatigante. Il faut à mon avis lui préférer la construction en bottes de paille qui est nettement plus rapide et agréable.

Rendement : Le rendement de mise en oeuvre de ce mélange est principalement guidé par le degré de complexité des espaces à remplir.

A 2 personnes, nous estimons ce rendement à 12 h / m³ (y compris la préparation des coffrages et de la barbotine).

Un rapide calcul donne donc les chiffres suivants :

- Surface : 0,1 m² / h / personne (avec 40 cm d'épaisseur)
- Volume : 0,25 m³ / h / personne

Il est indispensable d'être à 2 ou mieux à 3 ou 4 personnes pour réaliser ce type d'opération.

Recommandations : Lorsque cela est possible, il est préférable de réaliser la *barbotine* à l'avance et de la stocker dans des récipients afin de ne pas occasionner de rupture dans la chaîne d'approvisionnement. En effet, avec un *malaxeur*, la production de mélange est extrêmement rapide.

Construction de murs chauffants et autres activités...

Les murs chauffants permettent de bénéficier d'un grand confort.

Sur notre *chantier*, ils étaient nécessaires car le sol sera constitué d'un parquet en bois massif impropre à l'installation du chauffage par le sol. NB : Nous avons utilisé la *fiche* ARESO comme trame de travail.

Avantages :

- Suppression de la sensation de parois froides.
- Possibilité de chauffer le local avec un fluide à température peu élevée (comme pour un sol chauffant) ou forte (comme un radiateur).
- Bonne compatibilité avec un chauffage solaire qui délivre généralement en hiver un fluide à température faible (moins de 30°C).
- Bonne inertie lorsque les murs sont lourds (enduits de terre, cloisons intérieures pleines...).

Inconvénients :

- Risques de perçage des tubes lors du perçage des murs pour la fixation d'étagères, de cadres...
- Masquage de zones de chauffage par les meubles.

Contraintes de pose :

- ▶ Murs extérieurs bien isolés (il serait stupide de chauffer un mur extérieur non isolé).
- ▶ Ecartement entre tubes : 15 cm environ.
- ▶ Longueur maximale d'un réseau de tubes : 100 m

Matériel utilisé :

- Tubes tri couche UPONOR de 17 mm de diamètre. ces tubes ont une barrière anti oxygène qui protège contre tout risque de prolifération d'algues dans l'eau de chauffage (cela arrive parfois).
- Rails de fixation de tubes / colliers pour gaines électriques
- Collecteurs.

Préparation des murs :

- ▶ *Décroutage* de la gangue de ciment d'un mur en adobes. Ce mur de refend de la maison ne sera pas isolé. Les calories perdues d'un côté iront chauffer la pièce voisine. De plus grâce à sa lourdeur et ses qualités hygroscopiques celui-ci jouera un rôle de régulateur thermique et hygrothermique.



Décroutage du mur en adobes

Gérard, Manuel, David ont réalisé à la meuleuse des fentes horizontales et verticales dans l'enduit en ciment (armé avec du grillage !). Ensuite ils l'ont dégagé au burin électrique.

- ▶ *Isolation* des murs de soubassement en parpaings avec deux couches de panneaux de liège de 6 cm d'épaisseur.

La première couche est collée au mortier de chaux hydraulique. La chaux a été préférée au plâtre en raison des risques d'humidité sur les parpaings. Pour réaliser cette opération :

- on mouille le mur.
- on enduit à la truelle le mur de mortier
- on enduit les plaques de liège de mortier
- on colle le liège au mur en le maintenant fermement avec des pièces lourdes (parpaings, briques...).



Pose de la première couche de liège.

Thomas colle les plaques de liège avec un mortier de chaux hydraulique.

La deuxième couche est collée au plâtre (à prise lente) à la première en croisant les plaques afin de limiter les ponts thermiques au niveau du joint entre elles.



Pose de la deuxième couche de liège.

Marie-Laetitia et Mickaël collent les plaques de liège avec du plâtre à prise lente.

► *Fixation* des tubes sur les murs

Les tubes semi rigides sont très faciles à placer. Pour les tordre sans les pincer on utilise un ressort dans lequel est passé le tube. On tord le ressort, le tube est bien forcé de faire pareil !

Sur le liège les tubes sont enclenchés dans des rails de fixation vissés.

Sur la paille, nous avons la chance d'avoir posé l'ossature bois à fleur coté intérieur. Il suffit donc de visser des petites attaches pour électricien sur les ossatures après les avoir pliées en boucle (très économique).

Sur les murs en adobes : de petites chevilles de bois (triangles de 7 x 3 cm environ) sont plantés entre 2 briques. On place 3 à 4 chevilles par rangée verticale et on y visse une planchette verticale. Cette planchette recevra les tubes qui seront fixés dessus.



► *Organisation de circuits* Il semble ne pas y avoir de règles pour l'organisation d'un circuit. Nous avons fait des zigzags horizontaux en faisant arriver l'eau chaude par le bas. Ainsi, la partie la plus chaude sera en bas et la convection de l'air chauffera le mur en le léchant vers le haut.

Certains font des zigzags verticaux... c'est donc selon l'inspiration...

Les tubes d'arrivée d'eau chaude sont isolés dans une gaine de mousse afin de ne pas perdre de chaleur entre la chaudière et le mur chauffant.

► *Réalisation des enduits* des murs chauffants

Comme pour les sols chauffants, il est recommandé (je ne l'ai pas fait) de mettre les tubes en pression avant de réaliser les enduits. On peut par exemple les connecter au réseau d'eau courante pour obtenir une pression adéquate (2 ou 3 bars suffisent).

On applique un *enduit* de terre (3 couches en général) après avoir humidifié les murs (au pulvérisateur de jardin par exemple).

Attention, la 1° couche est délicate à faire accrocher sur le liège : il faut appuyer fort sur la truelle !

La 1° couche est appliquée de manière à laisser affleurer les tubes qui apparaissent encore fugitivement.

Quelques fentes apparaissent parfois au séchage : on s'en fiche !

On applique la 2° couche que l'on maroufle éventuellement avec une toile de jute pour éviter tout risque de fissuration. Pour cela, la toile de jute est humidifiée et plaquée à l'enduit frais à la taloche.

On applique la 3° couche d'enduit (de terre tamisée si l'on désire une finition avec un grain fin).

Enduits de terre

Des enduits de terre sont appliqués en intérieur comme en extérieur.

Les enduits de terre ont été réalisés sur des parois :

- de paille (pré enduite à la barbotine de terre)
- de liège
- d'adobes

Certains enduits recouvrent des tubes de *murs chauffants*.



Enduits sur murs chauffants

Les tubes des murs chauffants sont noyés dans l'enduit de terre.

Enduit d'accroche et de corps

- *Préparation de la terre*

La technique utilisée (filière humide) permet de s'affranchir du tamisage de la terre (sauf pour les finitions). Elle ressemble à la technique utilisée pour la *barbotine* mais avec moins d'eau.

Notre terre est argileuse et quasiment dépourvue de cailloux.

Elle a été versée en pluie dans un bassin rempli d'eau. La terre a trempé là (depuis des semaines ou seulement quelques jours selon l'avancement du chantier) sous quelques cm d'eau afin de briser la majorité des mottes.

Parfois, nous avons aussi jeté dans le bassin des adobes issues de la démolition qui ont fondues en quelques jours.

- *Proportions* Les proportions dépendent bien sûr de la terre disponible.

Dans notre cas (Lauragais), avec une terre fortement argileuse nous avons utilisé :

- 1 volume de terre
- 2,5 à 3 volumes de sable à bâtir.
- 1 volume facultatif de fibres végétales (paille hachée) qui arme l'enduit et diminue les risques de fissures.

NB : Pour la finition (voir ci dessous), on utilisea des fibres fines (paille de blé hachée, paillettes de lin , crin de cheval, poil de vache, foin ou chanvre haché ...)

- *Préparation de l'enduit*

La terre est extraite à la pelle du bassin et mélangée à la bétonnière avec du sable et de la paille.

On procède dans l'ordre suivant :

- Passage à la bétonnière (1 / 2 minutes environ) de la terre avec un peu d'eau. Ceci permet de briser les mottes qui restent.
- Ajout du sable et de la paille et malaxage (1 / 2 minutes environ)
- Ajout éventuel d'eau si nécessaire.

Le mélange doit briller, être gras, pas trop liquide. La terre tombe dans la bétonnière par paquets qui font chploc !

- *Application de l'enduit* L'enduit est appliqué à la main ou à la truelle sur un support préalablement humidifié au pulvérisateur de jardin.



Application de l'enduit de corps.

On applique une couche de 1 à 3 cm d'épaisseur en appuyant fortement. Si nécessaire on utilise des liteaux plaqués au mur comme guide de planéité. Les cailloux ou mottes résiduelles sont retirés pendant l'application.

La 1° couche n'est pas lissée. La 2° et 3° couche sont lissées à la taloche. **NB** : Il est possible de dresser la surface à la règle à condition de ne pas trop charger la couche à appliquer.

Entre chaque couche on laisse sécher suffisamment pour que la couche précédente commence à être dure (1 à 2 semaines en hiver sans chauffage).

Rendement enduits d'accroche et de corps : Préparation terre + application + nettoyage chantier = 1 h / m² / couche / personne.

- **Toile de jute** : A certains endroits et par crainte de fissures éventuelles nous avons collé à la borbotine de terre une toile de jute sur l'enduit de corps. Cette opération un peu délicate s'est révélée parfaitement inutile et même contre performante. En effet, lors de l'humidification du mur pour l'application de l'enduit de finition, la toile de jute s'est parfois légèrement détachée. Après séchage cela a donné des fentes ! Nous avons donc enlevé la toile de jute !

Enduit de finition

Les enduits de finition ont été réalisés avec une belle terre rouge trouvée au bas d'un talus au bord de la route près du lieu dit "terre rouge" à Gavaudun (47). Ceci montre l'intérêt d'utiliser la toponymie pour trouver de la terre facilement. Les cartes topographiques au 1/25 000° de l'IGN sont parfaites pour cela.

- *Préparation de la terre* : La terre a été extraite à la pelle et à la pioche et stockée au sec dans de grands pots plastiques (type conteneurs pour arbustes) récupérés en jardinerie. Sèche, elle est tamisée (à 2 mm) à la main et stockée au sec. Cette opération est longue, il a parfois fallu piler les mottes de terre dans un seau métallique avec un manche de pioche.

Le sable à bâtir est tamisé (à 2 mm) à la main au fur et à mesure des besoins (cette opération est rapide si le sable est sec).



Préparation de la terre

David et Isabelle au charbon rouge. Vite, Zola vient les sauver !

- *Proportions* Notre terre rouge est raisonnablement argileuse. Nous avons ajouté à notre mélange d'enduit (uniquement pour des raisons esthétiques) quelques paillettes de lin. Après quelques essais les proportions adoptées sont les suivantes :

- ▶ terre rouge tamisée : 1 volume
- ▶ sable tamisé : 1 volume
- ▶ paillettes de lin (1 cm de long environ) : 0,001 volume
- ▶ eau : 1 volume environ



Les instruments de tamisage

Une grille suspendue par des cordes permet de poser le tamis. Cela repose le dos !

- *Préparation de l'enduit* On procède à la bétonnière dans l'ordre suivant :
 - un peu d'eau pour humifier la bétonnière
 - terre
 - sable
 - paillettes et malaxage (1 / 2 minutes environ)
 - Ajout éventuel d'eau si nécessaire.

Le mélange doit briller, être gras, pas trop liquide. La terre tombe dans la bétonnière par paquets qui font chploc !

- *Application de l'enduit* L'enduit est appliqué à la truelle ou (mieux) à la taloche sur un support préalablement humidifié au pulvérisateur de jardin.



Humidification du support

Hannah humidifie l'enduit de corps avec un pulvérisateur de jardin. Cela favorise l'accroche entre les 2 couches d'enduit.

On applique une couche de 0,5 cm d'épaisseur en appuyant fortement. On taloche l'enduit encore frais au fur et à mesure de la progression. Selon la finition choisie on le serre plus ou moins avec une taloche en plastique (notre cas) ou en inox (enduit très serré). On s'efforce de faire d'un coup tout un pan de mur afin d'éviter les raccords. **NB** : Les enduits très serrés ont un aspect plus lisse. Ils n'absorbent pas beaucoup les sons et peuvent donc présenter un risque d'inconfort sonore.



Application de l'enduit de finition

L'enduit de finition est appliqué à la truelle ou à la taloche. Régine et Christophe tartinent dans la bonne humeur.

- *Rendement enduits de finition* : Pardoxalement les enduits de finition sont très rapides à réaliser. Ceci vient de leur faible épaisseur qui diminue en proportion la quantité de matière à manipuler.

Nous avons utilisé environ 16 litres d'enduit pour réaliser 1 m² de finition.

Les temps observés sont les suivants :

- tamisage simple de la terre bien sèche : 60 litres à l'heure
- pilonage manuel de la terre (dans le cas où elle est en mottes) + tamisage : 20 litres à l'heure seulement !!!
- tamisage sable (20 litres en 5 minutes).
- mélange + application + nettoyage chantier = 3,5 à 4 m² / heure / personne.

NB : Le tamisage de la terre est très long. Il faut donc prendre soin :

- ▶ d'utiliser une terre très sèche
- ▶ de prendre la terre la plus fine possible (bas de talus quand c'est possible plutôt que de détacher des blocs à la pioche. On peut aussi pré broyer la terre au motoculteur ou au mieux avec un broyeur.



Enduits de finition
Le pan de mur est terminé.

Dalle en béton de terre

A l'emplacement de la future salle de bain et du vestiaire, nous avons réalisé une dalle de terre qui portera ensuite des carreaux de terre cuite fixés par une chappe légère en chaux hydraulique.



Dalle de terre

En haut à gauche, le m² de test. Des chevrons servent de guide pour la règle en aluminium. Les gaines électriques et les tuyaux d'évacuation ont été mis en place au préalable.

Pourquoi une dalle en béton en terre ?

Le béton de terre permet de remplacer le liant conventionnel (ciment ou chaux) par un matériaux non polluant et totalement recyclable. L'économie est importante et la vitesse de réalisation tout à fait comparable aux solutions conventionnelles. On réservera la chaux ou le ciment pour le collage des carreaux afin de disposer d'une couche étanche qui protégera la dalle de terre de l'eau de lavage du sol.

Volume : La volume à réaliser est de 3 x 5 m pour 15 cm d'épaisseur environ.

Préparation du chantier :

- Au sol, une bande périphérique de 1 m de large est isolée du côté des murs extérieurs. Des plaques de 6 cm de liège expansé sont posées sur la terre grossièrement égalisée à la sarclé. Ceci permettra d'éviter que le froid de l'hiver pénètre dans le bâtiment par le sol.

Temps passé : 2 h à 2 personnes

On notera que d'un point de vue thermique (et comme cela est recommandé par la réglementation), il aurait été préférable d'isoler :

- verticalement la fondation par l'extérieur OU
- horizontalement par l'extérieur à la périphérie des murs

En effet, isoler par l'intérieur n'a d'intérêt que dans le cas d'un chauffage par le sol (sans objet ici) mais conduit à perdre de l'inertie et donc du confort en été.

- Les gaines électriques et les tuyaux d'évacuation d'eau sont posés de manière conventionnelle.

Temps passé : 2 h à 2 personnes

- Des chevrons sont fixés horizontalement afin de servir de coffrage et de guides pour régler la dalle.

Temps passé : 1 h à 2 personnes

Préparation du béton de terre :

- Proportions : les proportions des composants du béton de terre dépendent bien sûr de la terre utilisée. Nous avons donc réalisé au préalable des essais sur un m² environ. Dans notre cas, les proportions utilisées sont les suivantes :
 - terre : 1 volume
 - sable : 2 volumes
 - graviers : 3 volumes



Dalle et coffrages

Les coffrages sont réalisés de manière très sommaire avec des planches coincées par des parpaings. Les tuyaux et gaines électriques ont été placés au préalable. Des plaques de liège sont posées à plat au sol du côté du mur extérieur. Cette bande de 1 m de large isole du froid qui arrive de l'extérieur.

- *Procédure*

- La terre est directement extraite du *bassin de trempage* et malaxée à la bétonnière avec 1/2 volume d'eau pendant 1 ou 2 minutes. Ceci permet d'obtenir une barbotine très grossière dans laquelle il reste des mottes (ce qui ne nous a pas gêné).
- Le gravier est ajouté
- Le sable est ajouté
- Si nécessaire on ajoute de l'eau jusqu'à obtention d'un mélange brillant, pâteux (mais pas liquide).
- Le mélange est transporté à la brouette et déversé dans la zone à remplir.
- La chape est égalisée à la truelle et à la règle.

Temps passé : 8 h à 2 personnes pour 2,25 m³ soit environ 0,3 m³ / h / personne (y compris nettoyage chantier).

- Séchage et prise La prise de la terre est lente et ne se fait qu'avec le séchage. Après une semaine (en été) et une bonne ventilation, on peut marcher sans problèmes sur la dalle.

Remarques : La réalisation d'une dalle en béton de terre est très très facile et très proche des techniques utilisées pour le béton de ciment. Il faut simplement veiller à mettre la bonne proportion de terre afin d'éviter les fentes de retrait. D'une manière générale, on a souvent tendance à mettre trop de terre.

Pose d'un plancher sur double lambourdage



Plancher en cours de pose

Des draps protègent le plancher des rayons du soleil.

Les sols des salles de danse traditionnelles sont réalisés depuis le XIX^e siècle selon la technique du "double lambourdage".

Ceci permet d'obtenir des planchers légèrement souples qui conservent suffisamment de rigidité pour ne pas gêner les danseurs dans leurs figures (sauts, bonds...) mais préservent leurs articulations de chocs trop violents lors des réceptions.

La technique du double lambourdage consiste à profiter de l'élasticité du bois en réalisant une couche croisée de lambourdes. La 2^e couche repose sur l'entre-axe de la 1^e de manière à bénéficier de l'élasticité du bois. Certaines salles professionnelles bénéficient même de 3 couches de lambourdes !

Les entre-axes des lambourdes sont de 50 cm.

Nous avons donc adopté cette technique relativement économique si on la compare avec les réponses modernes (parquets flottants sur couches d'élastomères) qui font appel à des matériaux dont la qualité environnementale est discutable...

Dans un souci d'économie et d'amélioration de notre bilan écologique nous avons choisi de réaliser ce plancher à partir du sol en terre battue sans couler de dalle.

Nous avons donc fait reposer le plancher sur des plots scellés.

Calepinage, préparation des plots, pose plots de référence.

La réalisation d'un plancher réclame une bonne préparation. Il est indispensable de vérifier l'équerrage de la pièce et démarrer le travail parfaitement droit.

Nous avons donc vérifié l'équerrage de la pièce et posé deux cordeaux à angle droit qui servent de base au tracé de l'emplacement des plots. Comme souvent dans le bâtiment, l'équerrage a été contrôlé grâce à l'application simple du théorème de Pythagore qui se traduit sur le chantier par la règle 3,4,5 (dimensions des 3 cotés d'un triangle rectangle).

A partir des 2 cordeaux nous avons ensuite placé des cordeaux tous les 2,5 mètres qui servent de guide pour la pose des plots de référence.

Nous avons déterminé le niveau de pose des plots.

Les 12 plots de référence ont été posés de niveau au croisement des cordeaux. On les a repéré à la craie pour pouvoir s'en servir ensuite de référence.

Durée : 2 journées à deux personnes

Pose des 330 plots

Les plots sont constitués de briques anciennes récupérées lors de la démolition de l'ancien hangar. Ces briques creuses sont toutefois très épaisses. Leurs parois font 2,5 cm d'épaisseur. Elles ont été coupées en deux à la disqueuse. Les briques sont scellées avec un béton de chaux hydraulique.

Une "boîte" sans fond et sans couvercle constituée de 4 planches de 25 x 10 cm sert de coffrage. Cloués ensemble sur seulement 3 des 4 cotés, cette boîte peut s'ouvrir légèrement pour faciliter le décoffrage.

Procédure de pose d'un plot

- Le béton est coulé dans la boîte

- On pose la brique dessus
- On règle le niveau de la brique (avec le manche d'un gros marteau)
- On décoffre immédiatement.

Mise de niveau

- Les 12 1° plots ont été posés très soigneusement de niveau à l'aide d'une lunette de géomètres (un niveau à bulle et une règle auraient aussi convenus).
- Les autres plots sont simplement posés à la règle en se servant des plots de référence.

Durée : 3 journées à deux personnes (pour 330 plots).

Pose des lambourdes



Plots et outils

Scie, visseuse à chocs, vis express

Les lambourdes en pin douglas de 10 cm de large, 2,5 cm d'épaisseur pour 5 m de long ont été préparées en scierie.

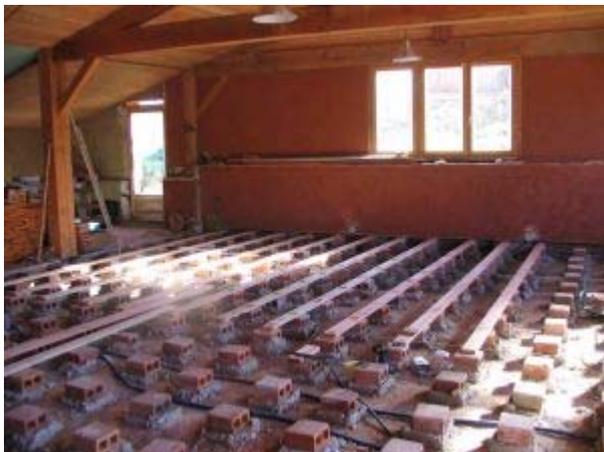
Des calles de liège de 10 x 10 cm pour 5 mm d'épaisseur sont découpées au cutter dans des dalles pour sol de salle de bain. Ces calles sont posées sur les plots afin :

- d'ajouter un peu d'élasticité (point discutable).
- de protéger les lambourdes de remontées éventuelles d'humidité via les plots.



Découpage des cales de liège

Première couche de lambourdes :



Première couche de lambourdes

- ▶ Les lambourdes sont posées sur les cales sur les plots.
- ▶ Lambourdes et plots sont percés en une seule fois avec une mèche à béton
- ▶ Les lambourdes sont fixées aux plots avec des vis express.

NB : Les vis express permettent de se visser dans du béton ou de la brique pleine (ou creuse mais épaisse comme la notre) sans avoir à utiliser de chevilles de fixation. Plus chères, elles font gagner du temps et évitent les erreurs fastidieuses d'alignement des percages. Ces vis sont surtout distribuées dans les quincailleries professionnelles. Nous avons utilisé des vis Multi-Monti de 7,5x50 mm. Leur tête de type boulon nécessite un embout spécial que nous avons utilisé avec une visseuse à chocs (particulièrement efficace dans ce cas).

Deuxième couche de lambourdes :



Deuxième couche de lambourdes

La 2° couche de lambourdes est vissée perpendiculairement à la 1° avec des vis à bois. Les lambourdes de la 2° couche reposent entre les plots. L'équerrage de cette couche doit être parfait afin :

- ▶ d'avoir un bel aspect (la fixation du plancher sera visible de dessus).
- ▶ de réaliser un joint parfait entre trames de plancher (posé "à l'ancienne").

Durée :

- 1° couche : 1 journée à deux personnes (175 m linéaires de lambourdes, fixation tous les 50 cm) avec un perceuse, et une visseuse à chocs.
- 2° couche : 1/2 journée à deux personnes (180 m linéaires de lambourdes, fixation tous les 50 cm) avec 2 visseuses.

Pose du plancher "à l'ancienne"



Plancher en cours de pose

Des draps protègent le plancher des rayons du soleil.

Pour des raisons esthétiques nous avons choisi de poser du plancher à l'ancienne. Ce plancher de cèdre (2,4 cm d'épaisseur) a les caractéristiques suivantes :

- ▶ Des lames de longueur fixe (2,5 m dans notre cas).
- ▶ Des lames de largeur variable (entre 10 et 35 cm).
- ▶ Des emboitements femelle sur les deux cotés longitudinaux.
- ▶ Aucun emboîtement aux extrémités qui doivent en sus être sciées d'équerre.
- ▶ Des languettes sont emboîtées entre les lames.

Ceci impose donc de ne pas croiser les lames au fil de la pose comme réalisé conventionnellement mais de réaliser des trames de la largeur du plancher.

Une règle est fixée sur l'axe de la lambourde qui servira de joint avec la trame voisine.

Les lames sont sciées d'équerre à la scie circulaire. Nous avons pour cela préparé un gabarit sur établi (une scie à onglet aurait été beaucoup mieux adapté).

Les lames sont posées, emboîtées via les languettes. On les frappe si nécessaire au marteau (avec une planche de protection). Avant fixation, chaque lame est pressée contre sa voisine en faisant levier avec un morceau de planche.

La lame est vissée à la visseuse (vis à bois cruciformes de 3,5 x 35 mm).

NB : Les vis à aggloméré (avec un pas jusqu'à la tête) sont à éviter. Fragiles, elles cassent souvent.

Finition et protection du plancher

Le plancher a été poncé avec une grosse ponceuse vibrante louée dans un magasin spécialisé. Les bords de murs sont poncés à la ponceuse oscillante. Le ponçage des 85 m² de plancher a été réalisé en 1/2 journée par une personne.

Deux couches d'huile dure ont été appliquées au pinceau. Chaque couche a nécessité 1/2 journée de travail à deux personnes. On a espacé l'application de chaque couche de 24 heures.

Coût fournitures

- ▶ Plancher : 30 € HT m²
- ▶ Lambourdes : 5 € HT m²

Enduits extérieurs

Notre bâtiment réalisé en bottes de paille à passé avec succès environ un an sans enduits extérieurs. Il faut noter toutefois :
— que le mur nord exposé à la pluie était protégé par un appentis.
— que le mur ouest est celui de la maison existante (et n'est donc pas en paille).

Les murs de paille ont tout de même été balayés par la pluie et le vent pendant cette année passée sans protection. Il est arrivé que la paille soit trempée en surface par de fortes pluies ou du brouillard. Sitôt la pluie passée la surface du mur a très vite séchée. Cela n'a donc occasionné aucuns dommages et bien sûr aucune trace d'humidité à l'intérieur.

De la même manière, les rongeurs ne se sont pas jetés sur le bâtiment. Je n'ai vu qu'une ou deux souris en un an (comme dans le reste de notre maison plantée au milieu des champs).

Enduits



Enduit d'accroche et de corps

Nous avons choisi de réaliser des enduits à base de terre stabilisée à la chaux.

Stabilisation : Chaux ou ciment ? Nous avons choisi de réaliser la stabilisation de l'enduit à la chaux car... nous en avons en stock...

Contrairement à une opinion répandue le mélange chaux / terre n'est pas la panacée. Selon les type de terre, il peut échouer ou réussir. En revanche les mélanges terre/ciment ou terre/plâtre fonctionnent très bien. On se reportera pour cela à l'excellent ouvrage "Traité de construction en terre" ainsi qu'aux nombreux document téléchargeables sur le site de *CraTerre*

Chaux utilisée : Chaux aérienne - Balthazard & Clotte - Tradical 70. Nous avons utilisé cette chaux car nous en avons en stock (pas de publicité donc...). Les enduits ont été réalisés en trois couches. Ils ont été mélangés à la bétonnière et appliqués à la taloche.

Couche d'accroche

Proportions :

- ▶ 3 volumes de sable à bâtir
- ▶ 1 volume de terre
- ▶ 1 volume de crottin d'âne (qu'il est préférable de délayer dans l'eau afin de fragmenter les crottins).
- ▶ 1 volume de chaux.

Epaisseur : 1 à 2 cm selon les irrégularités de la paille.

Le crottin a été utilisé dans une volonté :

- ▶ d'adjonction de fibres (herbe broyée) afin de réduire les risques de fissures.
- ▶ de durcissement chimique des enduits
- ▶ de folklore (on n'a pas tous les jours l'occasion de s'amuser).

L'enduit s'est révélé résistant sans qu'il soit possible de déterminer si notre cuisine y a ajouté ou retranché quelque chose...

Des auréoles sombres se sont formées aux endroits où des grumeaux de crottins avaient été laissés (par manque de délayage). La couche de corps a permis de cacher tout cela.

Couche d'accroche

Proportions :

- ▶ 3 volumes de sable à bâtir
- ▶ 1 volume de terre
- ▶ 1 volume de crottin d'âne (qu'il est préférable de délayer dans l'eau afin de fragmenter les crottins).
- ▶ 1 volume de chaux.

Couche de corps

Proportions :

- ▶ 3 volumes de sable à bâtir
- ▶ 1 volume de terre
- ▶ 1 volume de chaux.

Nous avons ici fait une erreur car nos proportions usuelles avec notre terre sont de 3 sable / 1 terre. L'adjonction de 1 volume de chaux a renforcé les fines dans le mélange. Nous avons donc eu pour la 1^o fois des fentes dans nos enduits à la terre. Si c'était à refaire, nous aurions divisé par 2 les proportions de terre et de chaux soit 3 sable, 1/2 terre, 1/2 chaux).

Couche de finition

A faire....

Gestion des angles : Les angles ont été renforcés avec une trame en fibre de verre spéciale enduits. Très facile à mettre en oeuvre ce produit conventionnel est bien adapté à son usage.

Gestion de la goutte d'eau Nous avons vissé à la lisse basse en bois des portes solin galvanisés. Ceux-ci permettent de finir le bas du mur tout en assurant que les gouttes d'eau qui ruissellent sur les murs ne remontent pas par capillarité dans la paille.

Note : Des profils de type "gouttes d'eau" disponible chez les marchands de matériaux sont bien sûr parfaitement adaptés à cette usage.

Prix : 10 € / bande de 3 mètres.

Et si c'était à refaire...

A la lumière de l'expérience acquise, quels seraient les choix effectués pour refaire le même bâtiment.

Fondations :

Avec un bâtiment enterré, la fondation périphérique en béton semble un bon choix. L'utilisation de parpaings ciment n'est probablement pas moins écologique qu'une fondation en béton romain (qui aurait nécessité de grandes quantités de chaux).

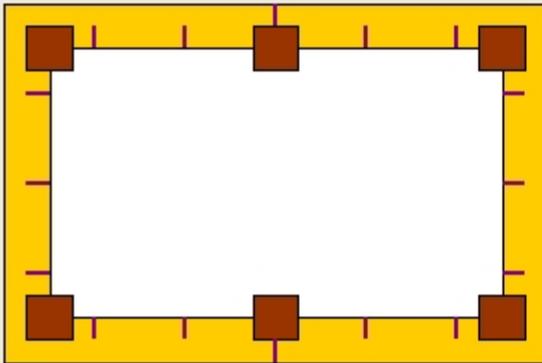
Toutefois on aurait sans doute pu utiliser de la pierre ponce qui est onéreuse mais isolante.

Charpente

C'est là sans doute le principal regret : les poteaux porteurs auraient du être placés à l'intérieur du bâtiment (à l'aplomb des murs de refend et de l'isolation périphérique) de manière à pouvoir placer l'isolation (en bottes de paille) à la périphérie sans avoir à réaliser de remplissages compliqués avec du terre-paille (voir ci-dessous).

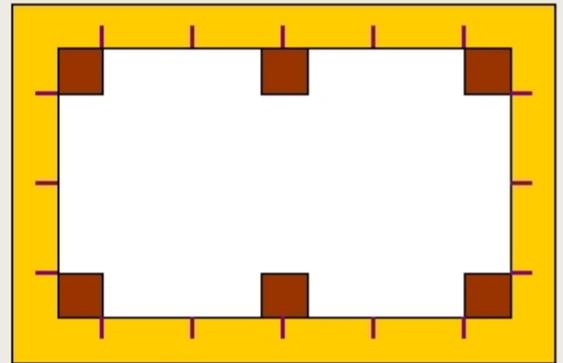
Structure avec poteaux à cheval sur mur de soubassement

Les bottes de paille doivent être découpées.



Structure avec poteaux à l'intérieur du mur de soubassement

Les bottes de paille ne sont pas découpées.
L'isolation est véritablement périphérique et donc plus simple à réaliser et plus efficace.



Bottes de paille 

Poteaux 

Montants 

Approche constructive

A gauche, celle que nous avons réalisé.

A droite celle que nous aurions du faire !

Ossature-charpente L'utilisation de chevrons de 20 cm de haut seulement nous a obligé à en utiliser 2 pour faire la hauteur d'une botte de paille. Il serait préférable d'utiliser des chevrons de 40 cm de haut (plus difficiles à trouver). Par ailleurs, la fixation de ces chevrons entre les pannes aurait été facilitée par l'emploi de consoles métalliques.

Protection anti feu en plâtre Nous avons enduit les sous faces des bottes du toit avec du plâtre. Le rôle anti feu d'un enduit sur les 2 faces exposées des bottes est utile. Il aurait fallu faire la même chose sur la partie supérieure des bottes (avec du plâtre, de la terre ou de la chaux...).

Remplissages en terre-paille : Le terre-paille est lourd à réaliser car on manipule de la terre imbibée d'eau. On lui préfère les bottes beaucoup plus faciles à manipuler et à mettre en oeuvre lorsque la conception des ossatures s'y prête.

Séquencement du gros oeuvre : Comme la majorité des bâtiment en paille, le toit a été réalisé avant les murs. Ceci est une perte de temps car l'interface entre le haut des murs et le toit est complexe (il faut boucher les trous, réduire la hauteur des bottes...). Par ailleurs, des bottes enduites de barbotine et dont le sommet est couvert par une bâche ne craignent pas beaucoup la pluie. Je préconise donc de procéder comme dans un bâtiment classique :

1. Réaliser la totalité de la charpente et de l'ossature du toit (y compris la pose des chevrons).
2. Poser les ossatures des murs (montant verticaux) en veillant à aligner les montant verticaux avec les chevrons de la charpente.
3. Couvrir la charpente avec une bâche.
4. Réaliser les remplissages des murs avec les bottes de paille (trempées dans la barbotine) en allant jusqu'au toit.
5. Tronçonner les bottes de paille qui dépassent du haut du toit.
6. Réaliser l'isolation du toit (en bottes) et sa couverture.

Enduits de terre : Les enduits sont probablement l'étape la plus longue dans la construction en bottes de paille. Pour aller plus vite plusieurs pistes :

1. Mécaniser en utilisant une projetteuse ou une machine à crépir.
2. A l'intérieur, remplacer l'enduit de terre par un doublage d'adobes (sur chant) collées aux bottes de paille avec une barbotine de terre. Les gens pressés peuvent acheter les adobes dans une briqueterie conventionnelle en interceptant les briques avant leur cuisson. Dans ce cas, il est préférable de demander à la briqueterie de réaliser des briques moins chargées en argile que pour celles qui vont au four.

La *toile de jute* collée aux enduits a été source de problèmes. L'éliminer est une bonne chose.

Démolition d'une cuisine et d'un séjour - Chronique d'un gachis !



Notre maison est une ferme bâtie :

- avec des soubassements en pierres et briques de terre cuite.
- avec des murs en
 - en briques de terre cuite et pierres au sud.
 - en terre crue au nord, est et ouest.

Le plancher entre le RDC et le grenier est en pin, les chevrons en sapin, les poutres porteuses en peuplier.

Dans les années 1950, la maison a sans doute été rénovée. Des enduits de ciment ont été appliqués à l'intérieur et à l'extérieur. Une peinture au plomb a été passée à l'intérieur.

En 1988, notre cuisine et notre salle de séjour ont été rénovés de la manière la plus conventionnelle en plaques de plâtre / rails métalliques avec isolation intérieure en laine de verre et polystyrène.

20 ans après, le résultat n'est pas brillant :

- La maison est humide au nord et à l'ouest.
- Les souris se baladent dans les contre-cloisons et grignotent l'isolation.
- Des billes de polystyrène volètent légèrement de temps en temps.
- Les doublages ont un look rectiligne et "cheap" qui donne l'impression de vivre dans un bâtiment "vite fait mal fait" comme on en construit des centaines de milliers dans notre beau pays.

Conclusion : il est urgent de changer cela et de retrouver du plaisir à habiter une maison.

Après avoir brièvement envisagé de se contenter de sabler les boiseries et de remplacer les plaques de plâtre par des enduits nous avons décidé de faire les choses sérieusement ! Les travaux planifiés sont donc les suivants :

- Démolition des doublages.
- Démolition des enduits en ciment (peints au plomb à l'intérieur).
- Démolition du plancher.
- Remplacement d'une partie des radiateurs à eau par des murs chauffants.
- Remplacement des linteaux et poutres abimés.
- Dépose / repose du réseau électrique.
- Dépose / repose des menuiseries à l'extérieur des murs porteurs.
- Réalisation d'enduits extérieurs en terre et / ou chaux.
- Isolation par l'extérieur.

Démolition / démontage

Nous nous sommes efforcés de réaliser une opération qui permette de récupérer le maximum de matériaux...
Nous allons voir que c'est plus facile à dire qu'à faire !



David découpe les plaques de plâtre

Les plaques de plâtre sont découpées avec une masse à bord tranchant avant d'être arrachées.

Les doublages :

La démolition de doublages de plaques de plâtre vissées sur des rails métalliques est un vrai gachis. Il faut arracher les plaques, les casser... elles sont mûres pour la poubelle ! Les rails métalliques sont généralement tordus par la démolition des plaques. Ils sont eux aussi majoritairement murs pour la poubelle !

Les panneaux de laine de verre sont imprégnés d'humidité lorsqu'ils sont à moins de 50 cm du sol.

Les panneaux de laine de verre et les plaques de polystyrène sont traversés de galeries creusées par les rongeurs qui semblent sé délecter avec ces matériaux.

Protégés d'un masque, nous avons retirés ces matériaux avec dégout. Tout cela est parti à la poubelle, quel gachis !

Le plan de travail de la cuisine

L'évier collé au silicone sur un carrelage collé à une plaque d'aggloméré marine (en cours de pourrissement) a été cassé lors de son démontage. Direction poubelle...

Les carreaux de faïence collés au ciment-colle n'ont pu être détachés, destination poubelle...

Le réseau électrique

La majorité du réseau électrique, des prises de courant et des interrupteurs ont été démontés sans difficultés. Seules les boîtes destinés à être encastrées dans un doublage partiront...à la poubelle...

Le plancher et les poutres entre le RDC et le grenier

Bons petits soldats, nous avons soigneusement imprégnés nos bois anciens de lasures anti xylophages.

- *Le plancher*

Le traitement chimique n'a pas arrêté ces chères bestioles qui ont grignoté notre vieux plancher en pin. En revanche, nous l'avons respiré pendant quelques années et il est inenvisageable de brûler tout ce bois dans le poêle. Il va donc partir... à la poubelle...

- *Les chevrons*

Les vieux chevrons en sapin qui avaient été lasurés et peints ont été *rabotés* malgré la présence de restes de clous. Nous y avons abimé 2 paires de lames pour rabot électrique afin d'avoir la satisfaction de revoir du vrai bois, ancien de surcroît et moucheté de piqûres de vers qui n'ont en rien entamé sa solidité.

- *Les poutres*

Les trois poutres qui portent le plancher suscitaient notre inquiétude depuis longtemps. Piquées par les vrillettes elles semblaient en mauvais état.

Nous les avons donc tronçonnées et démontées à l'aide de palans.

Et là surprise :

- ▶ Contrairement aux apparences, les insectes n'ont pas entamé en profondeur le bois. Une fois l'aubier passé celui-ci est très convenable.
- ▶ En revanche, 2 des 3 poutres sont totalement bouffées à l'une de leur extrémité :
 - La première, dont l'extrémité posée sur un mur porteur (en terre-crue enduite au ciment) orienté au nord est rongée sur 30 cm. Pourtant, l'enduit extérieur semble correct et aucune gouttière ne semble affecter ou avoir affecté cette partie de la maison. Après réflexion, l'hypothèse la + vraisemblable est que cette poutre enfoncée profondément dans le mur (et donc très proche de l'extérieur) est régulièrement soumise au point de rosée. En effet l'interface entre le mur et la poutre n'est pas étanche à l'air. L'air chaud de la pièce doit donc condenser de manière privilégiée à cet endroit. La présence régulière d'humidité est une bénédiction pour les xylophages qui se déchainent sans retenue.
 - La seconde repose sur deux murs de refends situés tous les deux à l'intérieur de la maison. L'une des extrémité de la poutre est intacte alors que l'autre est proche de l'agonie. Totalement rongée dans la partie où elle repose sur le mur (40 cm environ) elle est percée par les insectes et creusées par les souris qui y ont aménagé un nid douillet en laine de verre ! Ici, c'est une autre explication, cette poutre est située sous une gouttière que nous avons découverte lors de l'achat de la maison (il y a 20 ans), le mal était sans doute déjà fait. Ici aussi, il semble que ce soit l'humidité qui ait provoqué les attaques des xylophages puis des rongeurs. En effet, les autres extrémités de poutres sont tout aussi accessibles et sont pourtant en parfait état.

De la même manière les nombreux chevrons enfoncés légèrement dans le mur extérieur n'ont subis aucuns dommages.

Compte tenu de la nouvelle configuration de la cuisine, une des poutres a pu être raccourcie. Rabotée, elle a été remise en place (sur le mur extérieur là où elle a posé problème). A titre de précaution, nous l'avons entouré de plaques de liège afin de mieux l'isoler mais surtout elle sera désormais derrière une isolation extérieure (et donc a priori protégée du risque d'atteinte du point de rosée).

Bilan démolition / démontage

Les doublages sont de formidables cache-misère et de véritables autoroutes à souris... Les abattres pour ne pas les remplacer est un véritable soulagement.

L'isolation intérieure couplée à des enduits de ciment à l'extérieur a provoqué et amplifié les désordres. Le mélange très douteux entre un bâti ancien et des matériaux conventionnels est esthétiquement discutable et constructivement proche de l'absurdité.

Le bilan environnemental de cette opération est lamentable : Ce sont environ 25 m³ de matériaux que nous avons amené à la déchetterie !

- ▶ les enduits ciments peints au plomb sont partis à la déchetterie rayon "gravats".
- ▶ les enduits de ciments non peint empierrent notre chemin.
- ▶ les pierres et briques de démolition ont été triés. Les meilleures seront réutilisées dans la construction, les autres cassées à la masse empierrent notre chemin.
- ▶ les adobes sont stockées. Elles seront plongées dans l'eau pour être fondues et seront directement utilisées pour faire les enduits de finition (la terre qui les constitue est déjà tamisée).
- ▶ la totalité du doublage est parti à la déchetterie :

- les plaques de plâtre, le polystyrène, la laine de verre au rayon "tout venant".
- les rails métalliques à la déchetterie, rayon "métal".

▶ *Les bois*

- Les bois traités et abimés sont pris à la déchetterie rayon "bois".
- Les bois traités récupérables ont été rabotés puis réutilisés.

Durée :

- ▶ 1 journée de démolition à 3 personnes.
- ▶ 1/4 journée à la déchetterie à 2 personnes.

Que deviennent les matériaux ?

Les personnes qui travaillent dans les déchetteries font leur travail très sérieusement. Malheureusement, lorsque les déchets leur arrivent il est pour l'essentiel trop tard, la pollution a été produite, il faut donc se débrouiller avec !

- Le tout-venant va dans un trou ! Aucune valorisation possible donc. Il est évident que ces déchets supposés inertes contiennent de nombreux polluants qui partiront lentement dans l'environnement.
 - Les gravats sont un peu plus utiles, ils bouchent des trous eux aussi mais servent au moins de couche de préparation.
 - Le métal est trié et recyclé.
 - Le bois est broyé puis brûlé dans une chaudière. Il est très probable qu'une bonne partie des polluants contenus dans ses traitements repartent dans l'atmosphère.
-

Comment faire autrement

La vue de ce gachis amène à se poser des questions.

En effet, il semble difficilement concevable de mettre à la poubelle des matériaux mis en oeuvre seulement 20 ans auparavant. Pourtant c'est ce que nous faisons tous ou presque !

Quelques pistes de solution

Comme d'autres nous nous sommes efforcés de prendre en compte les leçons de nos erreurs pour essayer de faire mieux en :

- *Récupérant certains matériaux :*
 - Une partie des poutres et la totalité des *chevrons*.
 - Les briques cuites pleines anciennes et certaines pierres.
 - Les adobes qui seront refondues et utilisées dans les enduits de terre.
- *Utilisant des matériaux locaux et peu transformés :*
 - Terre du jardin pour les enduits.
 - Paille d'un voisin pour l'isolation extérieure.
- *Utilisant des techniques qui faciliteront le démontage et la réutilisation directe :*
 - Un mur, un carrelage, une faïence montés à la chaux peuvent être démontés sans être cassés. Nos colles et ciments modernes sont beaucoup trop durs, nous confondons bêtement dureté et solidité !
 - Bois brut (direct de la scierie), non traité, non teinté.

Bien sûr, nous n'atteindrons pas la perfection mais il est possible et facile de faire mieux qu'aujourd'hui en ayant en plus la satisfaction :

- ▶ de dépenser moins.
- ▶ de vivre dans un environnement plus sain.
- ▶ de favoriser l'économie locale.
- ▶ d'avoir des bâtiments plus beaux et moins impersonnels que la production conventionnelle contemporaine.

Réutilisation du bois de démolition

Après avoir démonté la totalité du plancher, des chevrons et des poutres situées entre le RDC et la grenier nous nous sommes efforcés de réutiliser une partie du bois issu de la *démolition*.

Soigneusement extraits du mur, les chevrons ont été numérotés afin d'être remis à leur ancienne place (ce qui évite d'avoir à refaire leur ancrage dans les murs).

Les clous ont été retirés des chevrons à l'aide de tenailles et d'un pied de biche.

Dans la cuisine, les 16 chevrons de de 7 x 8 x 230 cm chacun ont été nettoyés sur 3 faces :

- ▶ rabotés au rabot électrique
- ▶ décapés à la meuleuse équipée d'un disque abrasif (très efficace) monté sur un plateau vinyle.
- ▶ poncés à la ponceuse excentrique.

Une poutre de 30 x 22 x 350 cm a été rabotée et décapée sur 3 faces.

Ce travail a nécessité :

- ▶ de sacrifier des lames de rabot et un disque abrasif.
- ▶ 1/2 journée de travail à 2 personnes.

Le résultat est très sympa, le bois ancien est beau.

Réalisation d'enduits de terre - tournesol - copeaux de bois

La rénovation de la cuisine a été l'occasion de tester de nouveaux enduits *différents de ceux réalisés dans la salle de danse* grâce à l'aide et à la bonne humeur de *Leïla, Pauline, Carmen et Coralie*.

L'idée est de réaliser des enduits chargés en fibres végétales qui permettent à la surface des murs de monter plus rapidement en température pendant l'hiver. Bien que l'on ne puisse pas les considérer comme isolants, ces enduits devraient améliorer la sensation de confort lorsque l'on démarre le chauffage.

Nous avons commencé par :

- Encastrer et sceller (au plâtre à prise lente) gaines et boîtes électriques.
- Coller les plinthes (en carreaux de terre cuite) à la chaux hydraulique. Celles-ci nous serviront de guide pour la réalisation des enduits.

Sur les murs anciens (en adobes) nous avons réalisé des enduits avec notre terre argileuse. Le mélange a été réalisé à la bétonnière selon notre procédure habituelle à partir de terre non tamisée mais trempée au préalable.

L'ordre d'introduction dans la bétonnière est le suivant :

- eau
- terre détrempée.
- sable.
- fibres végétales.

Application Les murs sont humidifiés. L'enduit est appliqué à la main ou à la truelle selon la force des participants !

L'enduit "colle" relativement bien aux adobes. En revanche sur un pilier en béton de ciment nous avons dû au préalable enduire celui-ci de *barbotine* de terre avant de pouvoir y appliquer l'enduit (sur la barbotine encore fraîche).

Enduits de corps en terre / sable / tiges de tournesol.

Les *tiges de tournesol* ont été broyées au broyeur de jardin. La taille des fibres est relativement importante (de 0,5 cm à 4 cm de long en moyenne). Un deuxième passage au broyeur a permis de réduire à nouveau cette taille sans parvenir comme souhaité à des fibres courtes (0,5 à 2 cm max). Il aurait sans doute fallu tamiser le produit et repasser au broyeur le refus.



Tiges de tournesol broyées.

Les tiges de tournesol ont été broyées avec un broyeur de jardin.

- *Proportions*

1 volume terre / 1 volume sable / 3 volumes tiges de tournesol broyées.

Dans la bétonnière, le mélange donne l'impression d'être beaucoup trop fibreux. On a l'impression qu'il ne collera jamais !

- *Application* A l'application, le mélange est rugueux sous la main (en raison des tiges de tournesol) et un peu difficile à coller (une préparation avec de la barbotine de terre aurait sans doute facilité les choses).
- *Résultat* Une fois sec (une semaine environ par beau temps), l'enduit est très légèrement craquelé et exceptionnellement dur.

Enduits de corps en terre / sable / copeaux de bois.

- *Proportions*

1 volume terre / 2 volumes sable / 3 volumes copeaux de bois.

- *Application* A l'application, le mélange est un peu difficile à coller (une préparation avec de la barbotine de terre aurait sans doute facilité les choses).
- *Résultat* Une fois sec (une semaine environ par beau temps), l'enduit a un bel aspect mais est légèrement friable (quelques grains de sable partent en frottant). Nous avons sans doute trop mis de sable.



Enduit de corps : terre-sable-copeaux de bois

Isolation d'un grenier (sans découvrir le toit)

La couverture de notre grenier est constituée de pannes porteuses sur lesquelles s'appuient des chevrons de 9 x 11 cm environ.

Les chevrons sont relativement réguliers et relativement parallèles.

Les voliges disposées sur les chevrons sont largement ajourées. Elles n'offrent donc aucune étanchéité à l'air ou aux rongeurs.

Pose d'une sous couche de feutre de bois

Nous avons donc commencé par visser sous les voliges des morceaux de plaques de feutre de bois (22 mm d'épaisseur) coincés entre les chevrons. Ces plaques ont été sciées aussi précisément que possible afin de "coller" aux chevrons et limiter ainsi ponts thermiques et passages pour les rongeurs.

Précaution supplémentaire, des liteaux ont été cloués à l'interface chevrons / plaques de feutres de bois afin de fermer complètement les petits espaces résiduels.



Feutre de bois et liteaux latéraux.

Le feutre de bois est coincé entre les chevrons et vissés aux voliges du toit. Des liteaux latéraux cloués contre les liteaux ferme les espaces éventuels entre les chevrons et le feutre.

Pose de liteaux pour fixation plafond Le plafond va être réalisé avec du plancher de peuplier. Ce très beau bois (clair quasi blanc), souvent utilisé en charpente est très léger et capable de supporter de fortes charges.

Afin de ménager un espace suffisant pour obtenir une bonne épaisseur d'isolation, les lames de plancher seront clouées sur des liteaux fixés sous les chevrons.

Des cales de feutre de bois (10x10 cm environ) permettent de corriger les variations de hauteur des chevrons tout en réduisant les ponts thermiques (le bois massif est relativement conducteur).



Cales en feutre de bois

Les liteaux sont vissés et maintenus à distance grâce à des cales en feutre de bois.

Les liteaux de 4x3 sont vissés (vis de 120 mm) aux chevrons sur des cales tous les 50 cm environ. Une règle est posée sur chaque panne pour ajuster la hauteur de calage. Le vissage est réalisé à la visseuse à choc après pré perçage des liteaux.

Pose des lames de peuplier Les lames de peuplier sont clouées sur les liteaux. On utilise des pointes torsadées de 50 mm qui permettent d'éviter tout risque d'arrchement lors du bourrage avec des copeaux.

Remplissage et bourrage avec des copeaux de bois

L'espace entre les voliges (protégées par du feutre de bois) et les planches de peuplier est de 15 cm environ.

Il est rempli de copeaux de bois fortement tassés. Le bourrage permet de remplir tous les trous et de limiter les risques de tassement de l'isolation. Le tassage des copeaux se traduit par une réduction de 1/2 de leur volume initial.



Remplissage caissons

Les copeaux sont fortement tassés dans les caissons.

Cas particulier :

Les 10 cm de par et d'autre du faitage sont bourrés avec de la laine de mouton (il est impossible de remplir cet espace avec des copeaux tassés).



Faitage

Le faitage est bourré de laine de mouton.

Cas particulier : L'interface mur porteur / sablière / chevrons / voliges est un endroit complexe. Il est donc difficile d'y boucher tous les trous accessibles aux rongeurs. La sablière est donc noyée dans un mélange de copeaux et de chaux.

Cas particulier :

Le conduit de cheminée est entouré de béton de perlite.



Souche cheminée

Le tour du conduit de cheminée est isolé avec un béton de perlite (isolant non inflammable) sur un coffrage perdu en plaque de plâtre.

Récapitulatif

- ▶ Accès facile par échelle.
- ▶ Stock de matériaux proche (15 m en moyenne).
- ▶ Surface à réaliser : 35 m² environ.
- ▶ Durées
 - Fixation des plaques de feutre de bois : 1 journée à 3 personnes soit environ 1,5 m² / personne / heure.
 - Réglage, calage, vissage des liteaux (3 m linéaire / h / personne).
 - Pose du plafond en lames de peuplier (14 cm de large x 2 m de long) + remplissage et bourrage en copeaux de bois : 0,5 m² / h / personne.

Chantier fondations et isolation périphérique

Réalisation d'une fondation en béton avec isolation périphérique en liège.

Des dalles de liège permettent de réaliser une isolation périphérique de la fondation (en béton armé). On notera la mise à la terre des feraillements.



Fondation et isolation périphérique



Détail mise en place isolation

L'isolation périphérique est en panneaux de liège blond.

Chantier Murs chauffants

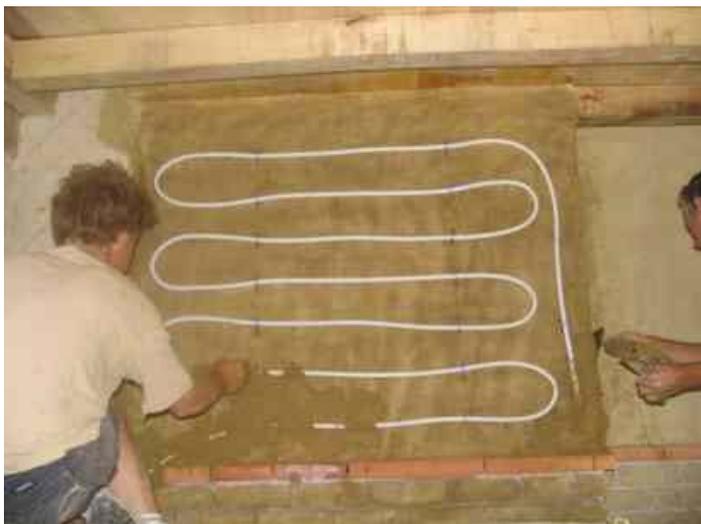
Construction de murs chauffants chez Gérard Vivès.

Tubes sur panneaux de liège



Les tubes sont fixés sur des panneaux de liège qui sont collés au mur avec un mélange de plâtre et de terre

Pose tuyaux



Les tuyaux sont enduits de terre.

Chantier terre-paille

Exemples de mise en oeuvre de terre-paille en remplissage de murs ou de toits.

Les photos de ce chantier ont été fournies par Alain Marcom.

Vue générale

La maison est construite en ossature bois. Le terre-paille va permettre de l'isoler tout en obtenant une bonne inertie thermique.



Vue générale maison

Préparation du terre-paille

Préparation du terre-paille à la fourche. La barbotine de terre est dans une baignoire. La paille est trempée dans la barbotine.



Préparation terre-paille

Le mélange de terre-paille est réalisé à la fourche dans une baignoire remplie de barbotine de terre.

Ossatures

Les ossatures sont formés de liteaux contreventés, posés sur un sous bassement en briques.



Détail ossature



Détail ossature



Détail ossature

Murs

Les banches verticales sont fixées sur l'ossature en laissant un espace de 5 cm (tasseau de calage) afin de permettre de noyer complètement l'ossature dans le terre-paille.

Remplissage des coffrages depuis l'échaffaudage.



Echaffaudage et Remplissage

Remplissage des coffrages depuis l'échaffaudage.



Remplissage pignon



Remplissage murs

Les murs sont en cours de remplissage. On est à mi hauteur.

Rehaussement

Ce type d'ossature permet aussi de faire des remplissages lors d'un rehaussement.



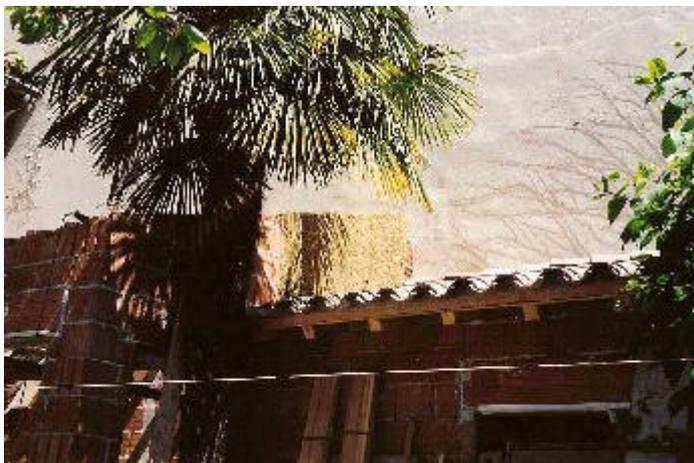
Rehaussement - ossature

Pour réaliser le rehaussement d'un mur non porteur, on réalise une ossature de bois.



Rehaussement - coffrage

Le rehaussement est en cours de remplissage.



Rehaussement -vue de l'extérieur

Le rehaussement est terminé. Le remplissage terre-paille est bien visible.



Terre-paille toit après remplissage

Le remplissage du toit est terminé.

Remplissage d'un toit.

La structure porteuse est extrêmement simple. Elle est constituée de tasseaux fixés entre les pannes. Au dessous une planche de coffrage est fixée provisoirement. Sur ces tasseaux le mélange de terre-paille est déversé et tassé.

Le clouage d'un parquet sur le toit permet de fermer le remplissage et de le protéger des rongeurs. Cela contribue en sus à rigidifier le toit et à faire une isolation thermique supplémentaire.



Remplissage toit la structure porteuse

La structure porteuse du terre-paille est constituée de simples liteaux cloués entre les chevrons. Un fond de coffrage provisoire est positionné sous les tasseaux.



Remplissage toit en cours

Le toit est en cours de remplissage. On laisse environ 2 à 3 cm de libre entre le sommet du terre paille et l'affleurement supérieur des chevrons pour avoir un vide d'air.



Toit - clouage parquet

Une fois le remplissage du toit terminé, on cloue un parquet afin d'empêcher les rongeurs d'accéder au terre-paille.

Vue de l'intérieur.

Le coffrage disposé sous le toit a été enlevé dès la fin du remplissage + clouage parquet.



Enduits à la chaux

Les enduits à la chaux permettent de protéger les murs extérieurs de la pluie tout en offrant une grande perméabilité à la vapeur d'eau.

Contrairement aux enduits cimentés, la perméabilité de la chaux permet d'évacuer une partie de l'excès de vapeur d'eau que le fonctionnement d'un bâtiment génère systématiquement.

Par ailleurs l'esthétique de ces enduits est souvent très réussie et beaucoup moins monotone que les classiques enduits au ciment.

Les photos ci-dessous ont été prises chez Gérard Vivès. Les enduits à la chaux ont été colorés "à fresco" ce qui leur donne une patine et des variations de couleurs qu'une teinte dans la masse ne permet pas.



Façade orangée

Des motifs creusés dans l'enduit ou / et peints permettent de souligner légèrement la fenêtre.



Détail motifs

On remarquer que certains motifs (gris) sont en creux. Ils ont été creusés à la main alors que l'enduit était frais. Les motifs rouges sont peints au pochoir plus tard.



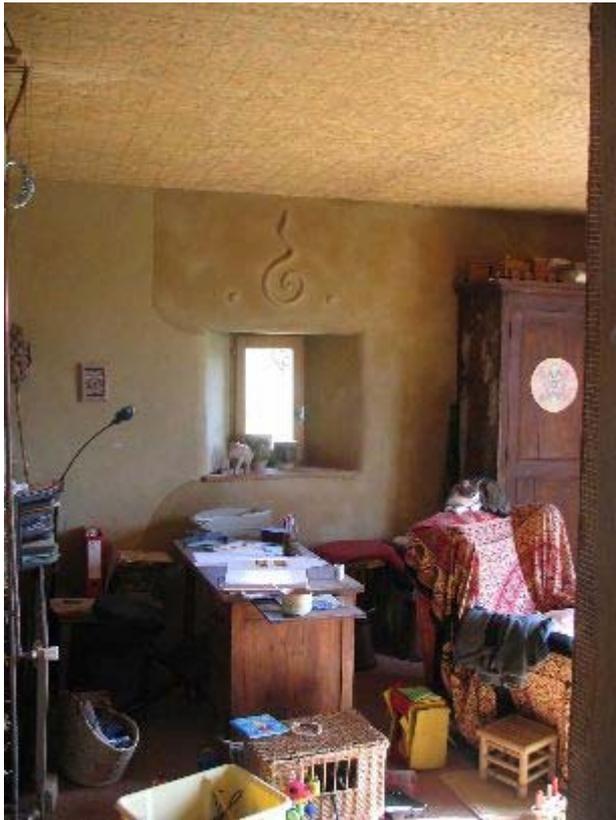
Façade rouge

Enduits intérieurs en terre

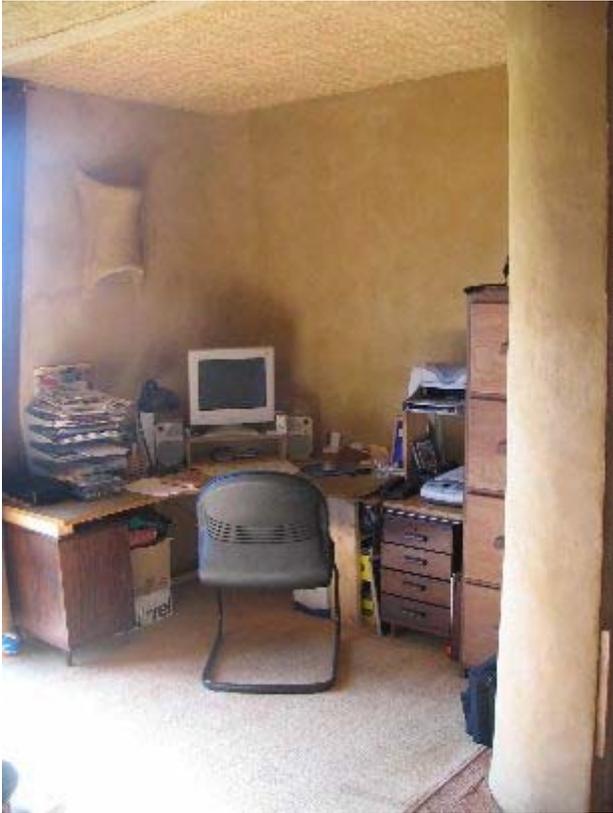
Exemple d'enduits en terre dans la maison des Debouter.

Quelques exemples d'enduits en terre dans la maison en paille de Choralie et André Debouter.

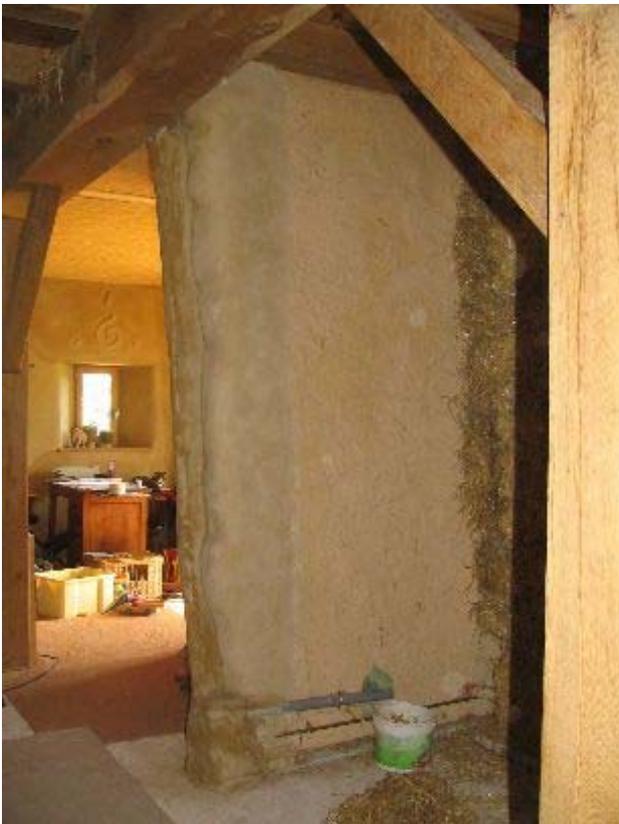
Enduits de terre et sculpture



Enduits de terre et sculpture



Enduits de terre et camouflage



Brasserie "en Kanette" chez Christian GARLAN (16-04-2005)

Activité : Production et embouteillage de bière biologique

Le bâtiment de 600 m² est en 3 grandes parties.

- ▶ A l'ouest, stockage du grain dans des silos.
- ▶ Au centre, triage et nettoyage du grains sur 3 niveaux.
- ▶ A l'est, espace de réception, dégustation

Il a été construit par une société spécialisée de St Marcellin en Izère.



Vue générale depuis le NW

Au 1^o plan du terre paille banché. A l'est du bardage On notera le toit végétalisé en cours de réalisation.



Charpente en construction

- *Structure porteuse* : La structure porteuse est constituée de poteaux à partir de fustes de pin douglas écorcés. Les gros poteaux sont plantés dans le sol (à 1,5 m) dans un sac de polyéthylène + plastique afin de les protéger de l'humidité.

Dans chaque sac arrive un tube qui permet de nourrir le bois avec de l'huile de tournesol. Chaque poteau est noyé dans un plot de béton coulé autour.



Poteau et alimentation en huile

Un tube permet de nourrir le poteau avec de l'huile de tournesol.

- Charpente

La charpente est en pin douglas. La partie ouest est couverte par des fermes en forme d'arc tendus par ces cables en acier. Celles-ci ont été réalisées en atelier (courbés après passage en étuve). Cette structure permet de supporter plusieurs tonnes / m².



La toiture

Toit vegetal en pin, film de caoutchouc, terre



La charpente

Christian l'avoue : "il s'est fait plaisir..."



Assemblage

Bel assemblage



Détail de la toiture
Encore de beaux assemblages



Ouverture originale
Elle suit les contreventements.



Détail assemblage



Détail assemblage fermes

Toit

Le toit est végétalisé.

Pour cela, il est constitué :

- de 2 couches de planches de 25 mm.
- d'une couche de liner (*marque EPDM voir <http://www.passionbassin.com/>*) garanti 20 ans. Ce liner est couramment utilisé pour stocker le lisier, il est très résistant (sauf aux hydrocarbures).
- d'une couche de substrat (pouzzolane + terreau sur 5 cm.

Murs : Semelle béton + parpaings.

Murs nord et ouest :

- Terre-paille banché
 - Ossature en gandes palettes de 2,5 m (trop souple)
OU
 - Ossature en robinier (faux acacia).

Murs sud et est :

- Grandes bottes de pailles (2,00x0,8x0,5 m) empalés sur des tiges de fer à béton.
- Assemblage des bottes par :
 - Fer à bétons + filetage soudé
 - planche de 27mm boulonnée => les bottes sont prises en sandwich.

Barbotine de terre :

- ▶ La barbotine de terre ne doit pas être trop liquide afin de bien accrocher sur la paille.
- ▶ Elle est préparée dans un grand trou creusé au tracto pelle.
- ▶ Les grandes bottes de paille sont trempées dans la barbotine ce qui facilitera + tard l'accroche de l'enduit.

Enduits :

- ▶ Terre/sable/chaux aérienne(10%) + drèche de brasserie.
- ▶ On recommande d'ajouter du piment dans l'enduit pour décourager les rongeurs !
- ▶ La terre provient des bords du ruisseau afin d'être moins argileuse.
- ▶ Le mélange est réalisé dans un grand bac avec le tracteur et une faneuse modifiée pour tourner plus lentement.



Bardage :

- ▶ Pin douglas.
- ▶ Origine : Montagne noire.

Coût :

- ▶ Murs de terre/paille banché monté = 35 à 40 € / m².
- ▶ Toit + Etanchéité : 100€ m²

Volume de matériaux :

- ▶ 2 semi remorques de bois
- ▶ 1,5 semi de planches

Ossature



Botte géante et élévateur

